Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 - CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS
TACHE 1.3 - RECHERCHE DES SUBSTANCES ET CARACTERISATION DE L'IMPACT

SOUS TACHE 1.3.3 EVALUATION DES IMPACTS ET DES EFFETS

Détection de composés perturbateurs endocriniens et dioxin-like à l'aide de bioessais *in vitro* dans les eaux usées, pluviales et naturelles

Pas de numéro associé car livrable initialement non prévu

Version finale - Décembre 2017

Auteurs : S. Aït-Aïssa, E. Maillot-Maréchal, N. Creusot, C. Gardia-Parège, H. Budzinski

SYNTHÈSE OPÉRATIONNELLE

Objectifs

Un grand nombre de micropolluants organiques exercent leur toxicité en se fixant à des récepteurs intracellulaires impliqués dans la régulation de processus physiologiques essentiels, comme le développement ou la reproduction. Un des objectifs du projet REGARD, présenté à travers cette synthèse, est de dresser un état des lieux sur la toxicité potentielle associée aux micropolluants organiques de type perturbateurs endocriniens (PE) et dioxin-like (DL) présents dans les eaux pluviales et usées, depuis le réseau de collecte jusqu'à la sortie de la STEU et dans le milieu récepteur. Pour cela, l'approche qui est proposée ici se base sur une batterie de bioessais *in vitro* complémentaires permettant la détection spécifique de composés PE (œstrogéniques, androgéniques, glucocorticoïdes) et DL (incluant HAP-like et dioxin-like). L'application de ces bioessais aux échantillons d'eaux collectés dans le projet REGARD est réalisée dans une démarche de criblage et vise avant tout à dresser un premier constat sur le type, les niveaux et les sources potentielles de micropolluants biologiquement actifs au sein du réseau d'eaux usées et pluviales.

Méthodologie

Les échantillons d'eaux brutes sont conservés à -20°C avant d'être analysés. Après décongélation, ils subissent une étape de prétraitement consistant en une filtration à 0,7µm suivie d'une extraction sur phase solide (SPE, phase HLB™), avant d'être soumis à une analyse dose-réponse lors des bioessais.

Dans leur principe, les bioessais utilisés sont basés sur l'utilisation de cultures cellulaires exprimant un gène rapporteur facilement détectable en luminescence ou fluorescence (e.g. luciférase) dont l'activation est couplée à des récepteurs spécifiques tels que les récepteurs des hormones ou de la dioxine. La présence de molécules capables d'activer ces récepteurs va induire la luminescence des cellules dont l'intensité de réponse est directement proportionnelle à la concentration en substance(s) active(s). Après modélisation, la concentration d'échantillon générant 20 % d'effet (EC20) relativement à la molécule de référence est calculée. Le ratio entre l'EC20 de la molécule de référence du bioessai (en g/L) et l'EC20 de l'échantillon (en facteur de concentration) permet de dériver une quantité d'équivalent-hormone (e.g. équivalent-estradiol) ou d'équivalent-toxique (e.g. équivalent-dioxine) présent dans l'échantillon (Bio-TEQ). La liste des bioessais utilisés est présentée dans le tableau 1. Un contrôle qualité des données est réalisé par analyse de témoins positifs et négatifs.

Tableau 1 : Bioessais in vitro pour l'évaluation des activités de type perturbateur endocrinien et dioxin-like.

Nom du bioessai	Activité	Principe/mode d'action	Unité en quantité d'équivalents-toxique relatifs à la substance de référence de chaque test
MELN	Oestrogénique	Récepteur des estrogènes (**ER**) humain / luciférase	Equivalents-estradiol (E2-Eq ng/L)
MDA-kb2*	Androgénique et glucocorticoïdique	Récepteurs des androgènes (**AR**) et des glucocorticoïdes (**GR**) humain / luciférase	Equivalents-Dihydrotestostérone (DHT-Eq ng/L)
PLHC-1	Dioxin-like et HAP-like	Récepteur de la dioxine (**AhR**) / activité EROD après 4 h (HAP-like) ou 24 h (dixoin-like) d'exposition	Equivalents-Benz(a)Pyrène (BaP-Eq µg/L) ou équivalent-dioxine (TCDD-Eq ng/L)

*Les cellules MDA-kb2 coexprimant les récepteurs des androgènes (AR) et des glucocorticoïdes (GR), une co-exposition avec la flutamide (anti-androgène de référence) permet de statuer sur l'implication de AR et/ou de GR dans le cas d'une réponse positive du bioessai à un échantillon

Résultats

1 Profils globaux d'activités *in vitro*

La figure 1 présente une vue générale des résultats obtenus par les différents bioessais *in vitro* dans les réseaux d'eaux usées et pluviaux. Les données de Bio-TEQ sont exprimées en unités arbitraires relatives par rapport au site de référence (eau de la Jalle de Blanquefort en amont du rejet de la STEU). D'une manière générale, les profils d'activités montrent une graduation depuis le réseau d'eaux usées vers la STEU puis vers le milieu naturel.

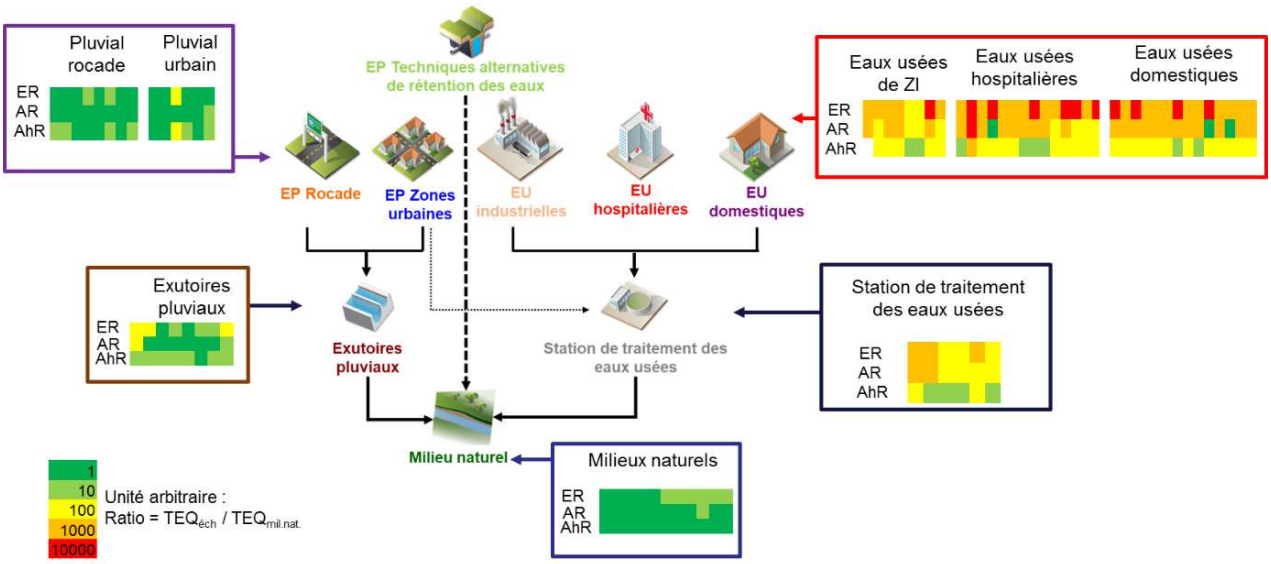


Figure 1. Synthèse des profils d'activités in vitro mesurés dans les eaux urbaines prélevées en 2015 et 2016. Les résultats sont présentés en unité relative par rapport au milieu naturel en amont de rejets urbains. ER=activité oestrogénique ; AR=activité androgénique ; AhR=activité HAP-like. Des activités liées aux glucocorticoïdes (GR) ont été ponctuellement détectées (sites hôpital et STEU) mais non représentées sur la figure.

2 Evaluation des activités pour chaque source et milieu

Un focus sur les différentes sources étudiées peut permettre de mettre en évidence des différences d'activités en fonction des échantillons.

Ainsi, les eaux usées sont des sources majeures de xéno-hormones et de composés HAP-like. Si le site du CHU est une source importante de xéno-hormones, incluant des activités glucocorticoïdes non retrouvées en d'autres points du réseau, les autres sources (domestiques et ZI) contribuent également de manière significative. Toutefois, les activités hormonales et HAP-like sont pour majeure partie bien abattues dans les STEU, bien que des activités glucocorticoïdes apparaissent en sortie de traitement.

Les eaux pluviales sont vectrices d'activités HAP-like et ponctuellement de perturbateurs endocriniens. Toutefois, les niveaux mesurés restent sensiblement inférieurs à ceux mesurés dans les eaux usées précédemment présentées.

Enfin, si les niveaux mesurés restent faibles dans le milieu naturel, on observe un impact potentiel du rejet de la STEU en ce qui concerne l'activité oestrogénique.

Conclusion

Le travail mené et présenté dans ce livrable a permis de dresser différents constats quant à la contamination des eaux usées et pluviales de l'agglomération bordelaise :

- Les sources majeures de composés œstrogéniques, androgéniques et *dioxin-like* sont les eaux usées. Ces composés sont en partie éliminés par les procédés de traitements des eaux usées.
- Les eaux pluviales sont faiblement chargées en composés œstrogéniques et androgéniques mais sont une source en composés *dioxin-like/HAP-like.*
- Les niveaux de composés œstrogéniques, androgéniques et *dioxin-like* sont faibles dans le milieu naturel. Toutefois, un impact de la STEU est noté pour l'activité oestrogénique, dont la concentration est au niveau du seuil actuellement préconisé pour les eaux de surface.
- En dépit les procédés de traitement des eaux usées, les rejets de STEU véhiculent des composés œstrogéniques vers le milieu naturel. La mise en place d'un traitement des eaux usées sur certains sites (ex: effluents hospitaliers) et de traitements tertiaires sur les STEU urbaines pourrait réduire l'émission de ces composés. Le changement des pratiques aiderait à diminuer la présence de certaines familles de composés œstrogéniques et *dioxin-like*

Sommaire

SYNTHÈSE OPÉRATIONNELLE **3**

SOMMAIRE **6**

INTRODUCTION **7**

2. METHODOLOGIE **8**

2.1 ECHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS 8
2.2 BIOESSAIS IN VITRO : PRINCIPE ET DETERMINATION D'EQUIVALENTS-TOXIQUES BIOLOGIQUES (BIO-TEQ) 8
2.3 CONTROLE DE LA QUALITE DES DONNEES 10

3. RESULTATS **11**

3.1 PROFILS GLOBAUX D'ACTIVITES IN VITRO 11
3.2. EAUX USEES URBAINES 12
3.2.1 Eaux usées du site hospitalier universitaire 12
3.2.2 Eaux usées domestiques 13
3.2.3 Eaux usées en zone industrielles 14
3.2.4 Devenir des activités dans les stations de traitements des eaux usées urbaines (STEU) 15
3.3 EAUX PLUVIALES 16
3.4 MILIEU NATUREL 17
3.5 IDENTITE DES MICROPOLLUANTS RESPONSABLES DES ACTIVITES DETECTEES ? 18

CONCLUSIONS **20**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **21**

Introduction

Un grand nombre de micropolluants organiques, appartenant à des classes chimiques très diverses (stéroïdes naturels et synthétiques, pesticides, pharmaceutiques, hydrocarbures, etc), exercent leur toxicité en se fixant à des récepteurs intracellulaires impliqués dans la régulation de processus physiologiques essentiels comme le développement ou la reproduction. C'est le cas de nombreux perturbateurs endocriniens (PE) qui sont capables de perturber la régulation du système endocrinien via leur liaison aux récepteurs des hormones stéroïdes telles que les œstrogènes (ER) et les androgènes (AR) ou des composés dits « dioxin-like » (DL) qui interfèrent avec le récepteur de la dioxine (ou récepteur des hydrocarbures aromatiques, AhR). Pour détecter la présence de tels composés au sein de matrices environnementales, l'utilisation de bioessais cellulaires *in vitro* exprimant ces récepteurs couplés à un gène rapporteur spécifique constituent des méthodes de choix en bio-analyse. Ils permettent de détecter de manière spécifique et sensible l'activité biologique globale d'un extrait environnemental en tenant compte de l'ensemble des substances actives et biodisponibles (i.e. réponse intégrative prenant en compte les effets de mélange). De plus, ils fournissent une mesure quantitative, à travers la détermination d'équivalent-toxique biologique (Bio-TEQ), tout en informant sur le mécanisme d'action des substances en présence (indicateur précoce de danger) (Aït-Aïssa et al 2009). La mesure de Bio-TEQ est directement comparable à la mesure d'équivalent-toxiques dérivés des analyses chimiques ciblées (Chem-TEQ), permettant d'évaluer, sur la base d'un modèle additif, la contribution de polluants cibles à l'activité biologique ou toxique globale au sein d'un mélange environnemental.

Leur application dans différents programmes de surveillance a été démontrée pour des eaux usées (sortie de STEU) et eaux de surfaces en France (Aït-Aïssa 2009, Aït-Aïssa et al. 2015) ou en Europe (Neale et al 2015, Tousova et al 2017). Des travaux antérieurs ont notamment montré leur utilité pour caractériser des eaux usées en sortie de STEU de la métropole bordelaise (Gardia Parege 2015). En revanche, leur utilisation pour tracer les contaminants au sein de réseaux d'eaux usées urbaines en amont des stations de traitement a été peu voire pas rapportée, même si quelques données existent sur les niveaux d'activité oestrogénique avant traitement en station d'épuration urbaine (STEU).

Un des objectifs du projet REGARD est de dresser un état des lieux sur la toxicité potentielle associée aux micropolluants organiques de type PE et DL présents dans les eaux pluviales et usées, depuis le réseau de collecte jusqu'à la sortie de la STEU et dans le milieu récepteur. Pour cela, l'approche qui est proposée ici se base sur une batterie de bioessais *in vitro* complémentaires permettant la détection spécifique de composés PE (œstrogéniques, androgéniques, glucocorticoïdes) et DL (incluant HAP-like et dioxin-like). L'application de ces bioessais aux échantillons d'eaux collectés dans le projet REGARD est réalisée dans une démarche de criblage et vise avant tout à dresser un premier constat sur le type, les niveaux et les sources potentielles de micropolluants biologiquement actifs au sein du réseaux d'eaux usées et pluviales.

2. Méthodologie

2.1 Echantillonnage et Traitement des échantillons

Un ensemble de 90 échantillons d'eaux destinés aux bioessais *in vitro* ont été prélevés en 2015 et en 2016. La description des sites et campagnes de prélèvement est décrite en détail dans le livrable n°1.1 (Description des sites d'étude et des protocoles d'expérimentation). Ces prélèvements correspondent aux eaux usées (EU) prélevées au sein du réseau (EU domestiques, industrielles, hospitalière, entrée et sortie de STEU), aux eaux pluviales (exutoires pluviaux, collecteur rocade, zones urbaines) et aux eaux du milieu naturel (différents points en amont et en aval de rejets sur la Jalle de Blanquefort).

Les échantillons d'eaux brutes ont été reçus congelés et immédiatement stockés à -20°C avant traitement. Il est à noter que, du fait de problèmes liés au transporteur, certains échantillons ont été réceptionnés dans un état de pré-décongélation. Préalablement aux analyses par les bioessais *in vitro*, chaque échantillon est extrait selon le protocole schématisé dans la Figure 2. Cette étape préparatoire permet une concentration de la phase organique de l'échantillon, augmentant ainsi la sensibilité de la bio-détection. Les eaux ont été filtrées et la phase organique dissoute concentrée après extraction sur phase solide (SPE, phase HLB^{TM}). Les extraits finaux obtenus sont repris par un solvant organique (DMSO) et analysés en dose-réponse dans les différents bioessais.

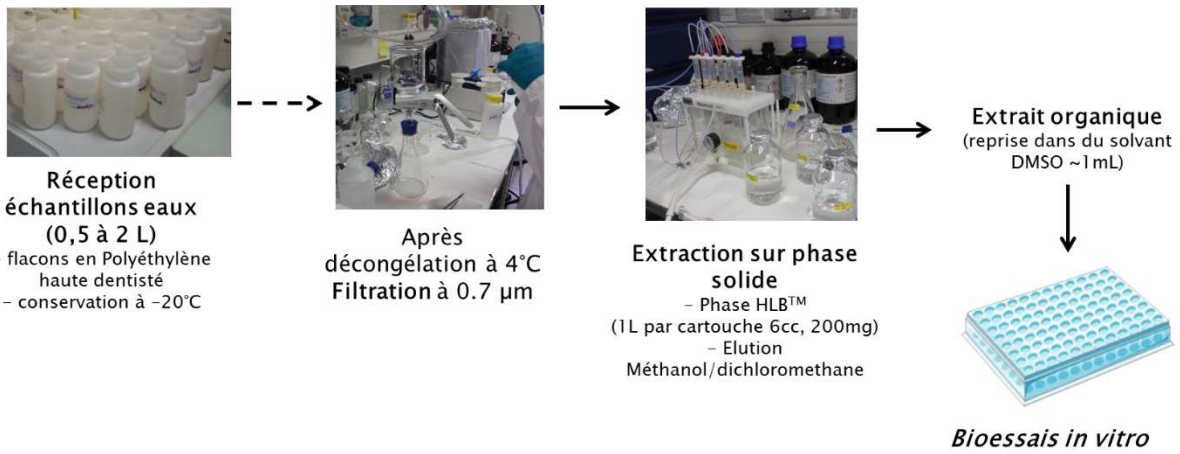


Figure 2. Principales étapes du traitement des échantillons d'eaux conduisant à la préparation d'un extrait organique qui sera utilisé dans les bioessais in vitro.

2.2 Bioessais in vitro : principe et détermination d'équivalents-toxiques biologiques (Bio-TEQ)

Dans leur principe, les bioessais utilisés sont basés sur l'utilisation de cultures cellulaires exprimant un gène rapporteur facilement détectable en luminescence ou fluorescence (e.g. luciférase) dont l'activation est couplée à des récepteurs spécifiques tels que les récepteurs des hormones ou de la dioxine (Figure 3). La présence de molécules capables d'activer ces récepteurs va induire la

luminescence des cellules dont l'intensité de réponse est directement proportionnelle à la concentration en substance(s) active(s).

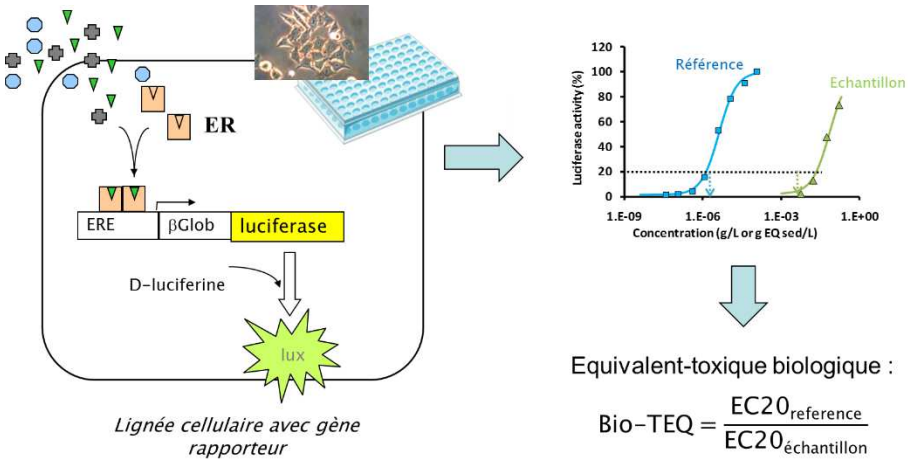


Figure 3 : Principe la quantification d'équivalent-hormone ou équivalent-toxique (Bio-TEQ) dans un extrait organique par les bioessais in vitro.

Du point de vue pratique, les analyses sont réalisées en microplaques de 96 puits dans lesquelles sont ensemencées les cellules. Une gamme de dilution de l'extrait organique est réalisée dans le DMSO et chaque dilution est déposée en triplicats sur les cellules à l'aide d'un automate de dilution (EVO75™, Tecan). Après exposition des cellules pendant 4 h ou 24 h (selon le bioessai), l'activité du gène rapporteur est quantifiée au luminomètre (luciférase) ou au fluorimètre (activité EROD).

Dans le cas d'un échantillon actif (au moins deux concentrations montrant un effet supérieur à 20%), la courbe dose-réponse obtenue est modélisée selon le modèle de Hill à l'aide la macro RegTox développée dans Excel™ (Vindimian 2017) afin de déterminer une concentration d'échantillon générant X % d'effet relativement à la molécule de référence (e.g. EC20 pour *effective concentration* induisant 20% d'effet). Le ratio entre l'EC20 de la molécule de référence du bioessai (en g/L) et l'EC20 de l'échantillon (en facteur de concentration) permet de dériver une quantité d'équivalent-hormone (e.g. équivalent-estradiol) ou d'équivalent-toxique (e.g. équivalent-dioxine) présent dans l'échantillon (Bio-TEQ). La mesure de Bio-TEQ est directement comparable à la mesure d'équivalent-toxiques dérivés des analyses chimiques ciblées (Chim-TEQ), déterminée selon l'équation : $ChemTEQ=\sum(Ci \times TEFi)$, où C est la concentration mesurée d'un composé *i* et TEF son facteur de toxicité relative au composé de référence (Kinani et al 2010, Creusot et al 2014, Neale et al 2015).

Dans ce projet, un panel de bioessais *in vitro* a été appliqué permettant de détecter des activités médiées par des composés perturbateurs endocriniens (oestrogéniques, androgéniques et glucocorticoïdes) et des composés de type dioxin-like et HAP-like (Tableau 2). Ces bioessais sont complémentaires et renseignent sur la présence potentielle de différentes familles de contaminants aquatiques et relativement peu redondantes entre les bioessais (complémentarité).

Tableau 2 : Bioessais in vitro pour l'évaluation des activités de type perturbateur endocrinien et dioxin-like.

Nom du bioessai	Activité	Principe/mode d'action	Unité en quantité d'équivalents-toxique relatifs à la substance de référence de chaque test
MELN	Oestrogénique	Récepteur des estrogènes (**ER**) humain / luciférase	Equivalents-estradiol (E2-Eq ng/L)
MDA-kb2*	Androgénique et glucocorticoïdique	Récepteurs des androgènes (**AR**) et des glucocorticoïdes (**GR**) humain / luciférase	Equivalents-Dihydrotestostérone (DHT-Eq ng/L)
PLHC-1	Dioxin-like et HAP-like	Récepteur de la dioxine (**AhR**) / activité EROD après 4 h (HAP-like) ou 24 h (dixoin-like) d'exposition	Equivalents-Benz(a)Pyrène (BaP-Eq µg/L) ou équivalent-dioxine (TCDD-Eq ng/L)

*Les cellules MDA-kb2 coexprimant les récepteurs des androgènes (AR) et des glucocorticoïdes (GR), une co-exposition avec la flutamide (anti-androgène de référence) permet de statuer sur l'implication de AR et/ou de GR dans le cas d'une réponse positive du bioessai à un échantillon.

2.3 Contrôle de la qualité des données

Des contrôles expérimentaux sont réalisés afin d'une part d'identifier de possibles contaminations liées à la manipulation et la préparation des échantillons et de s'assurer de la spécificité de la réponse mesurée dans les échantillons. Concernant l'étape de préparation/extraction d'échantillon, des blancs (eau ultra-pure) subissant exactement la même procédure que les échantillons sont réalisés pour chaque série d'extraction. Pour les bioessais, chaque microplaque inclut des témoins positifs (hormone ou toxique de référence, e.g. E2 pour l'activité oestrogénique) et négatifs (témoin DMSO, témoin blanc extraction). Pour chaque série d'analyse, une gamme de calibration avec le composé de référence est systématiquement réalisée afin de vérifier de la sensibilité correcte du bioessai, en termes de concentrations actives et de facteur d'induction par rapport au témoin non traité.

3. Résultats

3.1 Profils globaux d'activités in vitro

La Figure 4 présente une vue générale des différents profils d'activité obtenus par les bioessais *in vitro* dans les réseaux d'eaux usées et eaux pluviales. Pour permettre une représentation aisée de l'ensemble des résultats, les données de Bio-TEQ sont exprimées en unités arbitraires relatives par rapport au site de référence (eau de la Jalle de Blanquefort en amont du rejet de la STEU) et représentées par classes à l'aide d'un code couleur (méthode adaptée de Hamers et al 2008).

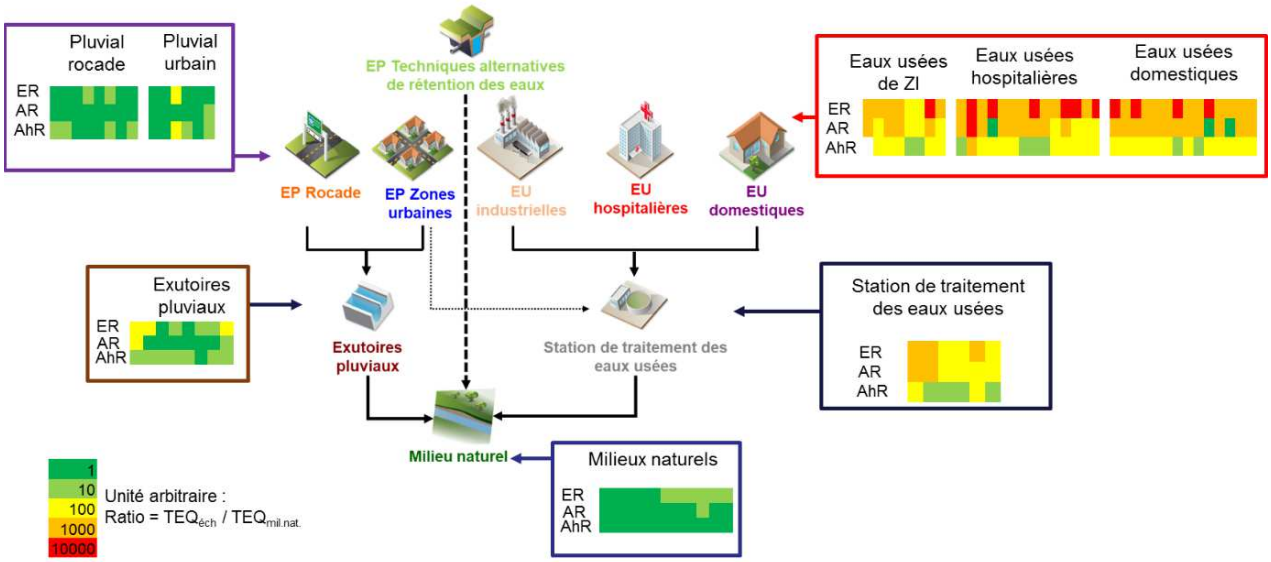


Figure 4. Synthèse des profils d'activités in vitro mesurés dans les eaux urbaines prélevées en 2015 et 2016. Les résultats sont présentés en unité relative par rapport au milieu naturel en amont de rejets urbains. ER=activité oestrogénique ; AR=activité androgénique ; AhR=activité HAP-like. Des activités liées aux glucocorticoïdes (GR) ont été ponctuellement détectées (sites hôpital et STEU) mais non représentées sur la figure.

Tous les bioessais *in vitro* appliqués dans cette étude ont permis de détecter la présence de contaminants actifs dans les eaux urbaines et naturelles, à des niveaux de concentrations variables en fonction du type d'eau, du bioessai et/ou du site de prélèvement.

D'une manière générale, les profils d'activités montrent une graduation depuis le réseau d'eaux usées vers la STEU puis vers le milieu naturel. La présence de composés œstrogéniques (ER), androgéniques (AR) et HAP-like (AhR) dans le réseau, à des niveaux très variables selon le type d'échantillons et la nature de l'activité biologique considérée est notable. Certains sites, comme l'hôpital ou des sources domestiques, constituent des sources ponctuelles particulièrement importantes de contaminants à activité hormonale (oestrogénique, androgénique ou glucocorticoïdique) dans les eaux usées. Il est à noter qu'une activité de type glucocorticoïde, non représentée dans la Figure 4, a également été détectée sur certains sites spécifiques (hôpital, entrée et sortie de STEU).

L'analyse des eaux pluviales montre que les niveaux de Bio-TEQ mesurés sont significativement plus faibles que dans le réseau d'eaux usées. Les exutoires pluviaux peuvent néanmoins être une source ponctuelle d'activité hormonale, mais cela reste très dépendant du site de prélèvement. Les eaux pluviales en zones urbaines et rocade sont vectrices d'activités HAP-like.

3.2. Eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines qui arrivent dans les stations de traitement des eaux usées sont des sources bien identifiées d'activités hormonales liées aux xénobiotiques. Toutefois peu d'études ont exploré les origines de ces activités au sein du réseau d'assainissement. Dans ce projet, nous avons investigué différentes sources : un site hospitalier avec les effluents de différents services ou bâtiments, différentes sources domestiques et des rejets de zones industrielles.

3.2.1 Eaux usées du site hospitalier universitaire

Les activités biologiques mesurées dans les eaux usées rejetées par l'hôpital sont rapportées dans la Figure 5. Les 9 sites sur la partie gauche des graphiques correspondent à des rejets des différents services de l'hôpital. Les 5 sites sur la droite des figures correspondent à des prélèvements réalisés dans le réseau unifié, en amont et en aval du site hospitalier.

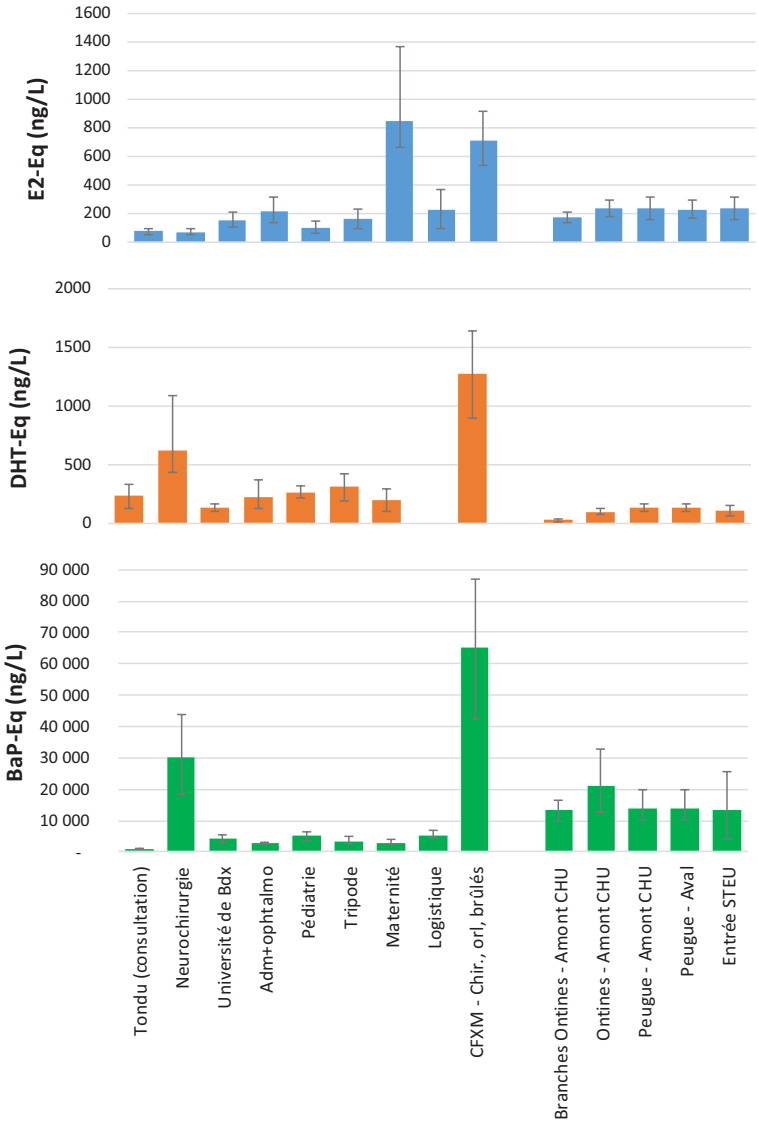


Figure 5. Activités oestrogénique, androgénique et HAP-like in vitro dans les eaux usées du CHU de Bordeaux (9 sites - partie gauche) et du réseau unifié auquel il est raccordé (5 sites - partie droite). Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 95%, nd : non détecté.

Les niveaux d'activités mesurés dans ces échantillons sont très importants puisqu'ils varient de 71 à 850 ng E2-Eq/L, 25 à 1270 ng DHT-Eq/L et 1049 à 64900 ng BaP-Eq/L. Les services de maternité et CFXM sont sources d'apports massifs en (xéno-)œstrogènes, alors que de très fortes activités androgéniques et HAP-like sont mesurées en sortie de CFXM et de neurochirurgie. Toutefois, il est à noter que sur les sites CXFM, Tondu et Neurochirurgie, nous avons noté la présence de ligands du récepteur des glucocorticoïdes (GR), qui contribuent fortement aux valeurs de DHT-Eq reportées pour ces sites dans la Figure 5. La présence de ligands de GR et de AR nécessiterait des bioessais spécifiques de chaque récepteur pour pouvoir les quantifier séparément.

3.2.2 Eaux usées domestiques

La Figure 6 rapporte les activités *in vitro* dans des rejets domestiques prélevés au sein de réseaux séparatifs urbains (SU) collectifs, semi-collectifs, en maison individuelle et en maison de ville, ainsi que des eaux usées en réseaux unifiés (UN).

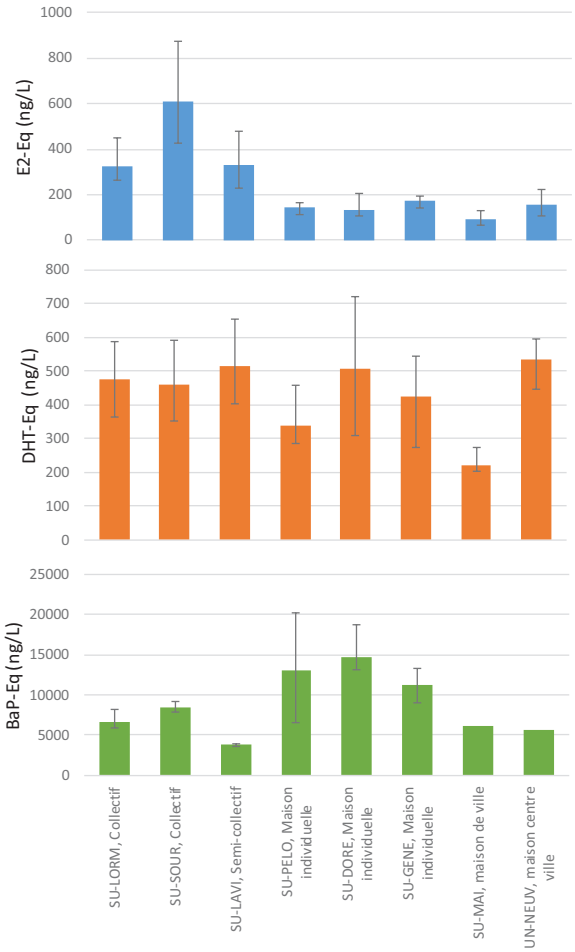


Figure 6. Activités oestrogénique, androgénique et HAP-like in vitro dans les eaux usées domestiques (DOM). Valeurs moyenne de deux déterminations indépendantes. Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 95%.

D'une manière générale, les niveaux d'activités hormonales et HAP-like mesurés restent dans tous les cas très importants et dans le même ordre de grandeur, quel que soit le site investigué.

3.2.3 *Eaux usées en zone industrielles*

La Figure 7 présente les activités *in vitro* des rejets de zones industrielles. A nouveau, les trois types d'activités sont détectées, à des niveaux qui varient d'un site à l'autre mais qui sont en moyenne très importants (i.e. > 100 ng/L pour les activités hormonales). Seul le site de « Carbon blanc » présente des niveaux de contaminants plus faibles.

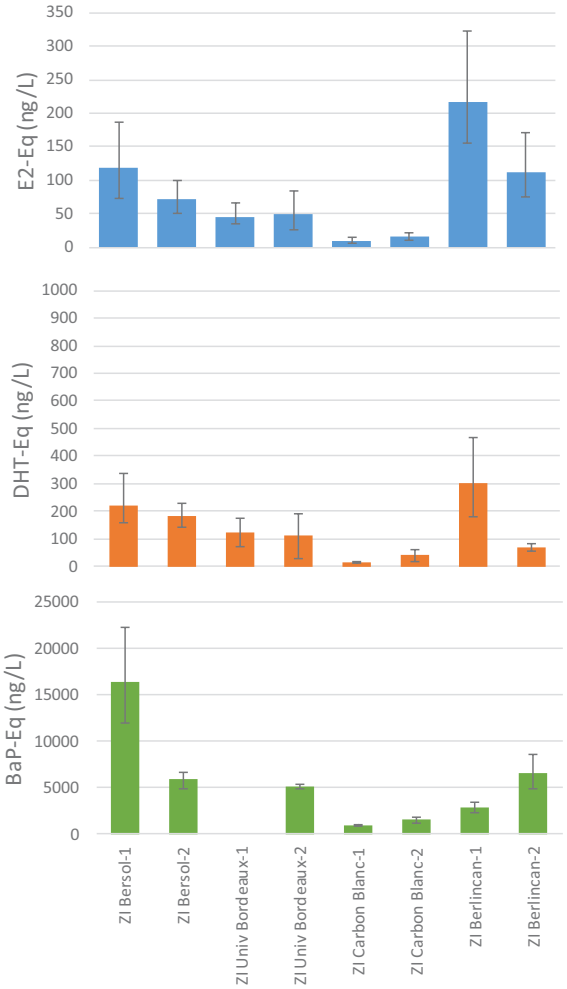


Figure 7. Activités oestrogénique, androgénique et HAP-like in vitro dans les eaux usées en zones industrielles (ZI). Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 95%. (ZI Univ Bordeaux 1 : pas de valeur)

Les eaux usées sont des sources majeures de xéno-hormones et de composés HAP-like. Si le site du CHU est une source importante de xéno-hormones, incluant des activités glucocorticoïdes non retrouvées en d'autres points du réseau, les autres sources (domestiques et ZI) contribuent également de façon significative.

3.2.4 Devenir des activités dans les stations de traitements des eaux usées urbaines (STEU)

Les bioessais *in vitro* ont été appliqués aux eaux d'entrée et de sortie des STEU de Cantinolle et de Louis Fargues qui collectent les différents réseaux d'eaux usées investigués dans REGARD. Les résultats rapportés dans le Tableau 3 montrent une diminution des activités après le passage dans les STEU avec un taux d'abattement assez important, de 74% à 95% selon les activités.

Tableau 3. Activités in vitro des eaux d'entrée et de sortie après traitement dans les STEU de Cantinolle et de Louis Fargues. Les abattements après traitement sont donnés à titre indicatif pour chaque activité.

STEU	Activité	Bio-TEQ (ng/L) en entrée	Bio-TEQ (ng/L) en sortie	Abattement
Cantinolle	E2-Eq (ng/L)	68,2	3,4	95%
	DHT-Eq (ng/L)	94,7	12,6	87%
	BaP-Eq (ng/L)	4347,2	1150,8	74%
Louis Fargues-J1	E2-Eq (ng/L)	43,7	9,4	78%
	DHT-Eq (ng/L)	171,7	Mixte AR/GR	NC
	BaP-Eq (ng/L)	4454,9	285,5	94%
Louis Fargues-J2	E2-Eq (ng/L)	28,1	5,7	80%
	DHT-Eq (ng/L)	160,9	Mixte AR/GR	NC
	BaP-Eq (ng/L)	3208,1	201,7	94%

NC : non calculable.

Un résultat notable concerne l'activité androgénique à Louis Fargues. Nous avons observé une forte activation du bioessai MDA-kb2 dans les échantillons de sortie de STEU laissant suggérer la présence de glucocorticoïdes dans ces échantillons. Pour rappel, ce bioessai exprime à la fois le récepteur des androgènes et celui des glucocorticoïdes, lesquels une fois activités en présence de leurs ligands contribuent à la réponse du bioessai. L'exposition des cellules aux échantillons en présence de flutamide, qui bloque l'activation du AR, était inefficiente pour antagoniser l'effet de l'échantillon, confirmant l'hypothèse d'une réponse liée à une activation du récepteur des glucocorticoïdes. Nous avions observé un résultat très similaire dans les effluents de la STEU de Sophia Antipolis dans le cadre du projet MICROPOLIS (Penru et al 2017, Livrable MICROPOLIS n°1). Il est probable que ces composés arrivent dans la STEU sous forme conjuguée et subissent une déconjugaison au cours du traitement, induisant le relargage de composés actifs détectés par le bioessai. Des analyses de glucocorticoïdes dans les échantillons viendraient utilement étayer ces hypothèses.

Les activités hormonales et HAP-like sont pour majeure partie bien abattues dans les STEU. Toutefois des activités glucocorticoïdes apparaissent en sortie de traitement.

3.3 Eaux Pluviales

La Figure 8 rapporte les activités in vitro mesurées dans les eaux pluviales prélevées sur la zone de la rocade bordelaise, en zones urbaines et au sein des exutoires qui collectent in fine l'ensemble des eaux pluviales

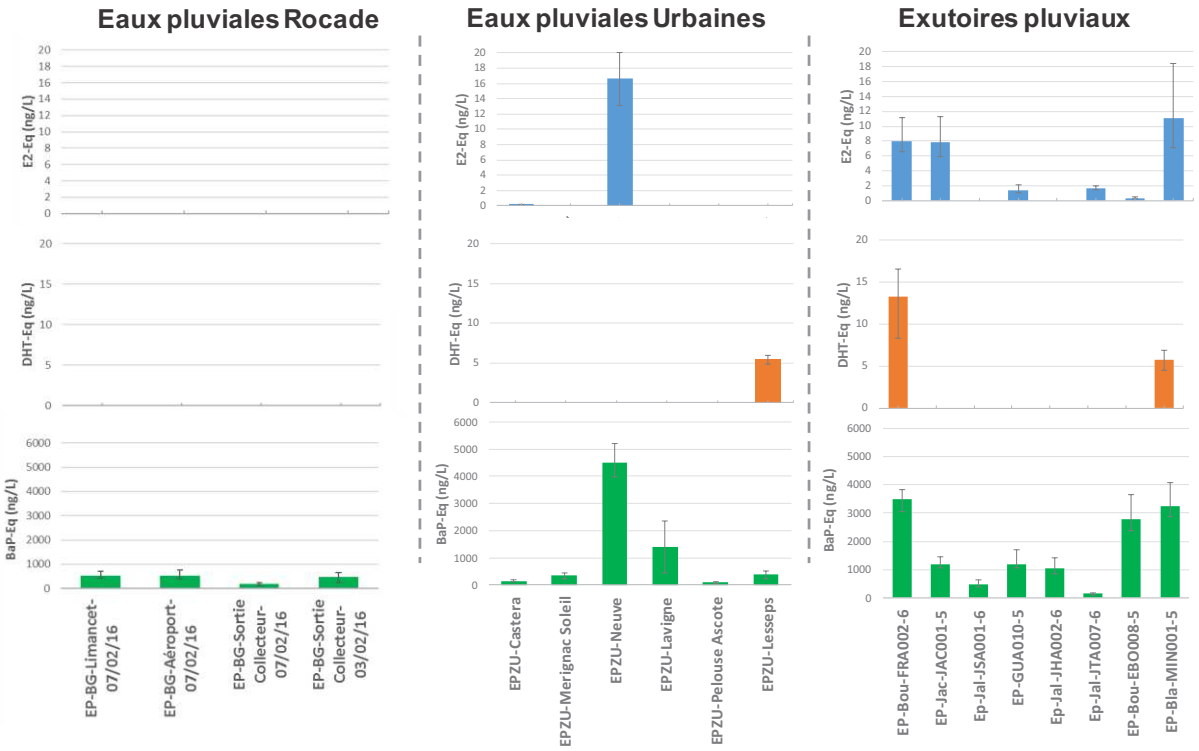


Figure 8. Activités oestrogénique (bleu), androgénique (orange) et HAP-like (vert)mesurées dans les eaux pluviales du collecteur de la Rocade, en zones urbaines et dans les exutoires pluviaux. Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 95%.

D'une manière générale, les eaux pluviales urbaines sont plus contaminées que les eaux pluviales de la zone de la rocade et les activités détectées de manière récurrente dans ces échantillons concernent principalement les composés de type HAP-like. Quelques échantillons ponctuels présentent une activité oestrogénique et un seul (EP-ZU-Lesseps) une activité androgénique. Le point EPZU-Neuve correspond à un point du réseau unitaire ; il est donc logique de retrouver une activité oestrogénique significative dans cet échantillon, de par l'apport des eaux usées domestiques. De plus, ce prélèvement ayant été réalisé par temps de pluie, on observe un taux de dilution significatif de l'activité oestrogénique lorsque l'on compare avec la même mesure à ce point par temps sec (cf. Figure 5, point UN-NEUV).

De manière intéressante, ces profils d'activité sont retrouvés dans les exutoires pluviaux, qui *in fine* servent de réceptacle de ces eaux. Il est à noter que les exutoires EP-Bou-FRA et EP-Bla-MIN sont localisés en bassin de collecte urbain (sans influence agricole ou industrielle) et présentent des activités oestrogéniques et androgéniques notables.

Les eaux pluviales sont vectrices d'activités HAP-like et ponctuellement de perturbateurs endocriniens. Toutefois, les niveaux mesurés restent sensiblement inférieurs à ceux mesurés dans les eaux usées.

3.4 Milieu naturel

Nous avons montré que les eaux usées et, dans une moindre mesure les eaux pluviales, sont vectrices d'activités toxiques telles que déterminées par les bioessais *in vitro*. La question de l'impact de ces activités lorsqu'elles rejoignent le milieu récepteur naturel se pose alors.

L'analyse des activités *in vitro* dans la Jalle de Blanquefort montre la détection d'activités significativement plus importantes dans les sites situés en aval du rejet de la STEU de Cantinolle, aux sites Rocade et Réserve naturelle (Figure 9Figure 9). Si ce constat est assez net pour ce qui est de l'activité oestrogénique, il l'est seulement de façon ponctuelle pour les activités androgéniques et HAP-like et de façon campagne-dépendante. Néanmoins, ce résultat suggère un impact du rejet de la STEU sur le milieu récepteur. Notons par ailleurs une faible activité oestrogénique (0,2 ng/L) quantifiée sur le site du Haillan, en aval d'un exutoire pluvial.

Concernant les niveaux d'activité oestrogénique mesurés, si elles apparaissent comme relativement faibles (<1 ng/L) au regard des niveaux détectables en sortie de STEU (e.g. 3-10 ng E2-Eq/L en sortie des STEU de Cantinolle et Louis Fargues), elles sont du même ordre de grandeur que les normes de qualité environnementale de l'estradiol (0,4 ng/L) recommandée dans la Directive cadre sur l'Eau. Récemment, des auteurs ont rapporté des valeurs seuils de 0,3 ng E2-Eq/L (Jarosova et al 2014), 0,4 E2-Eq/L (Kunz et al 2015) et 0,5 E2-Eq/L (Van der Oost et al 2017) pour l'activité oestrogénique *in vitro* dans les eaux de surface. Les niveaux mesurés sur les sites de la Jalle de Blanquefort en aval de la STEU (0,2-0,6 ng E2-Eq/L) sont au niveau voire au-dessus de ces seuils.

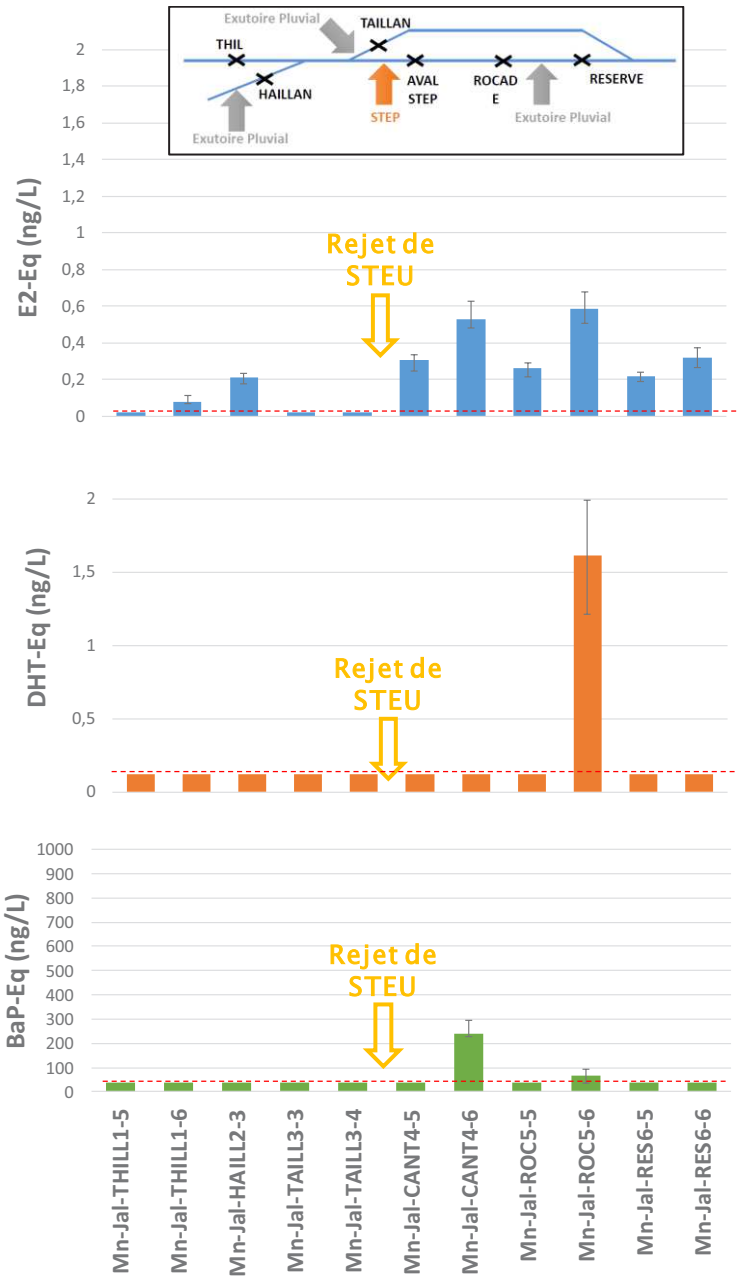


Figure 9. Activités oestrogénique, androgénique et HAP-like dans la Jalle de Blanquefort à différents sites localisés en amont (THIL, THAILL, HAILL) et en aval (CANT, ROC, RES) du rejet de la STEU à Cantinolle. Les lignes en pointillés rouges correspondent aux limites de détection (LD) des bioessais (respectivement 0,02 ng E2-Eq/L, 0,1 ng DHT-Eq/L, 36 ng BaP-Eq/L). Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 95%.

Si les niveaux mesurés restent faibles dans le milieu naturel, on observe un impact potentiel du rejet de la STEU en ce qui concerne l'activité oestrogénique.

3.5 Identité des micropolluants responsables des activités détectées ?

Pour pouvoir agir sur les sources responsables des activités et proposer des mesures qui aideraient à leur réduction, il convient d'identifier les molécules responsables des activités détectées. Une

première approche utilisée dans ce projet a consisté à comparer les concentrations de Bio-TEQ avec la présence de molécules renseignée par les analyses chimiques ciblées (cf. Livrable Substances organiques) et que l'on sait actives dans les bioessais. Sur la base des concentrations (C) des substances individuelles (i), on peut dériver une concentration en équivalent-toxiques chimiques $ChemTEQ=\sum(C_i \times TEF_i)$, où TEF représente le facteur de toxicité de la substance relative au composé de référence ($TEF_i = EC20_{réf}/EC20_i$). La comparaison Bio-TEQ et Chem-TEQ informe sur la contribution relative d'une substance à l'activité toxicologique d'un échantillon.

Un travail de recensement de l'activité ER, AR ou AhR des molécules a montré que l'information n'est disponible que pour un nombre très restreint de substances au regard des nombreux micropolluants qui ont été analysées dans REGARD et/ou que de nombreuses molécules analysées ne sont pas actives dans nos bioessais. Pour l'activité oestrogénique, nous avons par exemple identifié que les alkyphénols contribuent faiblement aux activités EU (au mieux pour 7% de l'activité totale en sortie de STEU). Les contaminants majeurs responsables des activités observées ne sont donc pas identifiés parmi les molécules organiques détectées par les analyses chimiques. Pour aller plus loin dans leur identification, le développement de l'approche analytique orientée par les effets (EDA) a été mise en œuvre (cf. Livrable 134 : Nouveaux outils).

Conclusions

Cette partie du projet REGARD a consisté à appliquer un panel de bioessais *in vitro*, dans une démarche de criblage, pour caractériser les sources de contamination d'eaux usées et pluviales urbaines à l'échelle d'un réseau d'assainissement, tel que celui de Bordeaux Métropole. Ce travail revêtait un réel aspect exploratoire puisque ces outils n'avaient préalablement pas ou très peu été appliqués aux matrices eaux usées à la source et eaux pluviales. Le travail effectué a montré leur fonctionnalité pour analyser ces différentes matrices, qui présentaient des amplitudes de concentration de plusieurs ordres de grandeur. D'une manière générale, les résultats obtenus sont cohérents avec ce que l'on sait de la contamination de ces eaux par les contaminants organiques (cf. Livrable 132 Substances organiques), identifiant des sources majeures de contaminants, tout en informant sur la présence de substances non renseignées a priori par la chimie analytique.

Ce travail a permis de dresser différents constats quant à la contamination des eaux usées et pluviales de l'agglomération bordelaise :

- Les sources majeures de composés œstrogéniques, androgéniques et *dioxin-like* sont les eaux usées. Ces composés sont en partie éliminés par les procédés de traitements des eaux usées.
- Les eaux pluviales sont faiblement chargées en composés œstrogéniques et androgéniques mais sont une source en composés *dioxin-like/HAP-like.*
- Les niveaux de composés œstrogéniques, androgéniques et *HAP-like* sont faibles dans le milieu naturel. Toutefois, un impact de la STEU est noté pour l'activité oestrogénique, dont la concentration est au niveau du seuil actuellement préconisé pour les eaux de surface.
- En dépit les procédés de traitement des eaux usées, les rejets de STEU véhiculent des composés œstrogéniques vers le milieu naturel. La mise en place d'un traitement des eaux usées sur certains sites (ex: effluents hospitaliers) et de traitements tertiaires sur les STEU urbaines pourrait réduire l'émission de ces composés. Le changement des pratiques aiderait à diminuer la présence de certaines familles de composés œstrogéniques et *dioxin-like*.

Références Bibliographiques

Aït-Aïssa S (2009) Outils bio-analytiques in vitro : principe et apports pour la surveillance des contaminants organiques dans le milieu aquatique. Rapport INERIS-ONEMA, DRC.

Aït-Aïssa S, Brion F, Creusot N, Sanchez W (2014) Etude prospective 2012 : Apport des outils biologiques (bioessais et biomarqueurs) pour le diagnostic de la contamination des milieux aquatiques. Rapport INERIS-ONEMA, DRC-14-127339-06620A.

Creusot N, Aït-Aïssa S, Tapie N, Pardon P, Brion F, Sanchez W, Thybaud E, Porcher JM, Budzinski H (2014) Identification of Synthetic Steroids in River Water Downstream from Pharmaceutical Manufacture Discharges Based on a Bioanalytical Approach and Passive Sampling. Environmental Science & Technology 48(7): 3649-3657.

Gardia-Parège C, Thèse de l'université de Bordeaux, 2015.

Hamers T, Leonards PEG, Legler J, Vethaak AD, Schipper CA (2010) Toxicity profiling: An integrated effect-based tool for site-specific sediment quality assessment. Integrated environmental assessment and management 6(4): 761-73.

Jarosova B, Blaha L, Giesy JP, Hilscherova K (2014) What level of estrogenic activity determined by in vitro assays in municipal wastewaters can be considered as safe? Environment International, 1585 64: 98-109.

Kinani S, Bouchonnet S, Creusot N, Bourcier S, Balaguer P, Porcher JM, Ait-Aissa S (2010) Bioanalytical characterisation of multiple endocrine- and dioxin-like activities in sediments from reference and impacted small rivers. Environmental Pollution 158(1): 74-83.

Kunz PY, Kienle C, Carere M, Homazava N, Kase R (2015). In vitro bioassays to screen for endocrine active pharmaceuticals in surface and waste waters. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 106: 107-115.

Livrable REGARD n°134 : Nouveaux outils

Livrable REGARD n°132 : Substances organiques

Livrable REGARD n° 11 : Sites d'échantillonnage

Neale P, Aït-Aïssa S, Brack W, Creusot N, Denison MS, Deutschmann B, Hilscherová K, Hollert H, Krauss M, Novák J, Schulze T, Seiler TB, Serra H, Shao Y, Escher BI (2015) Linking in vitro effects and detected organic micropollutants in surface water using mixture toxicity modeling. Environmental Science & Technology, 49 (24) 14614-14624.

Penru Y, Guillon A, Aït-Aïssa S, Couteau J (2017) Caractérisation de la toxicité des eaux usées à Sophia Antipolis. Projet MICROPOLIS Indicateurs, Livrable n°1.

Tousova Z, Oswald P, Slobodnik J, Muz M, Hu M, Brack W, Krauss M, Koprivica S, Ahel M, Schollee J, Hidasi A, Hollender J, Schirmer K, Suter MJF, Sonavane M, Aït-Aïssa S, Creusot N, Brion F, Di Paolo C, Seiler TB, Hollert H, Froment J, Almeida AC, Thomas K, Tollefsen KE, Tufi S, Ouyang X, Leonards P, Lamoree M, Osorio Torrens V, Schriks M, Kolkman A, Spirhanzlova P, Tindall A, Blaha L, Schulze T (2017) European demonstration program on the effect-based and chemical identification and monitoring of organic pollutants with adverse effect potential in European surface waters. Science of the Total Environment, 601-602, 1849-1868

van der Oost R, Sileno G, Suarez-Munoz M, Nguyen MT, Besselink H, Brouwer A (2017) SIMONI (smart integrated monitoring) as a novel bioanalytical strategy for water quality assessment: Part I–model design and effect-based trigger values. Environmental Toxicology and Chemistry, 36(9): 2385-2399.

Vindimian E (2017) REGTOX : macro Excel™ pour dose-réponse, http://www.normalesup.org/~vindimian/fr_index.html (accédé le 12/12/2017).

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.3 RECHERCHE DE SUBSTANCES ET CARACTERISATION DE L'IMPACT

Sous-tâche 1.3.2 : Substances Inorganiques

Livrable n°133 : Mapping des substances inorganiques, flux et source à l'échelle de la métropole

Version définitive – Mars 2018

Auteurs : A. Coynel, A. Lerat, MJ. Capdeville, C. Pereto, A. Charrier, D. Granger, R. Pico

SYNTHÈSE OPÉRATIONNELLE

Contexte et objectifs

L'objectif de la première phase du projet REGARD consistait en la réalisation d'un diagnostic intégré des sources et flux de micropolluants (MP) à l'échelle de la métropole bordelaise. Les éléments majeurs (Al, Fe) et éléments traces métalliques (ETM) sont naturellement présents dans l'environnement, avec des abondances différentes selon les éléments, et qui peuvent varier localement ou régionalement du fait du lessivage de différentes natures de sols (sols riches en fer et aluminium, sols carbonatés ou argiles estuariennes). A cela s'ajoutent des apports anthropiques pouvant provenir de différentes sources : lessivage des routes (e.g. usure des plaquettes de frein, débris de pneumatique), des toitures, rejets d'eaux usées qui peuvent rejoindre directement ou indirectement (via les stations de traitement des eaux usées) les milieux aquatiques… Pour étudier ces flux, les sites d'études se sont concentrés sur le milieu naturel (Jalle de Blanquefort), les stations de traitement des eaux usées (STEU) (eaux brutes, traitées et boues d'épuration) et dans 4 sources majeures d'émission, à savoir les eaux pluviales et les eaux usées domestiques, hospitalières et industrielles. Cette synthèse présente les principales conclusions obtenues pour les éléments métalliques (majeurs et ETM).

Principaux résultats

Cette sous-tâche s'intéressant au suivi des éléments majeurs et éléments traces métalliques (ETM) à l'échelle de la métropole a permis de dégager plusieurs conclusions vis-à-vis de la présence de ces éléments, issus de différentes sources (naturelle ou anthropique), mais également de leur comportement dans le milieu.

Les éléments retrouvés en plus grandes concentrations dans la Jalle sont Sr, Fe et Al, dont l'abondance est due à la présence naturelle dans les sols de la région. Un gradient amont-aval des concentrations en majeurs et ETM a été mis en évidence. Ainsi, l'amont du cours d'eau est une source d'éléments via le lessivage naturel des sols contenants du Th, Fe, Sr, Al, Pb et Co, même si des apports anthropiques ne sont pas à écarter. En revanche, les sources anthropiques le long du continuum entraînent un changement de la composition géochimique des eaux, notamment en aval de l'exutoire de la STEU de Cantinolle (concentrations plus fortes en Ag, Sn, Sb, Mo, Cu, Ni) et du Collecteur Rocade Nord (concentrations plus élevées en Zn, Cu et Sb). Toutefois, les concentrations retrouvées dans le milieu sont soumises aux conditions climatiques avec un effet saisonnier marqué (temps sec ≠ temps humide), par effet de dilution pour certains éléments présents dans les nappes (Ni, Sr, Ag, Ba et U), ou par apport via lessivage pour d'autres (Cr, Cu, Zn, Mo, Cd, Sb, Pb et Th).

Les flux de métaux drainés par les exutoires pluviaux sont très variables, à la fois entre les différents exutoires mais également entre 2 évènements pluvieux différents. Ceux-ci semblent être vecteurs d'ETM caractéristiques du lessivage des routes (Cu, Pb, Zn), de la même manière que pour le Collecteur Rocade Nord qui présente notamment des apports importants en Cr, Cu, Zn et Cd vers le cours d'eau (principalement via l'apport de matières en suspension). Les eaux usées peuvent également être des vecteurs d'ETM vers le milieu naturel. Bien que les éléments majoritaires soient identiques aux autres sources et milieu, en lien avec l'abondance naturelle dans les eaux de consommation, ce type de source peut être vecteur d'ETM comme ce peut être le cas avec les eaux usées domestiques (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag et Sn sous forme dissoute) ou encore avec le CHU qui joue un rôle important dans le transfert d'éléments émergents comme le Gadolinium.

Les prochains travaux porteront sur les eaux usées domestiques afin de préciser les tendances déjà obtenues, ainsi que sur l'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux pluviales.

Méthodologie

Vingt éléments (majeurs et ETM) ont été analysés dans le cadre de cette étude, à la fois dans les phases dissoutes et totales des échantillons : Aluminium (**Al**), Antimoine (**Sb**), Argent (**Ag**), Arsenic[1] (**As**), Baryum (**Ba**), Cadmium[1] (**Cd**), Chrome[1] (**Cr**), Cobalt (**Co**), Cuivre[1] (**Cu**), Etain (**Sn**), Fer (**Fe**), Mercure[1] (**Hg**), Molybdène (**Mo**), Nickel[1] (**Ni**), Plomb[1] (**Pb**), Strontium (**Sr**), Thorium (**Th**), Uranium (**U**), Vanadium (**V**) et Zinc[1] (**Zn**).

Après prélèvement, les échantillons d'eau ont été conservés dans des bouteilles en polypropylène, préalablement décontaminées à l'acide nitrique, jusqu'à leur retour au laboratoire. Dans les 24 à 48h, les échantillons ont été soit filtrés à 0,2µm (étude de la fraction dissoute) puis stabilisés à pH 2 avec de l'acide nitrique HNO_3, soit directement stabilisés à pH2 (étude de la fraction totale). Pour la fraction totale, deux types de digestion ont été réalisées : une digestion à HNO_3 (fraction TOT) et une digestion à l'acide nitrique HNO_3, l'acide chlorhydrique HCl et au peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (appelée TOT+). Cette deuxième extraction plus poussée tente de pallier au manque d'efficacité de la digestion à l'HNO_3 pour certains ETM, qui tendrait à sous-estimer la concentration dans la phase totale pour certaines sources. C'est notamment le cas pour Ag et Sr. La fraction particulaire correspond à la différence de concentrations entre fractions totale et dissoute.

De la même manière, les sédiments ou les matières en suspension (MES) de certains échantillons suffisamment turbides ont subi une digestion tri-acide afin de quantifier les majeurs et ETM dans les silicates. Les différents échantillons sont conservés au réfrigérateur avant d'être analysés, soit par un spectromètre de masses à plasma couplé induit (ICP-MS) pour les ETM, soit par un spectromètre optique à plasma induit (ICP-OES) pour les majeurs. Les limites de détection (LD) correspondant à chaque élément sont présentées dans le Tableau 1.

Le contrôle qualité des résultats a été réalisé par mesures de blancs d'analyses et d'échantillons certifiés (eau et sédiments). De plus, des blancs préleveurs, basés sur l'analyse d'échantillons d'eau Milli-Q® après passage dans les préleveurs (19 préleveurs successifs utilisés lors des campagnes) ont été réalisés afin d'identifier une éventuelle contamination due au matériel. Il en résulte un enrichissement nul ou inférieur aux valeurs mesurées pour certains ETM, ce qui ne porte donc pas atteinte à la qualité des résultats obtenus.

Tableau 1. Méthodes analytiques et limites de détection des ETM

ETM	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Co	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	Th	U	V	Zn
Technique analytique	ICP-MS																	
LD (ng/L)	1	10	10	2	50	15	30	-	5	50	20	5	10	10	5	1	30	200
Majeurs	Al	Fe																
Technique analytique	ICP-OES																	
LD (ng/L)	720	400																

[1] Métaux considérés comme prioritaires par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Résultats par type de source

Le milieu naturel (MN)

Afin de caractériser les concentrations de 18 ETM dans le milieu naturel (phase dissoute uniquement), 6 points d'échantillonnage ont été suivis à raison de 2 campagnes par an en 2013, 2014 et 2015. Les concentrations moyennes s'échelonnent entre 0,1 et 170 µg/L et les éléments présents en plus grande proportion sont dans l'ordre décroissant Sr, Fe, Al (abondance naturelle dans les eaux pour ces 3 éléments) et Zn, les ETM restant ne représentant que 3% de la composition chimique de la phase dissoute. (Figure 1)

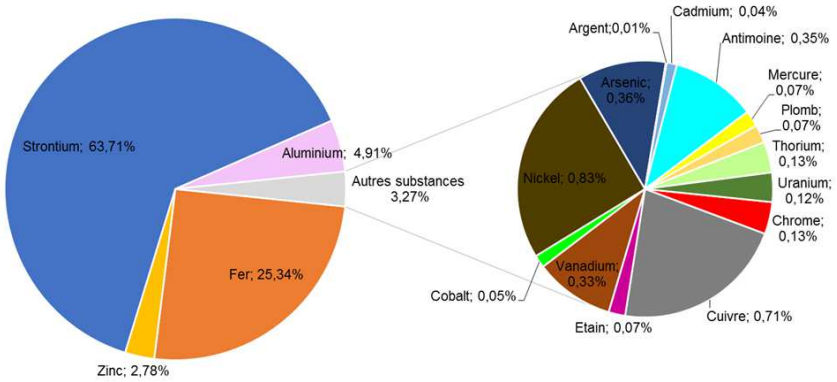


Figure 1 : Composition moyenne en ETM de l'eau du milieu naturel, tous points de prélèvement confondus (phase dissoute) (n=31)

L'étude des concentrations le long de la Jalle de Blanquefort permet de mettre en avant différentes évolutions spatiales pour les ETM. Une analyse statistique des résultats montre une disparité spatiale (amont ≠ aval STEU) et temporelle (temps sec ≠ temps humide) dans la composition géochimique des eaux de la Jalle. Ceux-ci peuvent donc être classés en différentes catégories :

- **Influence du bassin versant amont :** Majeurs et ETM présentant un gradient de décroissance de l'amont vers l'aval suggérant que la source principale semble venir du bruit de fond géochimique des têtes de bassin (Th, Fe, Al, Pb, Ba, et Co). Des sources ponctuelles en amont ne sont pas exclues.
- **Influence STEU** : ETM dont les concentrations augmentent significativement après le rejet de la STEU (Ag, Sn, Sb, Mo, Cu, Ni et Hg). La tendance est moins visible par temps humide à cause d'une probable dilution des rejets.
- **Influence collecteur rocade** : ETM montrant une augmentation des concentrations après l'exutoire du collecteur rocade (Zn, Cu, Sb)

Pour caractériser plus finement la qualité des eaux de la Jalle, 2 campagnes supplémentaires (période pluvieuse et période d'étiage) ont été menées en 2016 sur 20 sites d'échantillonnage. La comparaison des deux campagnes montre : (i) une hausse des concentrations dissoutes en temps humide pour Cr, Cu, Zn, Mo, Cd, Sb, Pb et Th, (ii) des concentrations plus élevées par temps sec pour Ni, Sr, Ag, Ba et U dues probablement une prépondérance des eaux de nappes, (iii) des concentrations identiques pour V, As et Sn.

Les stations de traitements des eaux usées (STEU)

L'étude de la file eau met en avant la présence de Sr, Fe, Al, et Zn comme éléments majoritaires, avec un ordre d'importance identique au milieu naturel. On retrouve ensuite Cu, Ni et As. Il semble y avoir une diminution des concentrations totales entre l'entrée et la sortie

des 3 STEU étudiées[2], probablement en lien avec la faible diminution des éléments majeurs tel que Fe et Al. En revanche, si l'on s'affranchit de ces majeurs, les concentrations semblent augmenter en sortie de STEU, notamment pour Sb, As et Ni. Ainsi, on passe de flux totaux compris entre 7000 (Cantinolle, Lille-Blanquefort) et 57000 g/j (Louis Fargue) en entrée de filière à des flux compris entre 5000 (Cantinolle, Lille-Blanquefort) et 56000 g/j (Louis Fargue) en sortie, soit des réductions comprises entre 3 et 39% en fonction des STEU (augmentations si l'on omet les majeurs).

L'étude de la file boue permet de mettre en évidence la présence de Fe, Al, Zn et Cu comme éléments majoritaires, (entrée et sortie de traitement). Le fer est retrouvé à des concentrations variables (58,8 mg/g MS en moyenne en entrée, 71,9 mg/g MS en moyenne en sortie), les teneurs les plus élevées étant probablement dû à l'utilisation de chlorure ferrique en tant qu'agent floculant dans les STEU.

D'une manière générale, les taux d'abattement des métaux dissous de la file eau des STEU varient selon les éléments avec les plus forts taux pour Pb, Sn, Ba, U, Cu, Cr et Ag. Cependant les métaux n'étant pas dégradables, il s'agit d'un changement de spéciation et donc d'un passage vers la file boue. Cette étude a montré que la STEU peut également jouer un rôle de réacteur biogéochimique pour certains ETM (Mo, Co, et plus faiblement Ni, Al, Fe et Sb) avec un comportement inverse et un possible transfert de la phase particulaire vers la phase dissoute et/ou un ajout d'éléments lors du traitement dans la STEU (ex. Fe, Al). Les métaux sous la forme particulaire sont fortement abattus suite à la phase de décantation dans la STEU.

Les eaux pluviales (EP)

Les exutoires pluviaux (Ex. Pluv.)

Les 10 plus gros exutoires pluviaux de la métropole ont été suivis à raison de 2 fois par an de 2013 à 2015. Les ETM majoritairement retrouvés sont les mêmes que dans le milieu naturel (Sr, Fe, Al et Zn), avec cependant une répartition différente puisque le fer représente ici en moyenne plus de 50% de la composition de la phase dissoute (324 µg/L). Viennent ensuite Cu, Ni, Sb et As parmi les éléments majoritaires des 3% de la composition restante.

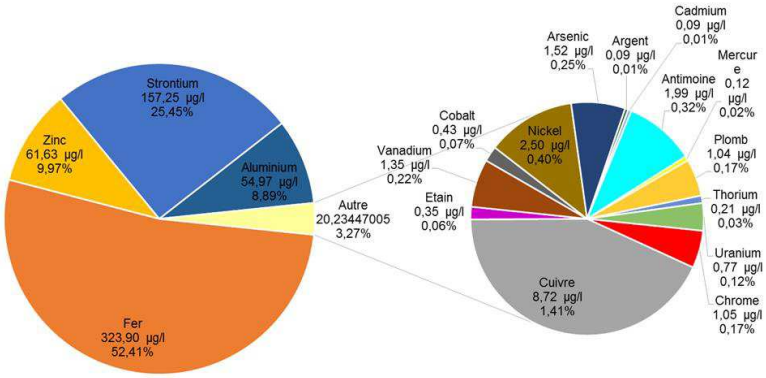


Figure 2 : Composition moyenne en ETM de l'eau des exutoires pluviaux tous points de prélèvements confondus (phase dissoute) (n=30).

Outre ces valeurs moyennes, il est important de relever la variabilité inter-exutoire des profils de contamination, due au drainage de bassins versants différents, mais également intra-exutoire par rapport à des évènements pluvieux différents. Ces variations peuvent aussi être observées dans les débits, ce qui influence les flux moyens des différents exutoires, avec des

[2] Cantinolle, Lille Blanquefort, Louis Fargue

valeurs qui s'échelonnent de quelques g/évènement pour les plus faibles débits à plusieurs centaines de g/évènement pour certains points.

Le Collecteur Rocade Nord (EP-ROC)

Le collecteur Rocade Nord a été étudié au niveau du site de Bois Gramond, à la fois par temps sec et par temps de pluie. Par temps sec, les prélèvements sont asservis au temps et durent 24h. Par temps de pluie, ils sont asservis au débit et durent le temps de l'évènement pluvieux afin d'obtenir un échantillon intégré sur la durée de l'évènement.

Les cumuls des concentrations totales ne sont que légèrement supérieurs aux cumuls des concentrations dissoutes, à la fois par temps sec et temps de pluie. Cependant, une différence dans le comportement de certains ETM est observée lors des différentes périodes. En effet, Sr (élément le plus abondant avec Zn) comme Ba voient leurs concentrations diminuer par temps de pluie. Ces éléments étant très présents dans les eaux de nappe drainant des formations carbonatées et beaucoup moins dans les eaux de pluie, il pourrait s'agir ici d'un effet de dilution. En revanche, les teneurs totales en Cu, Zn et Pb sont plus importantes par temps de pluie probablement en lien avec le lessivage des routes.

Une étude à haute fréquence temporelle a été réalisée lors d'un épisode pluvieux intense afin de voir si les premières arrivées d'eau sont plus concentrées et si des prélèvements intégrés sur la durée de l'évènement peuvent sous-estimer les niveaux en majeurs et ETM. Il en résulte une forte variabilité des concentrations sur un même épisode pluvieux, avec des concentrations plus élevées en début d'évènement, notamment pour la phase particulaire qui suit, pour la plupart des éléments, les variations de concentrations en MES. Les éléments les plus abondants lors de cet épisode sont Cu et Zn, caractéristiques du trafic routier.

Cependant, les concentrations en ETM n'ont pas tous la même évolution temporelle. Pour Sr, Ni et As dissous, une diminution des concentrations dès le début de l'évènement puis une stabilisation suggère un apport précoce et/ou un effet de dilution. De la même manière, les concentrations totales en Cd, Zn, Mo et Ni diminuent en lien avec les teneurs en matières en suspension (MES). A l'inverse, une augmentation des concentrations dissoutes pour Cr, Cu, Zn et Cd et des pics de concentrations totales en Cu, Sb, Co et Ag, observés à différents moments lors de l'évènement, suggèrent des apports anthropiques successifs.

Les apports en ETM particulaires du collecteur lors de l'évènement pluvieux ont modifié la composition chimique des eaux de la Jalle en aval de ce rejet, conséquents aux forts apports en particules provenant du lessivage routier. A l'inverse, des pics observés sur la Jalle en Cd, Ni ou Ag dissous ne peuvent s'expliquer par les apports du collecteur et proviennent de source(s) additionnelle(s).

Les zones urbaines (EP-ZU)

Six exutoires d'eaux pluviales de zones urbaines ont été suivis. Malgré des disparités spatiales fortes observables entre ces différents exutoires, les eaux pluviales en zones urbaines sont marquées par la présence majoritaire de Zn mais également de Cu et Pb qui sont les ETM caractérisant le trafic routier, suggérant probablement un fort lessivage des poussières des routes.

<u>Les eaux usées (EU)</u>

Les eaux usées industrielles (EU-ZI)

Les eaux usées des zones industrielles sont marquées par la présence de Sr, Fe, Al et Zn comme éléments majoritaires, de la même manière que pour le milieu naturel, les eaux pluviales

et les eaux usées de STEU. Cependant, la répartition ici est différente, avec Fe et Sr majoritaires à part quasiment égales.

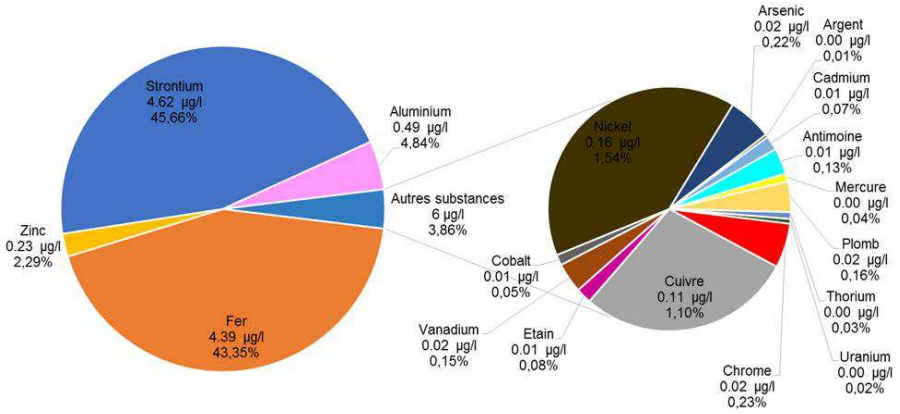


Figure 3 : Composition moyenne en ETM des eaux usées de zones industrielles, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=26).

Il existe cependant une variabilité entre les points et également entre les différentes campagnes pour un même point, entrainant des flux totaux en ETM compris entre quelques dizaines de g/j à plusieurs kg/j selon l'effluent étudié.

Les eaux usées hospitalières (EU-CHU)

Comme pour les sources précédentes, Fe, Sr, Al et Zn sont les ETM majoritaires. Cependant, on retrouve ici également Cu dans des teneurs qui sont supérieures à Al et Zn. Les concentrations dissoutes et particulaires en µg/l ou normalisées par les teneurs en MES (mg/kg) sont variables, avec des différences notables en fonction de l'élément et du site. Aucun site ne concentre toutes les anomalies démontrant la diversité des sources. Les flux s'échelonnent entre quelques g/j et plusieurs centaines de g/j suivant le point étudié, qui ne contribuent toutefois que faiblement aux apports à la STEU. L'étude à haute fréquence (horaire) des effluents hospitaliers pendant 24h a mis en évidence l'existence de cycles journaliers, avec des flux plus conséquents en journée en lien avec une hausse de l'activité médicale. Une nouvelle campagne de prélèvements réalisée en mai 2017 a confirmé l'absence d'anomalies concernant la totalité des ETM pour l'ensemble des sites étudiés, et a confirmé la présence majoritaire de Cu et de Zn.

En parallèle, un intérêt a également été porté aux Terres Rares, et plus particulièrement au Gadolinium (Gd) dont la part anthropique exporté par le CHU contribue majoritairement aux flux de la STEU de Louis Fargue.

Les eaux usées domestiques (EU-DOM)

Les ETM dissous et/ou totaux majoritairement retrouvés dans les eaux usées domestiques sont Cr, Ni, Cu, Zn, Sr, Ag et Sn. Les ETM qui s'écartent le plus de la composition moyenne des eaux du robinet sont As, Ag, Cd, Sn, Sb et plus modérément Co et Mo. Cependant, si l'on compare les eaux usées avec le milieu naturel, des concentrations nettement plus élevées sont observées pour Cr, Ni, Cu, Zn, Sr, Ag et Sn, ce qui indiquerait que ces eaux peuvent être une source potentielle de contamination du milieu sous réserve de l'efficacité de traitement des STEU.

Il ne semble pas y avoir de différence majeure dans les concentrations en fonction du type d'habitation (collectif, individuel, pavillonnaire, centre-ville…). De plus, le seul prélèvement réalisé en réseau unitaire ne présente pas de comportement particulier par rapport aux

prélèvements réalisés en réseau séparatif, probablement dû à la réalisation des campagnes par temps sec qui limite donc la présence d'eaux pluviales dans ce type de réseau.

SOMMAIRE

SYNTHÈSE OPÉRATIONNELLE **3**

1 OBJECTIFS GENERAUX : **14**

2 MATERIEL ET METHODE **15**

2.1 PRELEVEMENTS ET CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS D'EAUX 15
2.2 PRELEVEMENT ET TRAITEMENT DES ETM PARTICULAIRES DANS LES SEDIMENTS 15
2.3 DOSAGE DES ETM ET DES MAJEURS 15
2.4 LIMITE DE DETECTION 16
2.5 TEST DES BLANCS PRELEVEURS 16
2.6 COMPARAISON FRACTION TOT ET TOT+ 18

3 PREAMBULE SUR LA CARACTERISATION DES METAUX DANS L'ENVIRONNEMENT **20**

4 RESULTATS OBTENUS **21**

4.1 LE MILIEU NATUREL 21
4.1.1 Résultats obtenus dans le cadre du Plan MP BM / REGARD *21*
4.1.2 Campagnes à haute résolution spatiale sur la Jalle de Blanquefort *25*
4.2 LES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES (STEU) 36
4.2.1 Résultats obtenus dans le cadre du Plan MP BM / REGARD *36*
4.2.1.1 Etude la file eau 36
4.2.1.2 Etude la file boue 40
4.2.1.3 Evaluation des rendements d'élimination pour les eaux et boues 43
4.2.2 Résultats des campagnes REGARD pour les eaux de STEU *47*
4.3 EAUX PLUVIALES, EXUTOIRES PLUVIAUX 50
4.4 EAUX PLUVIALES COLLECTEUR ROCADE NORD (EP ROCADE) 54
4.4.1 Caractérisation du site de Bois Gramond *54*
4.4.2 Action « Continuum collecteur rocade – Jalle » *62*
4.5 EAUX PLUVIALES ZONES URBAINES (EPZU) 64
4.6 EAUX USEES DES ZONES INDUSTRIELLES (EU ZI) 65
4.7 EAUX USEES DU GROUPE HOSPITALIER PELLEGRIN (EU CHU) 68
4.7.1 Résultats obtenus dans le cadre du Plan MP BM / REGARD *68*
4.7.2 Campagnes CHU dans le cadre du projet REGARD *71*
4.8 EAUX USEES DOMESTIQUES (EU DOM) 77

5 CONCLUSIONS : **86**

Liste des Figures

Figure 1 : Composition moyenne en ETM de l'eau du milieu naturel, tous points de prélèvement confondus (phase dissoute) (n=31)..... 5
Figure 2 : Composition moyenne en ETM de l'eau des exutoires pluviaux tous points de prélèvements confondus (phase dissoute) (n=30). 6
Figure 3 : Composition moyenne en ETM des eaux usées de zones industrielles, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=26)..... 8
Figure 4 : Partition d'ETM sélectionnées (Cu, Zn, Ag, Cd, Sn et Pb) et efficacité d'extraction dans la fraction totale après digestion à HNO_3 (TOT) ou HNO_3+HCl+H_2O_2 (TOT+). 18
Figure 5 : Composition en ETM dans la croûte continentale, les matières en suspension et les eaux de rivières (Martin et Meybeck, 1979 ; Wedepohl, 1995 ; Gaillardet et al., 2003)..... 20
Figure 6 : Concentrations moyennes et fréquences d'occurrence sur la Jalle de Blanquefort (n= 31)..... 21
Figure 7 : Composition moyenne en ETM de l'eau du milieu naturel, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=31)..... 22
Figure 8 : Concentration en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) du milieu naturel pour l'ensemble des 6 campagnes d'échantillonnage. 23
Figure 9 : Carte de localisation des sites pour les campagnes TGM – Milieu naturel. 26
Figure 10 : Résultats des teneurs dissoutes en ETM sur le continuum de la Jalle pour la campagne temps humide et la campagne temps sec. 27
Figure 11 : Résultats des teneurs totales en ETM sur le continuum de la Jalle pour la campagne temps humide et la campagne temps sec. 28
Figure 12 : Distribution statistique des teneurs en ETM dissous pour les campagnes « temps sec » et « temps humides » (le trait rouge correspond au bruit de fond géochimique). 29
Figure 13 : Zoom sur le continuum de la Jalle pour les deux campagnes « temps sec » et « temps humides » pour les majeurs et ETM dissous..... 30
Figure 14 : Zoom sur le continuum de la Jalle pour les deux campagnes « temps sec » et « temps humides » pour les majeurs et ETM totaux..... 31
Figure 15 : Résultats de l'ACP sur les concentrations dissoutes du milieu naturel..... 33
Figure 16 : Relation entre les concentrations dissoutes en Sr et les débits à l'exutoire de la Jalle (site Réserve). 34
Figure 17 : Photographie du préleveur sur la Jalle..... 34
Figure 18 : Suivi géochimique à l'exutoire de la Jalle de Blanquefort entre 2013-2014 et 2016-2017. 35
Figure 19 : Composition moyenne en ETM de l'eau en entrée des 3 STEU (phase dissoute) (n=7). 36
Figure 20 : Composition moyenne en ETM de l'eau en sortie des 3 STEU (phase dissoute) (n=8). 36
Figure 21 : Concentration en ETM (phase dissoute) des entrées (E, 7 échantillons) et sorties (S, 8 échantillons) des 3 STEU..... 37
Figure 22 : Flux d'ETM en entrée et en sortie des 3 STEU (g/jour). 39
Figure 23 : Composition moyenne en ETM des boues liquides des 3 STEU (n=6)..... 40
Figure 24 : Composition moyenne en ETM des boues déshydratées ou séchées des 5 STEU (n=33)..... 40
Figure 25 : Concentrations en ETM des entrées (boues liquides, BL, 6 échantillons) et sorties (boues déshydratées, BD, 33 échantillons) des procédés de traitement des boues des STEU..... 41
Figure 26 : Concentrations dissoutes en ETM mesurées sur la STEU de Cantinolle pour 2 campagnes – comparaison avec les concentrations moyennes obtenues sur la STEU de Louis Fargue (2013). Seuls les métaux prioritaires ont été définis sur la STEU de Louis Fargue..... 48
Figure 27 : Concentrations totales en ETM mesurées sur la STEU de Cantinolle pour 2 campagnes. 48
Figure 28 : Taux d'abattement en ETM dissous et totale à Cantinolle (Cant - en bleu) et comparaison avec ceux de Louis Fargue (LF- en orange ; Deycard, 2015). 49
Figure 29 : Composition moyenne en ETM de l'eau des exutoires pluviaux tous points de prélèvement confondus (phase dissoute) (n=30). 50
Figure 30 : Concentrations en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) des exutoires pluviaux pour l'ensemble des 6 campagnes d'échantillonnage. Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn)..... 51

Figure 31 : Flux d'ETM dans les différents rejets des exutoires pluviaux (g/évènement). 52
Figure 32 : Variation des débits sur les 10 exutoires pluviaux au cours des 6 campagnes de mesures. 53
Figure 33 : Teneurs en ETM dissous (Dis) et totaux (Tot) au niveau de Bois Gramond par temps sec et temps humide. 54
Figure 34 : Teneurs en ETM dissous (Dis) et totaux (Tot) sans Sr et Ba au niveau de Bois Gramond par temps sec et temps humide. 55
Figure 35 : Teneurs en ETM dissous et totaux pour le pollutogramme. 56
Figure 36 : Distribution statistique des ETM pour le pollutogramme ; en haut pour les teneurs dissoutes et en bas pour les teneurs totales. A droite, zoom sur les ETM en s'affranchissant de Cu et Zn. 57
Figure 37 : Schémas d'évolution des concentrations dissoutes et totales en ETM durant le pollutogramme. 58
Figure 38 : Evolution temporelle des concentrations en MES, des teneurs dissoutes et totales en Cu et Ni au niveau de Bois Gramond (Collecteur) et de l'exutoire de la Jalle (Réserve). 60
Figure 39 : Comparaison des 3 digestions TOT, TOT+ et TOT++ pour le pollutogramme. 61
Figure 40 : Zoom sur l'évolution des concentrations dissoutes pour les eaux du collecteur et pour la Jalle à son exutoire. 62
Figure 41 : Concentrations en ETM dissous (en bleu) et totaux (en orange) pour le continuum. 63
Figure 42 : Concentrations en ETM dissous et totaux dans les EPZU. 64
Figure 43 : Composition moyenne en ETM des eaux usées de zones industrielles, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=26). 65
Figure 44 : Concentrations en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) des eaux usées ZI pour l'ensemble des campagnes d'échantillonnage. 66
Figure 45 : Flux d'ETM dans les eaux usées des zones industrielles (g/jour). 67
Figure 46 : Composition moyenne en ETM des eaux usées du CHU Pellegrin, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=18). 68
Figure 47 : Concentrations en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) des eaux usées du CHU Pellegrin pour les 2 campagnes d'échantillonnage. 69
Figure 48 : Flux d'ETM dans les eaux usées du CHU Pellegrin (g/jour). 70
Figure 49 : Stratégie d'échantillonnage des eaux usées du groupe hospitalier Pellegrin. 71
Figure 50 : Concentrations en ETM dissous et totaux pour les différents sites de la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin. 72
Figure 51 : Concentrations dissoutes et particulaires en Cd et Sr (µg/L), teneurs en MES (g/L) et concentrations particulaires en Cd (mg/kg) pour la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin. 73
Figure 52 : Représentation des spectres en Terres Rares pour les différents sites de la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin. 73
Figure 53 : Concentrations en ETM dissous et totaux pour la campagne de septembre 2016 au site Tripode du groupe hospitalier Pellegrin. 75
Figure 54 : Flux en ETM dissous et totaux pour la campagne de septembre 2016 au site Tripode du groupe hospitalier Pellegrin. 75
Figure 55 : Concentrations en ETM dissous et totaux pour les différents sites de la campagne de mai 2017 au groupe hospitalier Pellegrin. 76
Figure 56 : Rapports Dissous/Tot max de chaque élément pour la campagne de mai 2017 au groupe hospitalier Pellegrin. 76
Figure 57 : Concentrations en ETM dissous et totaux dans les eaux usées domestiques. 77
Figure 58 : Distributions statistiques (min, max, quartiles 25 et 75%) des eaux du robinet (n=18). 78
Figure 59 : Comparaison des teneurs dissoutes entre eaux du robinet et eaux minérales. 79
Figure 60 : Distributions statistiques des concentrations dissoutes en ETM dans les eaux usées domestiques – le trait en pointillés représente la médiane des eaux du robinet. 80
Figure 61 : Distributions statistiques des concentrations totales en ETM dans les eaux usées domestiques. 81
Figure 62 : Concentrations en métaux (mg/kg) pour différents produits de consommation (Duboureau, 2017). . 84
Figure 63 : Estimation des contributions en ETM pour différents usages domestiques. 85
Figure 64 : Bilan des distribution statistiques pour les ETM dissous en fonction des sources. 88
Figure 65 : Bilan des distribution statistiques pour les ETM totaux en fonction des sources. 89

Liste des Tableaux

Tableau 1. Méthodes analytiques et limites de détection des ETM 4
Tableau 2 : Limites de détection des ETM (ICP-MS) et Majeurs (ICP-OES). 16
Tableau 3 : Résultats des tests des blancs préleveurs. 17
Tableau 4 : Evolution des molécules inorganiques dans la Jalle de Blanquefort. 24
Tableau 5 : Concentrations minimales, maximales et moyennes (µg/g MS) en métaux retrouvées dans les boues de sortie des différentes STEU (Pico, 2017). 42
Tableau 6 : Caractéristiques des STEU étudiées. 43
Tableau 7 : Fonctionnement général et pendant les jours d'étude des STEU. 45
Tableau 8 : Limites de quantification, concentrations moyennes sur les 2 jours de prélèvement et rendement d'élimination (R) global de la file eau et du traitement biologique pour chacune des 3 STEU étudiées. 46
Tableau 9 : Pourcentages de Gd anthropique pour les différents sites de la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin. 74
Tableau 10 : Synthèse des concentrations en ETM pour les différentes sources étudiées – Echelle relative d'abondance. 87

1 Objectifs généraux :

L'amélioration de la qualité des écosystèmes récepteurs et la récupération et le recyclage des métaux nécessitent des études préalables de localisation, de qualification et de quantification des sources en secteur urbain densifié. L'objectif de cette sous-tâche est de caractériser la contamination en éléments traces métalliques (ETM) et d'identifier différentes sources sur Bordeaux Métropole. Elle est découpée en plusieurs opérations :

- compléter le suivi mis en place dans le cadre du « Plan Micropolluants Bordeaux Métropole[3] (Plan MP BM) » (suivi de 3 ans de 2013 à 2015 qui concernait le milieu naturel, les stations de traitement des eaux usées, les eaux usées industrielles et hospitalière et les eaux pluviales des 10 plus gros exutoires pluviaux de la métropole) ;
- quantifier les flux métalliques sur des sites stratégiques à partir de suivis à haute résolution temporelle et identifier les facteurs de contrôle.

Parmi les éléments traces métalliques dissous et particulaires qui ont été analysés, 8 font partie des métaux considérés comme prioritaires par la Directive Cadre sur l'EAU (DCE) : le zinc (Zn), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le plomb (Pb), l'arsenic (As), le chrome (Cr) et le nickel (Ni). Cette liste a été élargie à l'argent (Ag) et aux Terres Rares (e.g Gadolinium (Gd) , Cérium (Ce) en raison de leur forte utilisation dans les milieux urbains (ex. dans les domaines de la santé, de la cosmétologie, des nouvelles technologies, dans les pièces automobiles…), ainsi qu'à d'autres métaux (aluminium (Al), fer (Fe), vanadium (V), cobalt (Co), strontium (Sr), molybdène (Mo), étain (Sn), antimoine (Sb), baryum (Ba), thorium (Th) et uranium (U)) qui peuvent aider à la compréhension du cycle des ETM.

Les résultats obtenus sur les teneurs en ETM, couplés à ceux acquis dans le Plan Micropolluants, ont permis l'identification de sites stratégiques sur lesquels des suivis à hautes fréquences temporelles (prélèvements horaires pendant 1 journée ; prélèvements journaliers sur 2 semaines) ont été (CHU, collecteur rocade nord, Milieu Naturel) ou vont être (sources industrielles et domestiques avec famille Eau-défi) prochainement mis en place pour évaluer la variabilité temporelle des concentrations et identifier les forçages et/ou usages. Une station hydrogéochimique a également été mise en place sur l'exutoire de la Jalle (site Réserve, au niveau de la réserve naturelle de Bruges), pour une durée d'une année, pour quantifier précisément les flux annuels d'ETM exportés vers la Garonne et évaluer sa contribution au transfert d'ETM dans l'estuaire de la Gironde.

[3] Les résultats obtenus dans le cadre du Plan Micropolluants BM sont intégrés au projet REGARD et sont donc présentés dans ce livrable. Ils sont le fruit d'une collaboration avec un autre laboratoire (UT2A).

2 Matériel et méthode

2.1 Prélèvements et conditionnement des échantillons d'eaux

Après prélèvement dans la bombonne unique en verre et commune aux micropolluants organiques et inorganiques (cf livrable 1.1), les échantillons d'eaux ont été transférés et transportés jusqu'au laboratoire dans des bouteilles en polypropylène, préalablement décontaminées à l'acide nitrique (HNO_3).

Deux types d'échantillon ont été étudiés pour chacune des sources et milieu naturel : un échantillon d'eau filtrée à 0.2 µm (dénommé fraction « dissoute ») et un échantillon d'eau brute non filtrée (dénommé fraction « totale »). Les échantillons (eau brute et 0.2 µm) ont été acidifiés à l'acide nitrique HNO_3 ultra pur (J.T. Baker®, 14M) pour atteindre un pH<2 et permettre de désorber les métaux particulaires « réactifs » des échantillons non filtrés et stabiliser les métaux dissous afin d'éviter qu'ils ne s'adsorbent sur les parois des tubes préalablement décontaminés. De plus, pour la fraction totale, deux digestions ont été réalisées : une digestion/attaque à l'acide nitrique HNO_3 (appelée **TOT**) et une digestion/attaque à l'acide nitrique HNO_3, l'acide chlorhydrique HCl et au peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (**appelée TOT+**). La différence entre fraction totale et fraction dissoute est assimilée à la fraction particulaire. Ces échantillons ont été conservés au réfrigérateur. Ces opérations ont été effectuées, au maximum, dans les 24h après le prélèvement afin d'éviter des changements de phases et/ou de l'adsorption des ETM dissous sur les parois des bouteilles de prélèvement.

2.2 Prélèvement et traitement des ETM particulaires dans les sédiments

Les sédiments de surface (~2 cm), cumuls de prélèvements effectués sur une dizaine de mètres linéaires, sur les 2 côté de rives, à l'aide de spatules en polypropylène, ont été séchés à l'étuve et conservés dans des piluliers à sédiments à l'abri de la lumière.

Les sédiments de rivières ou les MES lorsque les eaux étaient très turbides ont été broyés dans un mortier en agate, avant digestion totale dans des tubes en polypropylène (DigiTUBEs®, SCP SCIENCE) par une attaque tri-acide (1.5 mL de HCl (Supra pur, Merck®, 10M), 0.5 mL de HNO_3 (Supra pur, Merck®, 14M) et 2 mL de HF (acide fluorhydrique, Supra pur, Fisher®, 29M)) permettant une mise en solution des ETM. Ces solutions ont été conservées, au frais, dans des tubes décontaminés jusqu'à leur dosage.

2.3 Dosage des ETM et des Majeurs

Les échantillons (eaux, sédiments, MES) ont été analysés à l'aide d'un spectromètre de masses à plasma couplé induit (ICP-MS de type Thermo® SCIENTIFIC X-SERIES 2). Pour chaque ETM, une droite de calibration est obtenue à l'aide de solutions standards connues. Pour éviter une dérive de sensibilité de l'appareil, un étalon de la gamme des solutions standards a été dosé tous les cinq échantillons. Les concentrations en Al et Fe, ces derniers étant considérés comme des éléments majeurs, ont été déterminées à l'aide d'un spectromètre optique à plasma induit (ICP-OES de type 700 series Agilent® Technologies). Le contrôle qualité de nos mesures a été réalisé par l'ajout de blancs d'analyses mais également des échantillons d'eaux (TMRAIN-04 et SRLS-5) et de sédiments (SRM 1646a ; RM 8704) certifiés pour lesquels les concentrations en métaux sont connues.

2.4 Limite de détection

Les échantillons issus du projet REGARD (hors Plan MP BM) ont été dosés à l'UMR EPOC avec les limites de détection définies dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Limites de détection des ETM (ICP-MS) et Majeurs (ICP-OES).

(µg/L)	Limite de Détection (LD)
V	0,03
Cr	0,05
Co	0,015
Ni	0,05
Cu	0,03
Zn	0,20
As	0,01
Sr	0,01
Mo	0,005
Ag	0,001
Cd	0,002
Sn	0,01
Sb	0,005
Ba	0,01
Pb	0,02
Th	0,005
U	0,001
Al	0,72
Fe	0,40

2.5 Test des blancs préleveurs

Pour répondre à une demande de l'AFB et de l'AEAG, une campagne a été réalisée pour tester les blancs avant (T0) et après (Tfin) passage dans un préleveur automatique afin de s'assurer que ce dernier ne pouvait pas contaminer les échantillons. Comme les préleveurs automatiques pouvaient être différents selon les sites, nous avons choisi de faire passer l'eau en série d'une bombonne à une autre via les 19 préleveurs utilisés dans ce projet (10 plan MP, 3 LyRE et 6 TA). Deux types d'eau ont été analysés : une eau minérale Vittel et une eau Milli-Q® déminéralisée et déionisée). Les concentrations avant et après le passage d'eau minérale ne montrent pas de différences significatives. Les concentrations avec l'eau Milli-Q® sont inférieures aux limites de détection (LD) avant et/ou après passage, excepté pour Cu, Zn, Sr, Cd, Ba et Mo. Pour ces derniers éléments, un léger enrichissement peut être observé après le passage dans les 19 préleveurs automatiques. Cependant, ces enrichissements sont, sauf pour Zn et Cd, inférieurs ou égaux aux plus faibles concentrations mesurées dans les échantillons de ce projet. Cependant, ces valeurs de Zn et Cd sont très faibles comparativement aux pics que nous avons pu mesurer.

Tableau 3 : Résultats des tests des blancs préleveurs.

µg/L	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	Th	U	Al	Fe
T_0 Vittel	0,139	0,211	0,656	0,601	0,661	4,76	0,588	1278	2,88	< LD	0,025	0,045	0,107	20,1	0,446	0,006	0,653	< LD	< LD
T_{fin} Vittel	0,135	0,209	0,661	0,581	0,699	5,76	0,526	1352	2,66	< LD	0,031	0,044	0,098	19,6	0,316	< LD	0,635	< LD	< LD
T_0 miliQ	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,290	< LD	0,079	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,041	<LD	< LD	< LD	< LD	< LD
T_{fin} miliQ	< LD	< LD	< LD	< LD	0,082	0,824	< LD	0,333	0,055	< LD	0,007	< LD	< LD	0,061	<LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Minimum BD	0,243	0,201	0,044	0,198	0,265	0,641	0,138	11,0	0,068	< LD	0,004	< LD	0,014	2,96	<LD	< LD	0,010	1,35	1,35

2.6 Comparaison fraction TOT et TOT+

Au niveau du laboratoire EPOC-TGM, nous avons reçu, en 2015, les premiers échantillons du CHU pour une inter-comparaison avec le laboratoire prestataire du plan MP. Nous avons été rapidement confronté à un « manque » d'extraction de certains ETM contenus dans la fraction totale suite à une digestion conventionnelle à HNO_3. Cette constatation est étayée par la Figure 4 où la partition des ETM dans la fraction dissoute et dans les deux fractions totales (TOT après digestion à HNO_3 et TOT+ après digestion à HNO_3, HCl et H_2O_2) est donnée pour 3 sources contrastées (Pol pour la campagne Pollutogramme et la source routière ; MN pour le Milieu naturel ; CHU pour la source hospitalière).

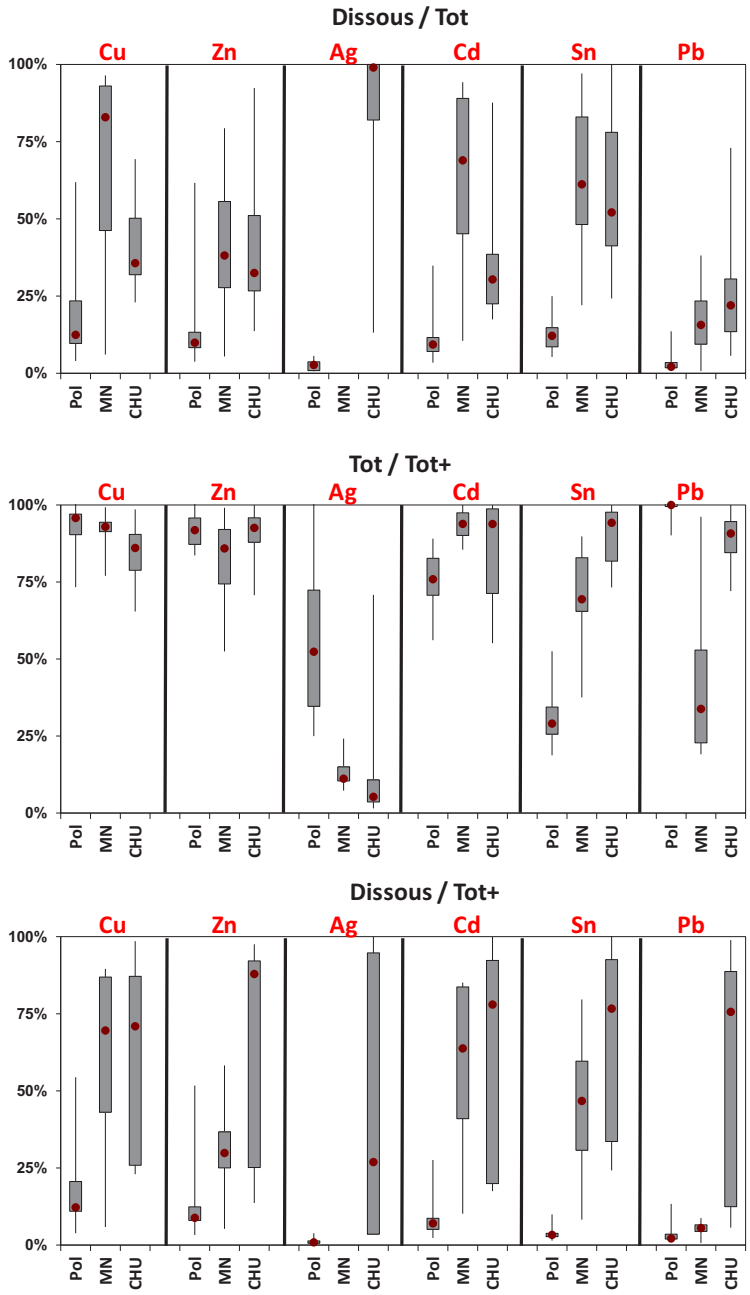


Figure 4 : Partition d'ETM sélectionnées (Cu, Zn, Ag, Cd, Sn et Pb) et efficacité d'extraction dans la fraction totale après digestion à HNO_3 (TOT) ou HNO_3+HCl+H_2O_2 (TOT+).

La comparaison des résultats obtenus après extraction TOT ou TOT+ peut être faite au travers des rapports entre les concentrations issues de la digestion TOT et celles de la digestion TOT+ (TOT/TOT+, exprimés en % ; Figure 4). Si l'extraction conventionnelle est suffisante pour extraire les ETM alors le rapport TOT/TOT+ doit être très proche de 1 (à la précision analytique près). Dans le cas contraire, l'extraction TOT sous-estime une part de l'ETM considéré. Ce résultat pourrait être dépendant du type de matrice portant les ETM, qui peut différer selon les sources et/ou les usages (ex. présence de matière organique dans les eaux hospitalières).

Au niveau de Cu et Zn (plus modérément pour Cd), les rapports sont généralement supérieurs à 75% (avec des médianes proches de 85% sauf Cd pour le routier) pour les 3 sources, suggérant que, quelle soit la digestion, elles extraient à peu près la même quantité d'ETM. Pour Pb, les résultats sont assez similaires, excepté pour le milieu naturel où l'extraction TOT n'extrait qu'entre 20 et 50% de la fraction TOT+. Les deux ETM mettant le plus en évidence l'influence du type d'extraction est Ag et Sn. Pour Ag, la fraction TOT dans le milieu naturel et le CHU représente moins de 15% de la fraction TOT+, suggérant que l'utilisation de méthode conventionnelle sous-estime fortement les teneurs totales ; les résultats sont plus modérés pour le pollutogramme qui couvrent néanmoins un large spectre avec des rapports compris entre 25 et 100% pour une médiane de 50%. Pour Sn, le rapport semble être fonction de la source avec, si l'on considère la médiane, 30% pour la source routière, 69% pour le milieu naturel et 94% pour le CHU (Figure 4). Ce résultat est inverse à celui de Ag.

Il ressort de cette première étude que les rapports TOT/TOT+ diffèrent selon les éléments et selon les sources. Pour certains ETM, une extraction incomplète peut conduire à une sous-estimation de la contamination et à une vision erronée ensuite de la contribution des ETM dissous aux ETM totaux (cf. comparaison Dissous/Tot et Dissous/Tot+). Ce résultat pourrait être à nuancer puisque la fraction totale inclut la fraction dissoute. Pour les éléments qui sont majoritairement sous forme dissoute (ex. Sr), une digestion incomplète ne conduira pas à une sous-estimation majeure. Cette sous-estimation sera significative pour les éléments qui, selon les moments (ex. crue) et/ou les sources, seront portés majoritairement sous la forme particulaire. Ce point peut être analysé en analysant les rapports Dissous/Tot+. Pour Ag au CHU, nous avons pu mettre en évidence une forte sous-estimation de la fraction totale (avec TOT/TOT+ ~5%) ; à cela s'ajoute le fait que Ag est majoritairement sous forme particulaire avec un rapport médian Dissous/Tot+ de 25%.

En raison de la diversité des résultats, nous avons choisi de réaliser, systématiquement, deux digestions sur la quasi-totalité des échantillons. Les résultats présentés dans ce qui suivra porteront essentiellement sur les concentrations maximales trouvées (la plupart du temps des résultats issus du TOT+). A de rares exceptions, la fraction TOT peut-être supérieure à la fraction TOT+ et trouve son explication dans la précision analytique et la représentativité (homogénéité) des échantillons lors de fortes charges de particules, particulièrement pour les ETM pour lesquels nous avions peu de différences entre TOT et TOT+.

3 Préambule sur la caractérisation des métaux dans l'environnement

Les éléments traces métalliques (ETM) sont des composés dont la concentration est inférieure à 10 000 mg/kg (soit 1% du poids total de sédiment étudié). Ils sont naturellement présents dans les eaux puisqu'ils proviennent à la fois de l'altération chimique et de l'érosion mécanique des roches et des sols. Cette part de métaux provenant des processus naturels est appelée « bruit de fond géochimique ». Ainsi, la composition naturelle en ETM des eaux, des matières en suspension (MES) et sédiments dépend-elle de la nature des sols drainés et donc du type de formations géologiques et de l'intensité des mécanismes d'érosion (Figure 5). La composition des roches explique, en grande partie, l'abondance en baryum (Ba) et en strontium (Sr) que l'on va retrouver dans nos échantillons. Le devenir des ETM et leur transfert, depuis le réservoir sédimentaire (roche/sol et MES) vers les eaux (de surface ou de nappe) sont alors dépendants (i) de la stabilité de la phase organo-minérale à laquelle est associé l'ETM, (ii) de la nature de la liaison ETM-phase et (iii) des conditions chimiques. Des processus biogéochimiques peuvent ainsi permettre le transfert d'un élément trace depuis la fraction solide vers les eaux (e.g. Strontium) et inversement.

Enfin, les concentrations en ETM dans les différents compartiments peuvent ensuite être significativement modifiées par des pressions anthropiques d'origine urbaine, industrielle, minière et/ou agricole.

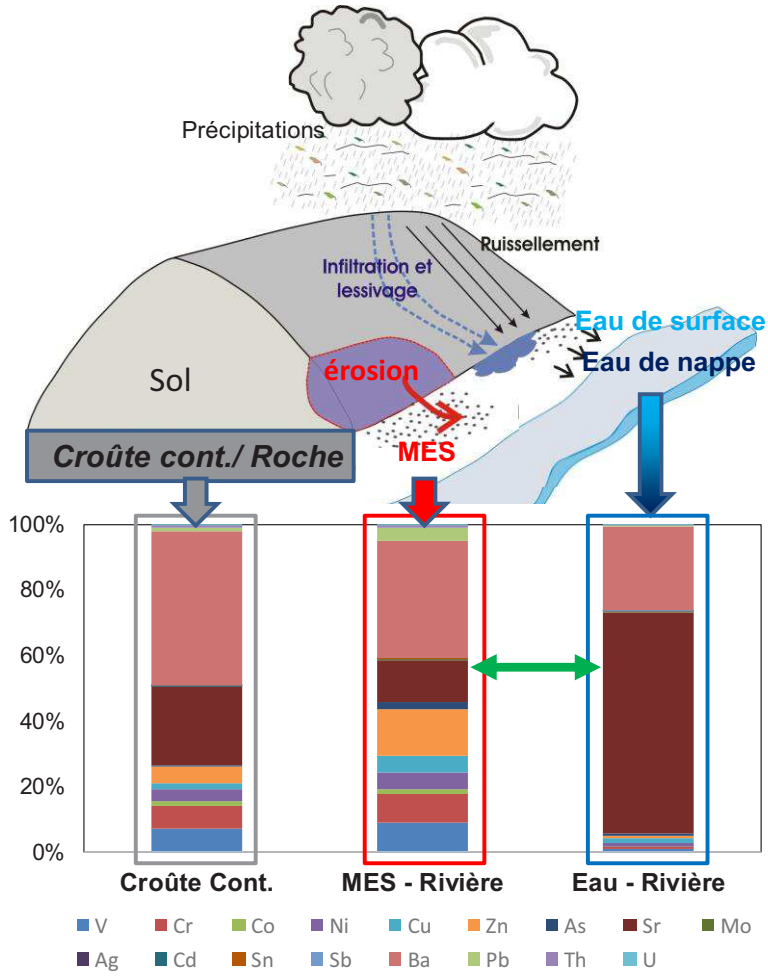


Figure 5 : Composition en ETM dans la croûte continentale, les matières en suspension et les eaux de rivières (Martin et Meybeck, 1979 ; Wedepohl, 1995 ; Gaillardet et al., 2003).

4 Résultats obtenus

4.1 Le milieu naturel

4.1.1 Résultats obtenus dans le cadre du Plan MP BM / REGARD

Dans le cadre du projet précédent (Plan Micropolluants Bordeaux Métropole) sur lequel REGARD s'appuie, un suivi pluriannuel de la Jalle avait été réalisé. Ainsi 6 points d'échantillonnage, répartis entre l'amont au niveau des champs captant du Thill et l'aval au niveau de la réserve naturelle de Bruges (cf livrable 1.1 pour les détails), ont été échantillonnés 2 fois par an en 2013, 2014 et 2015. Dix-huit ETM ont été recherchés et analysés dans la phase dissoute de ces échantillons.

Sur l'ensemble des 31 échantillons obtenus, les 18 ETM ont tous été retrouvés au moins une fois. La Figure 6 présente les gammes de concentrations et les fréquences de quantification auxquelles ils ont été retrouvés dans la Jalle de Blanquefort.

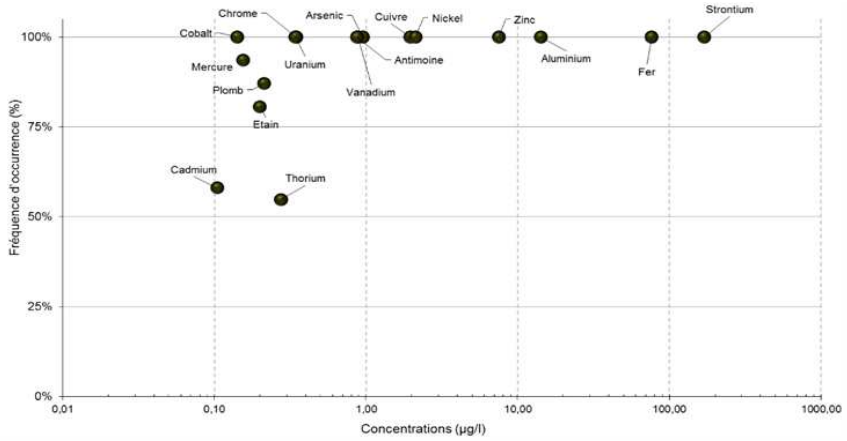


Figure 6 : Concentrations moyennes et fréquences d'occurrence sur la Jalle de Blanquefort (n= 31).

A l'exception du cadmium (55%) et du thorium (58%), la majorité des métaux a été retrouvée avec une fréquence de quantification supérieure à 75 % voire dans 100 % des échantillons (Co, Cr, U, As, V, Sb, Cu, Ni, Zn, Al, Fe et Sr). Les métaux étant naturellement présents, si les limites de détection avaient été plus basses, tous les éléments auraient été détectés[4]. Les concentrations moyennes de chacun des métaux s'échelonnent entre 0,1 et 170 µg/l. 4 ETM présentent des concentrations moyennes de l'ordre de la dizaine de microgramme par litre ou même dépassant les 10 µg/l voire les 100 µg/l (Zn, Al, Fe et Sr).

[4] Analyses faites par un autre laboratoire que TGM, les limites de détection ne sont pas présentées dans ce document

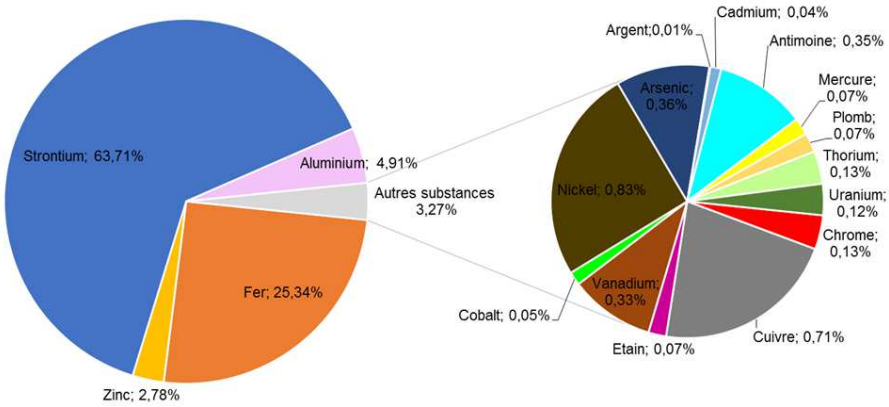


Figure 7 : Composition moyenne en ETM de l'eau du milieu naturel, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=31).

La Figure 7 confirme que Sr et Fe sont les ETM majoritaires retrouvés dans le milieu naturel (Ba no recherché dans ces échantillons) et, dans une moindre mesure, Al et Zn. Les 14 autres ETM mesurés ne représentent qu'un peu plus de 3% de la quantité totale des ETM recherchés. Parmi ces 14 ETM, on retrouve principalement du Cu, Ni, As, Sb et V. La Figure 8 montre des tendances assez similaires entre les différentes campagnes. Néanmoins, des concentrations en Fe plus faibles et des concentrations en Th plus fortes ont été observées lors de la campagne 4 sur l'ensemble des points. De plus, un pic de Fe et un d'Al ont été mesuré sur le point MN-JAL-ROC5 lors de la campagne 3. Pour les ETM mineurs, il est à noter la présence plus importante de Cd sur la campagne 3 pour le point Mn-JAL-THIL1 et Mn-JAL-RES6.

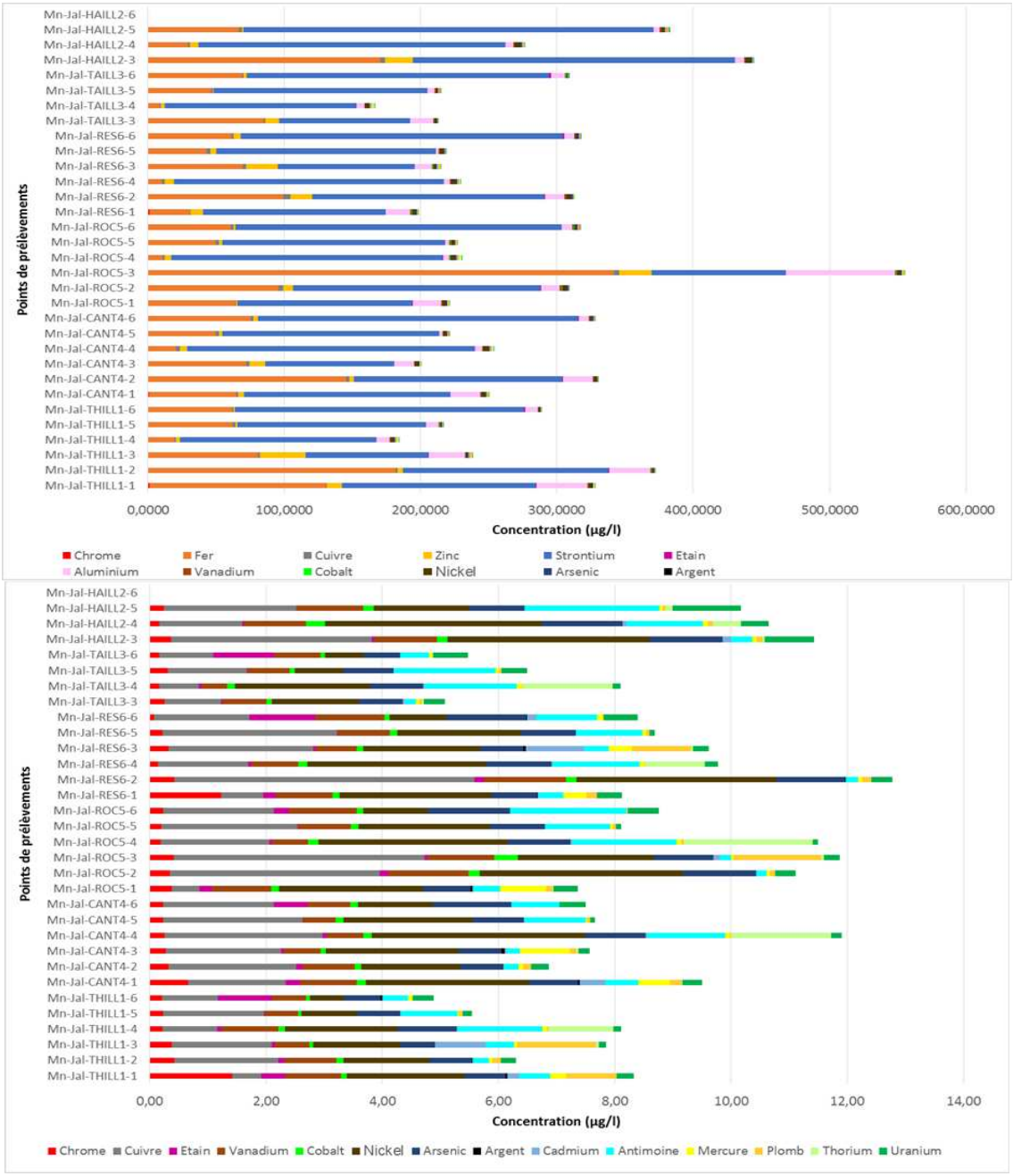


Figure 8 : Concentration en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) du milieu naturel pour l'ensemble des 6 campagnes d'échantillonnage.
Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

Le Tableau 4 présente dans ces colonnes 2, 3 et 4 l'évolution des concentrations entre 2 points de prélèvement le long du bras principal de la Jalle (évolution entre THIL1 et CANT4, entre CANT4 et ROC5 et entre ROC5 et RES6). Cette évolution est retranscrite par des flèches. Les flèches vers le haut indiquent une augmentation si une évolution positive de +30% de la moyenne des concentrations a été observée entre 2 points de prélèvement. Les flèchent vers le bas indiquent une diminution si l'évolution de la moyenne est négative (-30%). Les flèchent vers la droite indiquent une situation stable s'il n'y a pas d'augmentation (de -30% à 30%) entre 2 points de prélèvement.

De plus, cette étude de l'évolution des concentrations le long du bras principal de la Jalle permet de distinguer différents schémas d'évolution dans le milieu naturel. Ainsi, on distingue 4 grandes catégories d'évolution :

- La première catégorie (A) correspond aux ETM dont la source principale semble provenir de l'amont (ex. le chrome).
- La seconde catégorie (A / RES) correspond aux ETM dont la source principale semble provenir de l'amont de notre système d'étude mais il y a également une augmentation au niveau du point RES (ex. le zinc).
- La troisième catégorie (CANT) correspond aux ETM qui augmentent significativement au niveau du point Mn-JAL-CANT4 c'est à dire après le rejet de la STEU (ex. le nickel).
- La dernière catégorie (NC) correspond aux ETM pour lesquels il est difficile de trancher au vu du nombre limité de fois où l'ETM a été quantifié et où l'utilisation de la valeur LQ/2, lorsque l'analyse a donnée comme résultat <LQ, peut influencer de manière préjudiciable l'analyse (ex. le thorium).

La catégorie à laquelle chacun des métaux est associée est présentée dans la colonne 5 du tableau. Les colonnes 6, 7 et 8 permettent de préciser la source potentielle du métal.

Tableau 4 : Evolution des molécules inorganiques dans la Jalle de Blanquefort.

Substances	Evolution entre Mn-JAL-THIL1 et Mn-JAL-CANT2	Evolution entre Mn-JAL-CANT2 et Mn-JAL-ROC5	Evolution entre Mn-JAL-ROC5 et Mn-JAL-RES6	Catégories	Pollution issue potentiellement de la pression urbaine transitant par la STEU	Pollution provenant potentiellement du ruisseau du Haillan	Autres sources potentielles
chrome	↓	→	→	A			
fer	→	→	↓	A			
cuivre	↑	→	→	CANT	oui		
zinc	↓	→	↑	A / RES			
strontium	→	→	→	A			
étain	↓	→	↑	A / RES			
aluminium	↓	→	→	A			
vanadium	→	→	→	A			
cobalt	↑	→	→	CANT		oui	
nickel	↑	→	→	CANT	oui		
arsenic	→	→	→	A			
argent	→	→	→	A			
cadmium	↓	→	↑	A / RES			
antimoine	→	→	→	A			
mercure	↑	→	→	CANT	oui		
plomb	↓	→	→	A			
thorium				NC			
uranium	→	→	→	A			

Le Tableau 4 montre que, sur les 18 métaux recherchés, 10 appartiennent à la catégorie « A » (Cr, Fe, Sr, Al, V, As, Ag, Sb, Pb et U), 4 à la catégorie « CANT » (Cu, Co, Ni et Hg), 3 à la catégorie « A/RES » (Zn, Sn et Cd) et 1 à la catégorie NC (Th). Sur les 4 métaux de la catégorie « CANT », le Co pourrait provenir du ruisseau du Haillan et les 3 autres pourraient provenir de la pollution urbaine transitant par la STEU. Cette dernière hypothèse est issue de la comparaison entre les points Mn-JAL-TAILL3 (sur le bras nord de la Jalle) et le point Mn-JAL-CANT4. En effet, la seule différence entre ces 2 points par temps sec est la STEU de Cantinolle

or on observe une concentration plus forte en Hg, Ni et Cu au point CANT4 par rapport au point TAILL3. Par ailleurs, les ETM de la catégorie A/RES sont des métaux qui ont un lien fort avec le ruissellement urbain et agricole et qui pourraient être apportés à la Jalle via des apports directs ou via les exutoires pluviaux, puis stockées dans la rivière.

4.1.2 Campagnes à haute résolution spatiale sur la Jalle de Blanquefort

La Jalle (bassin versant de 347 km²) draine trois grands secteurs : un secteur amont essentiellement couvert par des pins maritimes avec de la maïsiculture à sa limite amont, une section centrale urbanisée (Saint Médard en Jalle, le Haillan, le Taillan) et un secteur aval dont l'occupation des sols est dominée par du maraîchage et des prairies. De plus, le cours d'eau est soumis à de nombreuses pressions anthropiques avec, par exemple, les rejets d'eaux de la STEU de Cantinolle ou du collecteur rocade nord. En complément des analyses réalisées dans le cadre du Plan MP BM, il importait donc de caractériser spatialement plus finement la qualité des eaux de la Jalle.

C'est pourquoi, au cours de l'année 2016, deux campagnes d'échantillonnages ont été réalisées sur le continuum de la Jalle en une vingtaine de sites (Figure 9) : l'une en février 2016 lors de forts débits du cours d'eau et l'autre en septembre 2016 lors de faibles débits Les forts débits de février étaient conséquents à un mois de janvier particulièrement pluvieux avec des précipitations de l'ordre de 234 mm enregistrés à Bordeaux (Meteociel, 2016), soit 150 % de plus qu'en janvier 2015 (93,4 mm) alors que les faibles débits de septembre 2016 étaient conséquents à une longue période de très faibles précipitations, 24 mm pour juillet et aout 2016 cumulés contre 122 mm pour juillet et aout 2015 cumulés (Météociel). Les prélèvements d'eaux ont été effectués le long de la Jalle et de ses affluents, depuis le moulin de Bonneau à Saint Médard en Jalle à l'amont jusqu'à son exutoire au niveau du golf de Bordeaux Lac en aval (Figure 9).

Les échantillons d'eau ont été caractérisés pour les fractions dissoutes (<0.2µm) et totales. Pour la fraction totale, deux traitements ont été réalisés : une digestion à HNO_3 (appelée TOT) et une digestion à HNO_3, HCl et H_2O_2 (appelée TOT+). De plus, des sédiments ont été échantillonnés sur la plupart des sites ; certains sites ne permettaient pas l'échantillonnage de sédiments (ex. condition d'accès difficile ; non dépôt de sédiments). L'objectif d'une telle stratégie d'échantillonnage et de traitement (Figure 9) visait à caractériser la répartition des ETM (phase dissoute ou particulaire +/- facilement mobilisable) et évaluer la variabilité spatio-temporelle des ETM afin d'identifier des sources et processus.

Figure 9 : Carte de localisation des sites pour les campagnes TGM – Milieu naturel.

La Figure 10 et la Figure 11 présentent la répartition des ETM dans les phases dissoutes et totales le long du continuum de la Jalle, et ce pour les deux campagnes. Cette distribution globale semble indiquer que les concentrations dissoutes sont plus faibles pendant la campagne « temps sec » que pendant la campagne « temps humide ». Les teneurs en Al et Fe sont dominantes et pourraient refléter l'abondance naturelle puisque ces éléments sont considérés comme des majeurs, à l'opposé des autres éléments qui sont des éléments traces. Suivent ensuite Sr et Ba. En s'affranchissant des teneurs en Fe, Al, Sr et en Ba mais pas nécessairement anthropiques (abondance naturelle), les concentrations cumulées restent plus importantes pour la campagne « temps humide » que pour la campagne « temps sec ».

La Figure 12 représente les distributions statistiques des ETM (tous sites confondus) dissous pour les campagnes « temps sec » et « temps humide » ; le trait rouge est équivalent à un bruit de fond géochimique pour le système (en cours de validation). Les résultats révèlent que Cr, Cu, Zn, Mo, Cd, Sb, Pb et Th ont des teneurs plus importantes lors de la campagne en « temps humide ». A l'inverse, les concentrations en Ni, Sr, Ag, Ba et U sont plus importantes lors de la campagne « temps sec ». Enfin, les concentrations en V, As et Sn sont du même ordre de grandeur d'une campagne à l'autre.

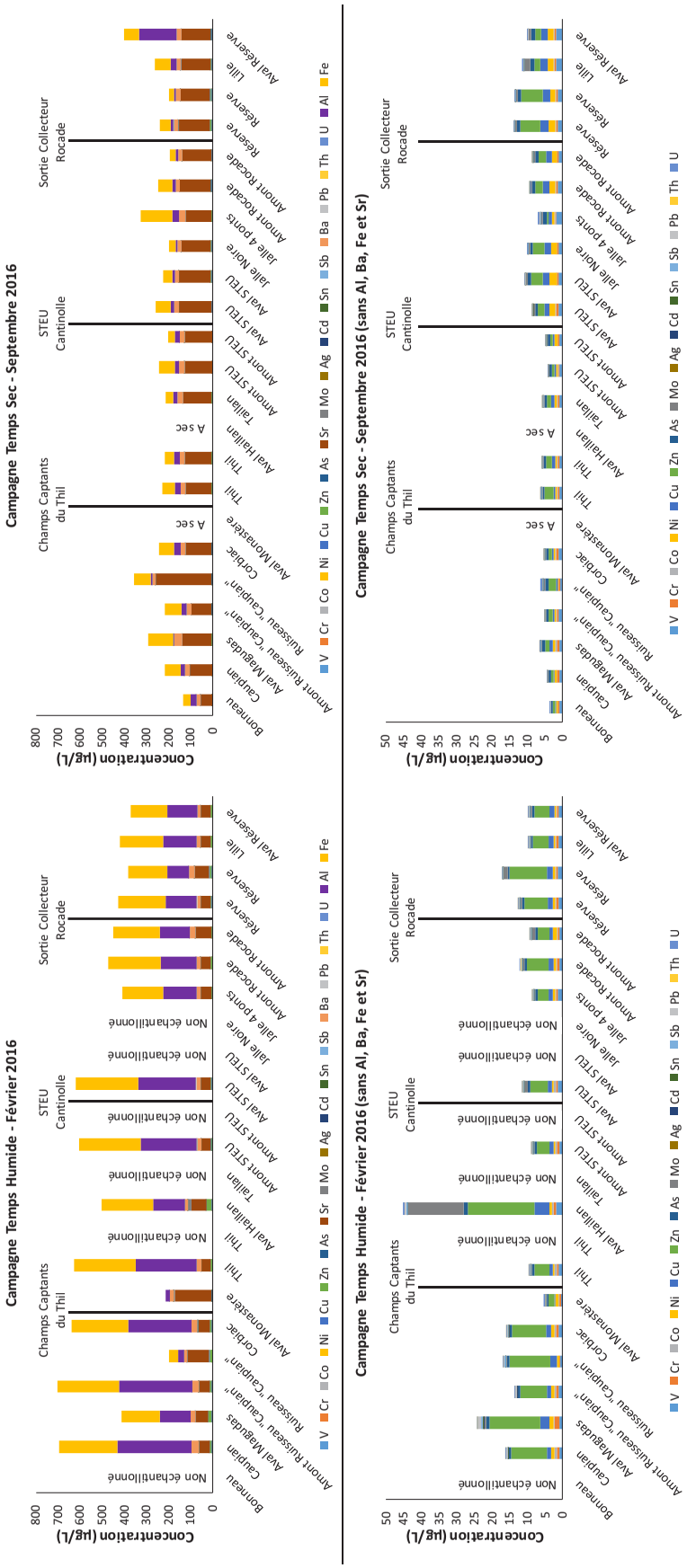


Figure 10 : Résultats des teneurs dissoutes en ETM sur le continuum de la Jalle pour la campagne temps humide et la campagne temps sec.

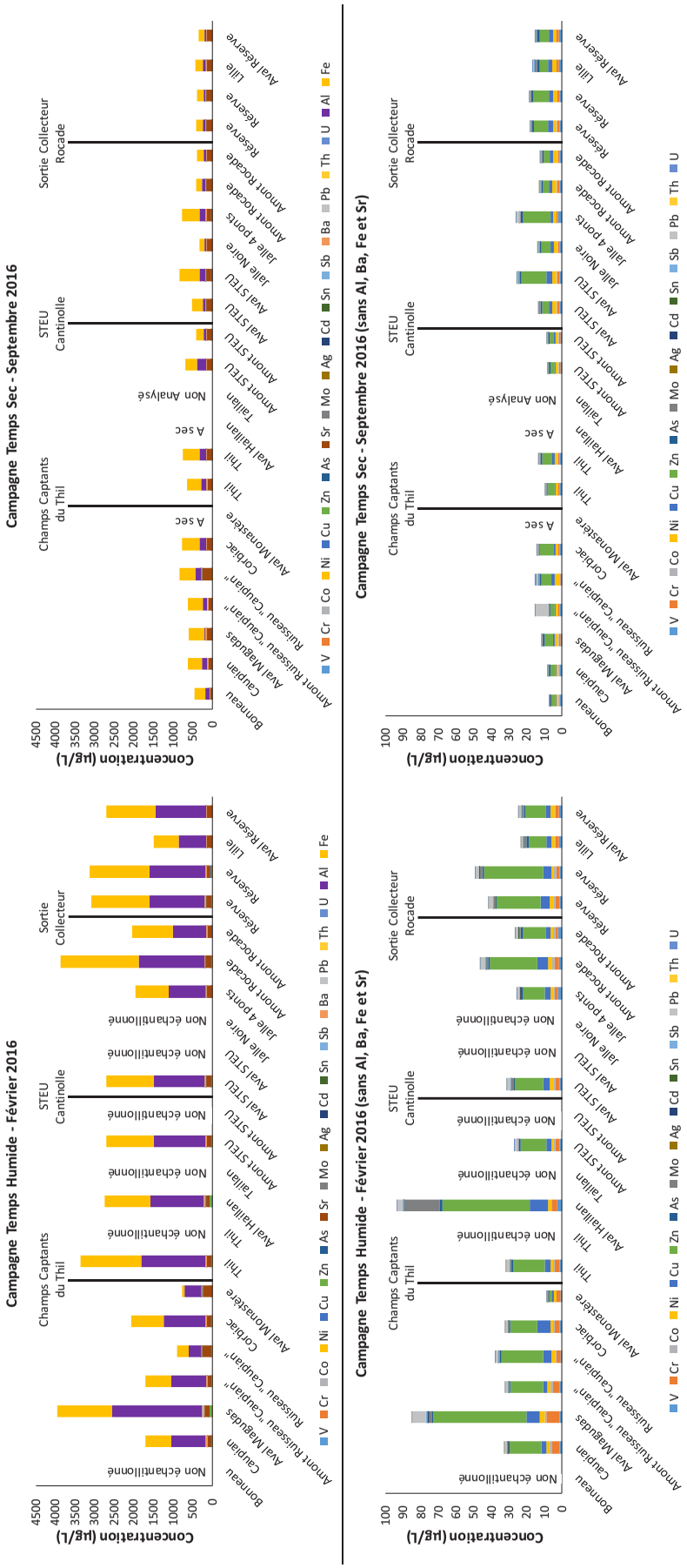


Figure 11 : Résultats des teneurs totales en ETM sur le continuum de la Jalle pour la campagne temps humide et la campagne temps sec.

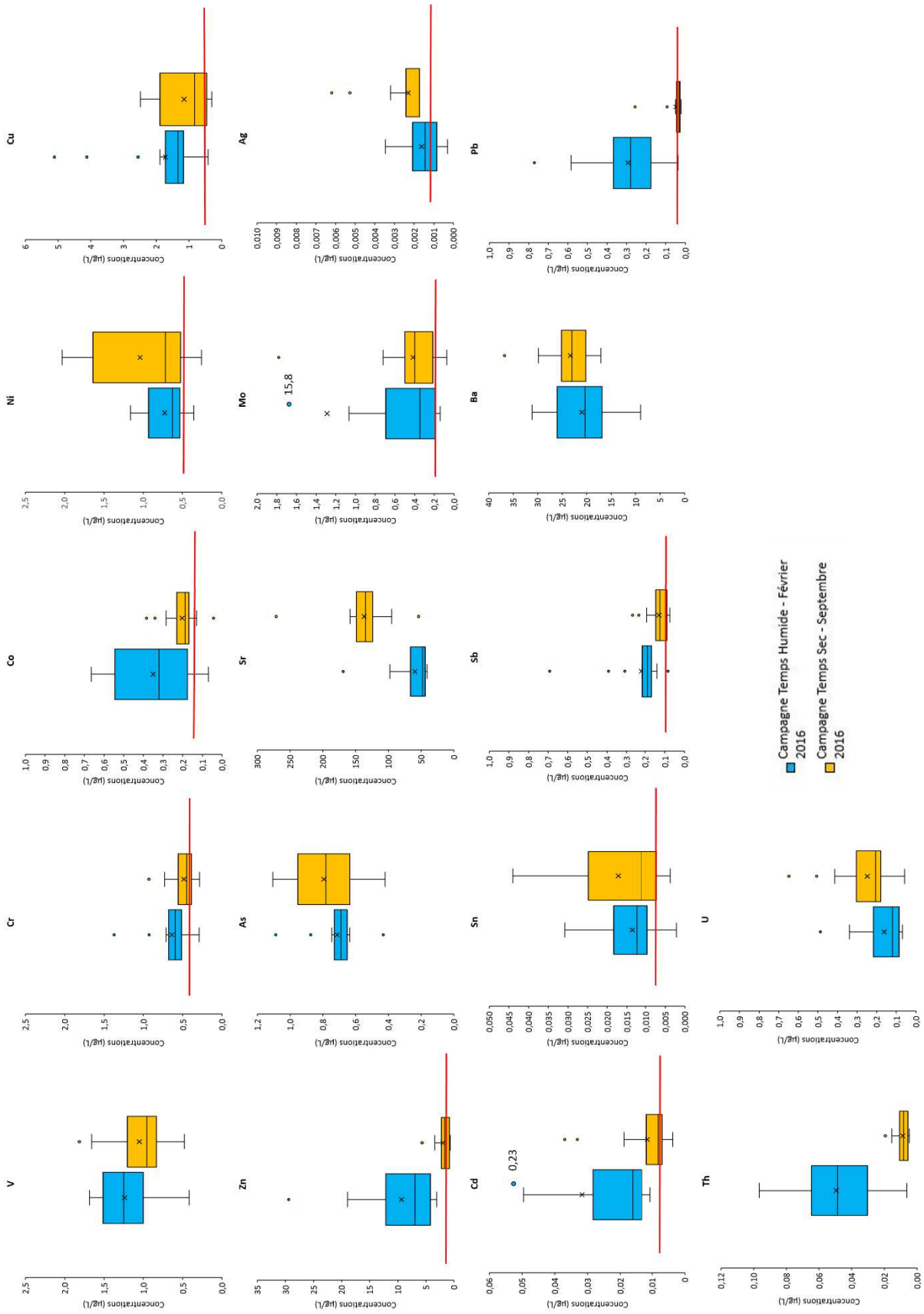


Figure 12 : Distribution statistique des teneurs en ETM dissous pour les campagnes « temps sec » et « temps humides » (le trait rouge correspond au bruit de fond géochimique).

Le continuum de la Jalle présente de nombreuses pressions anthropiques potentielles. Un zoom a été effectué pour les teneurs en ETM dissous et totaux sur trois sources potentielles : la casse automobile localisée en amont de la STEU de Cantinolle, la station de traitement des eaux usées (STEU) de Cantinolle et le collecteur Rocade nord (Figure 13 ; Figure 14).

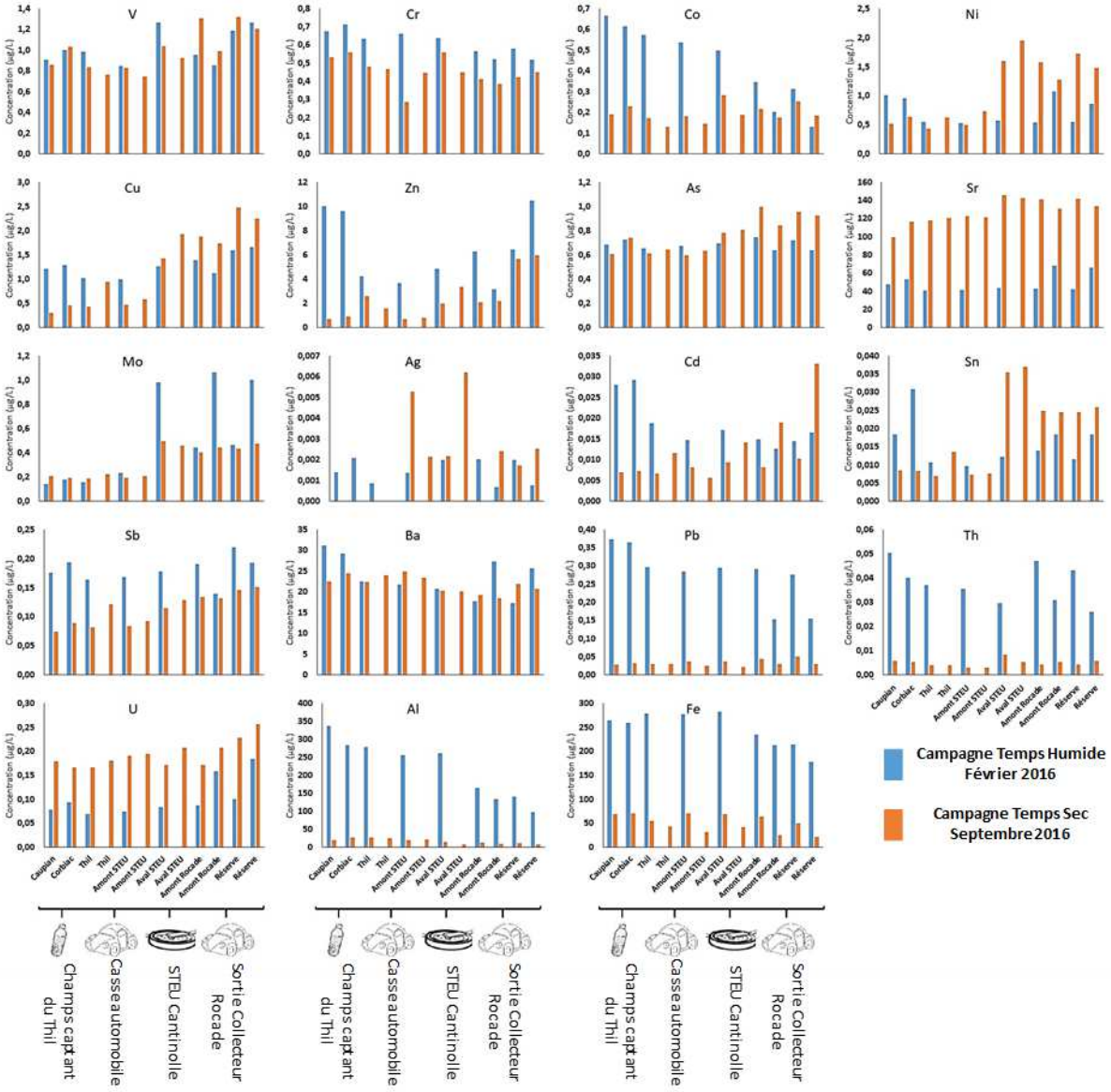


Figure 13 : Zoom sur le continuum de la Jalle pour les deux campagnes « temps sec » et « temps humides » pour les majeurs et ETM dissous.

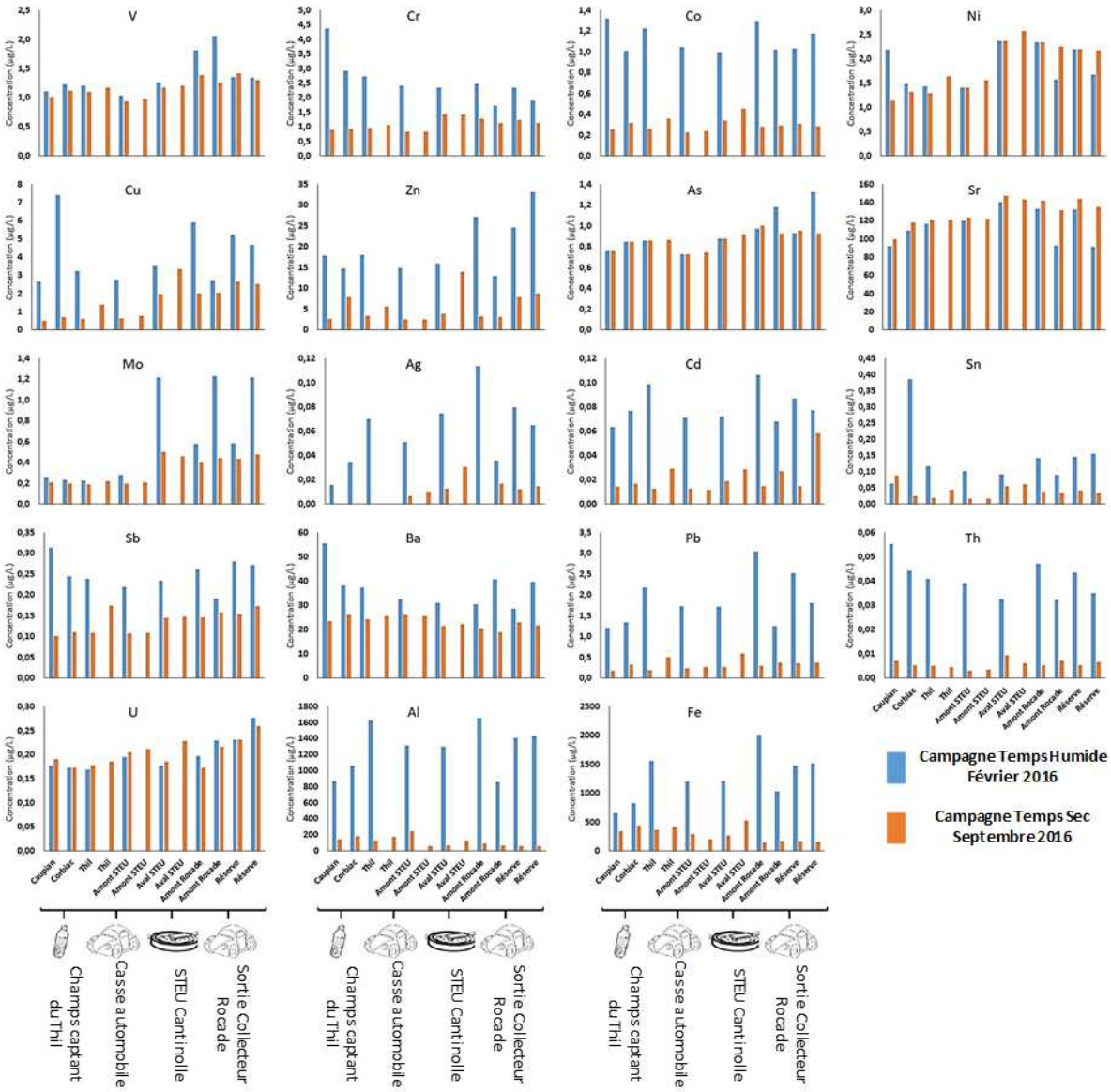


Figure 14 : Zoom sur le continuum de la Jalle pour les deux campagnes « temps sec » et « temps humides » pour les majeurs et ETM totaux.

Ces résultats montrent que les concentrations sont nettement plus élevées en Ni, Mo, Cu et Sn à l'aval de la STEU de Cantinolle par rapport à l'amont durant la campagne « temps sec » (particulièrement visible pour la phase dissoute) ; la tendance est moins visible pour ces éléments pour la campagne « temps humide », probablement en raison de la forte dilution des rejets de la STEU de Cantinolle par les apports hydriques amont de la Jalle.

Au niveau du collecteur rocade, quelles que soient les conditions hydrologiques, les concentrations sont significativement plus importantes en aval pour Cu et Zn et montrent une légère augmentation en Cd (uniquement en « temps sec ») et Sb (uniquement en « temps humide »).

Il est probable que les concentrations en ETM totaux soient plus discriminantes au niveau du collecteur Rocade en raison du lessivage de poussières de route, pour Cu, Zn, Pb et Sb par exemple. Ils sont connus pour être utilisés pour différentes pièces automobiles et

particulièrement dans les dispositifs de freinage des véhicules (disques et plaquettes de freins) et peuvent être libérés sous forme de poussières sur les routes à cause de l'usure de ces pièces.

Par ailleurs, par « temps sec », nous avons également effectué des campagnes de prélèvement supplémentaires pour s'assurer de la représentativité des échantillons (prélèvement le même jour en rives droite et gauche et prélèvements ponctuels en parallèle des prélèvements moyens 24h communs à l'analyse des micropolluants organiques et des ETM, campagne concomitante à celle spécifiquement réalisée pour l'analyse des ETM). Pour cela, des échantillons ont été prélevés en amont et en aval de la STEU de Cantinolle et en amont et en aval du collecteur rocade nord. Les comparaisons sur la représentativité a montré que :

- Les échantillons moyens 24h sont comparables aux prélèvements ponctuels (RES *vs* point 15 et ROC *vs* point 13 Figure 9), excepté pour Cd dissous où les teneurs sont plus importantes pour les échantillons moyens 24h. Ces résultats viennent renforcer les conclusions sur la non-contamination des échantillons par les préleveurs automatiques (cf paragraphe 2.5).
- En aval de la STEU de Cantinolle, les teneurs en Cu, Zn et Ag sont supérieures dans l'échantillon moyen 24h en comparaison de l'échantillon ponctuel.
- La comparaison entre les échantillons ponctuels permet de mettre en évidence un effet de berge pour les ETM lors de la campagne de « temps sec », particulièrement pour Ni et Sn ; avec des concentrations plus fortes en rive droite où est localisée le rejet de la STEU.

Les différences entre les échantillons ponctuels et moyen 24h devront être affinées. Elles pourraient être liées à des variations diurnes (l'échantillon moyen 24h intègre des teneurs plus élevées, par exemple durant la nuit), à de la décomposition de matière organique labile (particulièrement présente en STEU) s'opérant dans les 24h de l'échantillon moyen.

Une première analyse statistique a été menée sur les résultats des campagnes réalisées en février 2016, septembre 2016 et novembre 2016 avec l'utilisation d'analyses en composantes principales (ACP ; Figure 15). Les sites retenus pour l'analyse sont : Caupian, Thill, Amont STEU, Aval STEU, Amont rocade et Réserve (Aval Rocade). L'objectif de l'analyse statistique multivariée est d'identifier d'éventuelles corrélations entre les variables (e.g. concentrations analysées en ETM et Majeurs) et les individus (sites) dans un nouveau repère dont les axes (F1, F2, …) sont calculés à partir des valeurs et vecteurs propres de la matrice de corrélation. Ces nouveaux axes représentent de nouvelles variables indépendantes les unes des autres. La projection des anciennes variables est effectuée dans ce nouveau repère (ainsi que les individus présentés sur ces figures) afin d'analyser les éventuelles corrélations. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel R et devient pertinente lorsqu'un petit nombre d'axes ou composantes principales (CP) permettent de synthétiser le maximum de l'information.

Les résultats de l'ACP pour les teneurs dissoutes en ETM et Majeurs mettent en évidence des disparités spatiales et temporelles dans la composition géochimique des eaux. Au niveau spatial, deux ensembles se distinguent : d'un côté, les sites Caupian, Thill, Amont STEU et de l'autre, les sites Aval STEU, Amont Rocade et Réserve. Ce dernier ensemble serait caractérisé par une majorité d'ETM analysés. Le site de Caupian est particulièrement marqué par d'autres éléments tels que Fe, Al, Th suggérant que l'amont est plus concentré en Fe, Al, Th – dont les concentrations diminueraient plus on va vers l'aval.

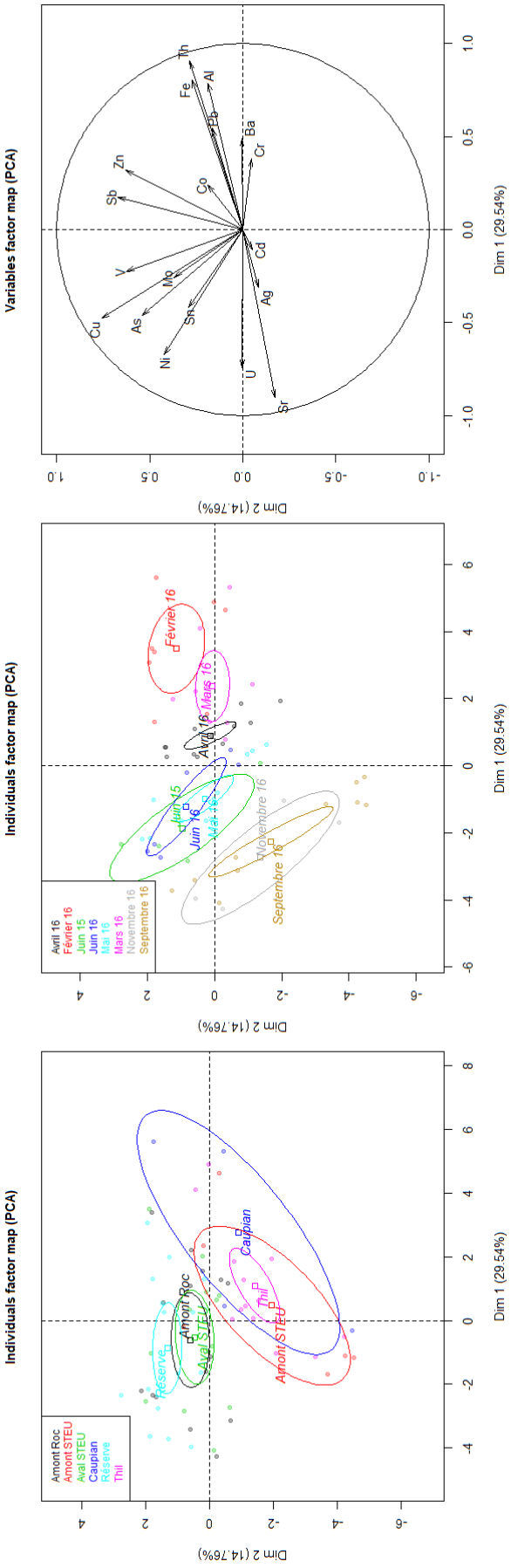


Figure 15 : Résultats de l'ACP sur les concentrations dissoutes du milieu naturel.

Au niveau saisonnier, les campagnes de temps humides (février, mars et avril 2016) sont plus riches en Fe, Al et Th alors que par temps sec, les concentrations sont plus élevées en Sr, U, Ag et Cd. Pour Sr et U, les plus fortes valeurs pourraient s'expliquer par une prépondérance des eaux de nappes plus riches. Lors d'évènements pluvieux, les eaux de surface viendraient diluer ce signal, expliquant par exemple la corrélation négative entre les teneurs dissoutes en Sr et les débits à l'exutoire de la Jalle (Figure 16). Les plus fortes concentrations en Ag et Cd dissous en étiage s'expliqueraient par des rejets anthropiques. Ces derniers, constants sur l'année seraient plus visibles en étiage en raison d'une moindre dilution par les eaux de surface. L'ACP confirme la nette séparation dans la composition chimique entre l'amont et l'aval de Cantinolle par temps sec alors qu'elle est plus moyennée par temps humide.

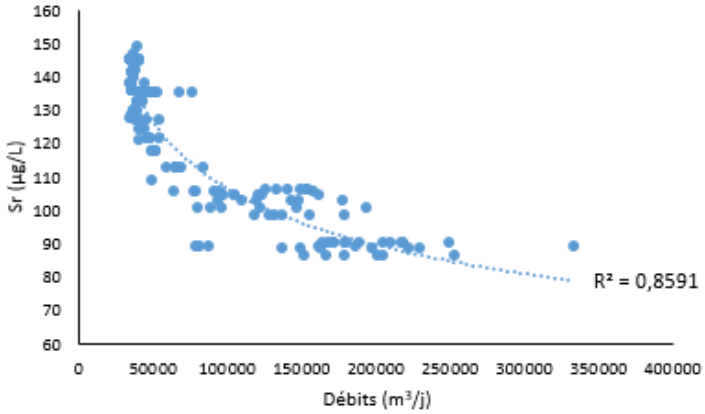


Figure 16 : Relation entre les concentrations dissoutes en Sr et les débits à l'exutoire de la Jalle (site Réserve).

Enfin, un préleveur automatique a été mis en place à la réserve de Bruges depuis mars 2016 (Figure 17). Il permet de suivre la qualité des eaux de la Jalle à son exutoire à haute fréquence. Initialement, nous avions prévu d'acquérir des données durant une année, jusqu'en mars 2017. Cependant, nous avons décidé de maintenir ces prélèvements et de conserver les échantillons en vue d'analyses futures afin d'encadrer les différentes campagnes ayant eu lieu en 2017.

Figure 17 : Photographie du préleveur sur la Jalle.

Les échantillons journaliers ont été analysés soit individuellement, lors d'évènements particuliers (e.g. crue, orage), soit regroupés en cumulant au maximum 6 prélèvements, lors de conditions hydrologiques stables (Figure 18). Le suivi à l'exutoire de la Jalle, mis en place dans

le cadre du projet REGARD, peut-être comparé à celui que nous avions initié en 2013-2014 lors de projets antérieurs (ETIAGE et ANR Adapt'eau). La chronique montre des variations temporelles des concentrations en relation avec les précipitations (dilution et/ou lessivage selon les éléments) et l'apport de sources.

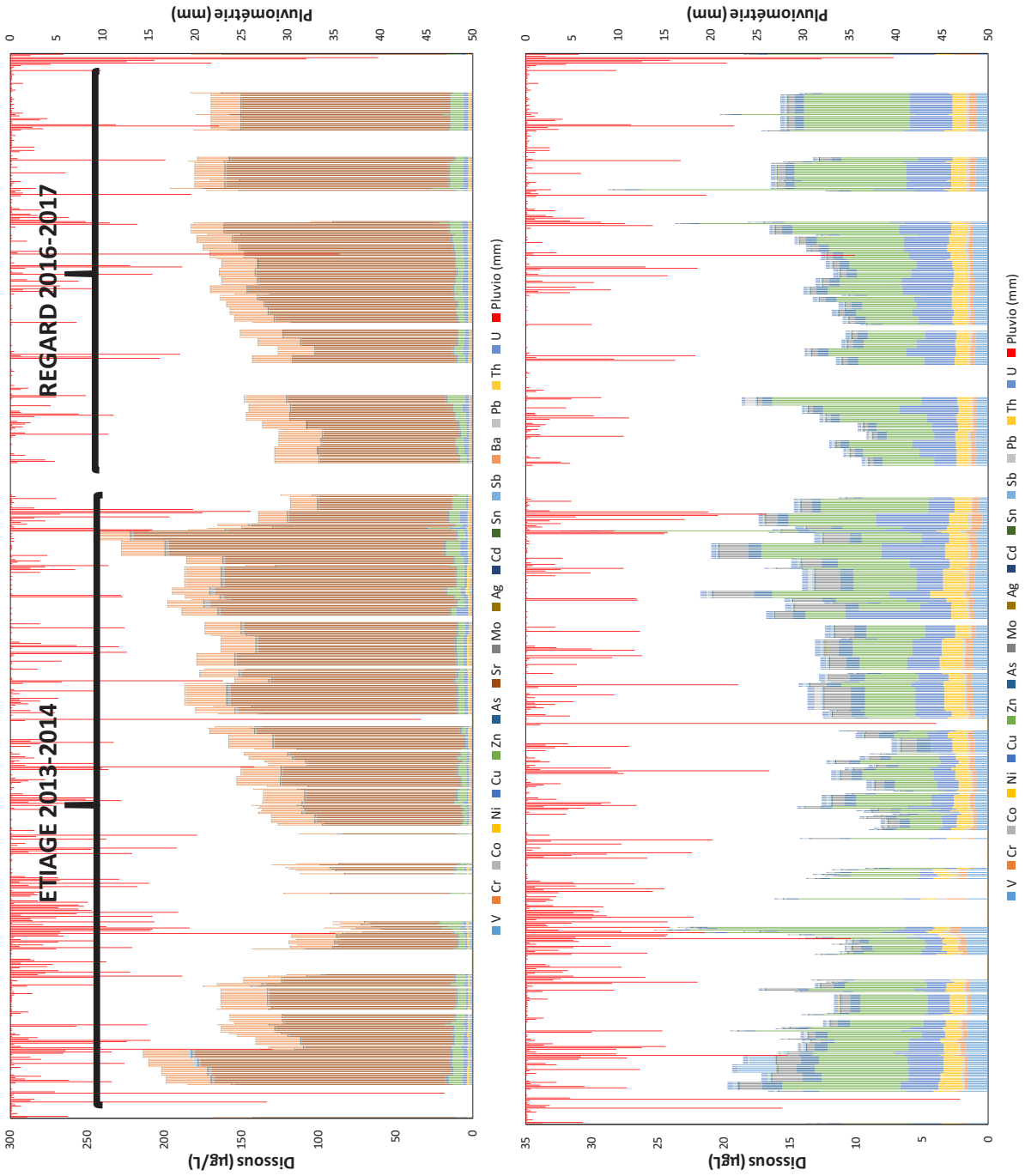


Figure 18 : Suivi géochimique à l'exutoire de la Jalle de Blanquefort entre 2013-2014 et 2016-2017.

4.2 Les Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU)

4.2.1 Résultats obtenus dans le cadre du Plan MP BM / REGARD

4.2.1.1 Etude la file eau

La Figure 19 et la Figure 20 présentent respectivement la composition moyenne des eaux en ETM en entrée et sortie de 3 STEU de Bordeaux Métropole (la STEU de Cantinolle, celle de Lille–Blanquefort et celle de Louis Fargue).

Comme dans le milieu naturel, Sr, Fe, Al et Zn sont les éléments majoritaires et l'ordre d'importance de ces 4 ETM ne change pas. Parmi les 14 ETM restants, Cu, Ni et As sont les 3 ETM les plus abondants. Ces résultats sont similaires à ceux présentés dans le rapport de l'INERIS « les molécules dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets des stations de traitement des eaux usées urbaines » (INERIS, mars 2016).

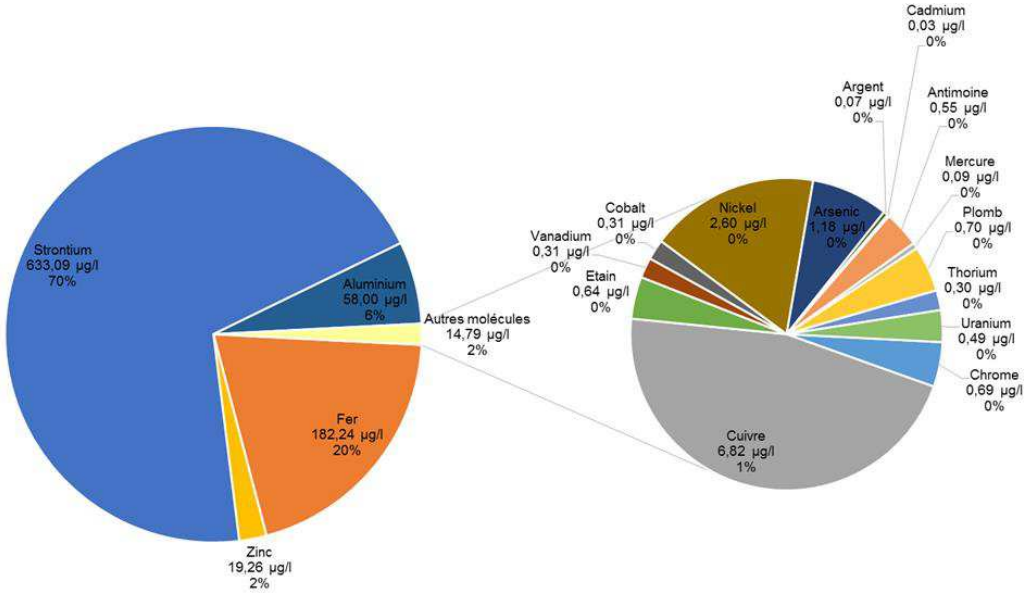


Figure 19 : Composition moyenne en ETM de l'eau en entrée des 3 STEU (phase dissoute) (n=7).

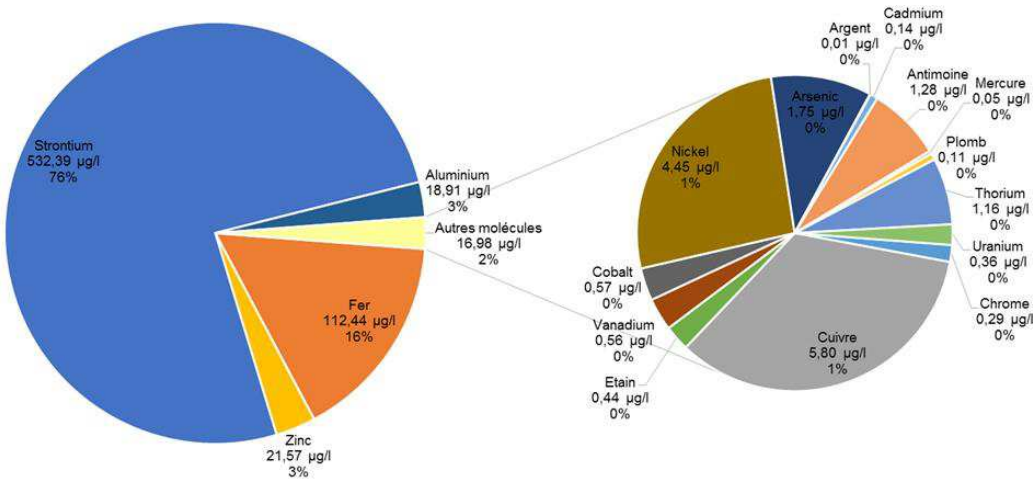
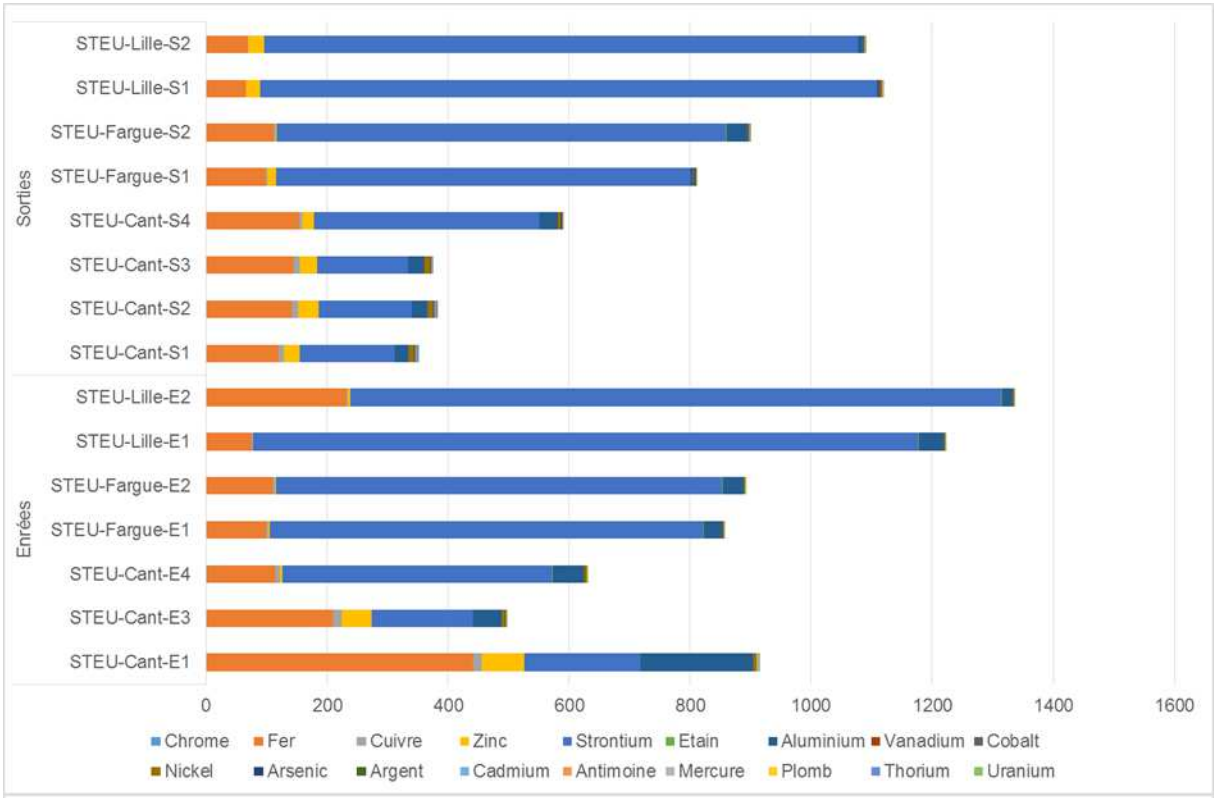


Figure 20 : Composition moyenne en ETM de l'eau en sortie des 3 STEU (phase dissoute) (n=8).



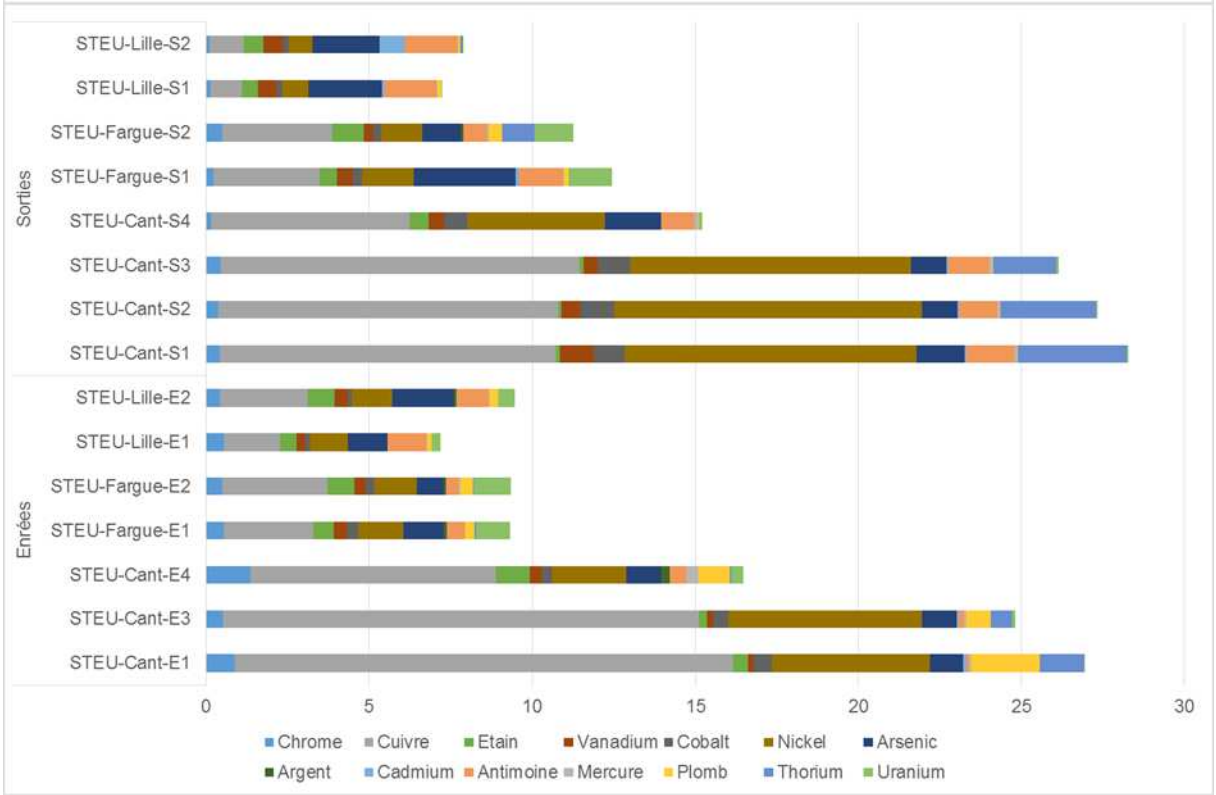


Figure 21 : Concentration en ETM (phase dissoute) des entrées (E, 7 échantillons) et sorties (S, 8 échantillons) des 3 STEU.
Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

La Figure 21 présente les résultats des concentrations mesurées dans les entrées et les sorties des 3 STEU étudiées pour l'ensemble des campagnes de prélèvements (4 campagnes[5] pour la STEU de Cantinolle, 2 pour celle de Louis Fargues et 2 pour celle de Lille-Blanquefort). Ces graphiques montrent une certaine homogénéité dans les profils de contamination pour une même STEU et une hétérogénéité entre les STEU.

Le graphique du haut laisse voir une très légère diminution des concentrations entre les entrées et les sorties d'une même STEU, probablement liée aux faibles diminutions des concentrations des éléments les plus abondants comme Fe et Al.

Le graphique du bas en revanche semble plutôt indiquer une augmentation des concentrations entre l'entrée et la sortie d'une même STEU en particulier pour Sb, As et Ni et dans une moindre mesure pour Th.

La Figure 22 présente les flux journaliers moyens en entrée et en sortie des 3 STEU pour les ETM (phase dissoute). De façon logique, la STEU de Louis Fargue étant celle qui a les plus gros débits d'eau, elle est aussi celle qui a les flux les plus importants.

Le graphique du haut montre une légère diminution de la quantité d'ETM en sortie des STEU par rapport à l'entrée passant ainsi de :

- de 7920 g/j en entrée à 4895 g/j en sortie de la STEU de Cantinolle, soit une réduction de 39% ;
- de 57291 g/j en entrée à 55786 g/j en sortie de la STEU de Louis Fargue, soit une réduction 3% ;
- de 7279 g/j en entrée à 6502 g/j en sortie de la STEU de Lille-Blanquefort, soit une réduction de 11%.

A l'inverse le graphique du bas montre plutôt une équivalence (Lille-Blanquefort) voire même une augmentation (Louis Fargue ou Cantinolle) de la quantité d'ETM en sortie des STEU par rapport à l'entrée.

[5] A noter la perte de l'échantillon « entrée Cantinolle campagne 2 » suite à un problème technique du laboratoire

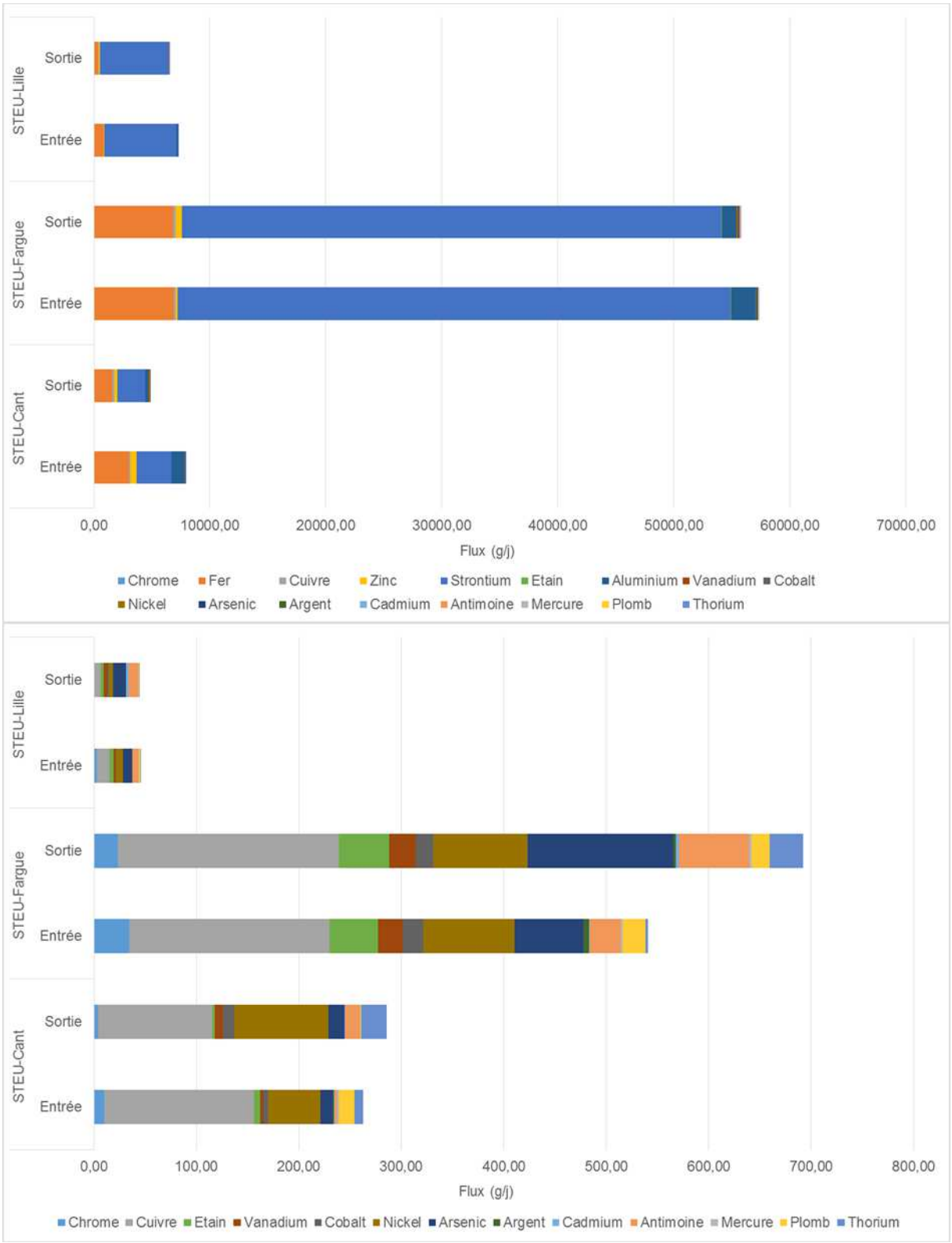


Figure 22 : Flux d'ETM en entrée et en sortie des 3 STEU (g/jour).
Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

4.2.1.2 Etude la file boue

Comme pour la file Eau, des échantillons de boues liquides, en entrée de procédés de traitement, et de boues déshydratées ou séchées (selon le procédé appliqué), en sortie de procédés de traitement, de 3 STEU de Bordeaux Métropole (Cantinolle, Louis Fargue et Lille-Blanquefort) ont été prélevés. En complément, des échantillons de boues déshydratées ou séchées en sortie de 2 autres STEU de la métropole (Clos de Hilde et Sabarège) ont aussi été prélevés.

14 métaux ont été recherchés dans les boues (Sr, V, U et Th n'ont pas été recherchés dans les boues) et ils ont tous été retrouvés au moins une fois dans les échantillons de boues liquides comme dans ceux de boues déshydratées ou séchées.

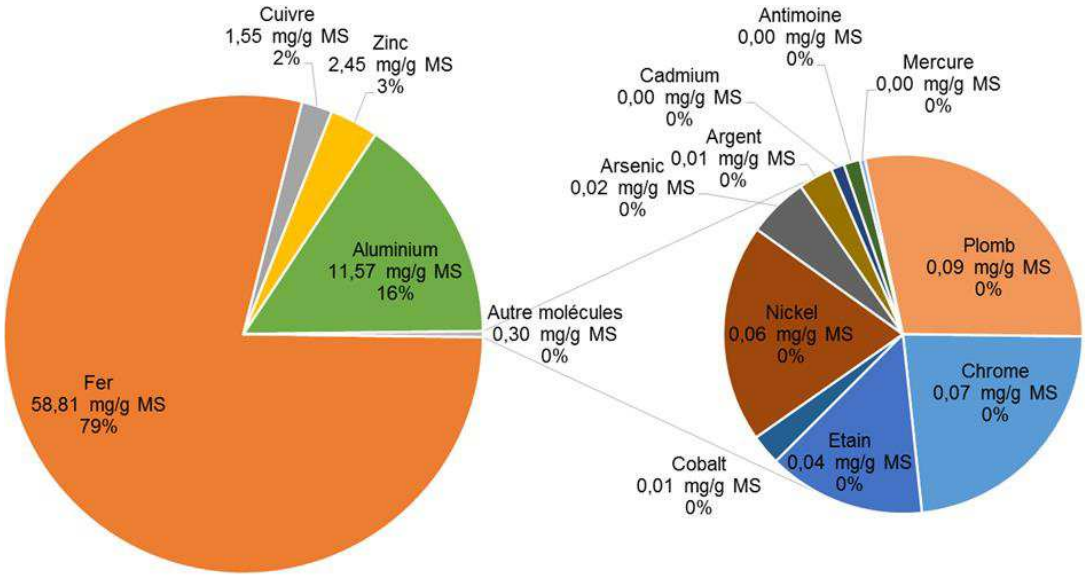


Figure 23 : Composition moyenne en ETM des boues liquides des 3 STEU (n=6).

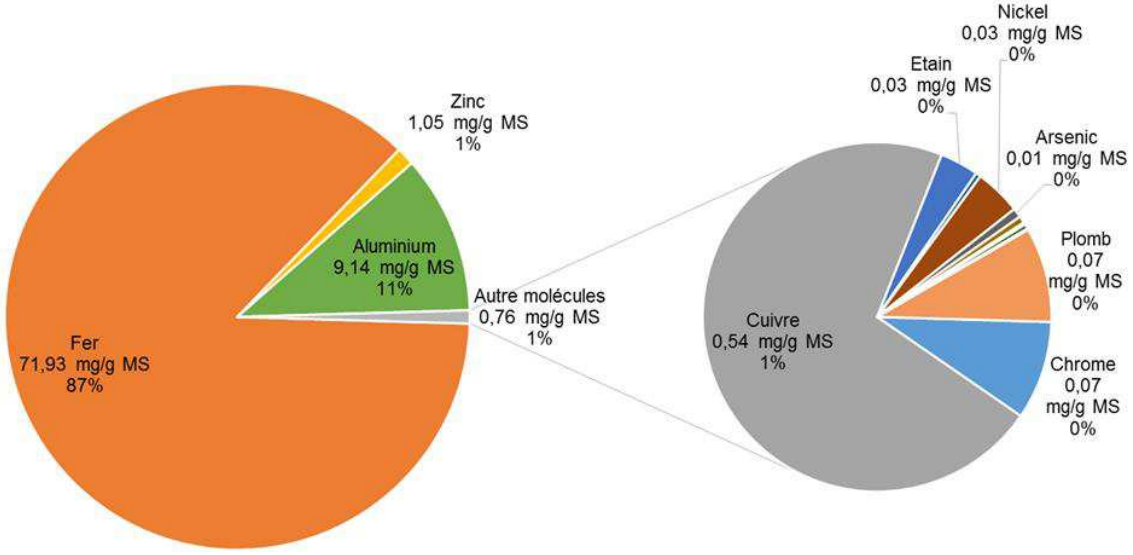


Figure 24 : Composition moyenne en ETM des boues déshydratées ou séchées des 5 STEU (n=33).

Figure 25 : Concentrations en ETM des entrées (boues liquides, BL, 6 échantillons) et sorties (boues déshydratées, BD, 33 échantillons) des procédés de traitement des boues des STEU. Haut : ensemble des 14 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 3 ETM majoritaires (Al, Fe, Zn).

La Figure 23 et la Figure 24 présentent respectivement la composition moyenne des boues en entrée des procédés de traitement des boues des 3 STEU (Cantinolle, Lille–Blanquefort et Louis Fargue) et en sortie des 5 STEU (Cantinolle, Lille–Blanquefort, Louis Fargue, Clos de Hilde et Sabarège).

Les résultats montrent que Fe, Al et Zn sont les ETM majoritaires en entrée comme en sortie. Cuivre fait également partie des ETM abondants. Viennent ensuite Pb, Cr, Ni et Sn. Fer est retrouvé avec des concentrations très élevées (58,8 mg/g MS en moyenne en entrée et 71,9 mg/g MS en moyenne en sortie). Ceci est probablement dû au coagulant utilisé lors des traitements (ajout de chlorure ferrique).

La Figure 25 présente les profils de contamination et les niveaux de concentrations retrouvées sur les boues liquides des 3 STEU (Cantinolle, Lille–Blanquefort et Louis Fargue) et les boues déshydratées ou séchées des 5 STEU de Bordeaux Métropole.
Cette figure montre une certaine homogénéité dans les profils de contamination en ETM des boues des STEU. Les boues liquides de la STEU de Lille-Blanquefort présentent des niveaux de concentration plus élevés que celles des 2 autres STEU, notamment pour Fe, Al, Zn et Cu.
En sortie de STEU, les boues déshydratées ou séchées de Cantinolle, Sabarège et Clos de Hilde présentent des concentrations en Fe similaires et beaucoup plus fortes que celles des 2 autres STEU (Lille-Blanquefort et Louis Fargue). Ces concentrations en Fe plus fortes peuvent s'expliquer par l'utilisation de chlorure ferrique comme agent floculant. Sur la STEU de Lille Blanquefort, le chlorure ferrique n'est pas utilisé et sur celle de Louis Fargue, uniquement en temps de pluie. Pour les ETM minoritaires (Figure 25bas) les profils de contamination et les niveaux de concentration sont similaires entre toutes les STEU étudiées.

Cette étude sur la file boues a été approfondie lors du stage de master 2 de Rémy Pico (2017) qui a étudié la répartition des teneurs en ETM dans les boues en sortie des 5 STEU (Tableau 5). La comparaison des STEU a permis de montrer que les concentrations en Pb sont plus élevées dans les boues de Louis Fargue. Cet enrichissement pourrait s'expliquer par le fait que Louis Fargue est la seule STEU en réseau unitaire qui peut donc drainer des eaux pluviales..

Tableau 5 : Concentrations minimales, maximales et moyennes (µg/g MS) en métaux retrouvées dans les boues de sortie des différentes STEU (Pico, 2017).

	Lille Blanquefort			Louis Fargue			Clos de Hilde			Sabarège			Cantinolle		
	Cmin	Cmax	Moyenne	Cmin	Cmax	Moyenne	Cmin	Cmax	Moyenne	Cmin	Cmax	Moyenne	Cmin	Cmax	Moyenne
Fer	11897,0	95028,0	27181,3	23495,0	37759,0	31119,9	80695,0	125499,0	102643,8	82341,0	127072,0	110190,3	88371,0	118502,0	99345,4
Aluminium	3142,0	5860,0	4189,4	12644,0	22419,0	16458,3	4217,0	19850,0	11337,0	4755,0	18536,0	7952,0	4455,0	5963,0	5371,7
Zinc	652,0	869,4	731,9	1184,1	1909,3	1455,8	984,7	1181,0	1097,6	805,8	1129,3	940,2	854,1	1174,6	1015,5
Cuivre	343,5	518,6	447,1	548,3	945,0	721,1	322,2	635,0	514,4	294,1	431,7	344,1	544,8	719,4	656,4
Chrome	23,2	75,8	33,4	44,3	57,9	49,8	77,9	97,7	88,8	75,8	107,4	86,2	61,9	122,1	91,3
Plomb	22,0	37,0	27,4	125,0	176,0	149,3	38,0	74,0	65,2	34,0	66,0	42,8	36,0	48,0	41,9
Nickel	22,2	30,9	26,0	26,9	86,5	40,8	26,0	33,2	30,7	27,8	33,2	30,1	24,4	43,2	36,0
Etain	3,6	25,8	14,4	13,7	31,7	23,6	28,2	35,0	31,3	24,4	41,5	29,1	27,6	44,9	36,2
Arsenic	1,3	8,2	5,0	10,5	17,8	14,0	1,3	16,5	10,0	1,3	11,7	3,0	1,3	1,3	1,3
Cobalt	1,3	3,1	2,6	5,8	9,6	7,6	1,3	5,3	2,4	1,3	5,1	2,4	1,3	4,9	2,4
Argent	2,0	3,7	2,6	4,4	8,1	6,0	2,5	6,5	4,4	2,7	4,0	3,4	5,9	11,0	8,4
Antimoine	2,6	2,6	2,6	2,6	7,4	4,0	2,6	2,6	2,6	2,6	7,7	3,5	2,6	6,5	3,3
Cadmium	1,0	1,5	1,1	0,3	10,6	3,1	1,0	1,6	1,4	1,0	1,5	1,1	0,3	1,6	1,1
Mercure	0,5	0,9	0,6	0,7	2,0	1,3	0,7	1,5	1,1	0,6	1,4	0,9	0,7	1,7	1,2

4.2.1.3 Evaluation des rendements d'élimination pour les eaux et boues

L'efficacité de traitement des micropolluants des STEU de Louis Fargue, Cantinolle et Lille-Blanquefort a été évaluée. Les caractéristiques de ces STEU sont indiquées dans le Tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Caractéristiques des STEU étudiées.

	Louis Fargue	Cantinolle	Lille Blanquefort
Capacité nominale (EH)	366 700	85 000	66 700
Traitement filière eau	prétraitement décantation primaire (± réactifs) biofiltre	prétraitement décantation primaire (± réactifs) biofiltre	prétraitement boues activées
Traitement filière boue	digestion anaérobie déshydratation + polymère séchage thermique	digestion anaérobie déshydratation + polymère	déshydratation + polymère
Réseau de collecte	unitaire	séparatif	séparatif
Longueur de réseau (km)	1 340	397	156
Surface collectée (km^2)	65,42	53,25	22,10
Nature effluent collecté	industriel et domestique	industriel et domestique	industriel et domestique
Nom du milieu récepteur	Garonne	jalle de Blanquefort	Garonne
Zone déclarée sensible	non	oui	non

Pour faire cette évaluation, des prélèvements d'eau et de boue ont été réalisés sur chaque STEU sur 2 jours consécutifs par temps sec. Les prélèvements d'eau ont été faits en 3 points de la filière de traitement des eaux : 1 point en entrée de la STEU, 1 point intermédiaire (en amont du traitement biologique) et 1 point en sortie de la STEU (en aval du traitement biologique). Les prélèvements de boues ont été faits en 2 points de la filière de traitement des boues : 1 point sur les boues liquides en amont du traitement et 1 point sur les boues déshydratées ou séchées en aval du traitement.

Avant d'évaluer l'efficacité des STEU vis-à-vis des micropolluants, il faut au préalable s'assurer que ces dernières fonctionnent correctement pour les paramètres généraux (MES, DBO, DCO, carbone, azote, phosphore, etc.), à la fois en temps normal mais aussi les jours de nos prélèvements, de façon à ce que les résultats de notre étude soient extrapolables au reste de l'année.

Le Tableau 7 récapitule les valeurs mesurées ainsi que les rendements d'élimination des paramètres généraux pour chacune des STEU étudiées, à la fois en moyenne annuelle et pour les jours de nos prélèvements. Il ressort que les mesures faites les jours de notre étude sont du même ordre de grandeur que les moyennes annuelles ce qui signifie que nos résultats, basés sur ces 2 jours d'étude, seront extrapolables au reste de l'année. Il ressort aussi que, pour les paramètres pour lesquels elles sont réglementées, chacune des STEU fonctionne correctement et respecte les normes qui lui sont fixées. En revanche, on peut noter que dans le cas de Louis Fargue, le traitement de l'azote (NTK et N-NH4) et du phosphore (P tot) est moins poussé. C'est une station conçue pour traiter uniquement le carbone. De plus, le jour de notre étude, la STEU de Lille-Blanquefort affichait des rendements d'élimination du Phosphore total plus faibles que la moyenne annuelle.

Le Tableau 8 présente les niveaux de concentration moyens mesurés en entrée, au point intermédiaire et en sortie des 3 STEU étudiées ainsi que les rendements d'élimination global (comparaison entrée - sortie) et ceux pour le traitement biologique (comparaison point intermédiaire - sortie) pour chacun des 18 ETM.
Remarque : les rendements d'élimination ont été calculés en s'appuyant sur les règles de calculs mis en place dans les projets AMPERES et ARMISTIQ. Comme préconisé par ces règles, il n'a pas toujours été possible de calculer un rendement d'élimination fiable. En effet, si mathématiquement les calculs sont réalisables, d'un point de vu analytique, ils n'auraient pas de sens en raison de la proximité des concentrations trouvées avec les limites de quantification et de la variabilité analytique qui peut être élevée à ce niveau-là. C'est pourquoi par exemple aucun rendement n'est indiqué pour Hg pour la STEU de Louis Fargue.

D'une façon générale, les ETM sont mal éliminés. Seuls 2 métaux semblent être partiellement éliminés de la file eaux par les 3 STEU : Al et Cr. Fer et Pb semblent aussi être partiellement éliminés des files eaux de Cantinolle et Lille-Blanquefort et Ag de celles de Louis Fargue et Lille-Blanquefort. Les résultats présentés étant issus des analyses uniquement de la phase dissoute des échantillons d'eau et les ETM n'étant pas dégradables, l'explication possible à ces éliminations partielles est un changement de spéciation de ces éléments au cours du traitement. A noter que les bons taux d'élimination de Al et Cr ont également été observés dans le cadre du projet AMPERES (Choubert et al., 2011).

Tableau 7 : Fonctionnement général et pendant les jours d'étude des STEU.

	Louis Fargue		Cantinolle		Lille Blanquefort	
	moyenne annuelle	**moyenne des 2 jours de prélèvement**	**moyenne annuelle**	**moyenne des 2 jours de prélèvement**	**moyenne annuelle**	**moyenne des 2 jours de prélèvement**
date	2015	2 et 3 sept. 2015	2014	8 et 9 juillet 2014	2015	9 et 10 sept. 2015
Débit						
entrée (m^3/j)	96 247	65 584	14 237	12 472	6 656	5 696
intermédiaire (m^3/j)	127 578	97 018	16 479	17 536	pas mesuré	pas mesuré
sortie (m^3/j)	95 711	65 275	15 128	12 348	6 998	5 886
Concentrations eau entrée						
MES (mg/L)	216	370	354	350	273	370
DBO (mg/L)	179	180	260	270	283	320
DCO (mg/L)	426	411	681	726	675	1050
NTK (mg/L)	49	58	81	85	64	84
P tot (mg/L)	6	7	10	10	8	9
N-NH4 (mg/L)	34	40	57	49	46	52
Concentrations eau intermédiaire						
MES (mg/L)	98	100	65	71	pas mesuré	320
DBO (mg/L)	103	70	83	73	pas mesuré	370
DCO (mg/L)	253	215	226	246	pas mesuré	764
NTK (mg/L)	50	56	63	71	pas mesuré	78
P tot (mg/L)	5	4	2	3	pas mesuré	8
N-NH4 (mg/L)	36	34	51	45	pas mesuré	50
Concentrations eau sortie						
MES (mg/L)	13	15	9	8	2	5
DBO (mg/L)	14	11	8	6	3	3
DCO (mg/L)	61	60	47	47	20	24
NTK (mg/L)	31	36	14	4	3	1
P tot (mg/L)	3	3	1	1	1	5
N-NH4 (mg/L)	27	28	11	2	3	1
Rendements global						
MES (%) (norme)	94 (90)	96	97 (90)	98	99 (90)	99
DBO (%) (norme)	92 (80)	94	97 (80)	98	99 (80)	99
DCO (%) (norme)	86 (75)	85	93 (75)	94	97 (75)	98
NTK (%) (norme)	35	39	83 (70)	95	96 (70)	99
P tot (%) (norme)	40	56	88	93	82	49
N-NH4 (%) (norme)	20	30	81 (70)	95	94	99

Tableau 8 : Limites de quantification, concentrations moyennes sur les 2 jours de prélèvement et rendement d'élimination (R) global de la file eau et du traitement biologique pour chacune des 3 STEU étudiées.

Inter. : Intermédiaire, R > 70%, 30% < R < 70%, R < 30%, R non calculable ou pas fiable

micropolluants	LOUIS FARGUE						CANTINOLLE						LILLE BLANQUEFORT					
	LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)	
		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique
Aluminium	150	31 750	7 195	18 925			450	116 615	3 740	23 845			150	28 700	39 200	5 420		
Antimoine	3	460	1 135	1 050			10	118	3 174	1 379			3	1 100	820	1 610		
Argent	1,0	81	< LQ	37			1,0	< LQ	< LQ	< LQ			1,0	25	< LQ	< LQ		
Arsenic	6	1 025	2 870	2 160			20	1 025	959	1 300			6	1 550	1 355	2 150		
Cadmium	3	7	9	46			6	88	60	35			3	< LQ	< LQ	428		
Chrome	10	525	435	360			40	709	808	438			10	485	610	110		
Cobalt	1,0	305	390	260			3,0	512	829	963			1,0	120	145	170		
Cuivre	10	2 985	3 545	3 310			10	14 932	7 139	10 652			10	2 205	1 535	1 010		
Etain	10	720	785	755			8	351	169	116			10	665	570	550		
Fer	350	104 350	215 500	104 550			1 000	324 150	1 238 545	130 880			350	152 850	75 150	66 900		
Mercure	10	34	47	34			15	74	76	82			10	26	44	< LQ		
Nickel	3	1 350	1 890	1 415			15	5 400	6 427	8 771			3	1 210	1 200	780		
Plomb	1,0	340	455	275			5,0	1 430	104	34			1,0	205	97	109		
Strontium	3	727 000	684 000	713 500			10	179 315	127 149	153 334			3	1 087 000	1 142 500	1 000 000		
Thorium	1,0	35	17	508			1,0	1 003	1 561	2 624			1,0	9	11	32		
Uranium	0,1	1 095	1 395	1 265			1,0	49	150	73			0,1	375	280	13		
Vanadium	2	375	575	390			8	177	208	749			2	345	285	585		
Zinc	30	2 430	5 650	7 700			100	59 975	17 605	27 345			30	2 760	1 165	24 650		

4.2.2 Résultats des campagnes REGARD pour les eaux de STEU

Quatre campagnes ont été réalisées en 2016 et 2017. A l'heure actuelle, nous avons des résultats pour les campagnes effectuées en juillet et novembre 2016, en entrée (E5 et E6) et sortie (S5 et S6) de la STEU de Cantinolle (Figure 26 ; Figure 27). Ces données ont été comparées à celles obtenues sur la STEU de Louis Fargue pour les ETM dissous en entrée (LF_E) et en sortie (LF_S) dans le cadre d'un précédent projet (Programme ETIAGE ; thèse V. Deycard, 2015).

Il ressort que globalement les niveaux de concentrations dissoutes des ETM sur les 2 STEU sont équivalents (quand on compare entrée avec entrée et sortie avec sortie). Néanmoins les concentrations en Ni, Cu et Cd semblent un peu plus faibles sur Louis Fargue (LF) que sur Cantinolle. Pour les 2 STEU, une diminution des concentrations entre l'entrée et la sortie est visible pour Ag et Pb et dans une moindre mesure pour Cu, Cr et Cd. Pour les ETM particulaires, soit les teneurs en µg/l restent stables entre l'entrée et la sortie (V, Co, Ni, As, Sr, Mo, Fe et plus modérément pour Sb et U) soit les concentrations en sortie sont significativement plus faibles qu'en entrée (Cr, Cu, Zn, Ag, Cd, Sn, Ba, Pb, Th, Al).

En complément de l'observation de ces variations de concentrations entre l'entrée et la sortie d'une même STEU, les taux d'abattement ont été calculés pour chaque ETM pour les 2 STEU en rapportant la différence entre l'entrée et la sortie (delta) sur l'entrée. Les taux d'abattement à Cantinolle pour la fraction dissoute varient selon les éléments (Figure 28). Ils sont les plus importants pour Pb, Sn, Ba, U (>75%), Cu, Cr et Ag (>50%). Thorium, Cd, Sr et Zn montrent de plus faibles taux d'abattement. A l'inverse, la station d'épuration agit comme un réacteur géochimique en Mo, Co et plus faiblement pour Al, Fe, Ni et Sb avec un possible transfert de la phase particulaire vers la phase dissoute et/ou un ajout d'éléments lors du traitement dans la STEU (ex. Fe et Al avec le retour en tête des eaux issues du traitement des boues).

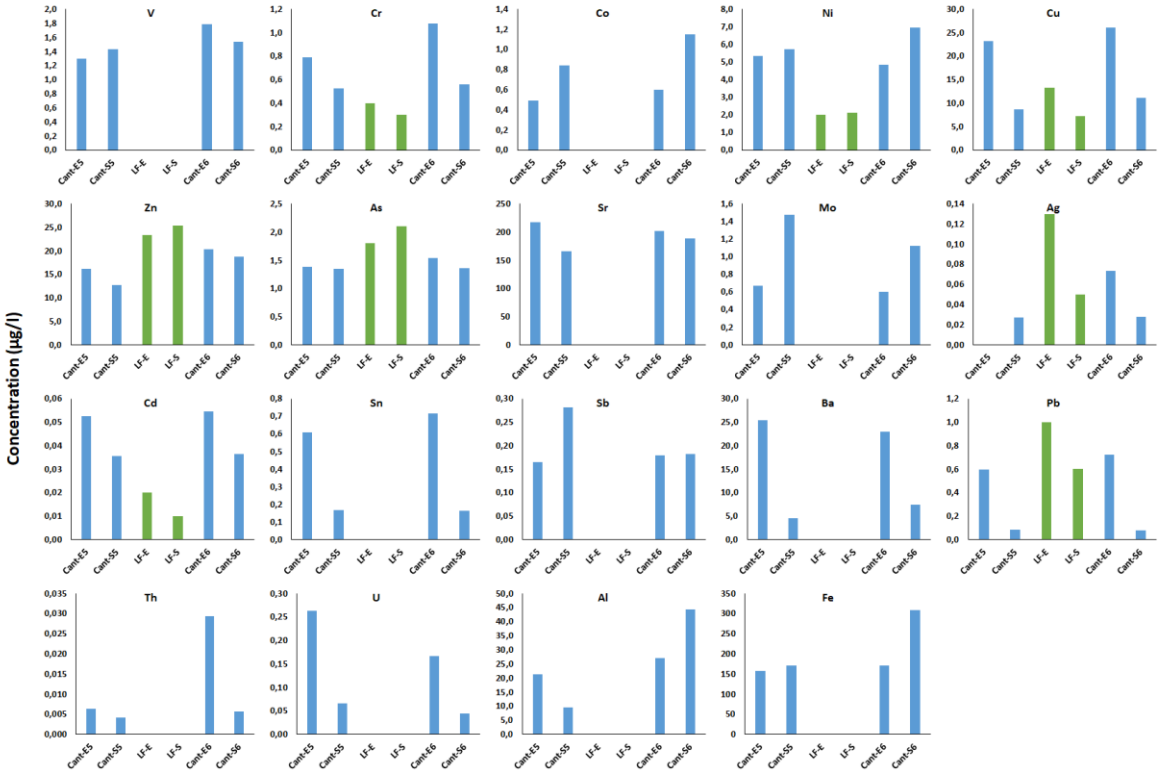


Figure 26 : Concentrations dissoutes en ETM mesurées sur la STEU de Cantinolle pour 2 campagnes – comparaison avec les concentrations moyennes obtenues sur la STEU de Louis Fargue (2013). Seuls les métaux prioritaires ont été définis sur la STEU de Louis Fargue.

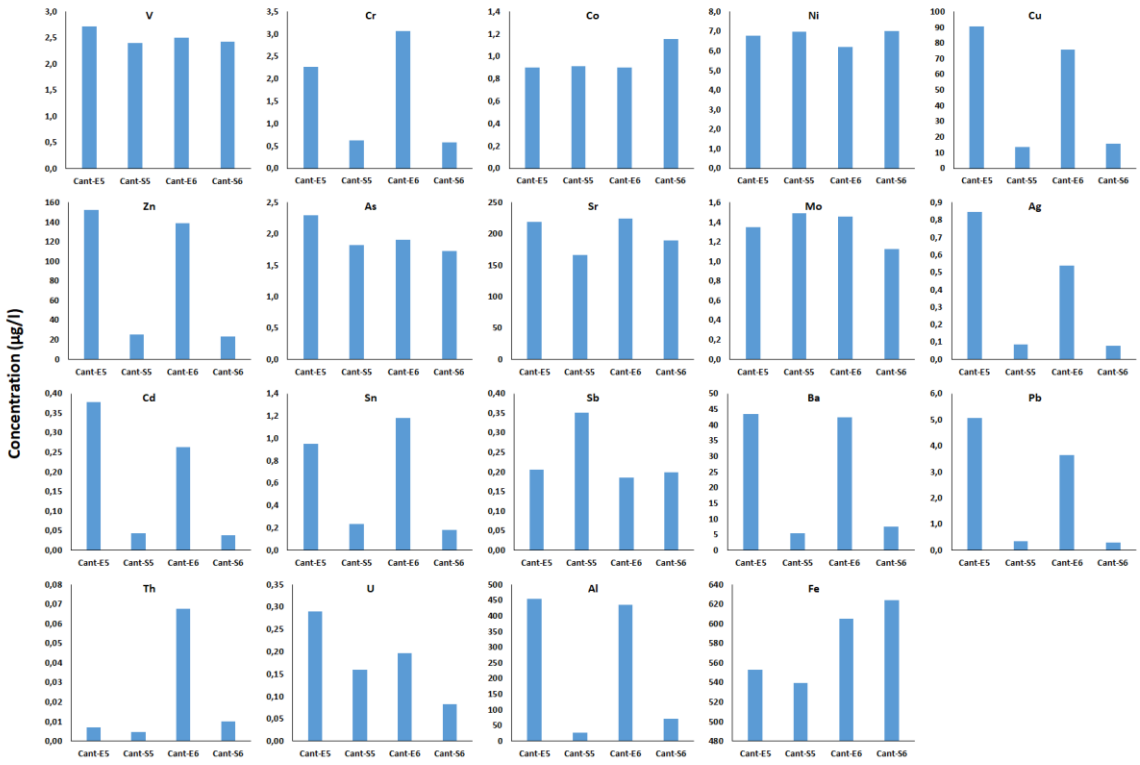


Figure 27 : Concentrations totales en ETM mesurées sur la STEU de Cantinolle pour 2 campagnes.

Molybdène est connu pour être un des éléments les plus sensibles aux conditions rédox. Deycard (2015) avait déjà montré que Ni était l'élément parmi les 8 métaux prioritaires de la

DCE qui présentait les plus faibles taux d'abattement. Les taux d'abattement entre Cantinolle et Louis Fargue sont assez comparables pour la fraction dissoute.

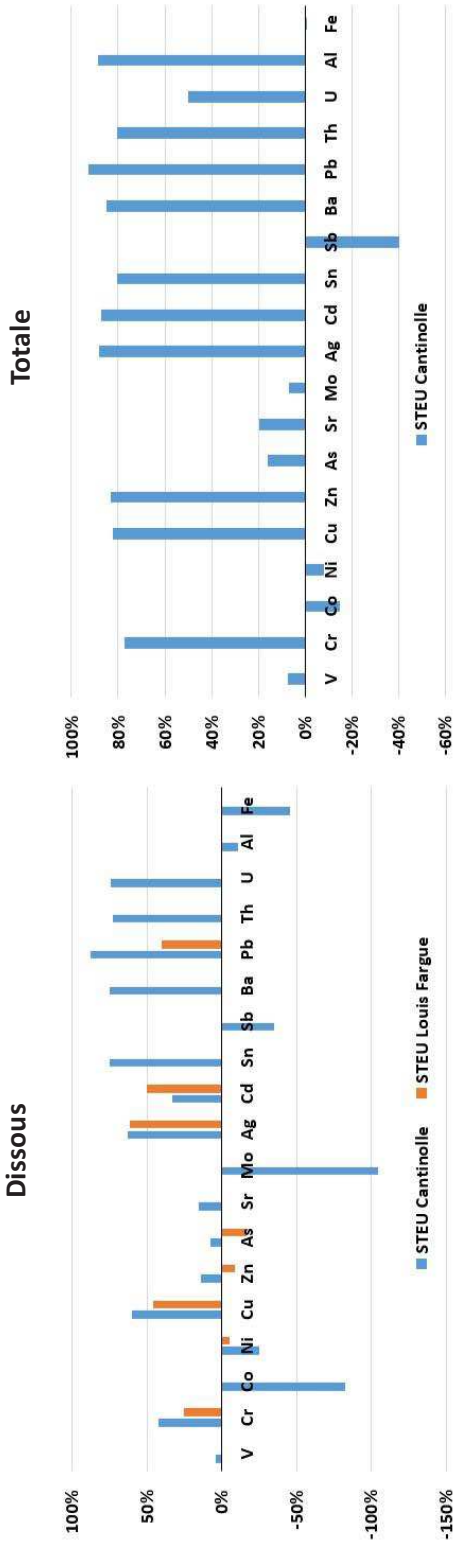


Figure 28 : Taux d'abattement en ETM dissous et totale à Cantinolle (Cant - en bleu) et comparaison avec ceux de Louis Fargue (LF- en orange ; Deycard, 2015).

Pour la fraction totale, les taux d'abattement sont proches ou supérieurs à 80% pour Cr, Cu, Zn, Ag, Cd, Sn, Ba, Pb, Th, Al et de 50% pour U; ils sont compris entre 10 et 20% pour V, As, Sr, Mo et négatifs pour Co, Ni et Sb. Pour ces 3 derniers éléments, la STEU serait une source additionnelle. Le fer, quant à lui, ne présente aucun abattement significatif (-0.47%).

4.3 Eaux pluviales, Exutoires pluviaux

Les 10 plus gros exutoires pluviaux (pluvial stricte) de la métropole ont été suivis 2 fois par an pendant 3 ans entre 2013 et 2015 dans le cadre du projet Plan MP BM.

La Figure 29 présente la composition moyenne en ETM des eaux pluviales des exutoires pluviaux. Si, comme dans le milieu naturel et les eaux des STEU, Sr, Fe, Al et Zn sont les 4 métaux majoritaires, en revanche, la répartition change un peu puisque Fe devient le métal le plus abondant et représente à lui seul 50% de la composition géochimique des eaux. Les 14 autres ETM mesurés représentent à peine plus de 3% des métaux. Parmi eux, Cu, Ni, Sb et As sont les plus abondants.

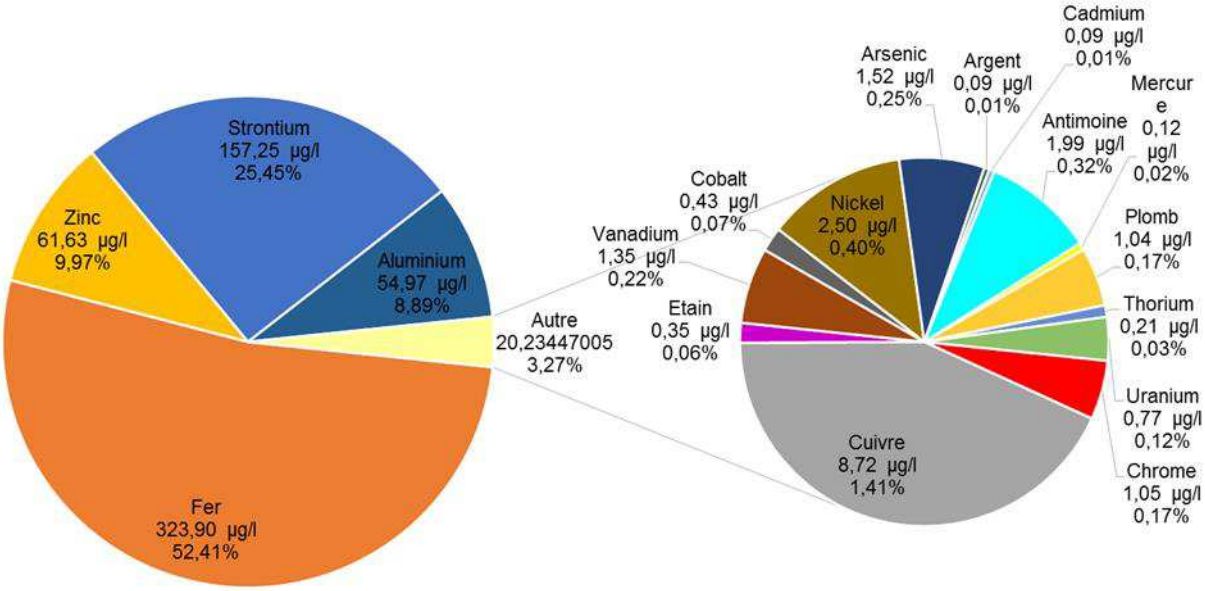


Figure 29 : Composition moyenne en ETM de l'eau des exutoires pluviaux tous points de prélèvement confondus (phase dissoute) (n=30).

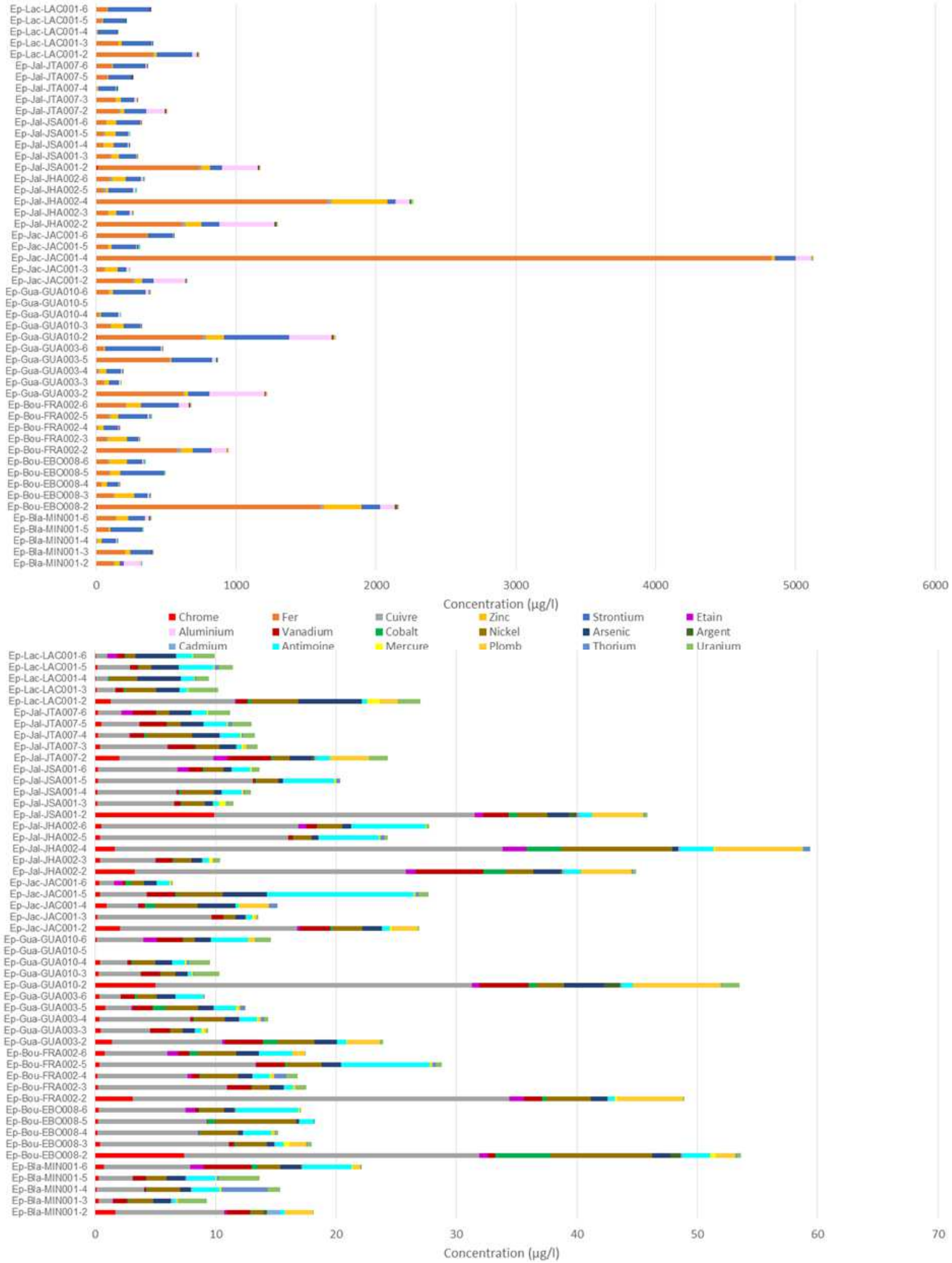


Figure 30 : Concentrations en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) des exutoires pluviaux pour l'ensemble des 6 campagnes d'échantillonnage. Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

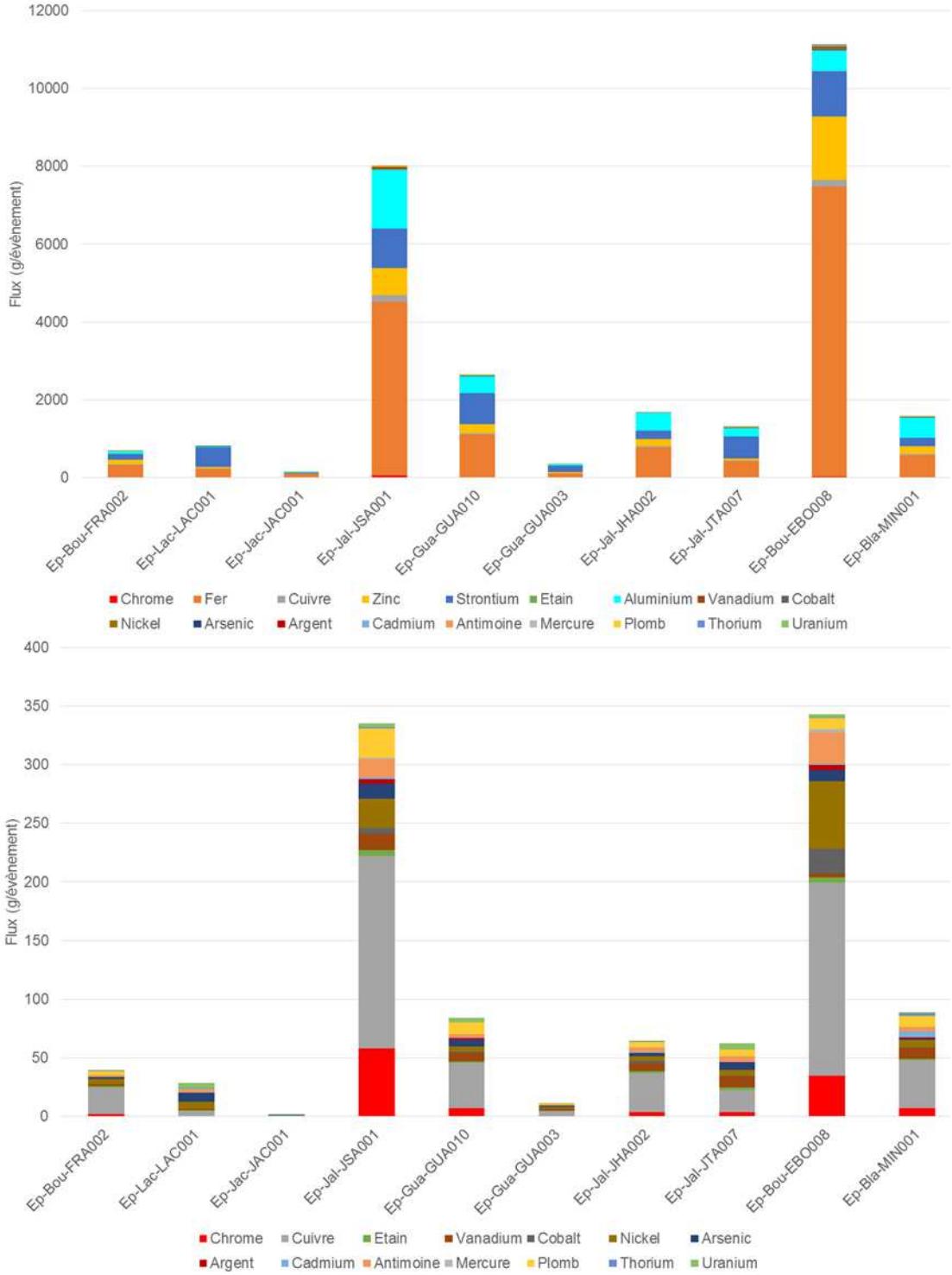


Figure 31 : Flux d'ETM dans les différents rejets des exutoires pluviaux (g/évènement). Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

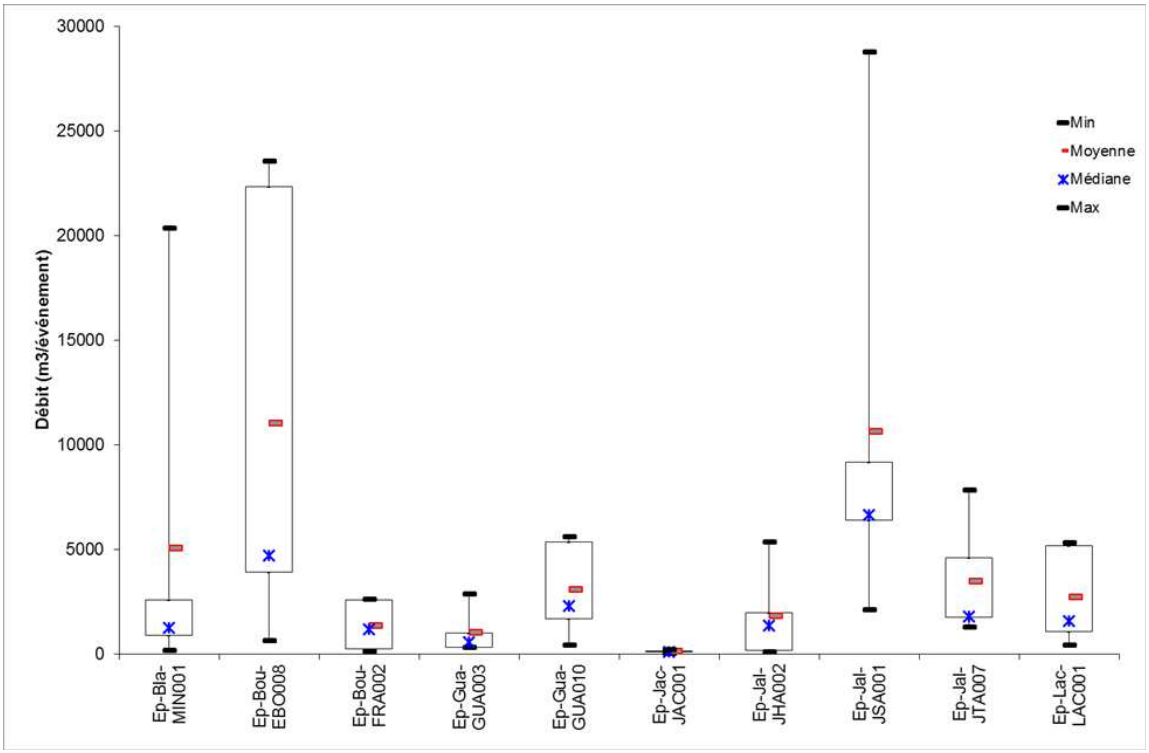


Figure 32 : Variation des débits sur les 10 exutoires pluviaux au cours des 6 campagnes de mesures.

La Figure 30 présente les concentrations et les profils de contamination des exutoires pour l'ensemble des 6 campagnes. Il en ressort une variabilité importante aussi bien entre 2 évènements pluvieux pour un même exutoire, qu'entre les différents exutoires pour une même pluie. Ce dernier point étant logique puisque les bassins versants des exutoires sont différents. Certains échantillons se distinguent par des pics en Fe (EBO008, GUA010 et JSA001 campagne 2, JAC001 et JHA002 campagne 4), en Zn (EBO008 campagne 2 et JHA002 campagne 4), en Cr (EBO008, GUA010 et JSA001 campagne 2), en Cu (EBO008, FRA002, GUA010, JHA002 et JSA001 campagne 2 et JHA002 campagne 4) ou encore en Ni (EBO008 campagne 2 et JHA002 campagne 4). La campagne n°2 se distingue par des pics en Al (FRA002, GUA003, GUA010, JAC001, JHA002 et JSA001), Cr et Cu et la campagne 5 par des pics en Sb (FRA002, JAC001, JHA002 et JSA001 campagne 5).

La Figure 31 présente les flux d'ETM au niveau des rejets des exutoires pluviaux. Les exutoires Ep-Bou-EB008 (collecteur rocade sud) et Ep-Jal-JSA001 (collecteur rocade nord) ont les flux les plus importants. Ce sont également eux qui ont les débits moyens les plus importants (Figure 32). En effet, les débits moyens par évènement pour les autres exutoires pluviaux sont généralement inférieurs à 5 000 m^3/évènement alors que leurs débits moyens par évènement sont supérieurs à 10 000 m^3/évènement et avec des valeurs maximums pouvant dépasser les 20 000 m^3/évènement (ce dépassement a également été observé pour Ep-Bou-MIN001 lors de la pluie exceptionnelle du 25 juillet 2013).

4.4 Eaux pluviales Collecteur Rocade Nord (EP Rocade)

4.4.1 Caractérisation du site de Bois Gramond

Plusieurs campagnes de prélèvement ont été effectuées sur le site de Bois Gramond et les échantillons ont été dosés pour la phase dissoute (Dis) et totale (Tot) : 3 campagnes en temps sec en décembre 2015 et décembre 2016 et 4 campagnes lors d'épisodes pluvieux (3 février, 7 février, 22 mai et 5 novembre) en 2016. Pour la campagne du 7 février, 3 points ont été analysées correspondant aux arrivées (1) de la rocade et de l'aéroport, (2) du Limancet et (3) à la sortie de Bois Gramond. Par temps de pluie, les prélèvements ont été asservis aux débits et permettent d'avoir un échantillon intégré. Deux autres prélèvements ont été effectués : 1) pour s'assurer de la qualité des eaux de forage nécessaires à l'installation du pilote de traitement des eaux pluviales sur le site de Bois Gramond (nécessitant d'être alimenté en eau « propre » pour les étapes de rinçage) et 2) suite à un « incident » mis en évidence par des eaux colorées en bleu (suspicion d'un déversement de peinture dans le collecteur).

L'analyse générale des concentrations à la sortie de Bois Gramond ne montre pas de différences très nettes entre temps sec et temps pluvieux si nous prenons l'ensemble des concentrations cumulées (Figure 33).

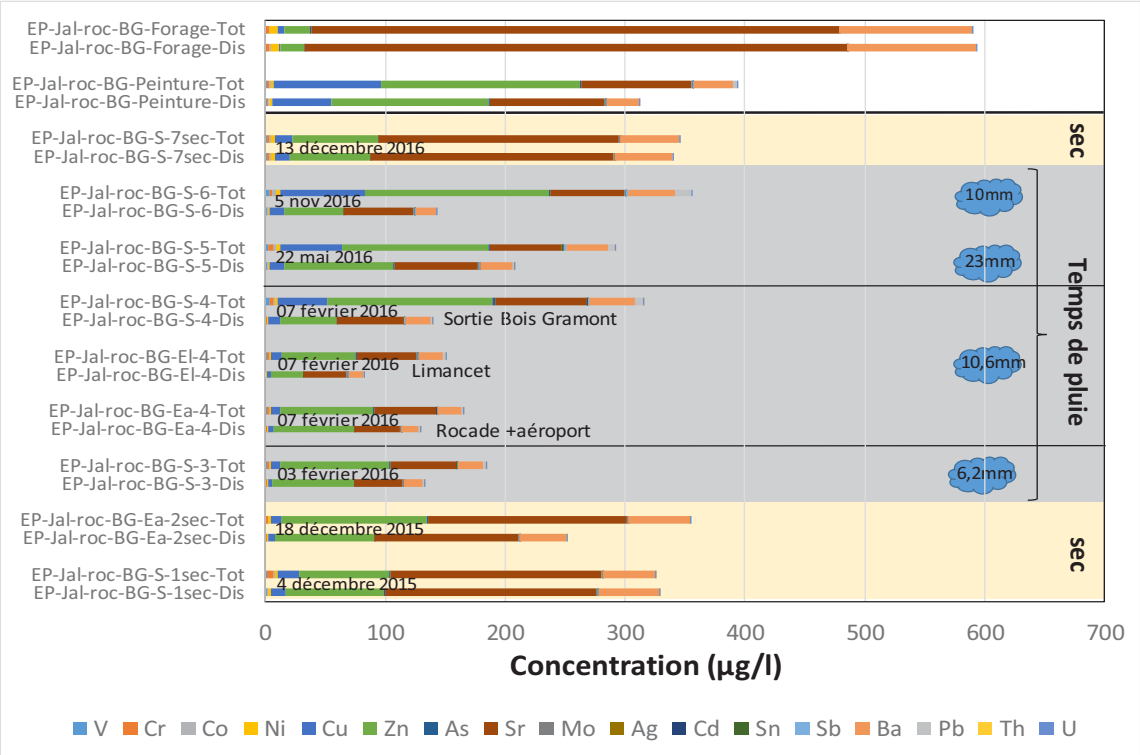


Figure 33 : Teneurs en ETM dissous (Dis) et totaux (Tot) au niveau de Bois Gramond par temps sec et temps humide.

Les teneurs totales en ETM ne sont que légèrement supérieures aux teneurs dissoutes, et ce, même par temps de pluie. Strontium et Zn sont les éléments les plus abondants dans ces eaux. Pour Sr et Ba, nous pouvons voir que les plus fortes valeurs sont également observées au niveau des eaux de forage. Par temps de pluie, les teneurs en Sr semblent diminuer, probablement par effet de dilution ; en effet, les précipitations et les eaux de surface sont moins enrichies en Sr que les eaux de nappes drainant des formations carbonatées du sous-sol

bordelais et soutenant les débits lors des étiages. A l'inverse, les teneurs totales en Cu, Zn et Pb sont plus importantes par temps de pluie (Figure 34). Il est à noter également que, le 7 février, les teneurs totales (particulièrement en Cu et Zn) à la sortie de Bois Gramond sont nettement supérieures à celles mesurées par les deux entrées. Deux hypothèses peuvent être évoquées : la remobilisation de particules entre les deux arrivées et la sortie au niveau du désableur et/ou un problème d'homogénéisation de l'échantillon de la sortie de Bois Gramond. Le prélèvement correspondant à l'accident survenu sur la Jalle met en évidence des teneurs élevées en Cu et Zn mais qui ont déjà été mesurées lors du prélèvement de novembre 2016.

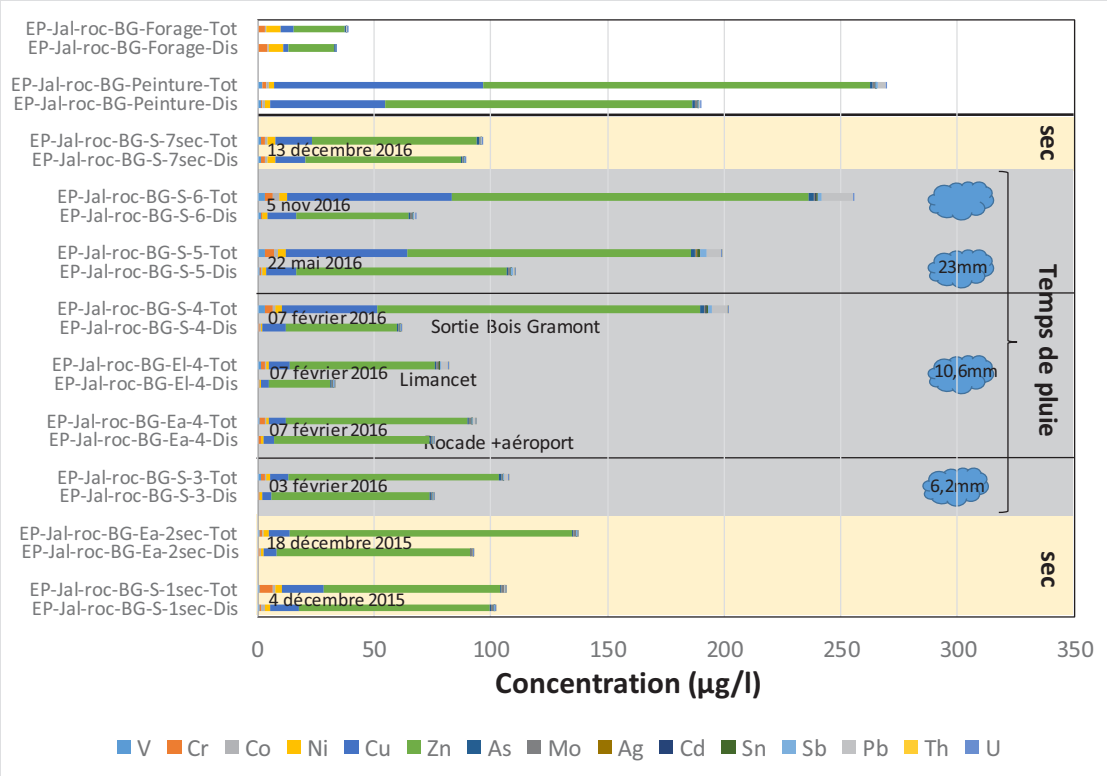


Figure 34 : Teneurs en ETM dissous (Dis) et totaux (Tot) sans Sr et Ba au niveau de Bois Gramond par temps sec et temps humide.

Le site de Bois Gramond doit accueillir un pilote de traitement des eaux pluviales. Pour cette raison, il était important de caractériser à haute résolution temporelle un épisode pluvieux majeur et en particulier de caractériser la composition des premières eaux drainées car cette dernière information n'est pas accessible lors des prélèvements moyennés sur la durée de la pluie.

Le 13 septembre 2016, un violent épisode orageux, accompagné de fortes averses et de grêle, a affecté l'agglomération bordelaise. Cet évènement était particulièrement important à échantillonner car il faisait suite à un été particulièrement sec et donc à un faible lessivage du réseau routier. Il s'agissait ici de voir si le fort lessivage de la rocade Nord pouvait conduire à un fort apport en ETM et s'il fallait s'attendre à de fortes disparités temporelles dans les concentrations au cours de l'épisode pluvieux. Pour cela, nous avons prélevé des eaux à haute fréquence temporelle (cf. livrable 1.1) et les avons conditionnées afin de connaître les ETM portés par la phase dissoute, la phase totale (TOT : ETM désorbables après une attaque HNO_3 ;

TOT+ : ETM désorbables après une attaque HNO_3, HCl et H_2O_2 ; TOT++ : ETM désorbable après une attaque HNO_3, HCl et HF).

Trois résultats majeurs peuvent être dressés (Figure 35) : (i) les concentrations montrent une forte variabilité temporelle au cours de l'épisode pluvieux avec des concentrations cumulées plus élevées au début de l'épisode (de 1 à 7), surtout pour la fraction totale soulignant l'importance de traiter les premières eaux de ruissellement. (ii) La phase totale cumulée est nettement supérieure à la phase dissoute démontrant la dominance de la fraction particulaire pour la plupart des ETM. (iii) les ETM majoritairement présents sont Cu et Zn qui sont des traceurs du trafic routier.

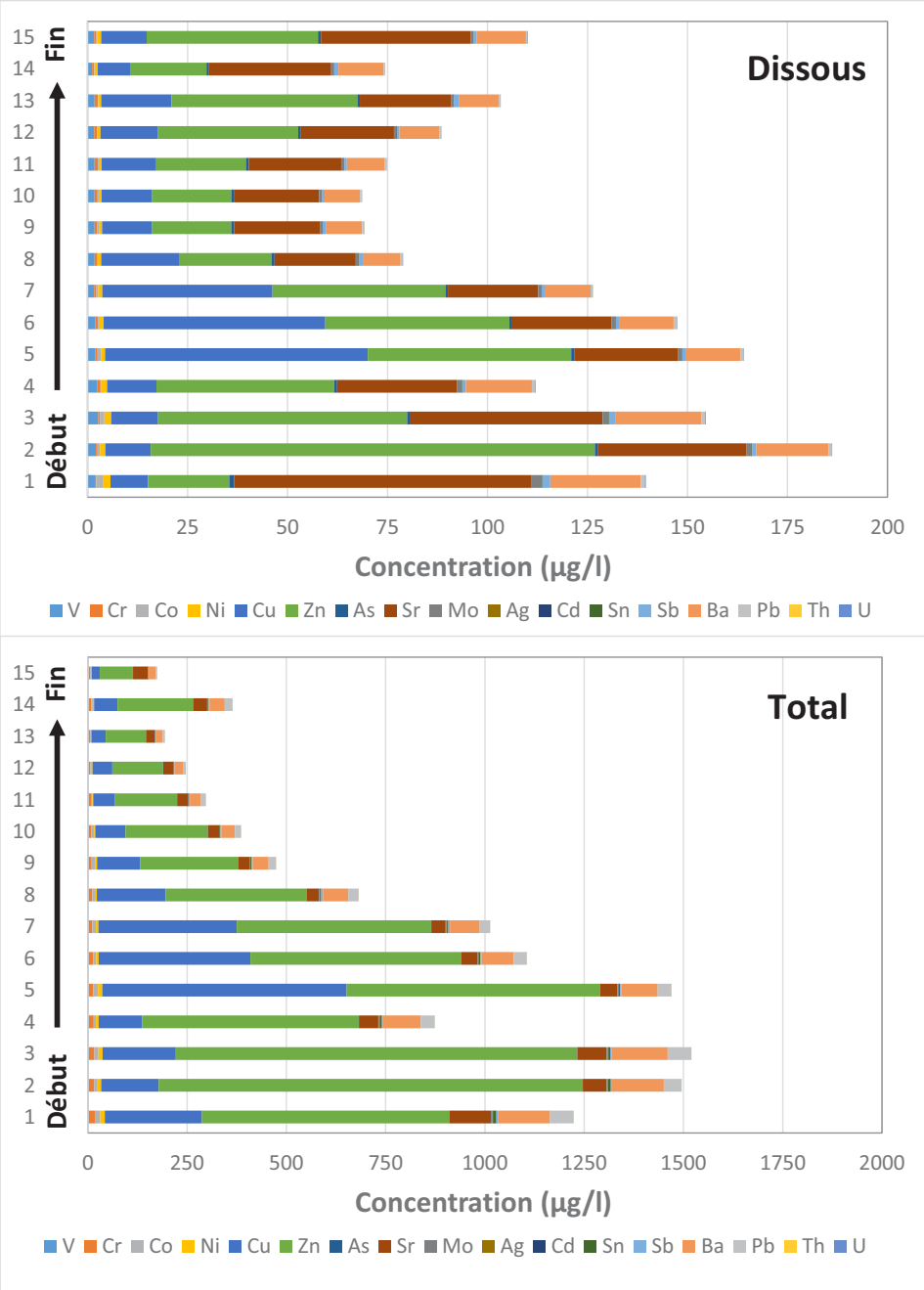


Figure 35 : Teneurs en ETM dissous et totaux pour le pollutogramme.

La distribution statistique est donnée pour chacun des ETM, en phase dissoute et TOT+. En raison des interférences, les données ne sont pas fournies pour As et V totales (Figure 36).

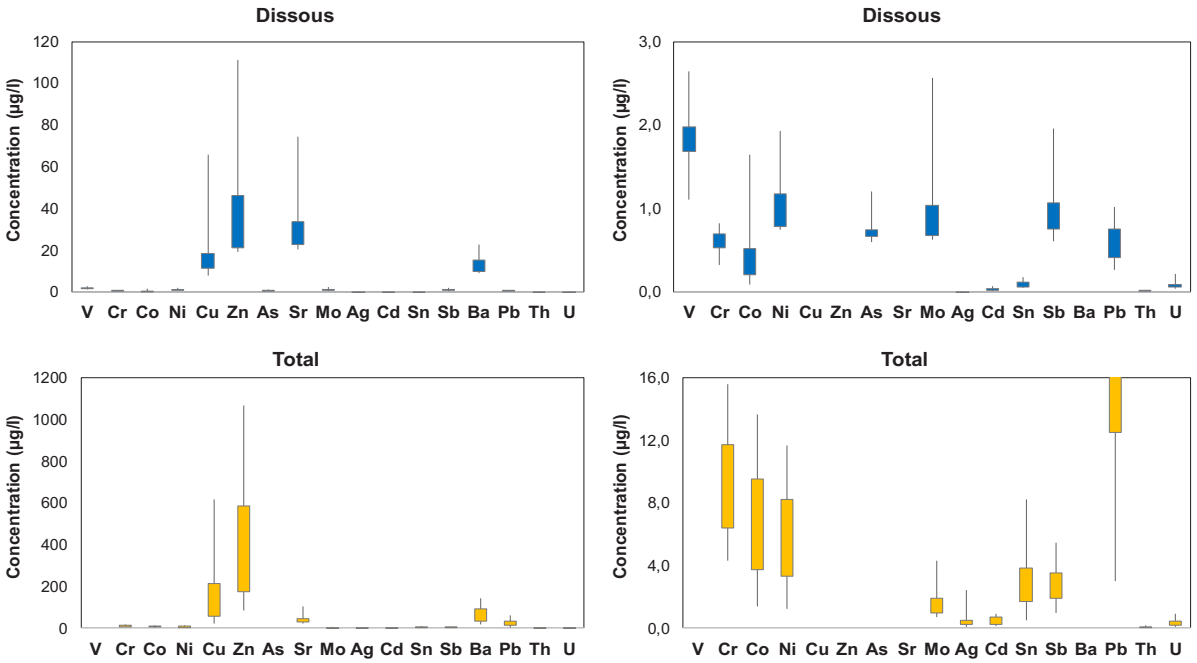


Figure 36 : Distribution statistique des ETM pour le pollutogramme ; en haut pour les teneurs dissoutes et en bas pour les teneurs totales. A droite, zoom sur les ETM en s'affranchissant de Cu et Zn.

Dans le détail, nous avons pu mettre en évidence des comportements très contrastés dans l'évolution des concentrations lors du pollutogramme (Figure 37) :

- Une diminution des concentrations dissoutes au cours de l'évènement puis une stabilisation pour Sr, Ni et As, suggérant un apport précoce, un effet de dilution par les eaux de pluie et/ou un changement de sources (nappes versus eaux de surface) ;
- Une augmentation des concentrations dissoutes puis leur stabilisation pour Cr, Cu, Zn et Cd en liaison avec des apports anthropiques par des sources successives puisque les pics n'ont pas été observés au même moment selon les éléments ;
- Une diminution des concentrations totales au cours de l'évènement avec les teneurs en MES pour Cd, Zn, Mo et Ni ;
- Une diminution des concentrations totales puis l'apparition de pics suggérant des sources ponctuelles successives puisque les pics n'ont pas été observés au même moment selon les éléments, pour Cu, Sb, Co et Ag.

Les concentrations dissoutes mesurées dans les eaux du collecteur rocade ont pu être replacées dans un contexte plus large en les comparant avec les concentrations horaires obtenues à l'exutoire de la Jalle (site Réserve ; Figure 38).

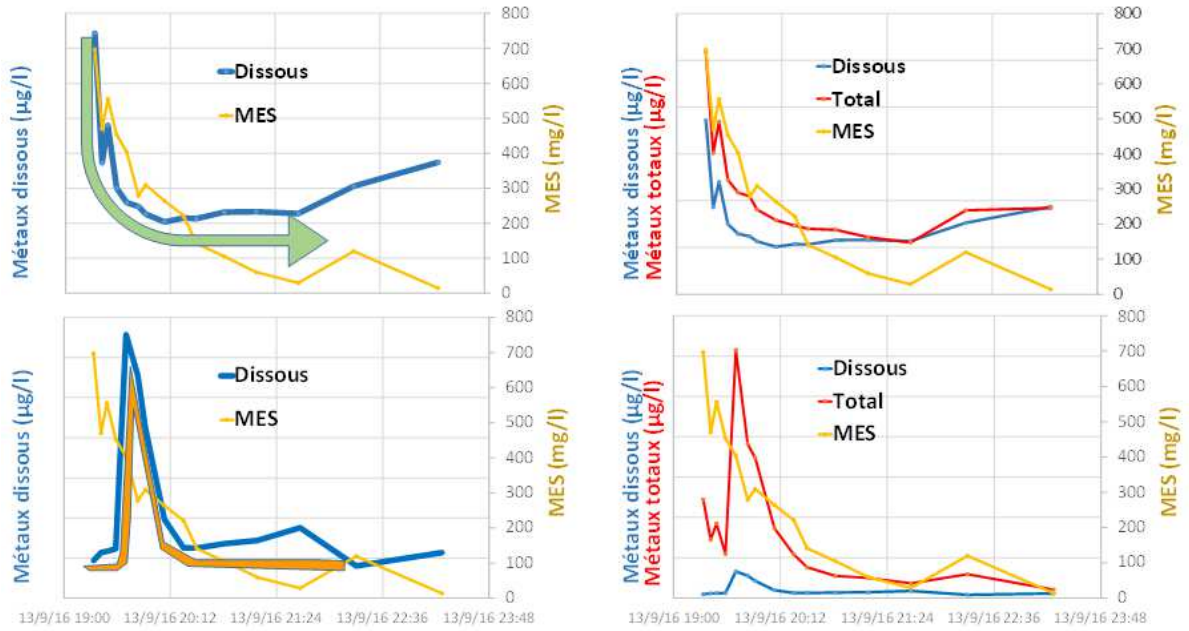


Figure 37 : Schémas d'évolution des concentrations dissoutes et totales en ETM durant le pollutogramme.

Les concentrations en ETM totaux du collecteur rocade peuvent expliquer à elles-seules les concentrations totales à l'exutoire de la Jalle. Ce constat peut s'expliquer par l'apport en MES qui provient quasi exclusivement du collecteur et du lessivage du trafic routier et des poussières, sédiments et débris déposés sur les routes durant plusieurs mois. L'évolution des métaux totaux (exprimés en µg/l) peut s'expliquer par celle des teneurs en MES. Ainsi, la normalisation par la teneur en MES permet d'exprimer les teneurs en ETM en mg/kg et permet de voir si cette quantité relative évolue ou pas. Nous avons ainsi choisi de normaliser les teneurs particulaires (différence entre les teneurs totales et les teneurs dissoutes) issues des digestions TOT, TOT+ et TOT++ (digestion totale avec HCl, HNO_3 et HF) par les concentrations en MES (Figure 39).

La digestion TOT++ requiert de l'acide fluorhydrique dont l'utilisation dangereuse nécessite une évaporation préalable et une quantité de matière suffisante. Cette masse (>100 mg) a pu être obtenue lors de cette campagne de terrain. Cette digestion TOT++ semblait pertinente du fait de la présence de particules terrigènes (silicatés) transitant dans les eaux pluviales. Cette digestion suit également un protocole différent de celui pour le TOT et TOT+ et permet de manière indépendante de s'assurer de la fiabilité de nos digestions. Nous pouvons voir que pour Cd, Cu et Zn, les 3 digestions reproduisent les mêmes résultats ; ce résultat montre que la digestion TOT solubilise l'ensemble de ces ETM qui sont donc sur une fraction mobilisable. La différence observée entre les trois digestions pour Sn ou Ag s'explique par des phases porteuses qui peuvent être différentes selon les éléments ; l'écart entre la fraction TOT+ et TOT++ suggère qu'une partie de ces ETM est fixée sur les silicates (extrait uniquement avec HF).

Les concentrations en certains ETM dissous du collecteur peuvent en partie expliquer également l'augmentation observée avec un léger décalage (dû au temps de trajet des eaux) à l'exutoire de la Jalle, comme pour Cu (Figure 38). A l'inverse, malgré l'augmentation des concentrations en Cd dissous à Bois Gramond, celles-ci sont nettement inférieures à celles

mesurées sur la Jalle à partir de 2h30 du matin. D'autres ETM montrent également des variations temporelles singulières, comme Ni ou Ag suggérant des sources additionnelles comme un rejet industriel, le by-pass des STEU de Martignas ou Cantinolle, ... L'analyse conjointe des teneurs dissoutes et totales ainsi que les bilans de masse devraient nous permettre de mieux affiner les sources responsables des apports en ETM lors d'épisodes pluvieux.

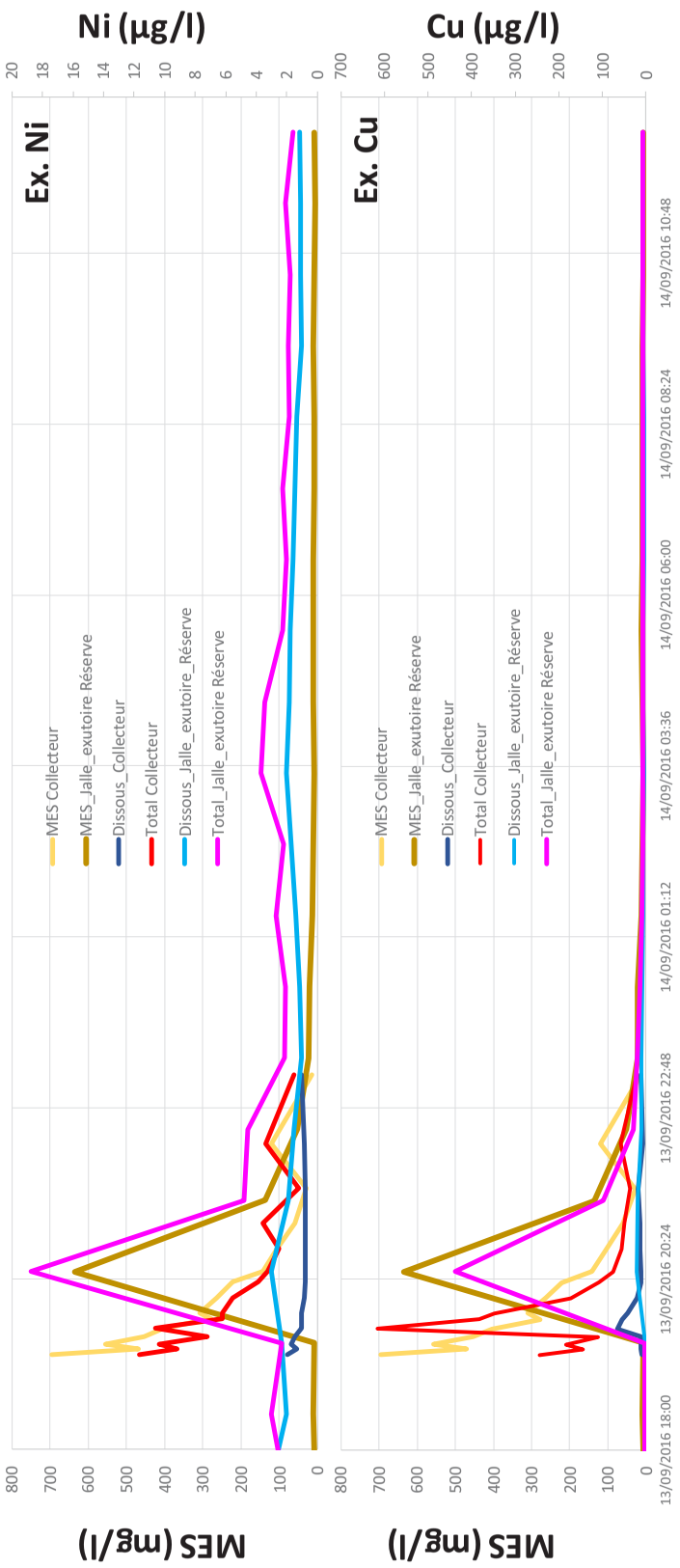


Figure 38 : Evolution temporelle des concentrations en MES, des teneurs dissoutes et totales en Cu et Ni au niveau de Bois Gramond (Collecteur) et de l'exutoire de la Jalle (Réserve).

Figure 39 : Comparaison des 3 digestions TOT, TOT+ et TOT++ pour le pollutogramme.

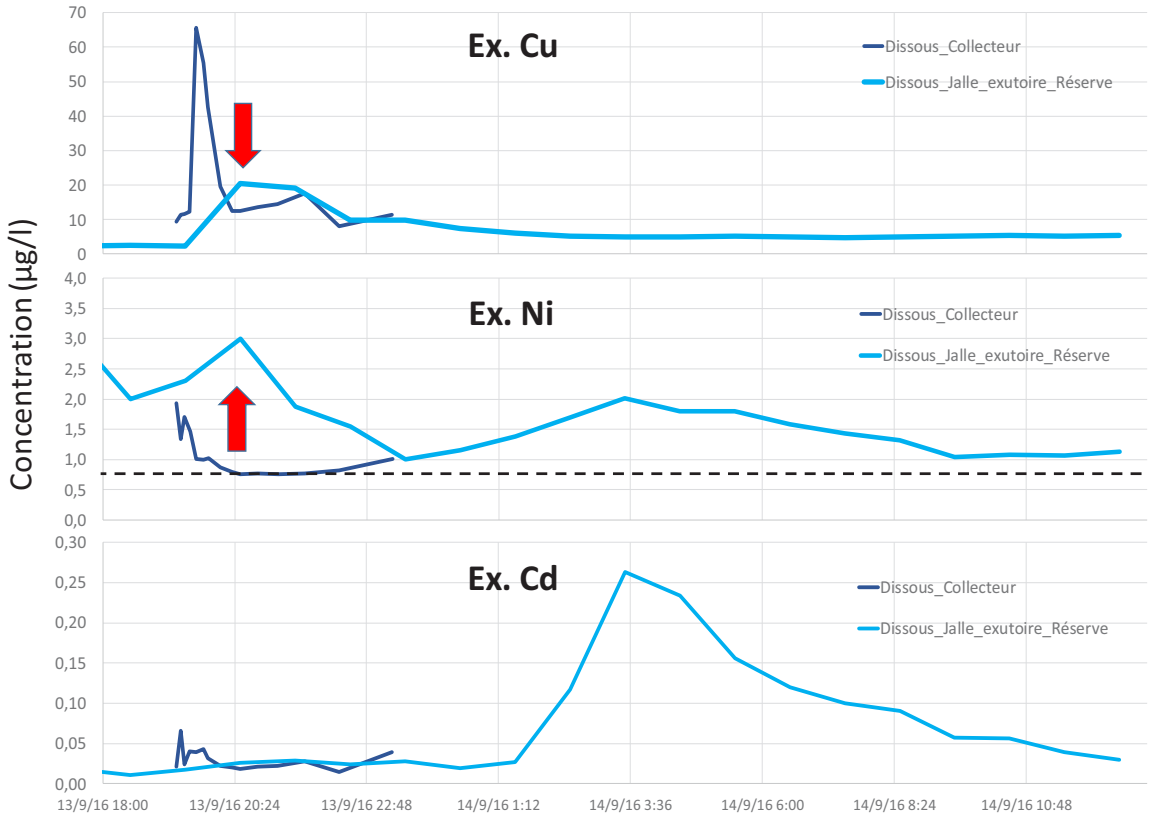


Figure 40 : Zoom sur l'évolution des concentrations dissoutes pour les eaux du collecteur et pour la Jalle à son exutoire.

4.4.2 Action « Continuum collecteur rocade – Jalle »

Le 7 février 2016, une campagne a également été réalisée sur un continuum intégrant l'amont du collecteur rocade sur la Jalle, Bois Gramond (2 arrivées et 1 sortie) et la réserve en aval de la Jalle. Un enrichissement significatif est observé dans la Jalle entre l'amont et l'aval du rejet du collecteur rocade pour Cu, Zn, Cd et Sb dissous (Figure 41). Les résultats des teneurs particulaires montrent (i) une proportion de la phase particulaire différente selon l'élément. Par exemple, Mo est essentiellement transporté sous forme dissoute alors que Ag, Pb ou Sn sont essentiellement sous forme particulaire. La comparaison amont-aval montre un enrichissement pour Cu, Zn, Sn, Sb, Ag et Pb total.

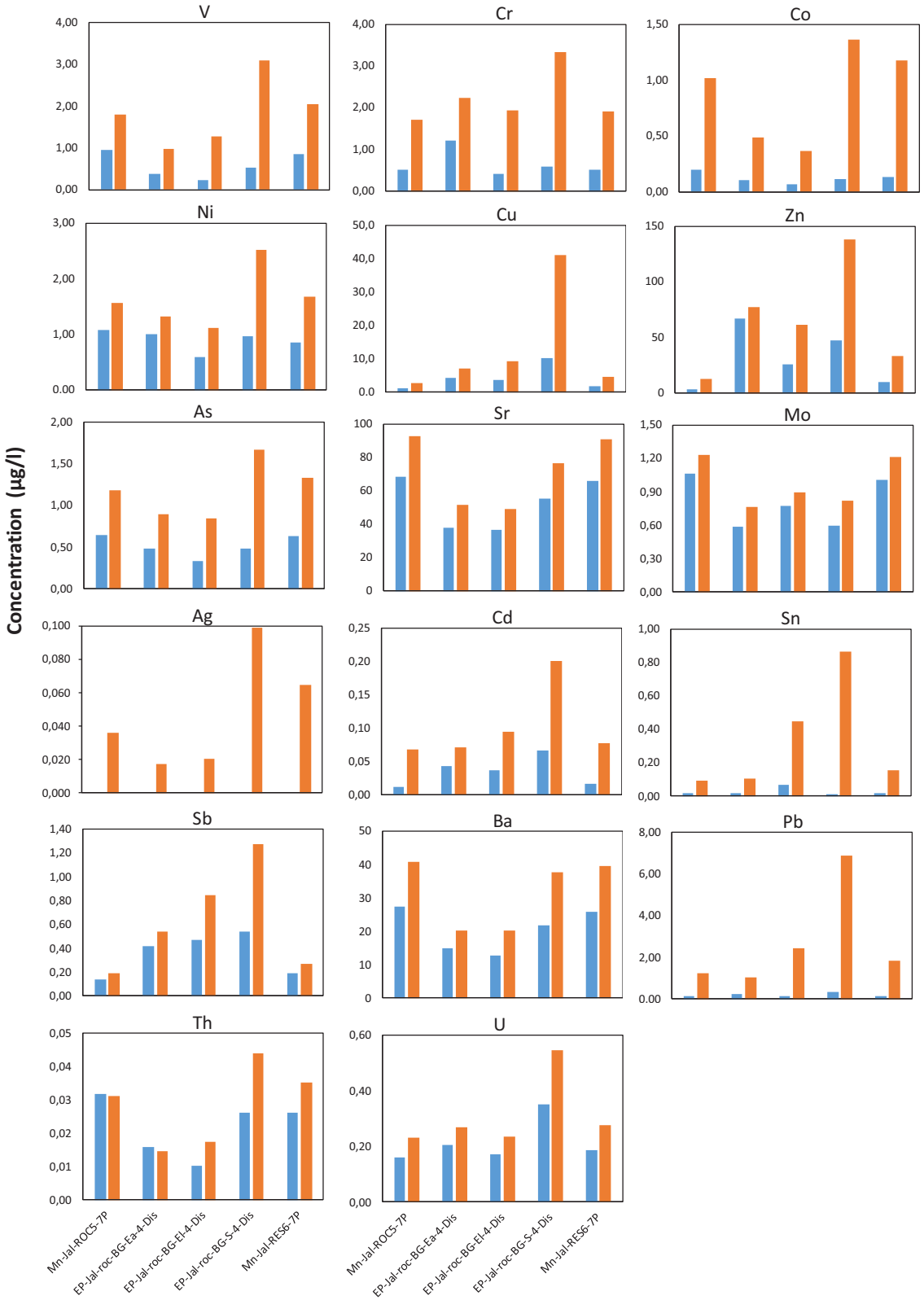


Figure 41 : Concentrations en ETM dissous (en bleu) et totaux (en orange) pour le continuum.

4.5 Eaux pluviales Zones Urbaines (EPZU)

Six eaux pluviales de zones urbaines (EPZU) ont été échantillonnées et analysées en ETM dissous et totaux (Figure 42). Les résultats montrent une forte variabilité spatiale : les EPZU de Lavigne (quartier résidentiel) sont caractérisées par une forte concentration en Zn dissous. A l'inverse, les EPZU de Castera (cimetière) ont de fortes teneurs totales en Zn, Cu et Pb liées aux teneurs particulaires et probablement à de fortes concentrations en MES, dont il faudra trouver l'origine. Globalement, les EPZU de Ascot (quartier résidentiel pavillonnaire), Mérignac Soleil (parking centre commercial) et Lesseps (terrain de sport) ont des teneurs dissoutes et totales proches, démontrant que les apports sont majoritairement sous forme dissoute ; à l'inverse des EPZU-Neuv (unitaire) qui montrent un apport en particulaire en Zn, Cu et Pb, comme Castera. Ces trois éléments Zn, Cu et Pb sont les mêmes que ceux qui caractérisent le trafic routier, suggérant un fort lessivage de poussières de route.

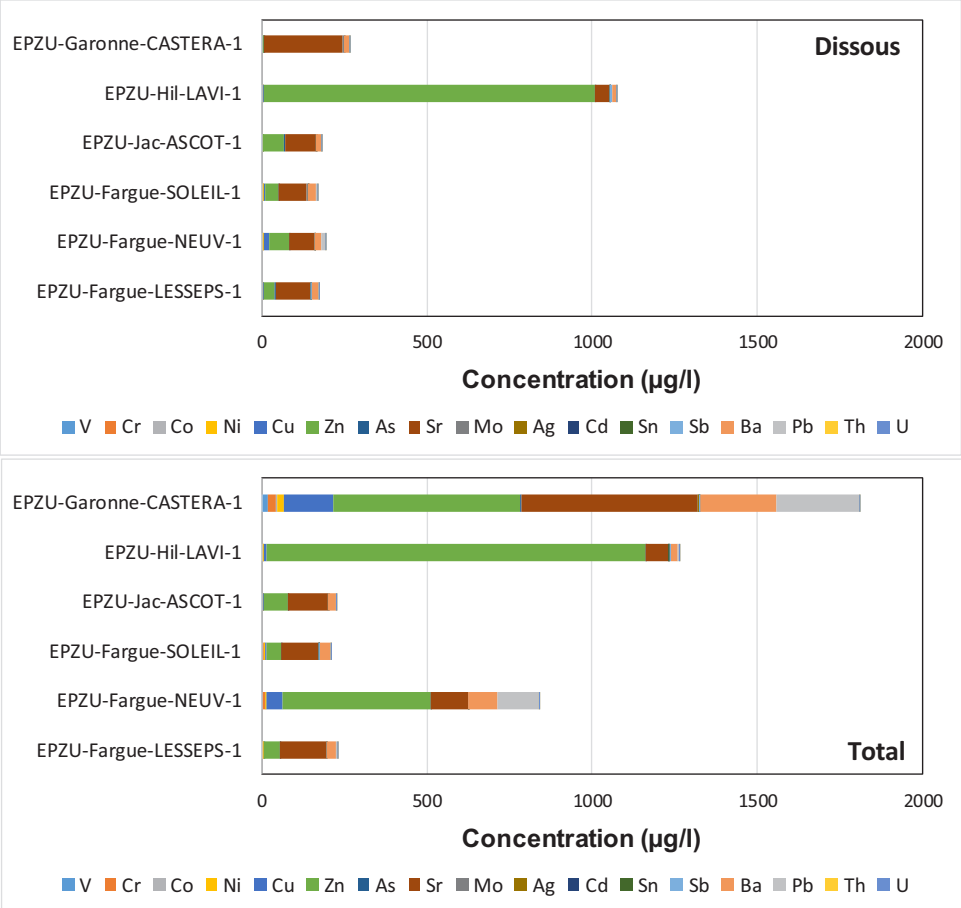


Figure 42 : Concentrations en ETM dissous et totaux dans les EPZU.

4.6 Eaux usées des zones industrielles (EU ZI)

La Figure 43 présente la composition moyenne en ETM des eaux usées des zones industrielles. Si, comme dans le milieu naturel, les eaux usées des STEU et les eaux pluviales des exutoires pluviaux, Sr, Fe, Al et Zn sont les 4 métaux majoritaires, en revanche, la répartition est un peu différente puisque Fe et Sr sont les plus abondants quasiment à parts égales (respectivement 43% et 45% de la composition géochimique). Parmi les 14 autres ETM mesurés, Cu et Ni, sont les plus abondants.

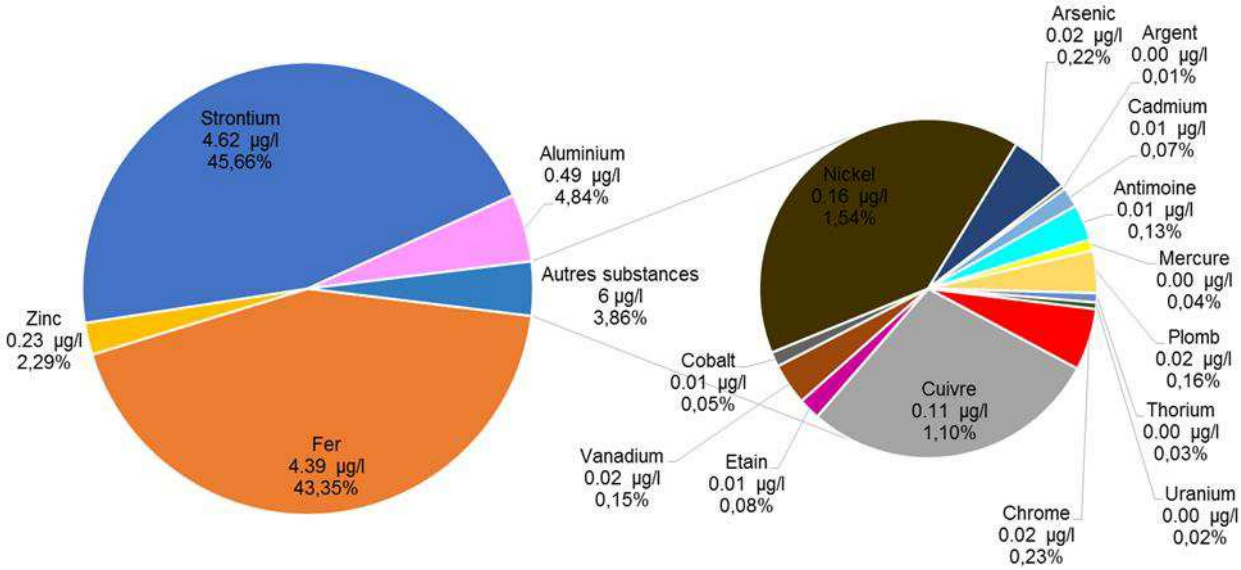


Figure 43 : Composition moyenne en ETM des eaux usées de zones industrielles, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=26).

La Figure 44 montre une certaine variabilité des concentrations entre les différentes campagnes pour un même point, mais aussi entre les points pour une même campagne. Ceci est encore plus marqué quand on enlève les 4 ETM majoritaires (Figure 44bas). Les EU des ZI ne sont donc pas identiques d'une zone à l'autre ni d'un jour à l'autre pour une même zone.

Les points Zi-Sab-CARBON-6 et Zi-Hil-BERS-5 présentent les concentrations cumulées les plus importantes pour l'ensemble des ETM (> 2000 µg/l). Ces concentrations importantes sont principalement dues à des concentrations élevées en Fe. A noter également un pic de Zn au niveau de Zi-Hil-PES-2, un pic de Ni au niveau de Zi-Can-Eys-2, un pic de Cd au niveau de Zi-Hil-PES-1 et un pic de Pb au niveau de Zi-Lil-Foire-3.

La Figure 45 présente les flux des ETM dans les eaux des zones industrielles. La Zi-Lil-BLAN est marquée des flux plus importants que les autres en Fe, Sr et Al pour les ETM majoritaires et en As et V pour les autres ETM. La Zi-Cant-EYS est quant à elle marquée par des flux plus importants en Ni et la Zi-Hil-PES par des flux plus importants en Cd.

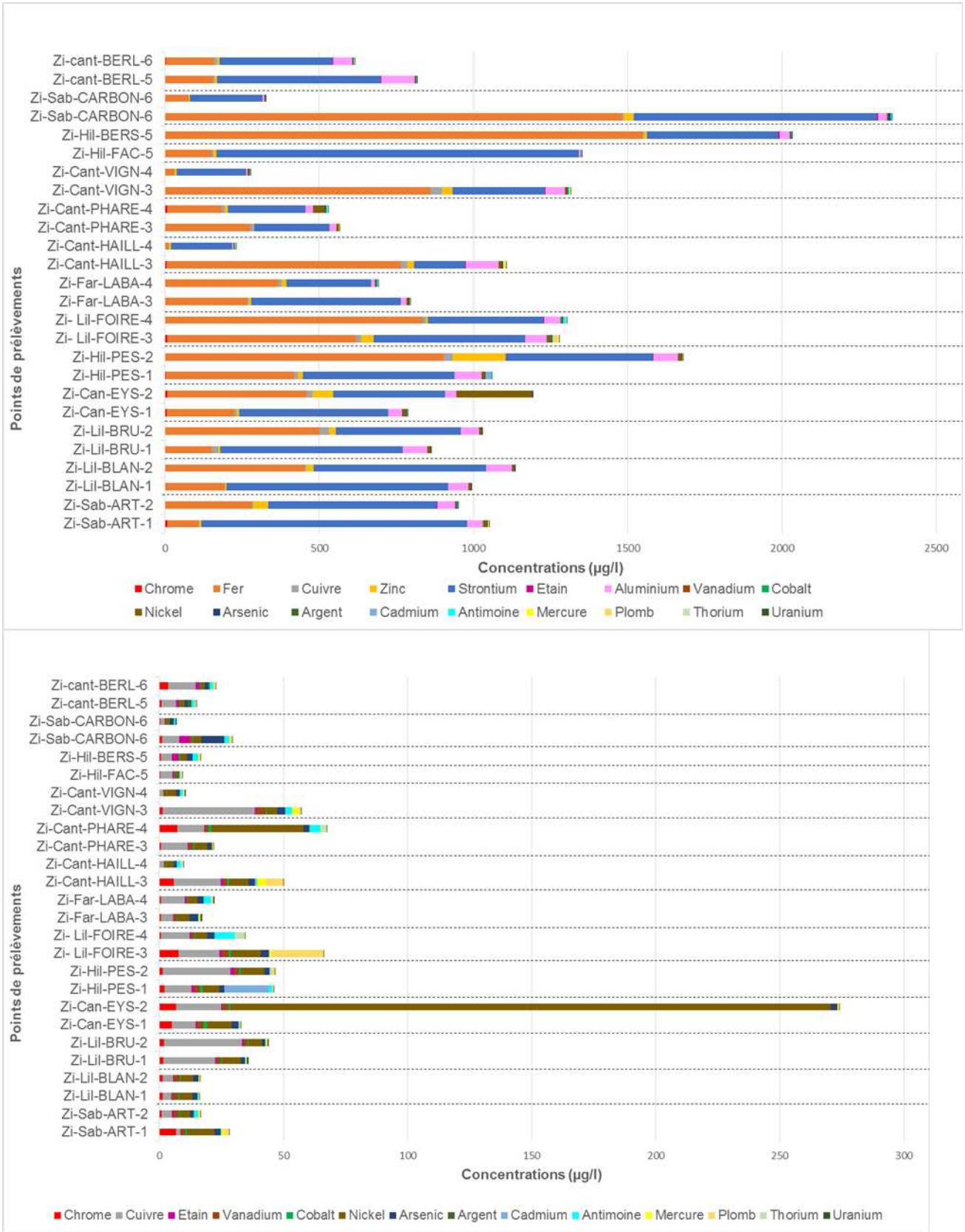


Figure 44 : Concentrations en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) des eaux usées ZI pour l'ensemble des campagnes d'échantillonnage.
Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

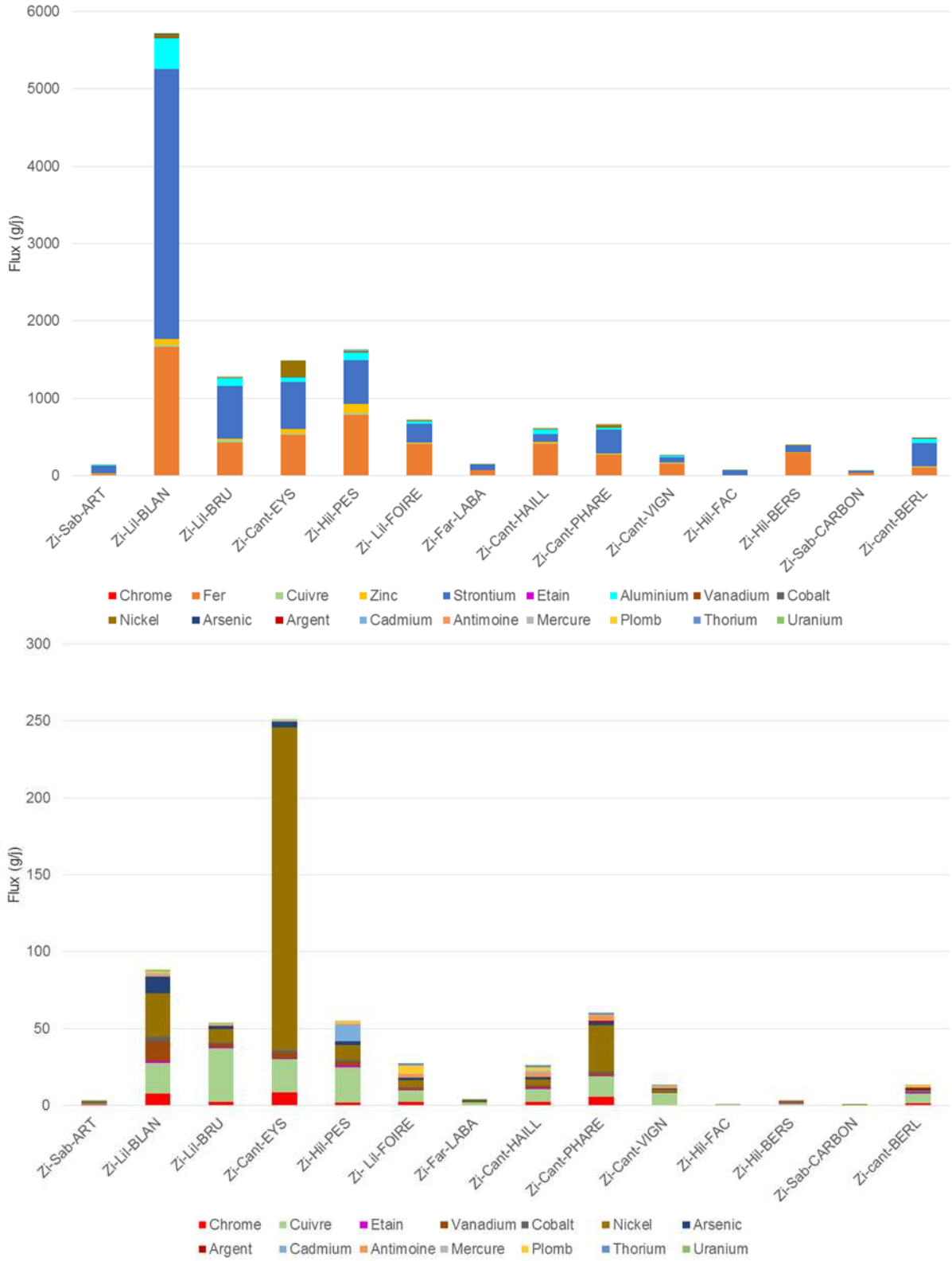


Figure 45 : Flux d'ETM dans les eaux usées des zones industrielles (g/jour). Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

4.7 Eaux usées du groupe hospitalier Pellegrin (EU CHU)

4.7.1 Résultats obtenus dans le cadre du Plan MP BM / REGARD

Comme pour les autres sources étudiées dans le cadre du Plan MP BM, la composition des eaux usées du CHU Pellegrin présentée Figure 46 met en évidence que les éléments majoritaires des eaux sont les 4 mêmes ETM du fait de leur abondance naturelle à laquelle peut s'ajouter un apport anthropique : Sr, Fe, Zn et Al. Mais contrairement aux autres sources, Cu fait partie de ces ETM les plus abondants. Il est même présent à des concentrations plus fortes que Zn et Al. Les autres ETM représentent moins de 1% de la composition géochimique et parmi eux, les plus abondants sont Ni, As, Sb, Pb, Th et V.

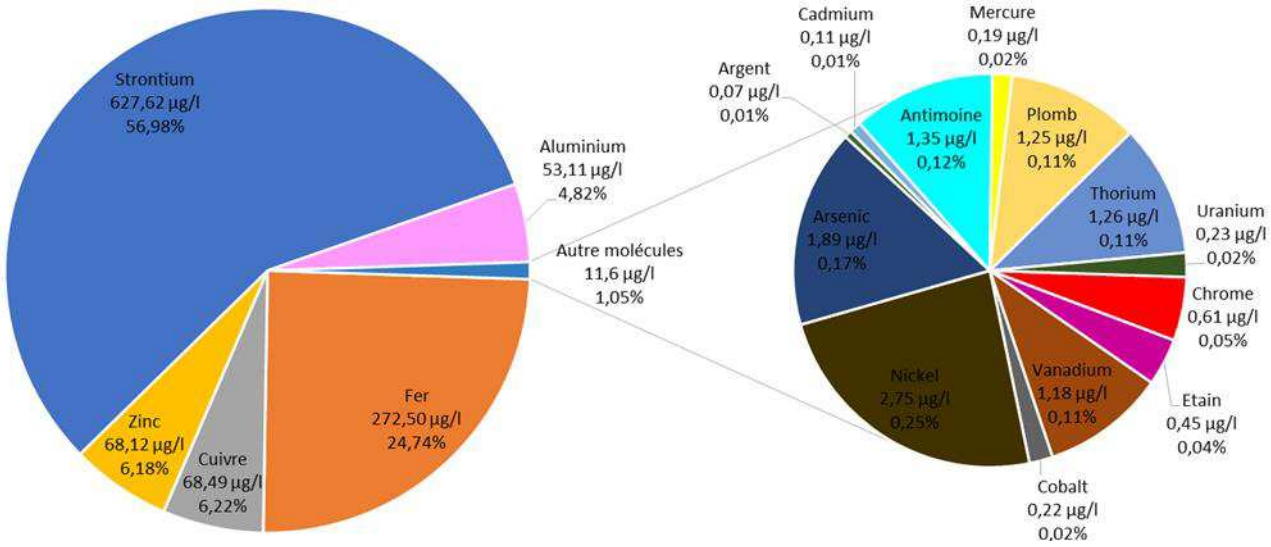


Figure 46 : Composition moyenne en ETM des eaux usées du CHU Pellegrin, tous points de prélèvement confondus, (phase dissoute) (n=18).

Les résultats présentés Figure 47 révèlent des profils différents selon les points échantillonnés et différents entre les 2 campagnes de prélèvement pour un même point, à l'exception du point CFXM9. Le point Pédia5 se distingue par des concentrations plus importantes en Zn, Cu et Al lors de la première campagne et par un pic de Sr lors de la deuxième campagne. Cette deuxième campagne de juin 2015 a été analysées par les 2 laboratoires (celui partenaire du Plan MP BM et celui partenaire de REGARD) et ce pic de Sr a été observé par les 2 analyses (cf partie ci-après).

L'analyse des ETM non dominants présente des variations de concentrations plus importantes sur un même point de prélèvement. On notera un pic de Cr lors de la 2ème campagne du BatD8, de Sb sur le point Tripode6, de As sur le point SerGen4 également lors de la 1ère campagne.

La Figure 48 présente les flux d'ETM dans les rejets des différents bâtiments et points de prélèvement du CHU Pellegrin. Les flux les plus importants sont observés au niveau du point Tripode6 pour les ETM suivants : Fe, Sr, Al, Cr et Sb. Le point Univ3 présente les flux les plus importants en Cu et Th.

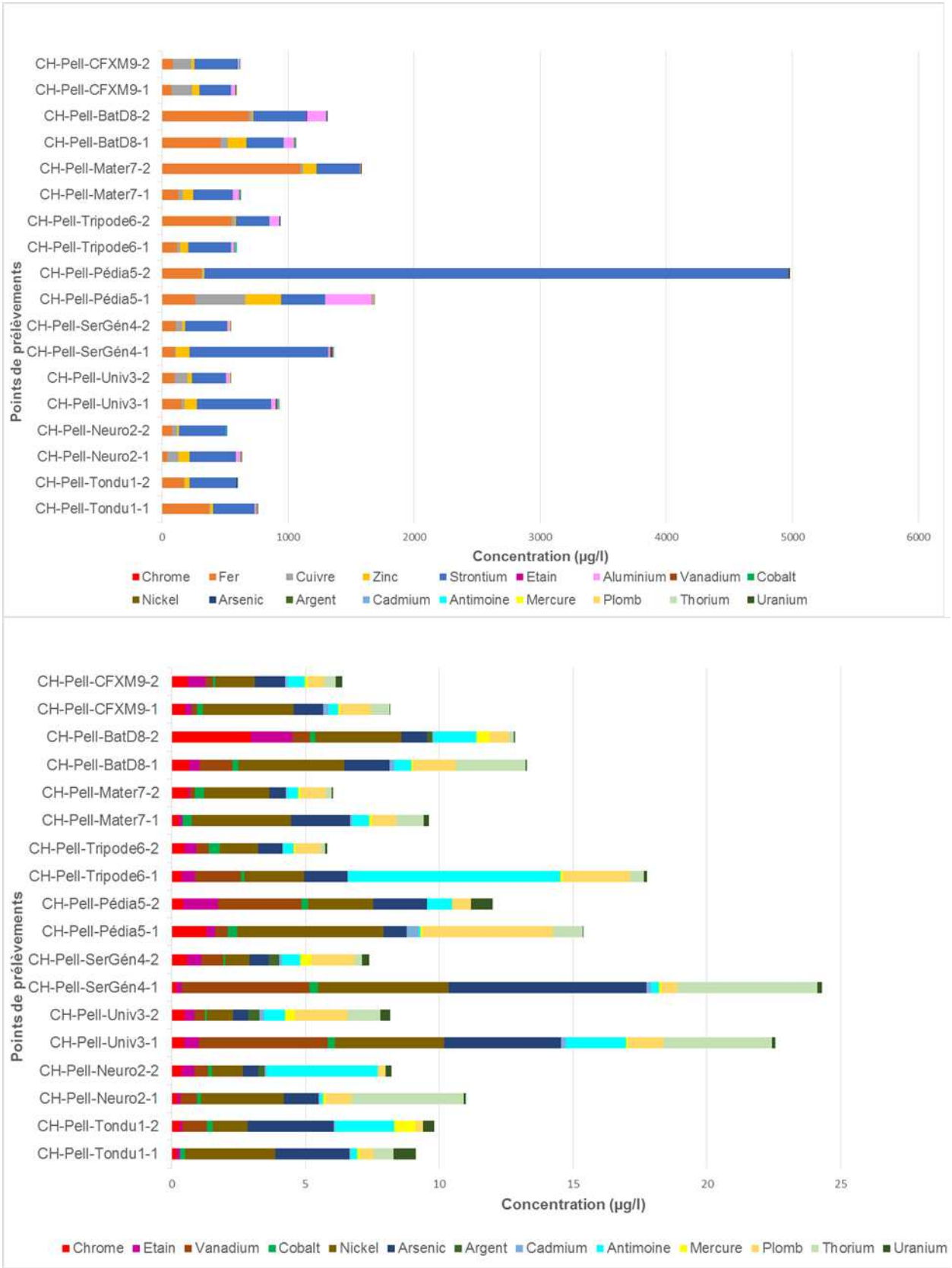


Figure 47 : Concentrations en ETM (phase dissoute) (classé par point de prélèvement) des eaux usées du CHU Pellegrin pour les 2 campagnes d'échantillonnage.
Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 5 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn, Cu).

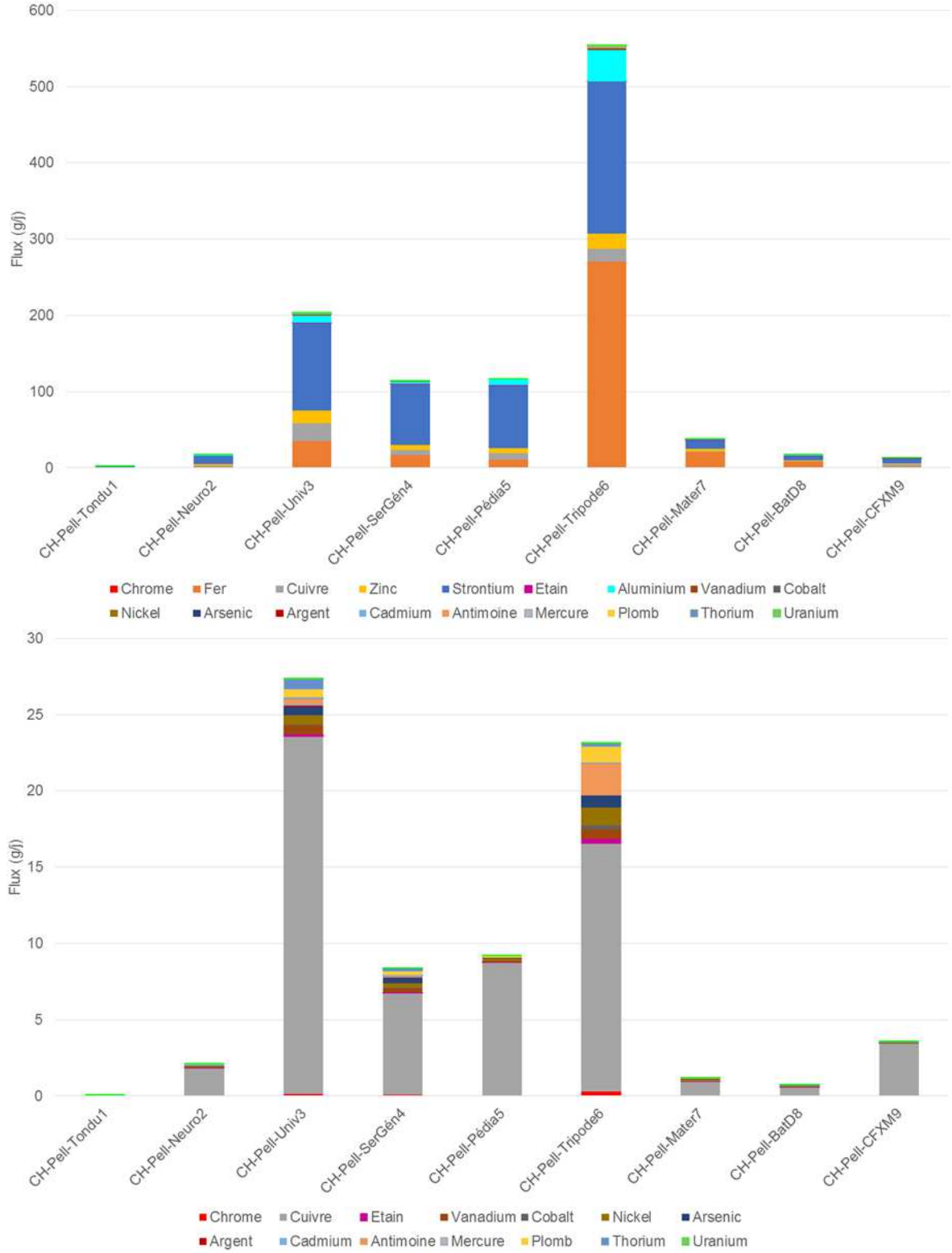


Figure 48 : Flux d'ETM dans les eaux usées du CHU Pellegrin (g/jour).
Haut : ensemble des 18 ETM, Bas : ensemble des ETM sans les 4 ETM majoritaires (Sr, Al, Fe, Zn).

4.7.2 Campagnes CHU dans le cadre du projet REGARD

Dans le cadre du projet REGARD, la stratégie d'échantillonnage a été définie en 3 temps (Figure 49). Dans un premier temps, nous avons bénéficié de l'échantillonnage réalisé en juin 2015 pour le Plan Micropolluants ; les résultats obtenus avaient pour objectif de définir un site stratégique sur lequel 2 autres campagnes de terrain auraient lieu. Ce site stratégique a bénéficié d'un suivi horaire pendant 24h afin d'évaluer la variabilité temporelle des concentrations métalliques à haute résolution en septembre 2016. L'analyse de cette variabilité temporelle va permettre prochainement d'affiner notre fréquence de prélèvement (échantillon ponctuel ou intégratif) pour un suivi sur 15 jours.

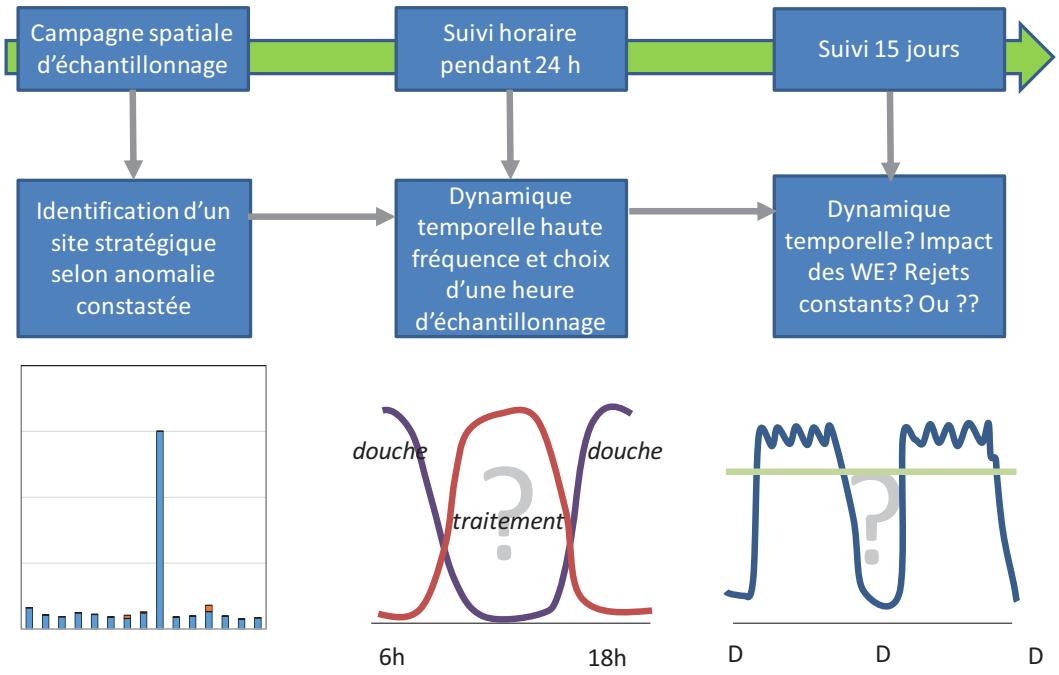


Figure 49 : Stratégie d'échantillonnage des eaux usées du groupe hospitalier Pellegrin.

Comme pour l'essentiel des sources, Sr apparaît comme l'élément le plus concentré dans les eaux en raison de son abondance naturelle (Figure 50). Cependant, le site de la Pédiatrie se distingue particulièrement avec une concentration en Sr très élevée qui suggère une origine anthropique. Cette forte anomalie pourrait être liée à l'utilisation de produits de soin (sérum physiologique, talc, crèmes hydratantes, …), de traitements homéopathiques ou de médicaments, contenant du Sr mais pas nécessairement administrés aux enfants durant leur séjour en pédiatrie. Il peut être également rejeté dans les eaux usées (urines, lavage des mains ou du corps) par les personnes accompagnantes ou le personnel soignant.

Les résultats acquis dans les eaux usées du groupe hospitalier Pellegrin montrent de fortes variabilités spatiales des teneurs en ETM qui diffèrent selon les éléments et les sites. De plus, la répartition entre phase dissoute et phase particulaire apparaît également très différente selon l'élément étudié, comme illustré par les teneurs en Cd et Sr (Figure 51), ce qui nécessite de s'intéresser à ces deux phases pour avoir une caractérisation globale de la contamination.

Les résultats des concentrations en ETM particulaires, en mg/kg, permettent de mieux apprécier les possibles anomalies pour cette phase. En effet, les concentrations en Cd particulaire, en µg/L, peuvent être élevées en raison d'une forte concentration en matières en suspension. Il est nécessaire de s'affranchir de la quantité de MES afin de déterminer les sites pouvant potentiellement présenter une réelle anomalie en exprimant les concentrations en mg d'ETM par kilogramme de MES. Si l'on prend l'exemple de Cd, les plus fortes concentrations en µg/l étaient observées pour les sites Maternité et Bâtiment D8 qui présentaient les plus fortes valeurs de MES (>1 g/l ; Figure 51). En normalisant, ce sont les sites du Tondu et de l'Université qui présentent les concentrations, en mg/kg, les plus significatives (Figure 51).

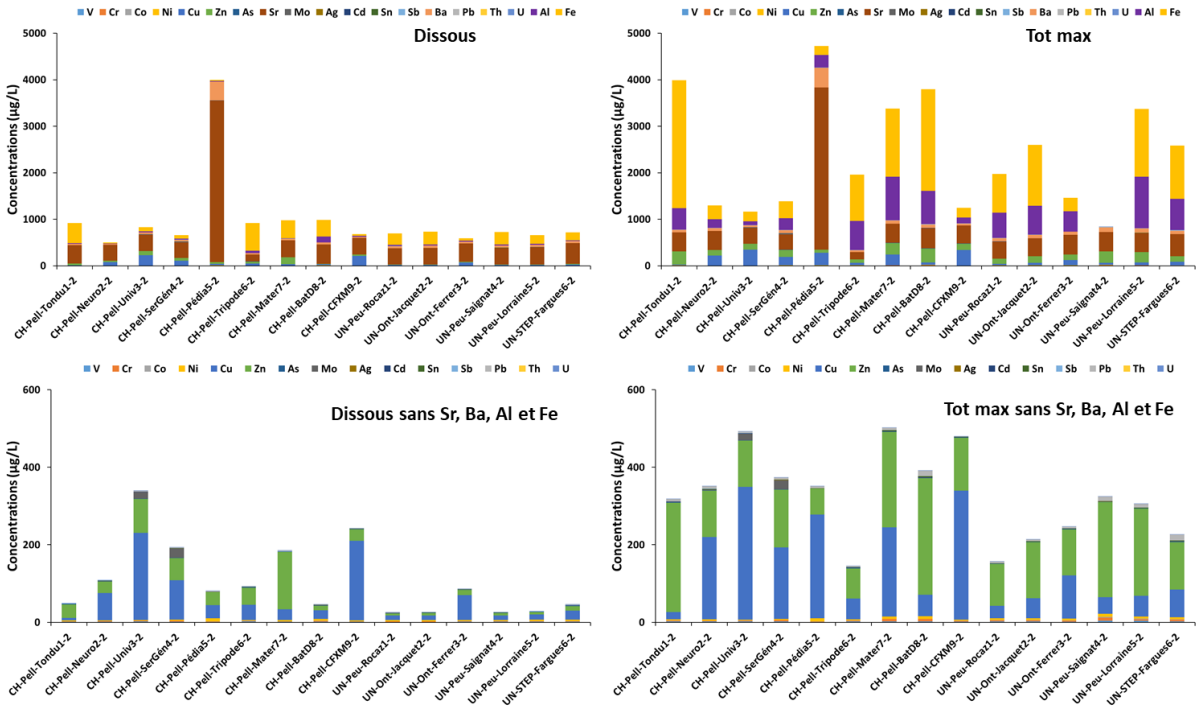


Figure 50 : Concentrations en ETM dissous et totaux pour les différents sites de la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin.

Aucun site n'a montré d'anomalie pour l'ensemble des éléments ; on peut citer des pics notables en Cu et plus modérément en Zn pour le site Université. Les flux obtenus pour les ETM classiques au CHU ne contribuent que faiblement aux apports à l'entrée de la STEU de Louis Fargue. Ce constat n'est pas le même si l'on analyse des éléments émergents.

La campagne de juin 2015 a été également analysée pour déterminer les concentrations en éléments émergents, comme les Terres Rares. Les concentrations en Terres Rares sont normalisées par un matériau de référence (le « North American Shale Composite ») et sont présentées sous la forme de spectres (Figure 52). Ces spectres mettent en avant les éléments présentant des anomalies. Dans le cadre de la campagne de juin 2015, de fortes anomalies en Gadolinium (Gd) ont été mises en évidence. L'exploitation de ces spectres permettent de calculer la proportion de Gd anthropique. Les pourcentages de Gd anthropique sont très importants sur l'ensemble des bâtiments du groupe hospitalier de Pellegrin. Les sites du Tondu, de la Neurologie, du Tripode et du CFXM présentent les pourcentages les plus importants

(Tableau 9). La présence de Gd dans les eaux usées hospitalières est explicable par l'utilisation de ce dernier comme agent de contraste paramagnétique pour les examens de type Imagerie par Résonance Magnétique (IRM). Les résultats sur le Gd du site hospitalier de Pellegrin ont été valorisés sous la forme d'un poster scientifique (Lerat et al., 2017) pour la conférence internationale Goldschmidt qui a eu lieu à Paris en août 2017. De même, l'écriture d'un article scientifique est en cours de finalisation (Lerat et al., 2018).

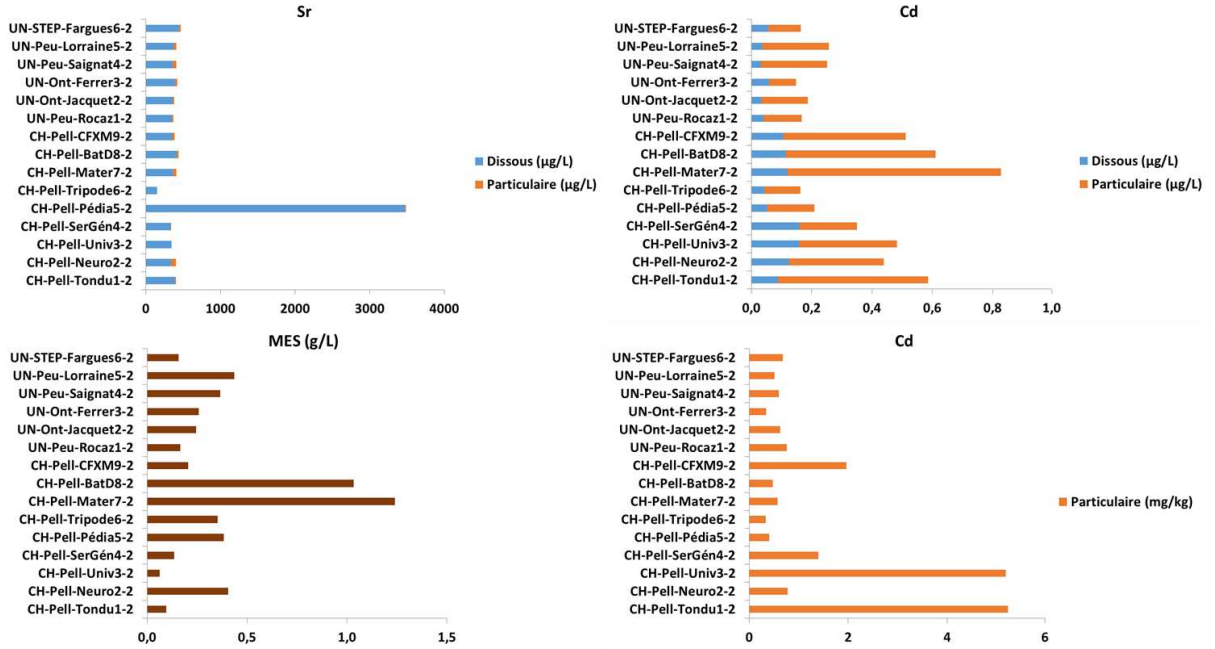


Figure 51 : Concentrations dissoutes et particulaires en Cd et Sr (µg/L), teneurs en MES (g/L) et concentrations particulaires en Cd (mg/kg) pour la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin.

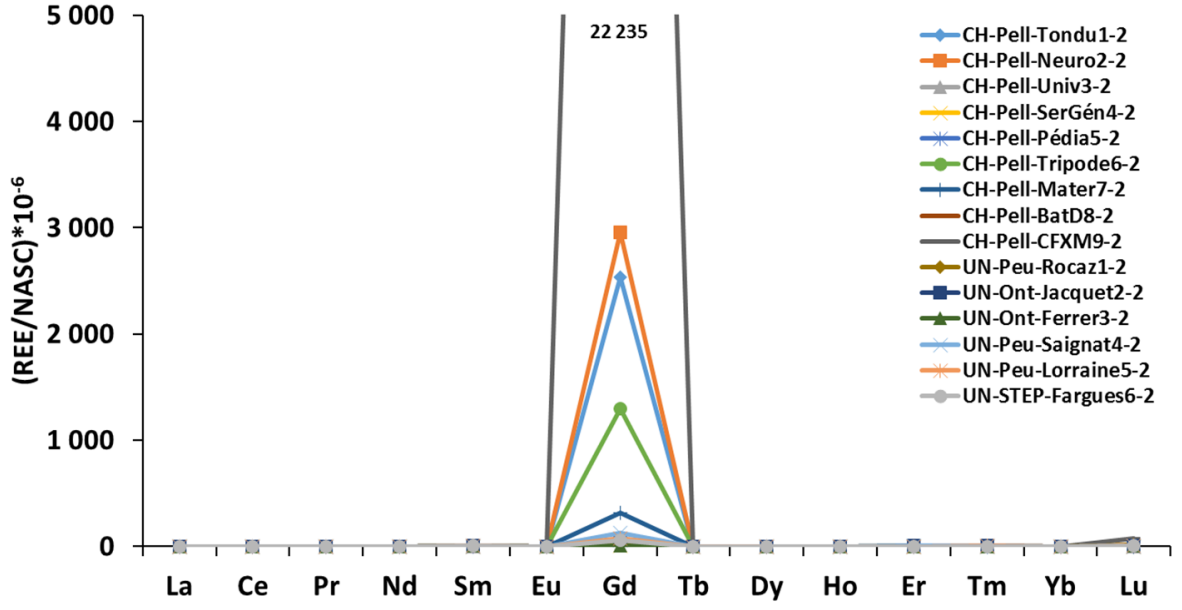


Figure 52 : Représentation des spectres en Terres Rares pour les différents sites de la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin.

Tableau 9 : Pourcentages de Gd anthropique pour les différents sites de la campagne de juin 2015 au groupe hospitalier Pellegrin.

Site de prélèvement	% Gd anthropique
CH-Pell-Tondu1-2	99,9
CH-Pell-Neuro2-2	99,9
CH-Pell-Univ3-2	89,5
CH-Pell-SerGén4-2	81,5
CH-Pell-Pédia5-2	99,1
CH-Pell-Tripode6-2	99,86
CH-Pell-Mater7-2	99,1
CH-Pell-BatD8-2	67,8
CH-Pell-CFXM9-2	99,9
UN-Peu-Rocaz1-2	91,6
UN-Ont-Jacquet2-2	96,3
UN-Ont-Ferrer3-2	65,0
UN-Peu-Saignat4-2	97,6
UN-Peu-Lorraine5-2	96,7
UN-STEP-Fargues6-2	95,5

La seconde étape de cette stratégie visait à un suivi horaire pendant 24h sur un site stratégique. Cette campagne a été réalisée en septembre 2016 au Tripode. Le site du Tripode a été choisi car il est le plus représentatif de l'activité hospitalière du site de Pellegrin (en nombre de patients et en terme de pratiques médicales réalisées).

Les concentrations mesurées heure par heure ne mettent pas en lumière la présence d'un cycle journalier net (Figure 53) malgré quelques variations temporelles. Cependant, une fois les concentrations ramenées en flux, il est possible d'observer un cycle journalier avec une plage horaire diurne et une plage horaire nocturne (Figure 54). Les flux sont plus conséquents pendant les plages horaires diurnes que pendant la plage horaire nocturne, en lien avec l'activité médicale plus importante le jour et la forte consommation en eau. Il est intéressant d'observer que les flux horaires diurnes sont plus importants le second jour que le premier jour mettant en lumière une possible variation journalière qui pourrait être caractérisée lors de la campagne temporelle sur 15 jours.

Une nouvelle campagne spatiale a été réalisée en mai 2017. La réalisation de cette campagne a été décidée après discussion avec des membres du personnel hospitalier de Pellegrin qui a permis, pour certains sites, de déterminer des points de prélèvements plus pertinents afin de mieux caractériser les sources, ceci explique les différences d'appellation entre les campagnes de juin 2015 et mai 2017. Comme en juin 2015, aucun site n'a montré d'anomalie pour l'ensemble des éléments (Figure 55). Les éléments les plus abondants sont en Cu et plus modérément en Zn (Figure 55). De même, il est possible d'observer que certains éléments sont majoritairement portés sur la phase particulaire comme Cu, Zn, Ag, Cd, Pb, Al et Fe (Figure 56). A l'inverse, V, Cr, Co, Ni, As, Sr, Mo, Sb, Th et U sont majoritairement portés par la phase dissoute. Enfin, des éléments comme Sn et Ba se répartissent équitablement entre phases dissoute et particulaire (Figure 56).

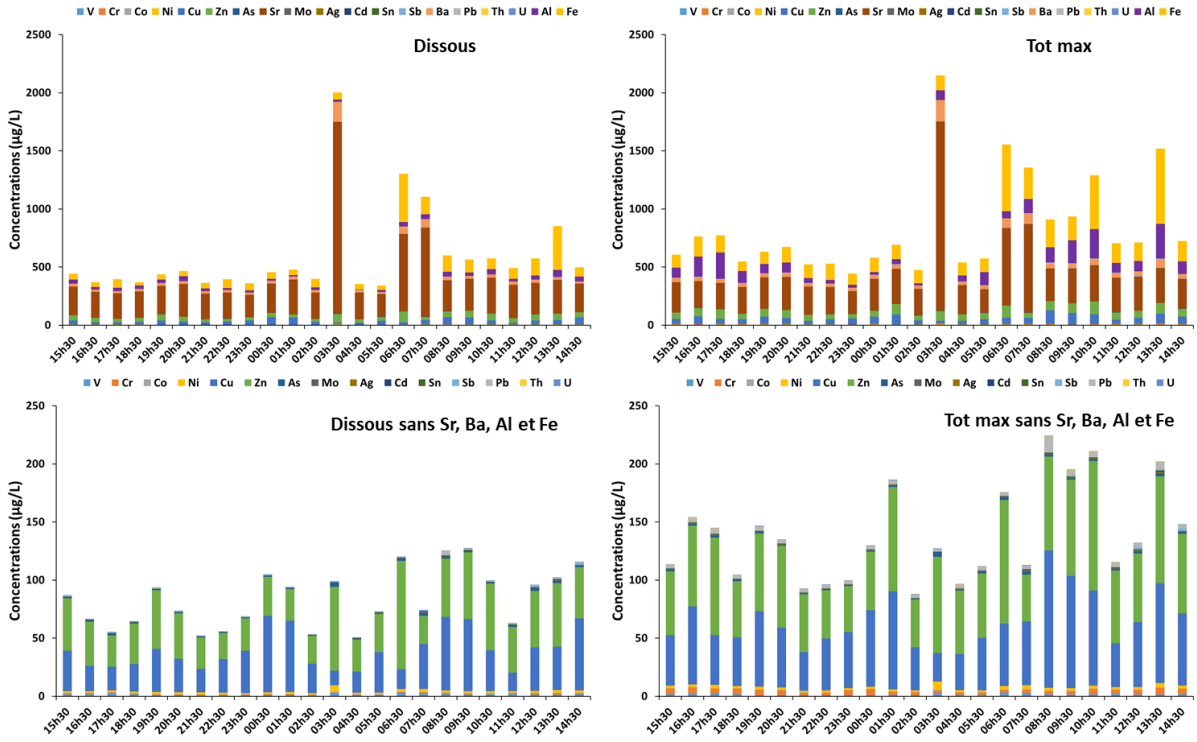


Figure 53 : Concentrations en ETM dissous et totaux pour la campagne de septembre 2016 au site Tripode du groupe hospitalier Pellegrin.

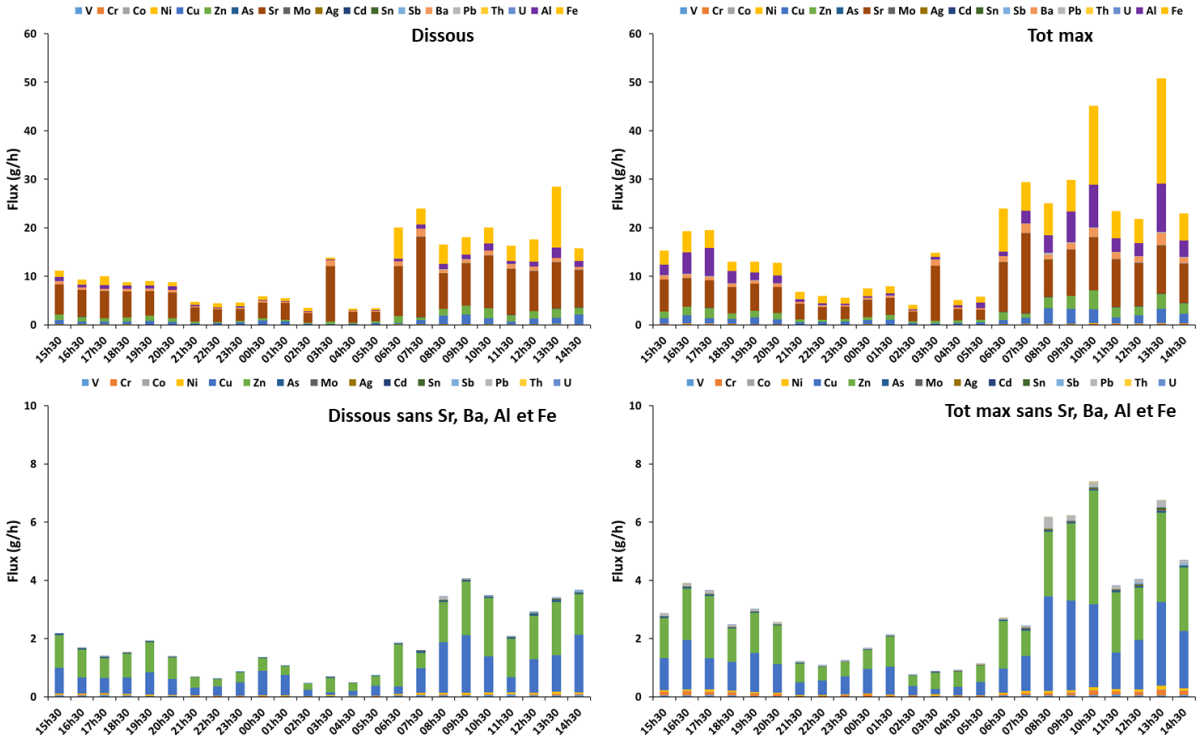


Figure 54 : Flux en ETM dissous et totaux pour la campagne de septembre 2016 au site Tripode du groupe hospitalier Pellegrin.

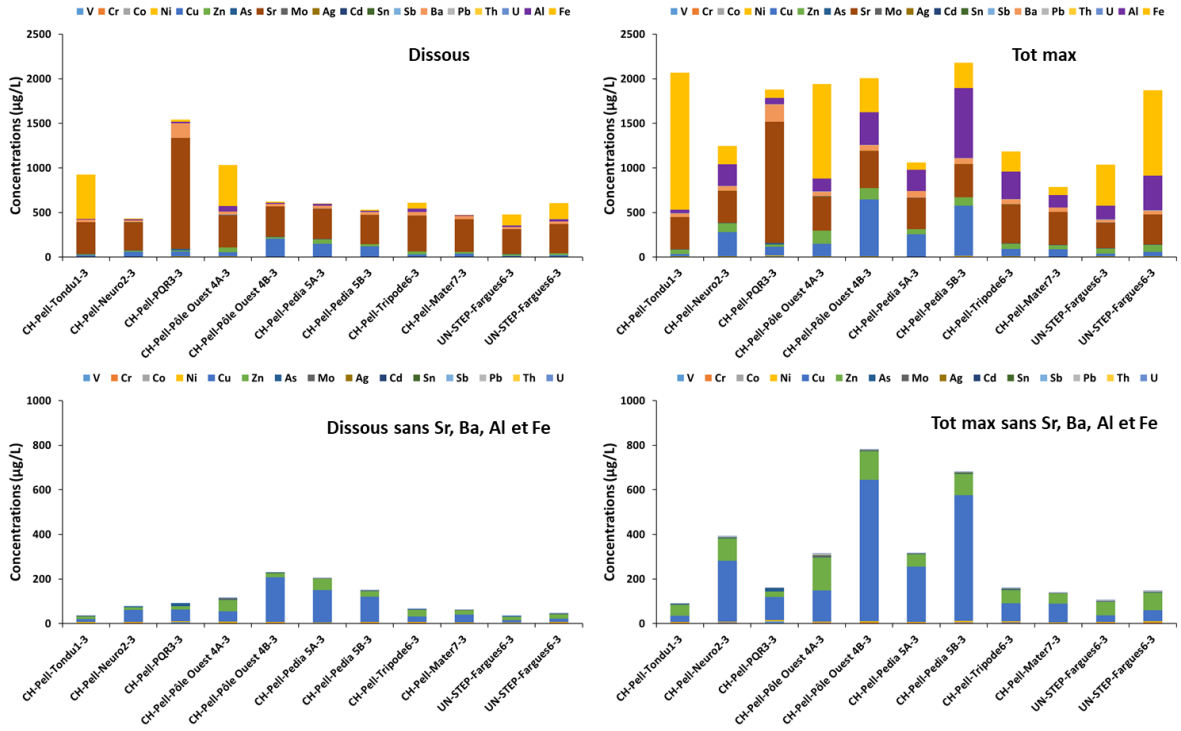


Figure 55 : Concentrations en ETM dissous et totaux pour les différents sites de la campagne de mai 2017 au groupe hospitalier Pellegrin.

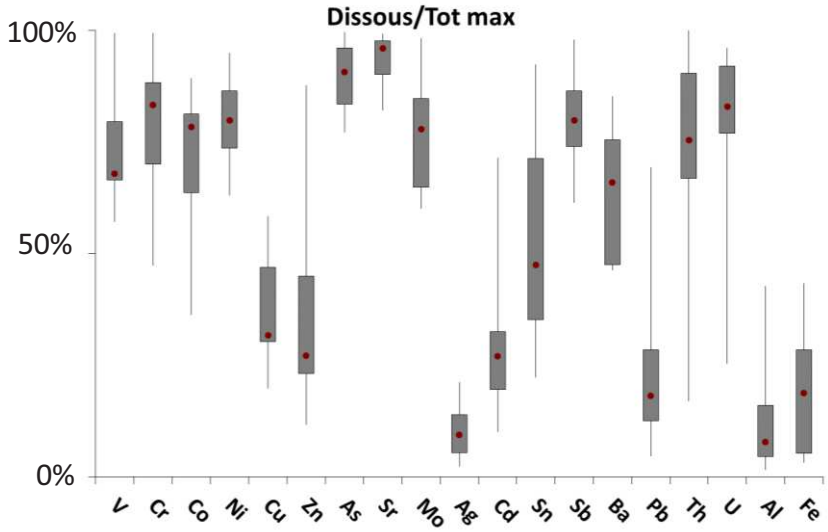


Figure 56 : Rapports Dissous/Tot max de chaque élément pour la campagne de mai 2017 au groupe hospitalier Pellegrin.

4.8 Eaux usées domestiques (EU dom)

Deux campagnes ont été réalisées en juin et décembre 2015 pour caractériser les eaux usées domestiques d'habitats pavillonnaires (ASCOT, GENE et DORE) dont des maisons situées en centre-ville, d'habitats semi-collectifs (LAVI) et collectifs (LORM et SOUR ; Figure 57).

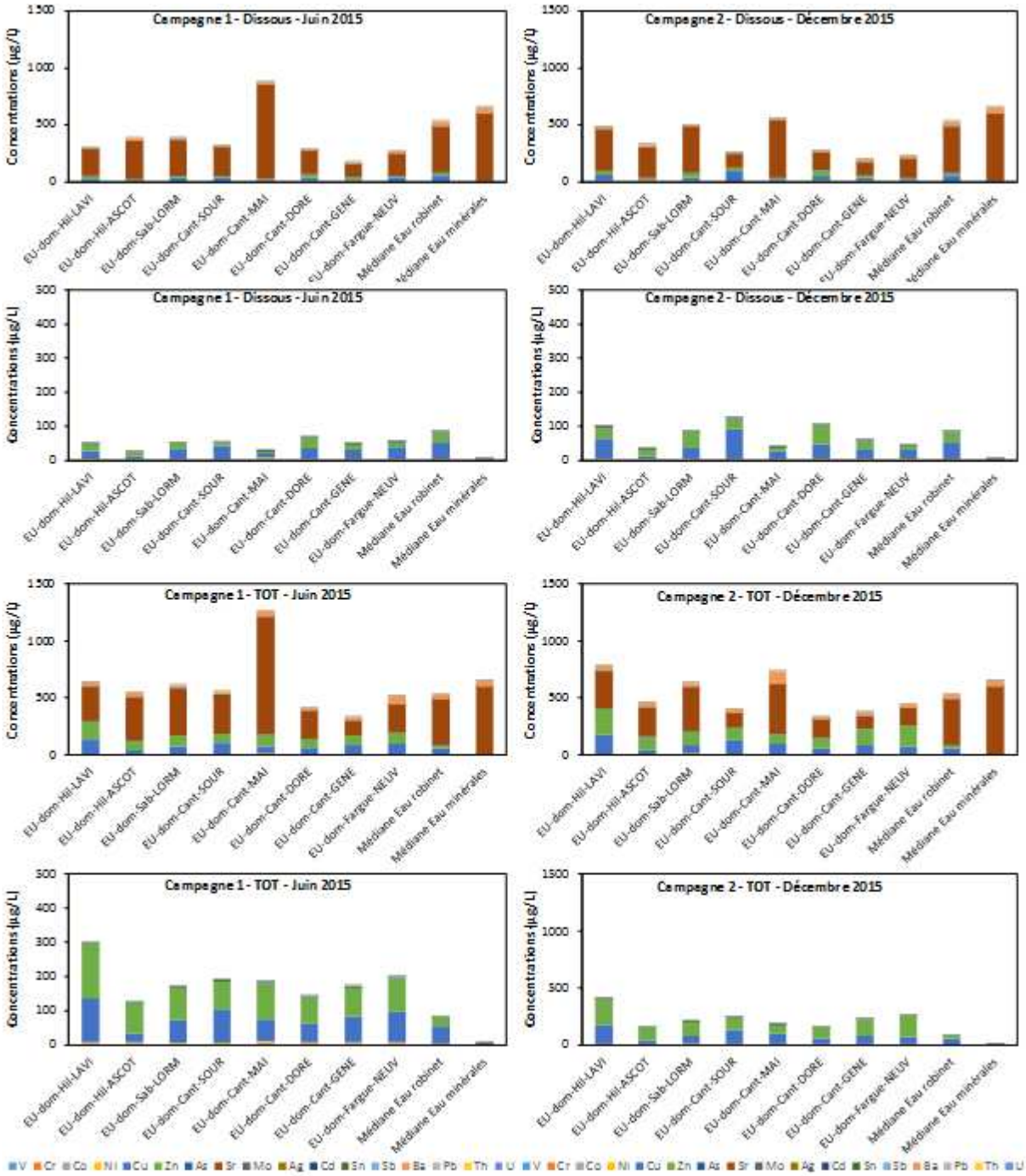


Figure 57 : Concentrations en ETM dissous et totaux dans les eaux usées domestiques.

Une campagne supplémentaire a également été effectuée en mai 2017 pour définir la composition moyenne d'eaux potables courantes distribuées dans des logements couvrant Bordeaux Métropole (n=18) et celle d'eaux minérales (n=4 ; Figure 58).

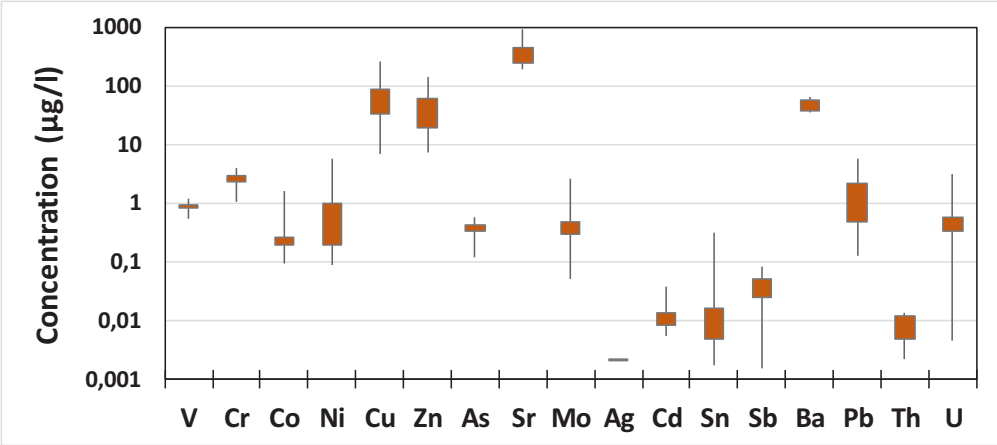


Figure 58 : Distributions statistiques (min, max, quartiles 25 et 75%) des eaux du robinet (n=18).

Du fait de son abondance naturelle dans les eaux, en particulier dans les eaux drainant des formations carbonatées (i.e. eaux de nappe pour l'alimentation en eau potable), Sr est l'élément le plus abondant, suivi de Ba, Cu et Zn en phases dissoute et totale (Figure 57 ; Figure 60 ; Figure 61). Ces résultats sont similaires pour les eaux courantes sur Bordeaux Métropole (Figure 58).

Les teneurs dissoutes en Ag, Ba et Ni (moindre pour Cd et Co) ont des niveaux comparables en juin et décembre. Les concentrations dissoutes en V, Cr, Cu, Zn, Mo et Sb sont supérieures en décembre. Les teneurs particulaires sont comparables pour Ni, Cu, Pb et Ba (sauf point extrême) ; elles sont supérieures en décembre pour Cr, Zn, Sn, Sb et Th. La comparaison entre fractions dissoutes et totales montre que Sr, U et Sb sont essentiellement sous forme dissoute pour les deux campagnes. Les autres éléments montrent une contribution particulaire importante, surtout en décembre. Ce constat peut être relié aux concentrations en MES (et en matière organique) qui étaient plus importantes en décembre. Cet écart est particulièrement visible pour les éléments présentant une affinité pour la matière organique. Il est à noter que tous les métaux sous forme particulaire sont générés par les activités domestiques dont il incombe de trouver les sources.

Les concentrations totales en ETM des eaux usées ne s'écartent pas significativement de la composition médiane des eaux du robinet de Bordeaux Métropole, si ce n'est pour As, Ni, Ag, Cd, Sn, Cu et Zn ; si l'on compare strictement les concentrations dissoutes entre elles, les teneurs en As, Ni, Ag, Cd et Sn des eaux usées sont nettement supérieures aux eaux du robinet. Cependant, la composition médiane des eaux du robinet ne peut être considérée comme une référence pour les teneurs dissoutes car, pour certains éléments (e.g. Cu, Zn, Sn ou Pb), la comparaison entre les eaux du robinet et les eaux minérales montrent de forts enrichissements. Ces enrichissements, variables selon les logements (Figure 59), sont probablement à relier aux types de tuyauteries en Pb pour les logements anciens et/ou à la présence de soudure en Sn. Malgré l'interdiction en 1995 de canalisation en Pb pour les logements récents et le remplacement progressif de ces canalisations dans les logements récents, certains peuvent

perdurer. D'importants travaux d'aménagement qui passent par la suppression de toutes les conduites et branchements au Pb, mais aussi par la rénovation des conduites sans plomb mais avec des joints ou des métaux associés à du plomb (Zn, Cu, Sn - une soudure à l'étain contient 60 % de Pb ...) peuvent alors expliquer les anomalies observées en Zn, Cu, Sn et Pb.

Le seul réseau unitaire (NEUV) de la campagne n'a pas de comportement particulier par rapport aux autres prélèvements. Ce constat pourrait être différent si la campagne avait eu lieu en temps humide.

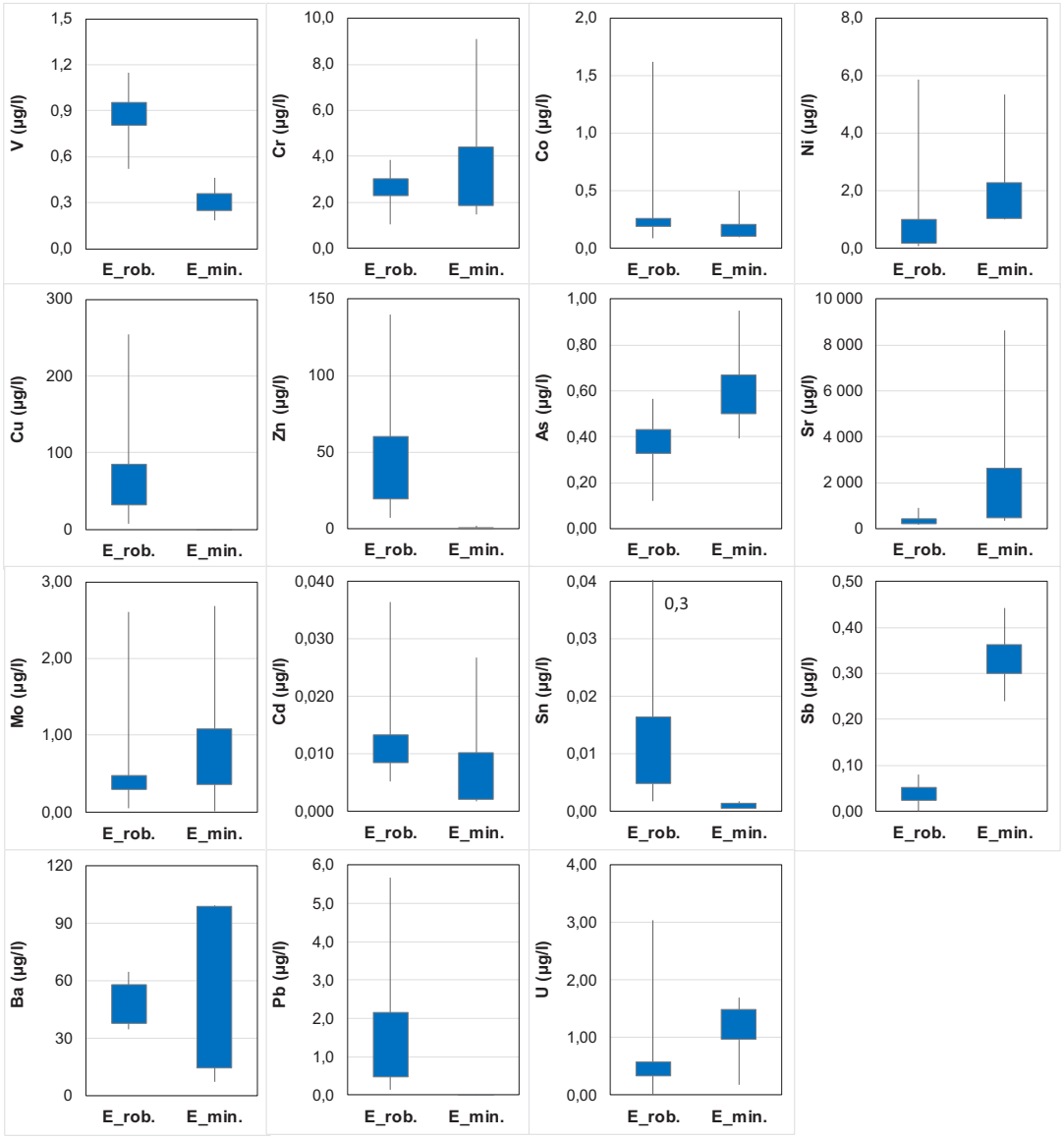


Figure 59 : Comparaison des teneurs dissoutes entre eaux du robinet et eaux minérales.

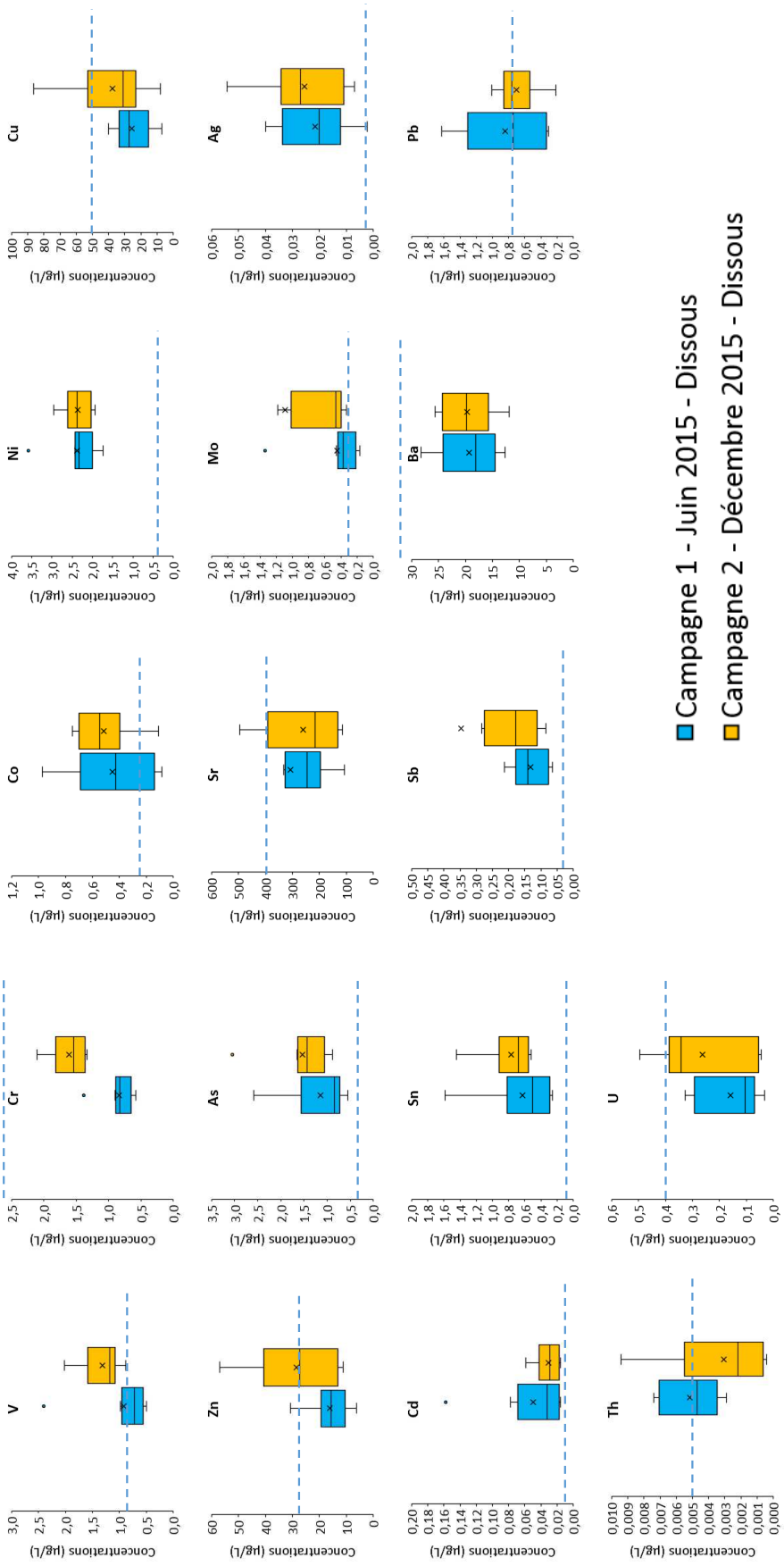


Figure 60 : Distributions statistiques des concentrations dissoutes en ETM dans les eaux usées domestiques – le trait en pointillés représente la médiane des eaux du robinet.

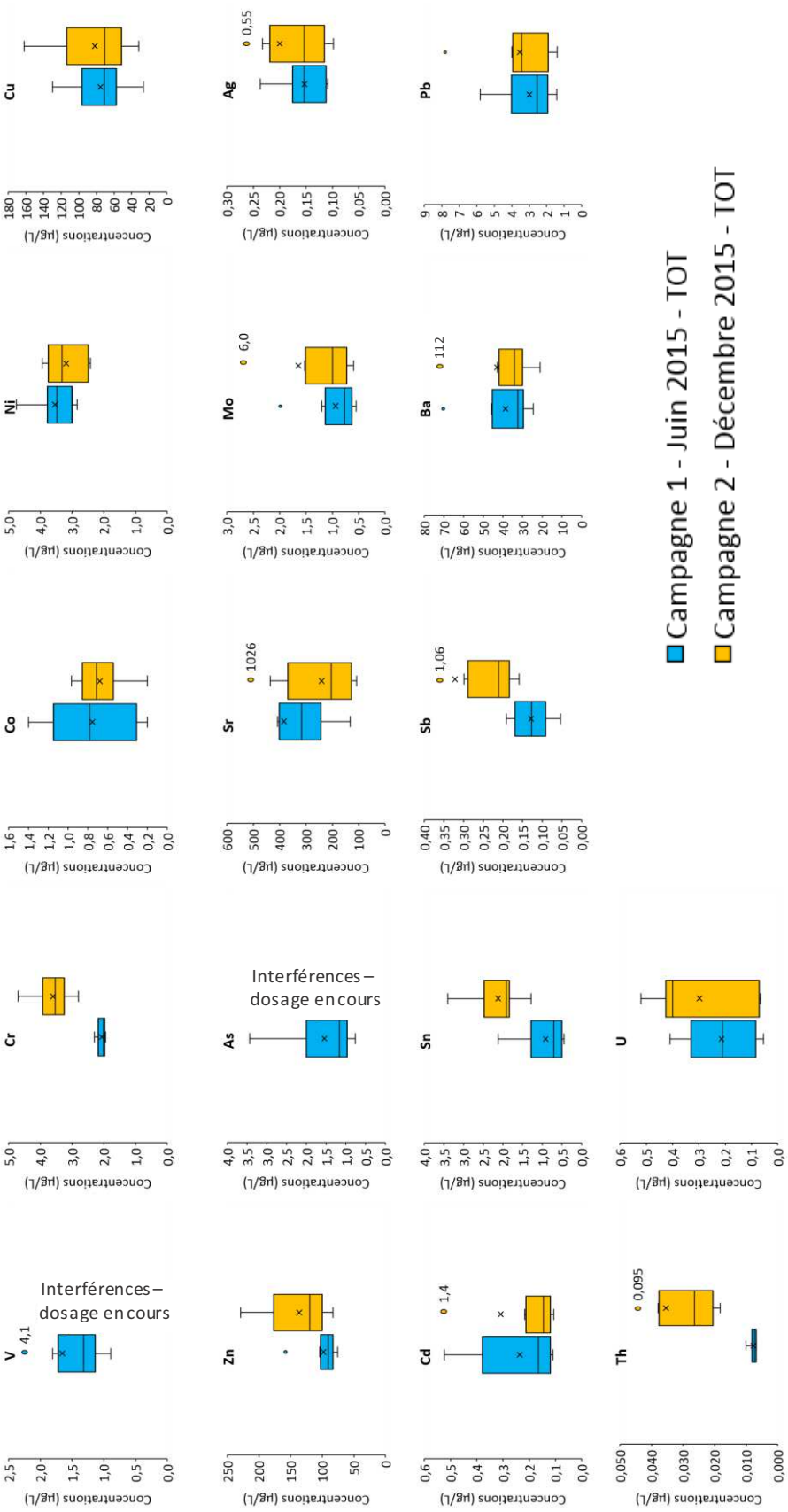


Figure 61 : Distributions statistiques des concentrations totales en ETM dans les eaux usées domestiques.

L'action avec les ménages référents, appelées Famille Eau Défi, prévue dans le lot 3 du projet, vise à mieux comprendre les sources de rejets de substances chimiques issues de nos pratiques domestiques quotidiennes qui peuvent avoir un impact sur les milieux aquatiques. Des prélèvements cumulés sur une semaine ont été effectués chez 5 familles référentes entre octobre et décembre 2017 à trois périodes (T0 : sans changement de pratiques ; T1 et T2 : après changements de pratiques). Lors de la première campagne T0, les prélèvements journaliers ont été traités séparément afin d'analyser la variabilité temporelle au sein de la semaine. L'idée est de réfléchir et de tester de nouvelles solutions afin de diminuer ces rejets de micropolluants et améliorer la qualité des eaux.

En parallèle de cette action, nous avons analysé les concentrations en ETM de ~20 produits de consommation (e.g. produits d'hygiène et d'alimentation) et tenter d'estimer les flux de métaux afin de hiérarchiser la contribution des usages pour 17 ETM dont les 7 métaux prioritaires de la DCE, ainsi que des éléments émergents tels que Ag. Ce travail a été réalisé durant le stage de master 1 de Simon Duboureau (2017).

Les produits ont été sélectionnés pour représenter les différents usages : alimentation (viandes, légumes, féculents, compléments alimentaires et boissons), nettoyage du linge ou de la vaisselle, lavage corporel. Nous n'avons pu être exhaustifs pour cette étude et avons dû opérer des choix. Devant la diversité de certaines marques de produits, notre stratégie initiale reposait sur l'analyse de 3 échantillons par produit : la marque la plus vendue, le premier prix et un produit écolabellisé. Cependant, en raison du temps limité, des contraintes de laboratoire (restriction puis interdiction d'utilisation des laboratoires de chimie) et de la complexité des produits testés, tous les échantillons n'ont pas pu être dosés. En effet, contrairement aux échantillons régulièrement analysés au laboratoire (eaux, sols, biote) pour lesquels les protocoles sont bien définis, le type d'échantillons analysés dans cette étude (excepté pour les eaux) a nécessité de mettre en place des traitements analytiques spécifiques selon les produits testés afin de s'affranchir de certains matrices (matière organique) qui pourraient générer des interférences.

La Figure 62 présente les concentrations en métaux (exprimées en mg du métal considéré par kg de matière) pour 19 types de produits quotidiens de consommation provenant des trois groupes cités auparavant. Certains produits correspondent à des moyennes de différentes marques auxquelles sont associés les écart-types. Du fait du nombre de produits étudiés, seuls Cu, Zn, Cd, Ag, Sn et Cr seront décrits dans ce qui suit. Les résultats varient considérablement, allant de valeurs en dessous de la limite de détection pour tous les éléments jusqu'à 1136 mg/kg pour Zn (Figure 62). Les maximas ne sont pas associés à un seul produit ou à un seul usage.

Les compléments alimentaires, couramment vendus/prescrits en grande surface ou en pharmacie, sont caractérisés par les teneurs les plus élevées en Cu (111mg/kg), Zn (1136 mg/kg), Cr (4.6 mg/kg). Un pic en Zn (86 mg/kg) a également été mesuré dans le steak haché alors que les valeurs sont inférieures ou proches de la limite de détection pour les produits d'hygiène (0.25 mg/kg pour le dentifrice ; 0.46 mg/kg pour le gel douche ; 0.35 mg/kg pour la lessive ; 0.23 mg/kg pour le produit vaisselle). Pour le lait en poudre, les lentilles et les courgettes, les concentrations en Zn sont relativement élevées, comprises entre 26 et 44 mg/kg.

Pour Cd, la plus forte valeur (0.12 mg/kg) a été mesurée dans des pommes de terre, suivie par le complément alimentaire (~0.6 mg/kg), puis des légumes (courgettes et carottes). Les autres concentrations en Cd sont très faibles et avoisinent la limite de détection (0.001 mg/kg).

Les autres éléments montrent des concentrations élevées pour différents usages. Pour le Cr, les concentrations en poids sec du groupe Produits d'hygiène sont supérieures à celles des autres groupes (0.24 mg/kg pour le dentifrice ; 0.44 mg/kg pour le gel douche ; 0.34 mg/kg pour la lessive). Les teneurs en Ag et en Sn comportent des valeurs élevées dans deux groupes différents. Pour Ag, la teneur maximale du groupe « Alimentaire frais » atteint 0.013 mg/kg pour la courgette et la teneur maximale du groupe « Produits d'hygiène » parvient à 0.01 mg/kg avec le produit vaisselle. Pour le Sn, les concentrations maximales des deux groupes « Produits d'hygiène » et « Alimentaire frais » (0.09 mg/kg pour le produit vaisselle et 0.13 mg/kg pour le maïs) sont supérieures à l'alimentaire lyophilisé. Dans le groupe « Produits d'hygiène », les concentrations de la lessive, de l'assouplissant et du produit vaisselle sont également importantes.

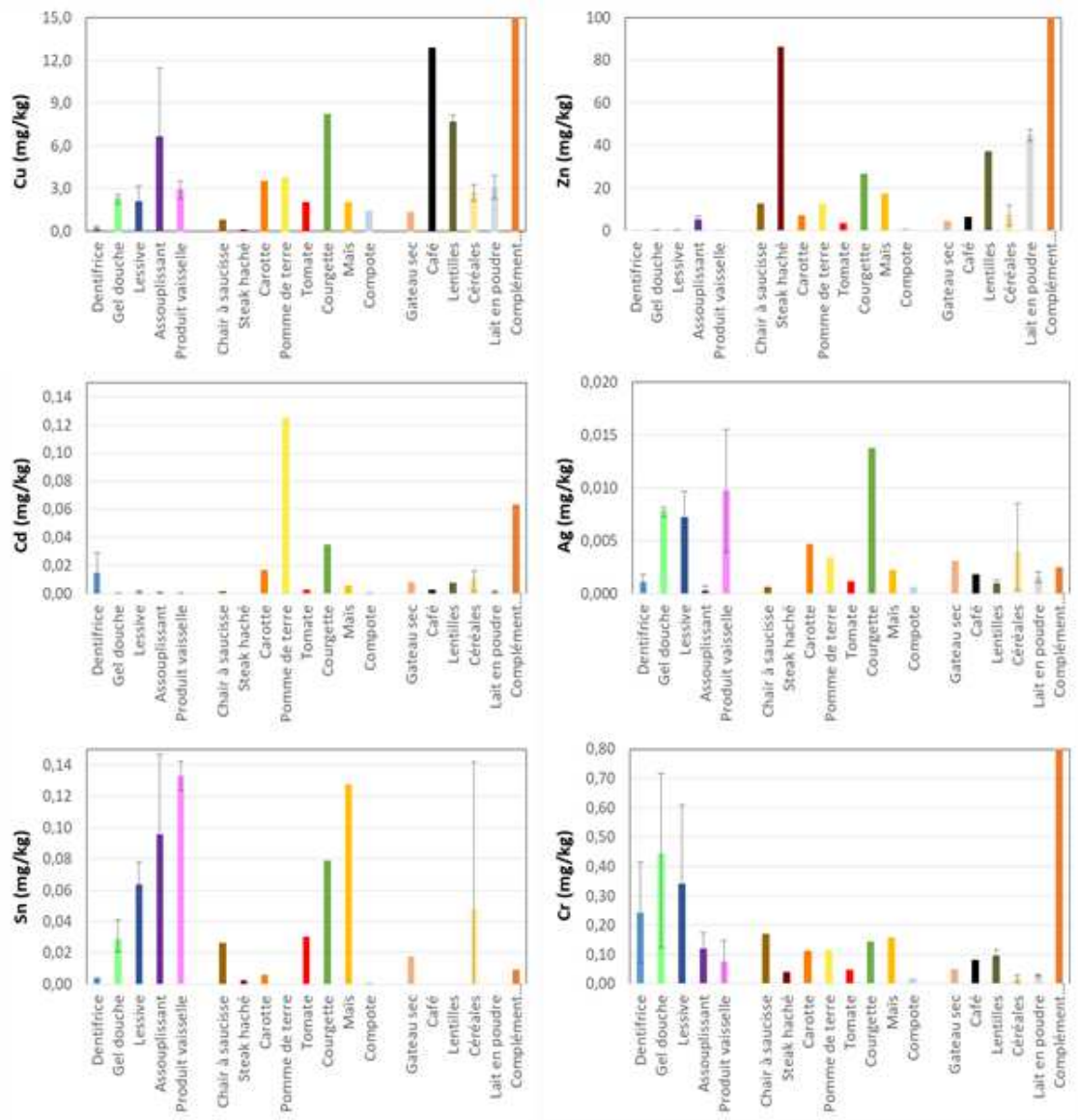


Figure 62 : Concentrations en métaux (mg/kg) pour différents produits de consommation (Duboureau, 2017).

Le cuivre n'a pas de tendance particulière qui se dégage ; chaque groupe possède un produit avec des valeurs élevées : le café (12.9 mg/kg) et les lentilles (7.7 mg/kg) pour le groupe « Alimentaire lyophilisé » ; la courgette (8.2 mg/kg) pour le groupe « Alimentaire frais » et l'assouplissant (6.6 mg/kg) pour le groupe Produits d'hygiène (Figure 62). Les concentrations du dentifrice et du steak haché sont très faibles par rapport aux autres (respectivement 0.21 mg/kg et 0.09 mg/kg).

La disparité des résultats, mis en évidence dans cette étude préliminaire, montre que les ETM rejetés dans les eaux domestiques à l'échelle d'un logement (maison ou appartement) proviennent de différentes sources et que ces dernières peuvent contribuer différemment à l'apport de métaux dans les STEU. A partir des concentrations de ces produits du quotidien, dont les résultats devront être confortés en multipliant le nombre d'échantillons, et des quantités quotidiennes générées (ex. quantité de gel douche utilisée journalièrement ; consommation recommandée en fruits et légumes et de viandes) associées ou pas à des flux d'eau (ex. volume

d'eau pour une douche), nous avons tenté de dresser un premier bilan de contribution de sources/usages à l'échelle d'un logement-type.

Il ressort par exemple qu'un tiers de Zn rejeté par les eaux usées pourraient provenir de la consommation de viandes et donc des excrétions fécales; malgré des compléments alimentaires qui ont une concentration élevée en Zn et partant du postulat d'une faible rétention par l'organisme, ces derniers ne seraient responsables que d'une faible contribution en Zn dans les eaux domestiques (3%). Une forte contribution des autres ETM trouverait leur origine dans le lavage corporel, sans que ce soit systématiquement lié à l'utilisation de produits hygiéniques mais à la consommation d'eau (qui contient naturellement des ETM). Ces bilans pourront aider à l'interprétation des résultats que nous aurons très prochainement issus des eaux usées domestiques des ménages référents de l'action Famille Eau Défi.

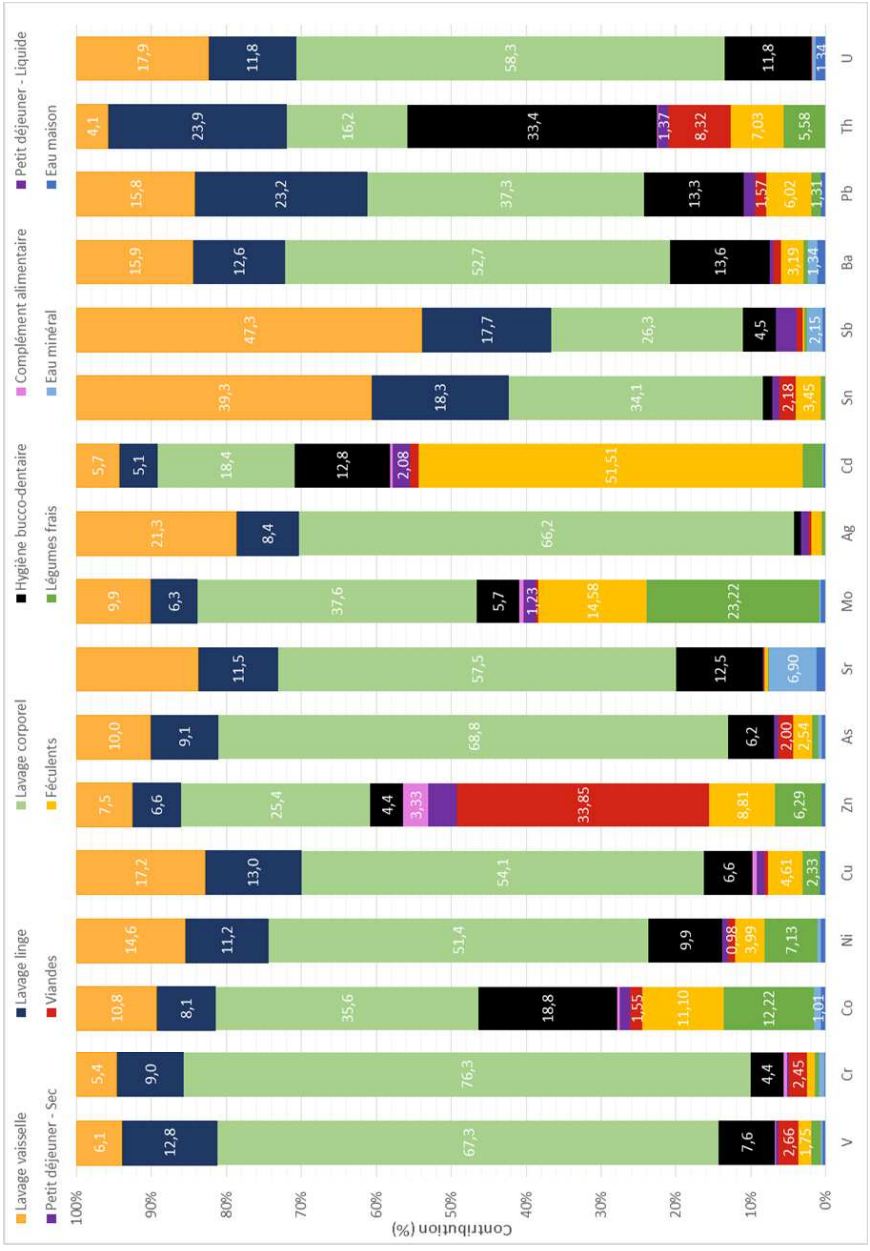


Figure 63 : Estimation des contributions en ETM pour différents usages domestiques.

5 Conclusions :

L'ensemble de ces résultats obtenus sur les ETM permet de dégager les conclusions suivantes :

- Des différences notables entre les concentrations en phase dissoutes et totales pour certains éléments et/ou pour certaines sources et/ou certaines campagnes avec un effet saisonnier (temps sec versus temps humide) démontrant la nécessité d'analyser ces deux fractions (Tableau 10 ; Figure 64 ; Figure 65).
- Des écarts plus ou moins importants entre des digestions conventionnelles (TOT ; HNO_3) et des digestions plus complètes (TOT+ : HNO_3+HCl+H_2O_2 ou TOT++ : HNO_3+HCl+HF) pour certains éléments (e.g. Ag, Sn) liés à des phases porteuses plus ou moins sensibles (disponible).
- Un gradient des concentrations amont-aval avec soit des concentrations plus fortes en amont (Al, Fe, Th, Pb et Co) pouvant provenir du lessivage naturel des podzosols, soit des concentrations plus fortes en aval, après les rejets de la STEU de Cantinolle (e.g. Ag, Ni, Cu, Mo, Sn et Sb) et/ou du collecteur Rocade (e.g. Zn, Cu, Sb). Une campagne a été menée en avril 2017 pour collecter des eaux dans les têtes de bassin afin de caractériser le bruit de fond du bassin amont de la Jalle mais aussi pour identifier des sources potentielles. L'exploitation de ces données est en cours.
- Un impact important du CHU dans le transfert d'éléments émergents comme Gd dans la STEU de Louis Fargue.
- Un impact important du collecteur rocade lors d'évènements pluvieux intenses dans l'export d'ETM (Cu, Zn, Pb, Sb, Cd et Sn) à l'exutoire de la Jalle où nous avons mis en évidence l'importance de traiter les premières eaux de lessivage arrivant avec majoritairement des ETM particulaires.
- Une forte variabilité des teneurs en ETM dissous et particulaires selon les sources. Nous avons tenté de hiérarchiser les ETM présents dans les différentes sources analysées, pour les phases dissoutes et totales. Des groupes d'éléments peuvent être dressés pour la fraction dissoutes avec par exemple : Cr, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag et Sn pour les eaux usées ; Zn, Mo, Pb, Sn, Sb et Al pour les eaux issues du lessivage urbain/routier (EPZU ; pollutogramme). Pour les ETM totaux, les plus fortes concentrations en Co, Cu, Zn, Cd, Sn, Sb et Al et Fe ont été généralement mesurées pour le pollutogramme en raison des fortes teneurs en MES (particules) provenant soit des sols et/ou poussières de routes contenant l'érosion des pièces automobiles et l'abrasion de la route.

Les prochains travaux porteront sur l'action Famille Eau Défi afin de préciser les tendances observées pour les EU domestiques. Nous poursuivrons nos campagnes sur le collecteur Rocade pour évaluer l'efficacité du pilote de traitement des eaux. L'ensemble des données a été transmise au porteur du projet (LyRE) et plusieurs réunions ont eu lieu avec les différents protagonistes (personnel du CHU, INERIS) afin de mettre en place les futures actions. Certaines données ont d'ores et déjà été valorisées lors de restitution grand public et de conférences internationales.

Tableau 10 : Synthèse des concentrations en ETM pour les différentes sources étudiées – Echelle relative d'abondance.

++ = fortes concentrations relativement aux autres sources

+ = concentrations significativement plus élevées que les autres

* tendance uniquement observée pour des conditions hydrologiques à débits plus importants

Dissous - Total

	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb	Th	U	Al	Fe
CHU		+		+	+ +	+ +	+	+ +				+				+			
EU Dom		+		+	+ +	+ +	+	+ +		+		+ +							
Cantinolle Entrée				+ +	+ +	+ +	+	+ +		+ + +	+	+ +							+
Cantinolle Sortie			+	+ + +			+		+										+
Collecteur	+	+	+ +	+	+ +	+ + +	+		+	+	+ +		+ + +		+	+		+ +	+ +
EPZU						+ + +						+	+ +		+ +		+	+	+
Milieu Naturel					+ *													+ + *	+ + *

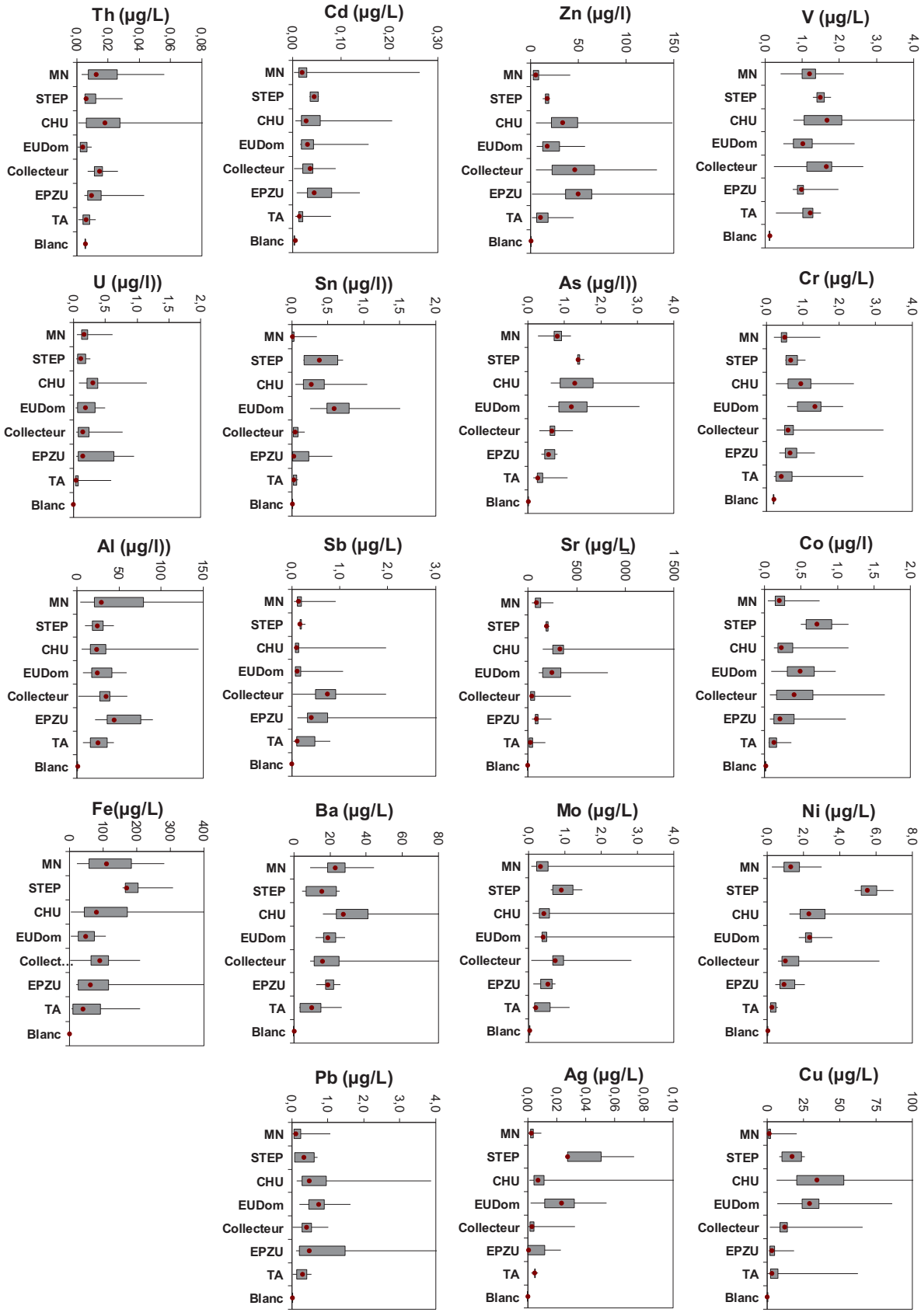


Figure 64 : Bilan des distribution statistiques pour les ETM dissous en fonction des sources.

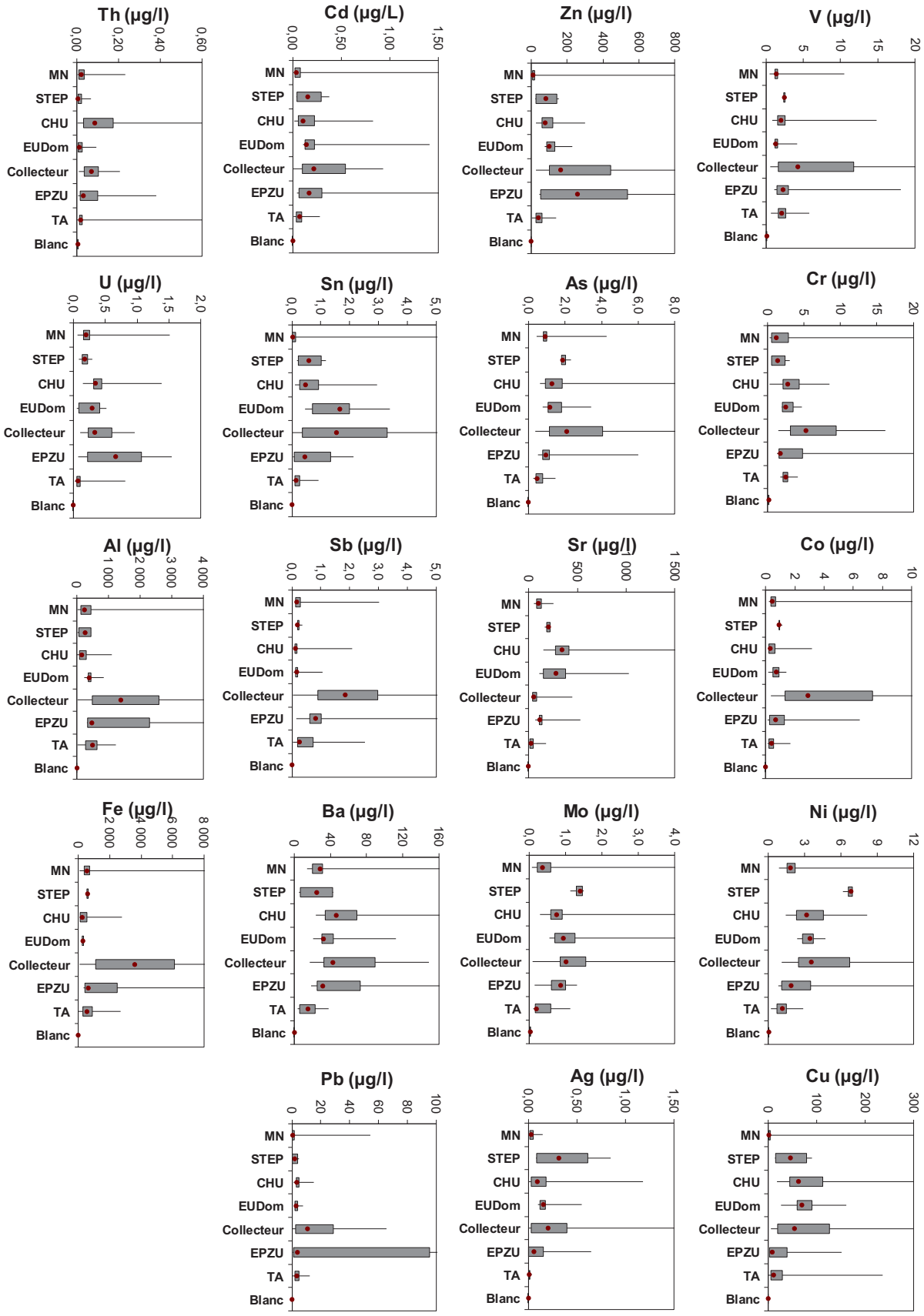


Figure 65 : Bilan des distribution statistiques pour les ETM totaux en fonction des sources.

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Innovations & changements de pratiques
Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.3 RECHERCHE DE SUBSTANCES ET CARACTERISATION DE L'IMPACT

Sous tache 1.3.1 : substances organiques

Regroupe les livrables n°132 mapping des substances organiques, flux et sources à l'échelle de la métropole et n°135 listes des substances traceurs de sources

Version finale – Aout 2018

Auteurs : C. Chollet, J. Cruz, V. Dufour, C. Simonnet-Laprade, P. Labadie, M.H. Devier, H. Budzinski, MJ. Capdeville, D. Granger, R. Pico

BORDEAUX MÉTROPOLE
suez le lyre
université de BORDEAUX
cnrs
Université BORDEAUX MONTAIGNE
suez
INERIS
irstea
CAP SCIENCES

SYNTHESE OPERATIONNELLE

Contexte et objectifs

La première phase du projet REGARD consistait à réaliser un diagnostic intégré (chimique, biologique et sociologique) des sources et des flux de micropolluants (MP) à l'échelle du territoire de Bordeaux Métropole, et à hiérarchiser les risques qu'ils représentent pour ce territoire. Cette synthèse présente les résultats du diagnostic chimique pour les MP organiques. Ces derniers ont ainsi été recherchés dans le milieu naturel (la Jalle de Blanquefort), les stations de traitement des eaux usées (STEU) (eaux usées brutes et traitées, boues), et dans 4 sources majeures d'émission (eaux pluviales et eaux usées d'origines industrielle, domestique et hospitalière). Ce bilan a permis d'identifier des traceurs ou « substances sentinelles marqueurs de source ».

Matériel et méthodes

Deux cent trente-neuf micropolluants organiques, répartis en quatorze familles, ont été recherchés. Le Tableau 1 présente la liste des MP organiques étudiés ainsi que leur famille respective. En fonction de leurs propriétés physico-chimiques, ils ont été analysés dans la phase dissoute ou dans les phases dissoute et particulaire des échantillons d'eau et dans les boues de STEU. Compte tenu également des usages et modes d'utilisation des produits, les MP recherchés dans chaque source et milieu sont variables. Le tableau 1 résume les différentes sources et matrices dans lesquelles les différents composés ont été recherchés, les méthodes d'extraction et d'analyse employées ainsi que les limites de quantification (LQ) correspondantes.

Lorsque la logistique le permet, les échantillons sont filtrés puis congelés dès leur réception au laboratoire, sinon ils sont immédiatement congelés à -18°C afin de les conserver dans des conditions optimales. La séparation entre phases dissoute et particulaire est effectuée par filtration, avant congélation ou après décongélation des échantillons, sur des filtres en fibre de verre de porosité 0,7 µm. Les filtrats sont congelés à -18°C avant analyses, tandis que les gâteaux de filtration sont lyophilisés. Cette étape de congélation peut entraîner des pertes pour certains composés qui restent cependant minimes et ne remettent pas en cause cette étape de traitement. C'est notamment le cas pour les pharmaceutiques où une perte comprise entre 10 et 30% est observée après congélation. En revanche, le positionnement de l'étape de filtration avant ou après congélation de l'échantillon n'a pas d'influence sur les résultats.

Dans un souci d'assurance qualité des résultats, des contrôles sont opérés à différents niveaux. Ainsi, avant chaque série d'analyses, les performances instrumentales sont mesurées afin de vérifier que l'instrument analytique réponde bien aux exigences de qualité requises pour l'analyse d'échantillons faiblement contaminés. La justesse de quantification et les LQ instrumentales sont vérifiées via l'injection d'une solution de référence de concentration connue. Les performances globales de la manipulation sont également déterminées : pour chaque série d'échantillons traitée, des matrices de référence (eau minérale ou dé-ionisée, enrichie artificiellement en composés d'intérêt en concentration connue) sont préparées, extraites et analysées, afin de déterminer la justesse de quantification et la LQ de manipulation. Certains MP sont plus problématiques que d'autres car omniprésents dans notre environnement, comme par exemple les HAP, les alkylphénols, le bisphénol A ou encore les phtalates. Afin de s'assurer de la validité des données, les sources de contamination potentielles (quand il y a lieu) sont recherchées et minimisées. Des blancs de manipulation sont également réalisés lors de chaque série d'extraction et permettent de quantifier une éventuelle contamination extérieure. Les analyses sont validées si les blancs sont suffisamment reproductibles et seules les valeurs supérieures à 3 fois la quantité de composé obtenue dans le blanc sont validées. Les

quantités présentes dans les blancs sont alors soustraites aux quantités présentes dans les échantillons.

Globalement, les performances obtenues pour la phase dissoute sont très bonnes et sont compatibles avec l'analyse de ces composés dans des matrices potentiellement faiblement contaminées. Les justesses de quantification pour la phase solide sont bonnes, bien que les limites de quantification soient variables car dépendantes à la fois de la quantité de particules obtenues et d'effets matriciels variables. Sur l'ensemble des analyses, la justesse de quantification est assurée par la mise en œuvre de l'étalonnage interne par dilution isotopique. Elle est systématiquement contrôlée pour chaque série d'extraction à l'aide des matrices de référence.

Le descriptif des points de prélèvements et des protocoles d'échantillonnage est présenté dans le livrable 1.1.

Tableau 1. Micropolluants recherchés et méthodes analytiques

Famille de substances	Substances	Recherché dans	Matrice	Préparation /extraction	Techniques analytiques	Limites de quantification				Méthode développée spécifiquement
						Milieu Naturel	Eaux Usées	Eaux Pluviales	Boues	
Pharmaceutiques (71)	fluoxétine, lévétiracétam®, nordazépam, pravastatine, ranitidine, zidovudine, aspirine	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)	3,3-42,9 ng/L 153 ng/L®	11,5-143 ng/L 581 ng/L®	6,2-44,2 ng/L 239 ng/L®		Non
			BOUES	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)				3,9-108 ng/g	Non
	Abacavir, acide 4-chlorobenzoïque, acébutolol, acide clofibrique, acide fénofibrique, amitriptyline, aténolol, atorvastatine, bézafibrate, clopidogrel, disopyramide, gemfibrozil, lamivudine, lorazépam, losartan, méprobamate, métoprolol, naproxène, névirapine, primidone, propranolol, ritonavir, théophylline	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)	2,5-31,5 ng/L	5,8-109 ng/L	3,2-46,7 ng/L		Non
		MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM	BOUES	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)				2,1-127 ng/g	Non
	bisoprolol, caféine, carbamazépine, cétirizine, diclofénac, gabapentine, hydroxy-ibuprofène, ibuprofène, kétoprofène, oxazépam, paracétamol, sotalol, acide salicylique (1)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)	2,7-42,4 ng/L	5,5-65,3 ng/L	3,8-44,6 ng/L		Non
			BOUES	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)				2,2-162 ng/g	Non
	acide niflumique, amisulpride, bromazépam, clarithromycine, clorazépate, cloxacilline, cyamémazine, diazépam, duloxétine, hydroxyzine, lamotrigine, malathion, méthadone chlorhydrate, norofloxacine, paroxétine, prazépam, salbutamol, saquinavir, sildénafil, sulfaméthoxazole, triméthoprime, valpromide, venlafaxine, zolpidem, zopiclone	EU CHU	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)		0,5-137 ng/L			Non
	Cyclophosphamide anhydre, Ciprofloxacine, ofloxacine	MN, EU CHU	EAU phase dissoute	-	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)		2,2-65,9 ng/L			Oui
Pesticides (64)	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée, 1-(3,4-dichlorodiphényl)urée, acrinathrine, alachlore, bifenthrine, chlorfenvinphos, chlorotoluron, chlorpyrifos-éthyl, cyfluthrine, cyperméthrine, dichlorvos, difénoconazole A B, dimétachlore, endosulfan, époxiconazole, esfenvalérate + fenvalérate, fenbuconazole, flazasulfuron, fluquinconazole, flutriafol, isoproturon, lambda-cyhalothrine, linuron, ométhoate, perméthrine, spiroxamine, tau-fluvalinate, tébuconazole, terbuthylazine-déséthyle, tétraconazole, trifloxystrobine, trifluraline, mancozèbe(2)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI	EAU phase dissoute	SPE ou SBSE	LC/MS/MS (ESI+) ou GC/MS/MS IE	0,8-11,8 ng/L	0,9-54,9 ng/L	0,9-21,8 ng/L		Non
	atrazine-déséthyl (DEA), atrazine-déisopropyl (DIA), diazinon, DMST (diméthyl-tolylsulfamide), famoxadone, hexazinone	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPE ou SBSE	LC/MS/MS (ESI+) ou GC/MS/MS IE	1-4,5 ng/L	1-28,3 ng/L	1-7,9 ng/L		Non

Famille de substances	Substances	Recherché dans	Matrice	Préparation /extraction	Techniques analytiques	Limites de quantification				Méthode développée spécifiquement
						Milieu Naturel	Eaux Usées	Eaux Pluviales	Boues	
	acétochlore ESA (acide sulfonique), atrazine, atrazine-2-hydroxy, azoxystrobine, carbendazime, DCPMU (1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthyl-urée), diflufénican, diuron, DMSA (diméthyl-phénylsulfamide), hydroxy-simazine, imidaclopride, métolachlore, métolachlore ESA (acide sulfonique), métolachlore OXA (acide oxanilique), propiconazole, simazine, terbutryne, terbuthylazine	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPE ou SBSE	LC/MS/MS (ESI+) ou GC/MS/MS IE	1-4,5 ng/L	1,7-15 ng/L	1-8,6 ng/L		Non
	glyphosate, AMPA (acide aminométhylphosphonique)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+)	14,8-41,5 ng/L	14,9-43,4 ng/L	13,4-26,5 ng/L		Non
	fipronil, fipronil-désulfinyl, fipronil-sulfide, fipronil-sulfone	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS/MS IE	0,4-0,8 ng/L	0,5-1,7 ng/L	0,5-1,2 ng/L		Non
Alkylphénols (7)	Octylphénol monoéthoxylate (OP1EO), octylphénol diéthoxylate (OP2EO), nonylphénol monoéthoxylate (NP1EO), nonylphénol diéthoxylate (NP2EO), acide nonylphénoxyacétique (NP1EC)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI	EAU phase dissoute	SPE	GC/MS/MS	2-8,4 ng/L	2,5-27 ng/L	3-7,8 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)	43,7-1184 ng/g	17,6-22,5 ng/g	17,3-501 ng/g		Non
			BOUES	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)				12,9-102 ng/g	Non
	Octylphénol (OP), nonylphénol (NP)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI EU-DOM, EPROC	EAU phase dissoute	SPE	GC/MS/MS	4,6-22,7 ng/L	6,5-23,6 ng/L	5,5-19,6 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)	327-3062 ng/g	883-2400 ng/g	186-871 ng/g		Non
			BOUES	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)				217-1375 ng/g	Non
BTEX (4)	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPME (cryogénie)	GC/MS	4-35 ng/L	4,6-31,5 ng/L	4-35,6 ng/L		Non
COV (8) (Composés Organiques Volatiles)	Chlorure de vinyle®, trichlorométhane, dichlorométhane, 1,2-dichloroéthane®, tétrachlorure de carbone, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, hexachlorobutadiène	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI	EAU phase dissoute	SPME (cryogénie)	GC/MS	0,9-50 ng/L 70,3-96,5 ng/L®	0,9-50 ng/L 61-113 ng/L®	0,7-50 ng/L 70,6-84,8 ng/L®		Non

Famille de substances	Substances	Recherché dans	Matrice	Préparation /extraction	Techniques analytiques	Limites de quantification				Méthode développée spécifiquement
						Milieu Naturel	Eaux Usées	Eaux Pluviales	Boues	
OCP (15) (Pesticides Organo Chlorés)	Endrine, isodrine, aldrine, chlordécone, 4,4'-DDE + Dieldrine	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI	EAU phase dissoute	SPME	GC/ECD	0,2-5 ng/L	0,7-5 ng/L	1-5 ng/L		Non
	2,4'-DDT, 4,4'-DDT, 2,4'-DDD (+CB 154 + 77), lindane, mirex, heptachlore, CIS-chlordane, 4,4'-DDD, 2,4'-DDE	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI	EAU phase dissoute	SPME	GC/ECD	0,1-3,8 ng/L	0,2-9,9 ng/L	0,5-6,2 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO	GC/ECD	0,4-6,1 ng/g	0,9-2,7 ng/g	0,3-2,7 ng/g		Non
PCB (8) (PolyChloroBiphéniles)	PCB 28 (2,2',4,6 tétrachlobiphényle), PCB 50 (2,4,4' trichlobiphényle), PCB 52 (2,2',5,5' tétrachlobiphényle), PCB 101 (2,2',4,5,5' pentachlobiphényle), PCB 118 (2,3',4,4',5 pentachlobiphényle), PCB 138 (2,2',3,4,4',5' hexachlobiphényle), PCB 153 (2,2',4,4',5,5' chlobiphényle), PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5' heptachlobiphényle)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM***	EAU phase dissoute	SPME	GC/µECD	0,1-0,2 ng/L	0,3-1,2 ng/L	0,8-0,9 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO + µcolonne	GC/µECD	1,8-22,7 ng/g	0,6-7,6 ng/g	0,4-1,9 ng/g		Non
			BOUES	MO + µcolonne	GC/µECD				0,5-4,1 ng/g	Non
PBDE (4) (Polybromodiphényléthers)	BDE 47 (2,2',4,4' tétrabromodiphényl éther), BDE 100 (2,2',4,4',6 pentabromodiphényl éther), BDE 99 (2,2',4,4',5 pentabromodiphényl éther), BDE 153 (2,2',4,4',5,5' hexabromodiphényl éther)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI,	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS/MS	0,2-0,9 ng/L	0,2-0,5 ng/L	0,8-0,9 ng/L		Non
HAP (15) (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)	Acénaphthylène, acénaphthène, fluorène	MN, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS	0,3 ng/L	0,8-1,5 ng/L	0,4-0,7 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO + µcolonne	GC/MS	10-80 ng/g	4,4-14,6 ng/g	4,1-9,1 ng/g		Non
	Anthracène, benzo[a]anthracène, benzo[a]pyrène, benzo[b+j+k]fluoranthène, benzo[g,h,i]pérylène , chrysène + triphénylène, fluoranthène, indéno[1,2,3-cd]pyrène, naphtalène, phénanthrène, pyrène	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS	0,3-4,3 ng/L	0,4-4,3 ng/L	0,2-3,7 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO + µcolonne	GC/MS	5,7-238 ng/g	3,9-110 ng/g	3,4-63,2 ng/g		Non
			BOUES	MO + µcolonne	GC/MS				2,3-46,7 ng/g	Non
Phtalate (1)	DEHP (Di(2-éthylhexyl)phtalate)	MN, ExPluv, STEU, EU-CHU, EU-ZI, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS/MS	13,9 ng/L	32,1 ng/L	15 ng/L		Non
			EAU phase particulaire	MO	GC/MS/MS	variable	variable	variable		Non
			BOUES	MO	GC/MS/MS				variable	Non

Famille de substances	Substances	Recherché dans	Matrice	Préparation /extraction	Techniques analytiques	Limites de quantification				Méthode développée spécifiquement
						Milieu Naturel	Eaux Usées	Eaux Pluviales	Boues	
Plastifiants (1)	BPA (Bisphénol A)	MN*, STEU*, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI-)	2,5 ng/L	6,9 ng/L			Oui
			EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)		108 ng/g			Oui
Filtres UV (6)	Benzophénone 3, butyl méthoxydibenzoylméthane, EHMC (EthylHexyl MéthoxyCinnamate), ethylhexyl diméthyl paba,4-MBC (4-MéthylBenzylidène Camphre), octocrylène	MN*, STEU*, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+)	0,1-23 ng/L	0,9-27,5 ng/L			Oui
			EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI+)	1-50 ng/g				Oui
Parabènes (8)	Méthylparabène, éthylparabène, benzylparabène, butylparabène, isobutylparabène, isopropylparabène, pentylparabène, propylparabène	MN*, STEU*, EU-DOM	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI-)	0,04-2 ng/L	0,5-10 ng/L			Oui
			EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)	0,05-4 ng/g				Oui
PFAS (17) (PolyFluoro et PerFluoro Alkyl Substances)	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS, 6:2 FTSA, 8:2 FTSA, FOSA, FOSAA, MeFOSAA, EtFOSAA	MN*, STEU*, EU-DOM, EP-ZU, EP-TA, EP-ROC	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI-)	0,02-0,64 ng/L	0,04-1,62 ng/L	0,01-1,32 ng/L		Oui
			EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)		0,01-15,2 ng/g	0,005-12,6 ng/g		Oui
Biocides (2)	Triclosan	MN*, STEU*, EU-CHU, EU-DOM	EAU phase dissoute	-	LC/MS/MS (ESI-)	4 ng/L	3,1 ng/L			Oui
	Chlorhexidine**	MN*, STEU*, EU-CHU, EU-DOM	EAU phase dissoute	-	-	-	-			Oui

Légende :

Sources :
MN : Milieu naturel
Ex. Pluv. : Exutoires pluviaux (pluvial strict)
STEU : Station de traitement des eaux usées
EU-CHU : Eaux usées CHU
EU-ZI : Eaux usées zones industrielles
EU-DOM : Eaux usées domestiques
EP-ZU : Eaux pluviales zones urbaines
EP-TA : Eaux pluviales techniques alternatives
EP-ROC : Eaux pluviales collecteur rocade Nord

***** = composés recherchés dans ces échantillons si retrouvés au préalable dans les EU domestiques
****** = méthode d'analyse spécifique ou en cours de développement, résultats semi-quantitatifs
******* = composés recherchés dans ces échantillons si retrouvés au préalable dans le Mn avec des valeurs supérieures à la LQ
@ = LQ spécifique

acide salicylique (1) = Technique identique mais paramètres spécifiques
mancozèbe (2) = Recherché uniquement dans les EU domestiques

Résultats

Les Eaux Usées (EU)

Dans le cadre du projet REGARD, 3 types d'eaux usées ont été étudiées : les eaux usées domestiques, industrielles et hospitalières.

Les eaux usées domestiques (EU-DOM)

Les résidus de pharmaceutiques représentent plus de 90% de la contamination des eaux usées domestiques. Les composés majoritairement présents sont des pharmaceutiques comme le paracétamol (48% de la somme en micropolluants organiques), l'acide salicylique (12%) et l'hydroxy-ibuprofène (4%), mais également des traceurs de vie humaine tels que la caféine (18%) et la théophylline (8%). Ponctuellement, de fortes teneurs en naproxène ou gabapentine peuvent être retrouvées, ce qui s'explique par une délivrance plus restreinte de ces composés (uniquement sur ordonnance). D'une manière générale, il ne semble pas y avoir de profil particulier de contamination en fonction des différentes habitations (type d'habitation, niveau de vie, situation géographique…). Le DEHP, utilisé comme plastifiant dans certaines matières plastiques comme le PVC, compose la deuxième classe majoritairement retrouvée dans ce type d'échantillons (entre 0,4 et 25% de la contamination totale).

Si l'on omet ces deux premières classes correspondant à la majeure partie de la contamination des EU-DOM, on retrouve dans de plus faibles proportions les parabènes, les alkylphénols, les filtres UV et les pesticides, représentant respectivement 29%, 20%, 19% et 13% du reste de la contamination. La présence des parabènes et filtres UV n'est pas surprenante car ils entrent dans la composition de produits d'hygiène corporelle ou d'entretien de la maison. Par ailleurs, 70% de la contamination en pesticides est due à la présence de glyphosate et d'AMPA (un de ses produits de transformation). Des pesticides à usage domestique (traitement des animaux de compagnie, lutte contre les nuisibles, etc.) tels que le fipronil, ou l'imidaclopride sont également présents. Les prélèvements ayant été réalisés par temps sec, leur présence dans les EU n'est pas liée à des phénomènes de lessivage mais à des apports directs (nettoyage des animaux traités) ou indirects (nettoyage de textiles ou des mains ayant été en contact avec les animaux traités par exemple). On retrouve dans une moindre mesure des HAP (7%), BTEX (5%), biocides (3%), plastifiants (3%), PCB (1%) et PFAS (<1%).

Les eaux usées industrielles (EU-ZI)

Contrairement à ce qui pouvait être attendu, les effluents des zones industrielles sont également marqués majoritairement par la présence de composés pharmaceutiques, qui représentent entre 77% et 99% de la contamination totale en composés organiques. Le paracétamol est retrouvé en plus forte concentration, atteignant une proportion égale à 50% dans certains cas, mais de fortes teneurs en caféine, théophylline, acide salicylique et hydroxy-ibuprofène sont également retrouvées en des proportions similaires à celles des eaux usées domestiques. Il est nécessaire de rappeler que les eaux usées des zones industrielles ne proviennent pas uniquement des effluents d'industries et des moyens de production associés, mais concernent également des bureaux et des habitations présents sur ces zones mixtes. Il n'est donc pas surprenant de trouver une empreinte liée à la présence humaine. Des composés pouvant être utilisés lors de procédés industriels ont également été retrouvés dans ces effluents comme du DEHP (min : 42 ng/L, quartile 1 : 254 ng/L, quartile 3 : 10 166 ng/L, max : 36 888 ng/L), des alkylphénols (490, 965, 3 348 et 31 927 ng/L pour NP et OP), et des BTEX utilisés notamment en tant que solvants (141, 604, 2 639 et 20 425 ng/L). Des concentrations en pesticides de l'ordre de quelques centaines de ng/L sont mesurées, en majorité portées par l'herbicide diuron, l'insecticide

imidaclopride et le fongicide flutriafol ; le glyphosate et l'AMPA n'ont pas été recherchés dans ce type d'eaux usées.

Les eaux usées hospitalières (EU-CHU)

Une majorité de produits pharmaceutiques est également retrouvée dans les eaux usées du groupe hospitalier. Par ailleurs, l'empreinte est similaire aux deux types d'effluents précédents avec de fortes concentrations en paracétamol. En plus des pharmaceutiques recherchés dans les EU-ZI ou les EU-DOM, 28 pharmaceutiques supplémentaires ont spécifiquement été recherchés dans les EU-CHU. Ces analyses complémentaires ont permis de détecter la présence en forte concentration de deux antibiotiques, l'ofloxacine et la ciprofloxacine (dont la présence n'est pas détectée dans tous les échantillons), et d'autres composés moins concentrés mais potentiellement toxiques pour l'environnement à très faible dose, tel que le cyclophosphamide (un anticancéreux). Comme pour les eaux usées industrielles et domestiques, les eaux usées du CHU présentent des concentrations assez importantes en COV/BETX (majoritairement trichlorométhane et toluène), DEHP et alkylphénols (majoritairement NP1OE et NP2OE). Les pesticides sont présents en faibles quantités et correspondent en grande majorité à du glyphosate et de l'AMPA. L'activité hospitalière étant continue, il ne semble pas y avoir de tendances particulières quant à l'évolution horaire des rejets comme le révèlent les résultats du prélèvement haute fréquence sur 24h.

Comparaison de profils et flux dans les eaux usées

En termes d'apports, les eaux usées industrielles génèrent des flux en micropolluants organiques compris entre 10 et 1400 g/jour, du même ordre de grandeur que le flux total sortant du groupe hospitalier (1032 g/jour). Les flux générés par les eaux usées domestiques sont plus faibles, aux alentours de 20 g/jour. Cela est principalement dû au fait que les prélèvements sont réalisés en tête de réseau et ne concernent donc qu'un nombre restreint d'habitants. Ces flux sont purement qualitatifs en raison du fait que plusieurs bassins versant différents ont été ciblés ; ils sont présentés à titre indicatif.

En termes d'empreintes, les 3 types d'effluents sont marqués par une forte concentration en pharmaceutiques, notamment en paracétamol, acide salicylique et hydroxy-ibuprofène, et en traceurs de vie humaine caféine et théophylline, qui peuvent donc être considérés comme caractéristiques d'eaux usées non traitées (voir partie suivante sur les stations de traitement des eaux usées). Pour les pesticides des différences apparaissent notamment par la présence de diuron dans les eaux usées industrielles, liée au lessivage de surfaces (le diuron pouvant être utilisé comme biocide dans des peintures), alors que les eaux usées domestiques contiennent principalement des pesticides caractéristiques d'un usage domestique (fipronil, imidaclopride).

Les stations de traitement des eaux usées (STEU)

Cette partie présente l'étude des concentrations et flux de contaminants organiques à travers les filières de traitements des eaux et des boues, ainsi que les rendements d'élimination correspondants.

Pour étudier les concentrations en MP organiques et leur taux d'élimination, 3 STEU ont été suivies[1] : Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort, avec des capacités de traitement respectives de 85 000, 366 700 et 408 300 équivalent-habitant (EH). Des prélèvements ont été réalisés en entrée et

[1] Suivi sur 24h à raison de 4 (Cantinolle) ou 2 (Lille-Blanquefort, Louis Fargue) campagnes pour la file eau. Suivi sur 2h à raison de 2 campagnes pour chaque STEU pour la file boue

en sortie des filières de traitements des eaux[2] et des boues[3]. Les concentrations cumulées en MP organiques varient entre 400 et 450 µg/L dans les eaux brutes et entre 15 et 60 µg/L dans les eaux traitées. Une diminution des concentrations est donc observée en sortie. Les flux correspondants s'échelonnent entre 2 et 20 kg/jour en entrée et 0,09 et 4 kg/jour en sortie.

De façon cohérente avec les résultats présentés précédemment, les eaux usées brutes en entrée de STEU sont marquées par la présence de composés pharmaceutiques et traceurs de vie humaine (plus de 89% de la contamination totale en moyenne). En revanche, ces composés sont très peu présents en sortie dans les eaux usées traitées. La classe des pharmaceutiques reste tout de même la plus représentée dans les eaux traitées avec des proportions comprises entre 57 et 89% de la contamination totale. A l'inverse, certains pharmaceutiques mal éliminés, comme la carbamazépine, le sotalol, l'oxazépam ou la gabapentine, présentent des proportions plus importantes dans les eaux usées traitées. Ces variations entrainent des empreintes différentes entre les eaux usées brutes en entrée et celles traitées en sortie ce qui permet de distinguer 2 groupes de molécules pharmaceutiques caractéristiques : le 1er est constitué de caféine, théophylline, paracétamol et acide salicylique qui sont marqueurs d'eaux usées non traitées alors que le 2ème est constitué de sotalol, gabapentine, acide fénofibrique, carbamazépine et oxazépam plutôt marqueurs d'eaux usées traitées.

Les concentrations en pesticides dans les eaux brutes sont majoritairement marquées par le glyphosate (35%) et l'AMPA (53%). Il est intéressant de noter également la présence de fipronil (1%), diuron (5%) et de terbutryne (2%) en entrée de STEU, produits utilisés notamment en tant qu'insecticides vétérinaire pour le premier et biocides de protection (matériaux de construction et peintures) pour les deux autres. Les profils de contamination sont similaires entre l'entrée et la sortie des STEU, avec des concentrations[4] et flux[5] stables, ce qui sous-entend une mauvaise élimination générale des pesticides de la filière eau. Les pesticides sont donc majoritairement réfractaires aux traitements.

De la même manière, les PFAS présentent des concentrations relativement stables entre l'entrée et la sortie de filière (33 ng/L) associé à des profils de contamination peu variables. Le 6:2 FTSA (7,2 ng/L) et le PFOS (6,2 ng/L) sont majoritaires dans beaucoup d'échantillons comme c'est également le cas dans le milieu naturel (voir la partie suivante).

En dehors des pesticides et des PFAS, une diminution des concentrations de 30% à plus de 70% est observée pour beaucoup de familles de composés en sortie de STEU : alkylphénols (lié à une bonne élimination des alkylphénols polyéthoxylés), COV, HAP, BPA et phtalates (DEHP). Une attention particulière doit tout de même être portée sur le DEHP qui, malgré de bons rendements d'élimination pour la STEU de Cantinolle (> 70%), présente encore de fortes concentrations en sortie de filière (1,7 µg/L).

Cependant, si ces classes de composés sont bien éliminées de la filière eau, elles sont, pour certaines d'entre elles, transférées vers les boues, du fait de leurs propriétés physico-chimiques qui leur confèrent une affinité pour les solides et la matière organique. Elles ont tendance à s'associer à la phase particulaire. C'est notamment le cas des OCP, PCB et de certains HAP.

D'une manière générale, il a été possible de calculer des rendements d'élimination fiables pour 82 composés dans la filière eau et 42 composés dans la filière boues. Parmi les 3 STEU étudiées, la STEU de Lille Blanquefort semble être la plus efficace pour éliminer les micropolluants organiques car c'est elle qui a le plus grand nombre de composés bien éliminés avec un rendement supérieur à 70% et le plus petit nombre de composés peu ou pas éliminés avec un rendement inférieur à 30% (Tableau 2). Ce constat peut s'expliquer par les traitements mis en place sur les 3 STEU. En effet, les boues

[2] Entrée, point intermédiaire et sortie de filière

[3] Boues liquides en début de filière et boues séchées/déshydratées en sortie de filière

[4] En moyenne 2540 ng/L pour Cantinolle, 2667 ng/L pour Louis Fargues et 6671 ng/L pour Lille

[5] En moyenne 35 g/jour pour Cantinolle, 204 g/jour pour Louis Fargues et 38 g/jour pour Lille

activées à aération prolongée de Lille-Blanquefort permettent de traiter à la fois l'azote et le carbone mais aussi d'avoir des temps de séjours plus longs ce qui favorise la dégradation des MP organiques. De même, la STEU de Cantinolle qui est équipée de biofiltres qui traitent l'azote et le carbone semble plus efficace que la STEU de Louis Fargue où les biofiltres ne traitent que le carbone. Ainsi, bien qu'initialement non conçues pour éliminer les micropolluants organiques, les STEU permettent néanmoins de réduire en partie les flux de micropolluants déversés dans les milieux naturels à l'exception de certains micropolluants réfractaires.

Tableau 2. Comparaison de l'efficacité de traitement des MP organiques des files eau des 3 STEU étudiées – nombre de MP bien (R>70%), moyennement (70%>R>30%) ou mal (R<30%) éliminés pour chaque STEU

STEU	R > 70%	70% > R > 30%	R < 30%	Non calculable
Lille Blanquefort	60	5	8	14
Cantinolle	52	11	17	7
Louis Fargues	41	8	23	15

Sur la filière boue, les rendements d'élimination ont été calculés à partir des flux entrants et des flux sortants, en tenant compte du temps de séjour. De façon générale, les étapes de conditionnement des boues (épaississement, séchage, déshydratation) ne permettent pas d'éliminer efficacement les micropolluants organiques de cette matrice, à l'exception de quelques pharmaceutiques (acide salicylique, clopidogrel) et des alkylphénols éthoxylates (qui sont cependant transformés en alkylphénols dans le cas d'une digestion anaérobie). Il existe toutefois un biais potentiel dans le cas de temps de séjour plus élevés que ceux considérés.

Les Eaux Pluviales (EP)

Différents types d'eaux pluviales ont été étudiés dans le cadre du projet : celles des exutoires pluviaux (gros collecteurs et grands bassins versants), celles du collecteur rocade nord (focus sur un collecteur particulier sur lequel des actions seront menées dans la 2ème phase du projet), celles des zones urbaines (petits collecteurs et bassins versants spécifiques comme le parking d'un centre commercial, un cimetière ou un terrain de sport) et enfin celles des techniques alternatives (bassin d'infiltration, bassin de dépollution, noues, structure alvéolaire ultralégère).

Les exutoires pluviaux (Ex. Pluv.)

Les familles de composés majoritairement présentes dans les exutoires pluviaux sont les pharmaceutiques, le DEHP et les pesticides. Cependant une variabilité à la fois inter-exutoire mais également intra-exutoire (entre les différentes campagnes) a été observée en termes de concentrations et de débits, et par conséquent en termes de flux.

La famille des pharmaceutiques est majoritairement marquée par la présence de caféine, de paracétamol, d'acide salicylique, d'ibuprofène et d'hydroxy-ibuprofène, qui sont par ailleurs les composés majoritaires retrouvés dans les eaux usées non traitées. Fait notable, la caféine est quantifiée dans la totalité des échantillons analysés. Bien qu'il soit surprenant de retrouver ces composés dans ces exutoires, leur présence peut néanmoins être expliquée soit par des mauvais raccordements, soit par des pratiques peu civiques (urines dans la rue, déversements illégaux).

Sur la base des concentrations en caféine et de l'azote NKT, il est possible de calculer un nombre d'habitants mal raccordés. Les valeurs moyennes calculées vont de 9 à 1288 habitants sur la base de la caféine et de 126 à 3958 habitants sur la base du NKT, toutes campagnes et tous exutoires confondus. En considérant 120 L d'eau consommé par jour par habitant, les volumes d'eaux usées non

traitées introduites dans le réseau pluvial peuvent être estimés à : 1 à 155 m^3/j pour la cafeine contre 15 à 475 m^3/j pour le NKT.

Concernant les pesticides, 50% de la contamination est liée à la présence de glyphosate et d'AMPA, qui sont systématiquement quantifiés, probablement en lien avec le fait que le glyphosate est l'herbicide le plus utilisé en Nouvelle-Aquitaine. Trois autres molécules marquent également ces échantillons : la carbendazime, le diuron, et le propiconazole, composés qui sont utilisés en tant que biocides dans la protection de divers matériaux. Leur présence peut donc être liée au ruissellement sur les toitures ou les surfaces traitées. Par ailleurs, il est intéressant de noter que dans les eaux pluviales la concentration en glyphosate est supérieure à celle en AMPA alors que l'inverse était observé dans les eaux usées. Ce constat est à mettre en relation avec la proximité des exutoires pluviaux vis-à-vis des sources de glyphosate (temporelle et/ou spatiale) qui tend à limiter sa dégradation, mais également au fait que l'AMPA, bien qu'issu de la dégradation du glyphosate, peut également être généré par la dégradation de certaines lessives et donc trouver une origine plus domestique que pluviale.

Les concentrations des autres familles de composés sont plus faibles, avec notamment la présence dans les prélèvements d'alkylphénols (4-NP majoritaire), de HAP, de COV/BTEX (toluène majoritaire), ou encore de molécules aujourd'hui interdites d'usages tels des OCP (lindane majoritaire) et des PCB. Si les concentrations sont variables pour ces familles, les profils de contamination sont en revanche similaires d'un exutoire à l'autre.

Le collecteur Rocade Nord (EP-ROC)

Le collecteur Rocade Nord est caractérisé par un apport d'eau continu, même par temps sec en raison de la présence d'une petite rivière canalisée à l'amont du bassin de collecte. Il a donc été étudié à la fois par temps sec et par temps de pluie. Les eaux collectées par temps sec sont caractérisées par une forte proportion de pharmaceutiques (80% en moyenne), dont la présence est due à de mauvais raccordements du réseau d'assainissement. Par temps de pluie, les profils de contamination diffèrent : les concentrations des pharmaceutiques sont plus faibles dû à un probable effet de dilution alors que celles des pesticides et des HAP augmentent, certainement en raison du lessivage de sols contaminés et du drainage des eaux de ruissellement de la rocade. Cela se traduit par des différences de flux totaux, avec des moyennes d'apports pouvant passer de quelques g/jour par temps sec à des dizaines de g/évènements par temps de pluie. Cependant, l'intensité et la durée de la pluie, la période de temps sec avant l'épisode pluvieux, la superficie du bassin versant ainsi que la période de traitement pour les produits phytosanitaires sont autant de paramètres qui peuvent influencer les niveaux de concentrations et les flux.

Il est intéressant de noter qu'au niveau du site d'étude de Bois Gramond (bassin équipé d'un dégrilleur et d'un dessableur et situé sur ce collecteur), il y a 2 entrées au niveau du bassin, l'entrée dite « aéroport + rocade », drainant les eaux pluviales provenant de l'aéroport et d'une partie de la rocade, et l'entrée dite « limancet ». En termes de débit l'entrée « limancet » ne compte que pour 0,2% du débit total en sortie du bassin. Bien que les concentrations soient similaires dans les 2 entrées pour certaines familles (pharmaceutiques, alkylphénols), la majorité du flux est donc apportée par l'entrée dite « aéroport + rocade ». Par ailleurs, en étudiant spécifiquement les eaux pluviales prélevées à la sortie de l'aéroport, il est apparu que ces eaux sont marquées par une part majoritaire de HAP contrairement aux eaux d'entrée « aéroport + rocade » de Bois Gramond qui sont marquées par une majorité de pesticides et de pharmaceutiques. L'hypothèse avancée serait une dilution des eaux pluviales de l'aéroport par les eaux de ruissellement du réseau d'eaux pluviales (dont celles provenant de la rocade), avant leur entrée dans le bassin de Bois Gramond, tel que décrit dans la figure 1.

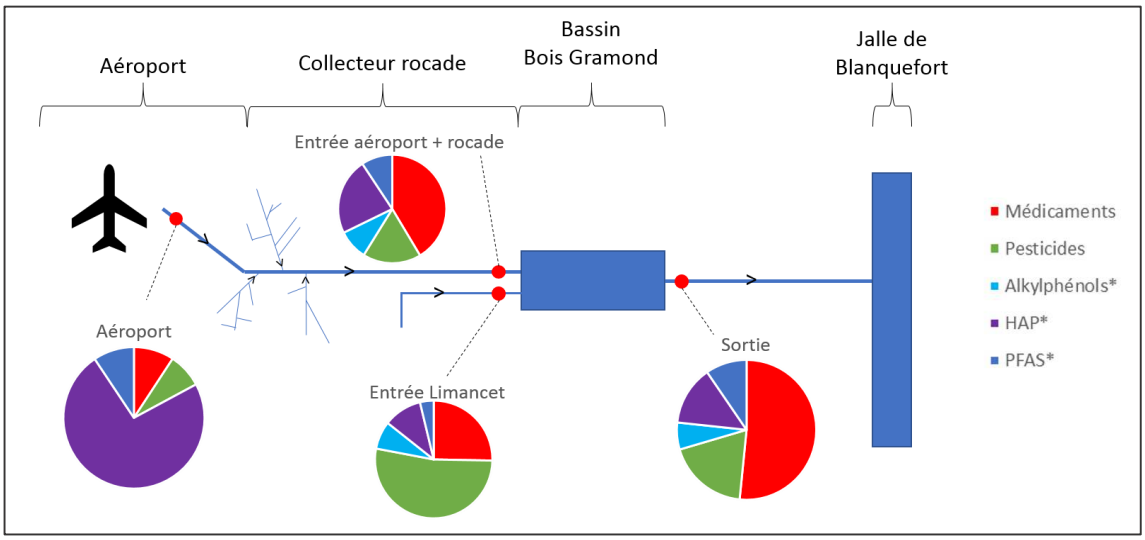


Figure 1. Représentation schématique du collecteur Rocade Nord et de l'empreinte en micropolluants des différents points de prélèvement

La classe des PFAS, également détectée, est en majorité représentée par le 6:2FTSA, le PFOS, le PFPeA et le PFHxA, ce qui pourrait correspondre à une empreinte spécifique de l'utilisation ancienne de mousses anti-incendie. Pour plusieurs classes de composés comme les alkylphénols et les HAP, la majorité du flux est porté par la phase particulaire par temps de pluie alors que l'apport se fait majoritairement par la phase dissoute par temps sec.

Les zones urbaines (EP-ZU)

Les eaux pluviales en zones urbaines présentent des profils assez hétérogènes, marqués par la présence majoritaire de pesticides, pharmaceutiques et HAP, sans lien apparent avec les activités présentes sur le bassin versant (cimetière, terrain de sport, parking, etc.). Dans les EP-ZU, les concentrations en molécules traceurs d'eaux usées, comme la caféine par exemple, sont faibles, ce qui laisse penser que la présence de composés pharmaceutiques n'est pas liée à la présence d'eaux usées en tant que telle mais à des apports plus sporadiques. Hormis les fortes teneurs en glyphosate et AMPA pour la famille des pesticides, du diuron et de la terbutryne sont retrouvés (avec pour cette dernière des concentrations non négligeables pour certains points) et qui peuvent être lessivés après application si les pluies entrent en contact avec des surfaces traitées. La présence d'imidaclopride est également observée dans ces effluents, cet insecticide étant un biocide accessible aux particuliers utilisé en tant que traitement d'appoint ou traitement vétérinaire ; sa présence pourrait s'expliquer par le contact d'eaux pluviales avec des surfaces ou animaux de compagnie traités. Concernant les PFAS, les points représentatifs de zones résidentielles présentent en majorité des PFCA (> 80%), principalement du PFOA et PFDA. En revanche, les points non représentatifs d'activités domestiques (parking de centre commercial et site sportif) présentent des proportions plus élevées en PFOS et PFHxS, semblables aux eaux pluviales de la rocade. Une différence marquée est observée pour un des points d'échantillonnage. Ce dernier est le seul à avoir été choisi sur un réseau unitaire et présente la contamination en MP organiques la plus forte parmi cette série d'échantillons (180 µg/L contre 1,5 µg/L pour les autres points), associée à un profil constitué à plus de 95% par des pharmaceutiques. Pour ce point de réseau unitaire, on retrouve plus un profil d'eaux usées que d'eaux pluviales, vraisemblablement en lien avec la part d'eaux résiduaires. En termes de débit, les apports sont plus faibles que pour les exutoires pluviaux, avec des flux compris entre 2,25 et 2287 mg/évènement suivant le point considéré (contre 1 à 350 g/évènement pour les exutoires pluviaux)

Les techniques alternatives (EP-TA)

L'observation lors d'un premier évènement pluvieux de 2 des 5 sites d'étude des techniques alternatives met en avant 2 profils différents. Le 1er site, le bassin d'infiltration du bois de Germignan, est marqué plutôt par une majorité de pharmaceutiques à 88% (caféine, acide salicylique, paracétamol, ibuprofène, hydroxy-ibuprofène) et de pesticides (fipronil et métabolites, imidaclopride) caractéristiques d'apports d'eaux usées. Au contraire, le 2ème site, la noue de Lacaussade, a un profil plus proche des eaux pluviales des zones urbaines avec une forte proportion de pesticides (entre 73 et 89% de la contamination totale). Pour ce site, le profil de contamination ne varie pas entre l'entrée et la sortie, cependant il est tout de même possible de noter une diminution de la concentration en HAP, lié à une diminution du taux de matières en suspension (ces molécules étant hydrophobes).

Le milieu naturel

Les concentrations cumulées en contaminants organiques dans le continuum de la Jalle de Blanquefort sont comprises entre 3 et 6 µg/L, ce qui correspond à des flux compris entre 257 g/jour pour le point le plus en amont du continuum (Thill) et plus de 500 g/jour pour le point situé en amont de l'exutoire pluvial de la rocade. La majorité de cette contamination est représentée par les familles des pharmaceutiques (17-55 %) et des pesticides (15-38 %), puis par le DEHP, les alkylphénols (NP et NP1EC majoritairement) et les COV. Enfin, dans une moindre mesure, des HAP, des PFAS, des PCB, des OCP, des filtres UV (FUV) et du BPA sont également retrouvés. En revanche, le triclosan, les parabènes et PBDE présentent des concentrations inférieures aux LQ dans le milieu naturel. En rentrant dans le détail de chaque famille de composés, des tendances se dégagent. Pour les pharmaceutiques par exemple, il est possible de mettre en évidence de fortes concentrations en gabapentine (489 ng/L en moyenne), sotalol (169 ng/L), diclofénac (94 ng/L) et hydroxy-ibuprofène (124 ng/L). Ces composés, considérés comme caractéristiques des eaux usées traitées (cf. paragraphe sur les STEU), sont peu sensibles aux processus de traitement et sont majoritaires dans les effluents de sortie de STEU. C'est la raison pour laquelle il n'est pas surprenant de les retrouver dans le milieu naturel, et en particulier à l'aval d'un rejet de STEU avec un facteur d'augmentation de 2 à 9 entre l'amont et l'aval du rejet. En parallèle, les échantillons sont aussi marqués par la présence de paracétamol (57 ng/L), d'acide salicylique (38 ng/L) et de caféine (114 ng/L). Ces composés, lorsqu'ils sont retrouvés dans le milieu naturel, témoignent de l'apport d'eaux usées non traitées, probablement du fait de mauvais raccordements entre réseau d'eaux pluviales et réseau d'eaux usées. Leurs rapports de concentration entre aval et amont est respectivement 0,6 - 0,7 - 1.

Pour les pesticides, le glyphosate (150 ng/L) et son métabolite, l'AMPA (568 ng/L), sont systématiquement prédominants. Leurs concentrations augmentent d'un facteur moyen de 2-3 en aval du rejet de la STEU, ce qui traduit un apport plutôt urbain. Le même constat peut être fait pour le fipronil (2 ng/L), le diuron (18 ng/L), l'imidaclopride (16 ng/L), le propiconazole (6 ng/L) et la terbutryne (3 ng/L), avec une augmentation des concentrations d'un facteur 3-5 en aval du rejet de la STEU. Cela traduit une origine urbaine pour ces molécules, en accord avec leur présence dans les réseaux d'assainissement, associé à de faible taux d'abattement en STEU. A l'inverse, le S-métolachlore et ses métabolites (métolachlore OXA et métolachlore ESA) sont présents dès l'amont et leurs concentrations sont stables le long du continuum. Cela traduit un apport plus lointain, probablement en lien avec leur utilisation en agriculture (en amont du bassin versant), et le lessivage de sols traités (précipitations, irrigation). Ces composés sont considérés comme étant de bons traceurs agricoles.

D'une manière plus générale, la STEU de Cantinolle semble également être un vecteur d'apport pour les filtres UV (octoctrylène majoritaire), PFAS (PFOS majoritaire) et BPA avec des concentrations plus élevées après le rejet. Pour les PFAS, les concentrations augmentent également en aval du rejet du collecteur rocade Nord. A l'inverse, les PCB, HAP et COV/BTEX sont présents en plus fortes

concentrations dans la partie amont de la Jalle. Si les premiers sont principalement introduits de façon diffuse dans le cours d'eau, la contamination en chlorure de vinyle (COV) était accidentelle en lien avec une activité industrielle et a été solutionnée.

Parmi l'ensemble des molécules recherchées dans le milieu, 16 ont présenté un dépassement des concentrations prédites sans effet (PNEC), impliquant un impact potentiel sur l'écosystème aquatique de la Jalle de Blanquefort. La majorité de ces molécules sont des pesticides (atrazine-2-hydroxy, diflufénican, famoxadone, fipronil, fipronil désulfinyl, fipronil sulfide, fipronil sulfone, imidaclopride, terbutryne), mais des AKP (4-nonylphénol, NP1OE), des HAP (benzo (a) Pyrène, benzo (b+j+k) Fluoranthène), des OCP (DDD 2 4' (+CB 154), heptachlore) et 1 médicament (diclofénac) présentent également des concentrations environnementales supérieures aux PNEC. 8 molécules présentent des dépassements dans moins de 20% des cas (benzo (a) Pyrène, famoxadone, fipronil désulfinyl, DDD 2 4' (+CB 154), heptachlore, diflufénican, benzo (a) Pyrène, Benzo (b+j+k) Fluoranthène, fipronil sulfone, NP1OE), 3 de 20 à 50% (4-nonylphénol, fipronil sulfide, DDD 2 4' +CB 154). Les plus fortes fréquences de dépassement sont enregistrées pour le diclofénac (52%), l'imidaclopride (58%), la terbutryne (61%) et le fipronil (72%). L'atrazine-2-hydroxy présente systématiquement des dépassements de sa PNEC (2 ng/L). La priorisation des substances organiques est abordée plus en détails dans le livrable 2.1.

Conclusion

Cette étape du projet REGARD a permis de caractériser la contamination chimique de la Jalle de Blanquefort et de différentes sources potentielles, conduisant à la détermination des traceurs propres à celles-ci. Une vision moyenne globale des différents niveaux de concentrations et empreintes correspondant aux différentes sources est présentée Figure 2. Ainsi, d'une manière générale, les eaux usées domestiques et entrées de STEU sont marquées par les pharmaceutiques. La sortie de STEU est marquée par les pharmaceutiques et les pesticides du fait de la stabilité des pesticides dans les STEU et du bon abattement de certains pharmaceutiques majoritaires comme le paracétamol. Le DEHP est quant à lui retrouvé de manière ubiquiste.

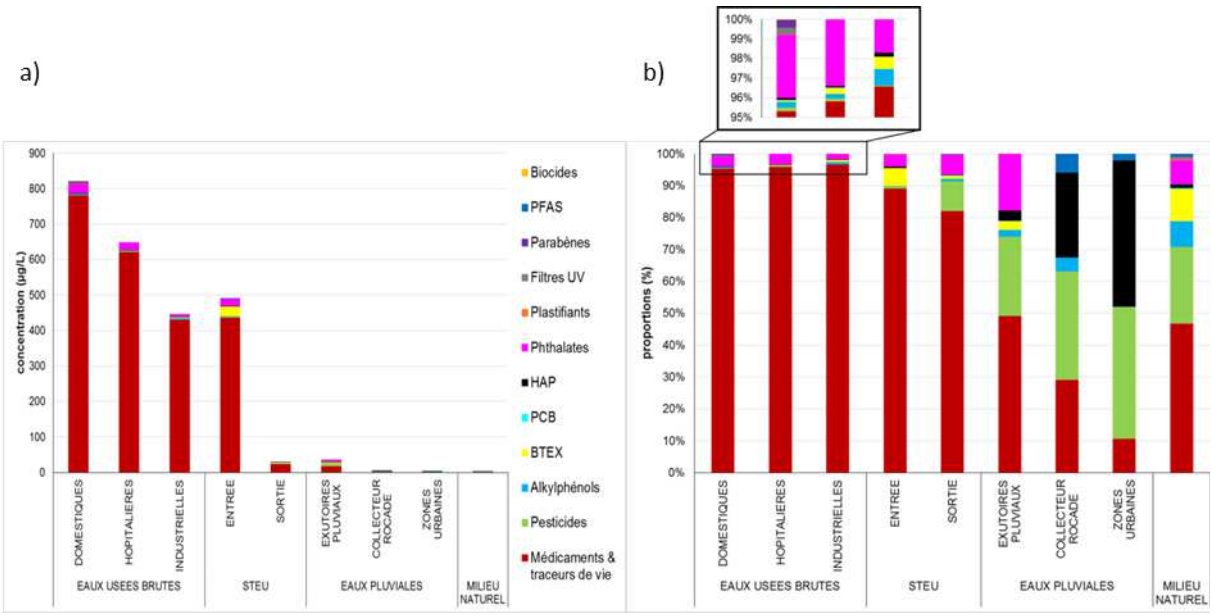


Figure 2. (a) Niveaux de concentration moyens en MP retrouvés pour les différentes sources et (b) proportions moyennes des différentes familles de composés

Une analyse détaillée des contaminants présents peut permettre de remonter aux différentes sources. Par exemple, pour les pharmaceutiques, une présence majoritaire de caféine, paracétamol et acide salicylique caractérise des apports d'eaux usées non traitées, alors que la présence d'acide fénofibrique, de gabapentine, de carbamazépine, de sotalol, d'oxazépam et de diclofénac, retrouvés dans les effluents de sortie de STEU et le milieu naturel, est signe de la présence d'eaux usées traitées.

De la même manière pour la classe des pesticides, la présence de métolachlore et métabolites (comme c'est le cas dans le milieu naturel) correspond à des apports agricoles diffus. Le fipronil et l'imidaclopride sont des pesticides à usage plutôt domestique et sont apportés via les effluents traités de STEU du fait de mauvaises performances de traitement pour ces molécules. Les eaux pluviales sont quant à elles caractérisées par la présence de diuron, propiconazole et terbutryne, utilisés pour le traitement de surface et donc potentiellement lessivés par les eaux de pluie. On notera également la présence majoritaire de glyphosate et d'AMPA pour toutes les sources en lien avec les usages très fréquents et très larges du glyphosate, ce qui ne permet pas d'identifier une voie d'apport préférentielle.

Pour les PFAS, le site de Bois Gramond est marqué par la présence de 6:2FTSA, de PFPeA et de PFHxA alors que les eaux usées domestiques sont marquées par la présence de PFOS, de 8:2FTSA et de PFOA.

La liste des différents « traceurs » ayant pu être mis en évidence est présentée Figure 3.

CONTRIBUTION AU SEIN D'UNE MÊME CLASSE DE COMPOSES

- Contribution élevée
- Contribution moyenne
- Contribution faible
- Molécule non recherchée
- Contribution minime

		EAUX USEES	EAUX PLUVIALES	STEU		MILIEU NATUREL
				Entrée	Sortie	
Pharmaceutiques	acide fénofibrique					
	caféine					
	carbamazépine					
	diclofénac					
	gabapentine					
	hydroxy-ibuprofène					
	ibuprofène					
	oxazepam					
	paracétamol					
	sotalol					
	acide salicylique					
Pesticides	diuron					
	fipronil + métabolites					
	imidaclopride					
	métolachlore					
	métolachlore ESA					
	métolachlore OXA					
	propiconazole					
	terbutryne					
	glyphosate					
	AMPA					
Alkylphénols	nonylphénol (NP)					
HAP	anthracène					
	benzo[a]anthracène					
	benzo[a]pyrène					
	benzo[b+j+k]fluoranthène					
	benzo[g,h,i]pérylène					
	chrysène + triphénylène					
	fluoranthène					
	indéno[1,2,3-cd]pyrène					
	naphtalène					
	phénanthrène					
	pyrène					
Phthalates	DEHP					
Plastifiants	BPA					
Filtres UV	oxybenzone					
	EHMC					
	Octocrylène					
Parabènes	méthylparabène					
	éthylparabène					
	propylparabène					
PFAS	PFHxA					
	PFOA					
	PFOS					
	PFPeA					
	6:2 FTSA					
	8:2 FTSA					
Biocides	triclosan					

Figure 3. Liste des substances « traceurs » pouvant être identifiées dans les différentes sources

Sommaire

SYNTHESE OPERATIONNELLE 3
Sommaire 19
Liste des figures 23
Liste des tableaux 35
Table des Abréviations 37
Remerciements 38
I. Introduction et Contexte 39
II. Matériel et Méthodes 40
A. Sites et points d'échantillonnage 40
B. Traitement des échantillons à la réception 42
C. Composés analysés 42
D. Etude de conservation des échantillons 56
E. Assurance qualité 59
III. Méthodes Analytiques 61
A. Méthodes analytiques existantes 61
a. Description des méthodes 61
b. Performances analytiques 67
B. Méthodes analytiques développées pour le projet REGARD 69
a. Bisphénol A (BPA) 69
1. Description de la méthode 69
2. Performances analytiques 70
b. Triclosan 70
1. Description de la méthode 70
2. Performances analytiques 70
c. Parabènes 70
1. Phase dissoute 70
a. Description de la méthode SPME-GC-MS/MS 71
b. Description de la méthode SPE-LC-MS/MS 71
2. Phase Particulaire 71
3. Performances analytiques 72
d. Filtres UV (FUVs) 72
1. Phase dissoute 73
2. Phase particulaire 73
3. Performances analytiques 73
e. Composés perfluorés (PFAS) 74
1. Description de la méthode 74
a. Phase dissoute 74
b. Phase particulaire 75
2. Performances analytiques 75
a. Phase dissoute 75
b. Phase particulaire 75
f. Ciprofloxacine, ofloxacine et cyclophosphamide 76
1. Description de la méthode 76
1. Performances analytiques 76
C. Méthodes analytiques en cours de développement 77
a. Chlorhexidine 77
b. Bisphénol A : phase particulaire 79
IV. Résultats obtenus 80
A. Milieu Naturel 80
a. Suivi 2013-2015 80

1. Contamination générale 80
2. Pesticides 84
3. Pharmaceutiques 85
4. Pesticides organochlorés 87
5. PCB 91
6. PBDE 94
7. Alkylphénols 94
8. COV 97
9. Phtalates 98
10. HAP 102
11. Conclusion 105
b. Nouvelles classes de molécules 105
1. PFAS 105
2. Filtres UV 106
3. Bisphénol A 108
4. Triclosan 108
5. Parabènes 108
c. Nouvelles campagnes de prélèvements 110
1. Pharmaceutiques 112
2. Pesticides 113
3. PFAS 115
d. Conclusions 116
B. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) 117
a. Etude des concentrations et des flux 117
1. Contamination générale 117
2. Pesticides 120
3. Pharmaceutiques 121
4. Pesticides organochlorés 123
5. PCB 124
6. PBDE 124
7. Alkylphénols 125
8. COV 126
9. Phtalates 127
10. HAP 128
11. Conclusion 129
b. Evaluation de l'efficacité des traitements (eaux et boues) 130
1. Evaluation des filières eaux 132
2. Evaluation des filières boues 138
c. Nouvelles campagnes de prélèvement 142
1. Pharmaceutiques 142
2. Pesticides 144
3. PFAS 145
4. Bisphénol A 146
5. Triclosan 147
6. Parabènes 148
C. Eaux Pluviales (EP) 149
a. Exutoires pluviaux 149
1. Contamination générale 149
2. Pesticides 151
3. Pharmaceutiques 152
4. Pesticides organochlorés 153
5. PCB 154

6. PBDE 155
7. Alkylphénols 155
8. COV 156
9. Phtalates 157
10. HAP 158
11. Conclusion 159
b. Eaux Pluviales du collecteur rocade nord (EP Rocade) 160
1. Bois Gramond 161
a. Profil général de contamination 161
b. Pharmaceutiques 164
c. Pesticides 167
d. Alkylphénols 171
e. HAP 175
f. PFAS 179
2. Action Continuum 183
a. Profil général de contamination 183
b. Pharmaceutiques 185
c. Pesticides 187
d. Alkylphénols 190
e. HAP 192
f. PFAS 196
3. Action haute fréquence : Pollutogramme 198
a. Profil général de contamination 198
b. Pharmaceutiques 199
c. Pesticides 201
d. HAP 203
e. PFAS 207
4. Aéroport 209
a. Profil général de contamination 209
b. Pharmaceutiques 210
c. Pesticides 212
d. HAP 214
e. PFAS 218
5. Conclusions 220
c. Eaux Pluviales Zones Urbaines (EPZU) 221
1. Profil général de contamination 221
2. Pharmaceutiques 225
3. Pesticides 228
4. HAP 231
5. PFAS 235
6. Conclusions 239
d. Eaux Pluviales Techniques Alternatives (EPTA) 240
1. Profil général de contamination 242
2. Pharmaceutiques 242
3. Pesticides 243
4. HAP 245
5. PFAS 248
6. Conclusions 250
D. Eaux Usées (EU) 251
a. Eaux Usées des Zones Industrielles (EU ZI) 251
1. Contamination générale 251
2. Pesticides 254

3. Pharmaceutiques ... 254
4. Pesticides organochlorés ... 256
5. PCB ... 257
6. PBDE ... 258
7. Alkylphénols ... 259
8. COV ... 260
9. Phtalates ... 261
10. HAP ... 262
11. Conclusion ... 263
b. Eaux Usées du groupe hospitalier Pellegrin (EU CHU) ... 264
1. Analyse préliminaire ... 264
1. Contamination générale ... 264
2. Pesticides ... 267
3. Pharmaceutiques ... 267
4. Pesticides organochlorés ... 269
5. PCB ... 270
6. PBDE ... 271
7. Alkylphénols ... 272
8. COV ... 273
9. Phtalates ... 274
10. HAP ... 275
11. Conclusion ... 276
2. Analyse de 28 autres médicaments ... 276
3. Analyse haute fréquence de l'effluent provenant du bâtiment Tripode ... 278
c. Eaux Usées Domestiques (EU Dom) ... 282
1. Profil de contamination général ... 282
2. Pharmaceutiques ... 287
3. Pesticides ... 293
4. PFAS ... 297
5. Filtres UV ... 302
6. Bisphénol A ... 303
7. Triclosan ... 305
8. Parabènes ... 306
9. Alkylphénols ... 308
10. HAP ... 310
11. Phtalates : DEHP ... 314
12. Conclusions ... 317
VI. Liste des substances traceurs de sources ... 318
1. Profil de contamination général ... 318
2. Pharmaceutiques ... 319
3. Pesticides ... 320
4. Alkylphénols ... 321
5. HAP ... 322
6. Phtalates ... 323
7. Bisphénol A ... 324
8. Filtres UV ... 325
9. PFAS ... 325
10. Conclusion ... 326
VII. Conclusion générale ... 328
Références bibliographiques ... 330

Liste des figures

Figure 1. Représentation schématique du collecteur Rocade Nord et de l'empreinte en micropolluants des différents points de prélèvement ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 2. (a) Niveaux de concentration moyens en MP retrouvés pour les différentes sources et (b) proportions moyennes des différentes familles de composés 16
Figure 3. Liste des substances « traceurs » pouvant être identifiées dans les différentes sources 18
Figure 3. Localisation des 2 sites d'étude et des points d'échantillonnage sur le territoire de Bordeaux Métropole 41
Figure 4.Suivi de la justesse de quantification (%) instrumentale pour la carbamazépine 60
Figure 5. Suivi des limites de quantification instrumentales (pg injectés) pour la carbamazépine 60
Figure 6. Gamme de Chlorhexidine dans l'eau 78
Figure 7. Gamme de Chlorhexidine dans une matrice minérale de référence 78
Figure 8. Perte de signal de la Chlorhexidine dans un échantillon d'eaux usées domestiques 79
Figure 9. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 82
Figure 10. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute (* : composés recherches dans les deux phases) 82
Figure 11. Concentrations cumulées (ng/g) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire (* : composés recherches dans les deux phases) 83
Figure 12. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire (* : composés recherches dans les deux phases) 83
Figure 13. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 84
Figure 14. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 85
Figure 15. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 85
Figure 16. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 86
Figure 17. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pharmaceutiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 87
Figure 18. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 88
Figure 19. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute (* : composés recherchés dans les deux phases) 88
Figure 20. Concentrations totales cumulées (ng/g) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire .. 89
Figure 21. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire .. 89
Figure 22. Partition dissous/particulaire (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 90

Figure 23. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 90
Figure 24. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 91
Figure 25. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 91
Figure 26. Concentrations totales cumulées (ng/g) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 92
Figure 27. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 92
Figure 28. Partition dissous/particulaire (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire..... 93
Figure 29. Flux cumulés (g/jourg/jour) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)..... 93
Figure 30. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 94
Figure 31. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 95
Figure 32. Concentrations totales cumulées (ng/g) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 95
Figure 33. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 96
Figure 34. Partition dissous/particulaire (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 96
Figure 35. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)..... 97
Figure 36. Concentrations cumulées (ng/L) en COV (dont BTEX) le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 97
Figure 37. Flux cumulés (g/jourg/jour) en COV (dont BTEX) le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 98
Figure 38. Concentrations totales (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 99
Figure 39. Concentrations totales (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 99
Figure 40. Concentrations totales (ng/g) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire..... 100
Figure 41. Concentrations totales (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire..... 100
Figure 42. Partition dissous/particulaire (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire..... 101
Figure 43. Flux (g/jourg/jour) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 101
Figure 44. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 102
Figure 45. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute 102
Figure 46. Concentrations totales cumulées (ng/g) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 103

Figure 47. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire 103
Figure 48. Partition dissous/particulaire (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes 104
Figure 49. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)..... 104
Figure 50. Concentrations (ng/L) moyennes (n=6) obtenues pour l'ensemble des échantillons prélevés dans la Jalle de Blanquefort pour les 10 molécules quantifiées aux plus fortes concentrations (* : composés recherches dans les deux phases, phase dissoute et phase particulaire) 105
Figure 51. Concentrations (ng/L) cumulées en PFAS le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne de juin 2015 (_5) et la campagne d'août 2015 (_6) – Phase dissoute..... 106
Figure 52. Concentrations (ng/L) cumulées en filtres UV le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne de 2 campagnes (juin 2015 (_5) et aout 2015 (_6)) – Phase dissoute 107
Figure 53. Concentrations cumulées (ng/g) en filtres UV dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire..... 107
Figure 54. Concentrations cumulées (ng/L) en filtres UV dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire..... 107
Figure 55. Concentrations (ng/L) cumulées en BPA le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne de 2 campagnes (juin 2015 (_5) et aout 2015 (_6)) – Phase dissoute 108
Figure 56. Concentrations (ng/L) cumulées en parabènes le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne de 2 campagnes (juin 2015 (_5) et aout 2015 (_6)) – Phase dissoute 109
Figure 57. Concentrations cumulées (ng/g) en parabènes dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire..... 109
Figure 58. Concentrations cumulées (ng/L) en parabènes dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire..... 110
Figure 59. Concentrations (ng/L) cumulées en pharmaceutiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016..... 112
Figure 60. Concentrations (ng/L) cumulées en pesticides le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016 114
Figure 61. Concentrations (ng/L) cumulées en PFAS le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016 – Phase dissoute 115
Figure 62. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques en entrées, points intermédiaires et sorties des stations de Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 117
Figure 63. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques en entrées, points intermédiaires et sorties des stations de Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)..... 118
Figure 64. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute 120
Figure 65. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute..... 120
Figure 66. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute 122

Figure 67. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pharmaceutiques pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute 122
Figure 68. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 123
Figure 69. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides organochlorés pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute 123
Figure 70. Concentrations cumulées (ng/L) pour les PCB pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 124
Figure 71. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les PCB pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 124
Figure 72. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 125
Figure 73. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 125
Figure 74. Concentrations cumulées (ng/L) en COV (dont BTEX) pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute 126
Figure 75. Flux cumulés (g/jourg/jour) en COV (dont BTEX) pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute 126
Figure 76. Concentrations totales (ng/L) en DEHP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 127
Figure 77. Flux cumulés (g/jourg/jour) en DEHP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 127
Figure 78. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 128
Figure 79. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire 128
Figure 80. Comparaison de l'efficacité du traitement global de la STEU avec celle du traitement biologique (file eau) 136
Figure 81. Comparaison de l'efficacité de la filière eau des 3 STEU 136
Figure 82. Comparaison de l'efficacité de la filière boue des 3 STEU 142
Figure 83. Concentration (ng/L) cumulées en pharmaceutiques en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016 143
Figure 84. Concentration (ng/L) cumulées en pesticides en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016 145
Figure 85. Concentration (ng/L) en PFAS en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016 146
Figure 86. Concentration (ng/L) en bisphénol A en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016 147
Figure 87. Concentration (ng/L) en Triclosan en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en septembre 2015 147
Figure 88. Concentration (ng/L) en Parabènes en entrée et en sortie de STEU 148

Figure 89. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 149
Figure 90. Flux cumulés (g/évènement) pour les grandes classes de composés organiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 149
Figure 91. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute 151
Figure 92. Flux cumulés (g/évènement) en pesticides pour les exutoires pluviaux obtenus par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute 152
Figure 93. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute 153
Figure 94. Flux cumulés (g/évènement) en pharmaceutiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute 153
Figure 95. Concentrations totales cumulées (ng/L) en OCP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 154
Figure 96. Flux cumulés (g/évènement) en OCP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 154
Figure 97. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 155
Figure 98. Flux cumulés (g/évènement) en PCB pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 155
Figure 99. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 156
Figure 100. Flux cumulés (g/évènement) en alkylphénols pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 156
Figure 101. Concentrations cumulées (ng/L) en VOC (dont BTEX) pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute 157
Figure 102. Flux cumulés (g/évènement) en VOC (dont BTEX) pour les exutoires pluviaux obtenus par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute 157
Figure 103. Concentrations totales cumulées (ng/L) en DEHP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 158
Figure 104. Flux cumulés (g/évènement) en DEHP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 158
Figure 105. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 159
Figure 106. Flux cumulés (g/évènement) en HAP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire 159
Figure 107. Profil général de contamination (ng/L) de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 163
Figure 108. Flux totaux (mg/évènement) sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie - Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 164
Figure 109. Concentrations (ng/L) de pharmaceutiques sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie 165
Figure 110. Flux (mg/jour) de composés pharmaceutiques sur le site de bois Gramond par temps sec et par temps de pluie 166
Figure 111. Concentrations (ng/L) de pesticides sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie 168
Figure 112. Concentrations (ng/L) de pesticides sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie sans l'influence glyphosate/AMPA 169
Figure 113. Flux (mg/évènement) de pesticides sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie 170

Figure 114. Concentrations (ng/L) en alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute)..... 172
Figure 115. Flux (mg/évènement) d'alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute) 172
Figure 116. Concentrations (ng/g) en alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire) 173
Figure 117. Concentration totale (ng/L) et flux totaux en mg/évènement (phase dissoute + phase particulaire) des alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie 174
Figure 118. Partition phase dissoute/phase particulaire pour les alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire + phase dissoute)..... 175
Figure 119. Concentrations (ng/L) en HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute) 176
Figure 120. Concentrations (ng/g) en HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire) 177
Figure 121. Concentration totale (ng/L) et flux totaux (mg/évènement) (Phase dissoute + Phase particulaire) des HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie 178
Figure 122. Partition dissous/particulaire des HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire + phase dissoute)..... 179
Figure 123. Concentrations (ng/L) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute) 180
Figure 124. Concentrations (ng/g) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire) 181
Figure 125. Concentrations totales (ng/L) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire + phase dissoute)..... 182
Figure 126. Flux (mg/évènement) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (Phase dissoute)..... 183
Figure 127. Profil général de contamination (ng/L) durant l'action continuum – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)..... 184
Figure 128. Partition phase dissoute/Phase particulaire durant l'action continuum..... 185
Figure 129. Flux totaux (mg/évènement) durant l'action continuum - Phase dissoute + Phase particulaire 185
Figure 130. Concentrations (ng/L) de pharmaceutiques durant l'action continuum..... 186
Figure 131. Contribution des entrées "aéroport" et "Limancet" dans l'apport de pharmaceutiques durant l'action continuum..... 187
Figure 132. Concentrations (ng/L) de pesticides durant l'action continuum 189
Figure 133. Apport en pesticides (mg/évènement) des entrées "aéroport" et "Limancet" 189
Figure 134. Concentrations (ng/L) en alkylphénols durant l'action continuum (phase dissoute)..... 190
Figure 135. Concentrations (ng/g) en alkylphénols durant l'action continuum (phase particulaire) ... 190
Figure 136. Concentration totale (ng/L) et flux totaux (mg/évènement) (Phase dissoute + phase particulaire) en alkylphénols durant l'action continuum..... 191
Figure 137. Partition dissous/particulaire des alkylphénols durant l'action continuum (phase dissoute + phase particulaire)..... 191
Figure 138. Concentrations (ng/L) en HAP durant l'action continuum (phase dissoute) 193
Figure 139. Concentrations (ng/g) en HAP durant l'action continuum (phase particulaire)..... 194
Figure 140. Concentration totale (ng/L) et Flux totaux (mg/évènement) (Phase dissoute + Phase particulaire) de HAP durant l'action continuum 195
Figure 141. Partition dissous/particulaire des HAP durant l'action continuum (phase dissoute + phase particulaire)..... 195
Figure 142. Concentrations (ng/L) de PFAS durant l'action continuum (phase dissoute) 197
Figure 143. Flux (mg/évènement) de PFAS (Phase Dissoute) durant l'action continuum..... 197
Figure 144. Profil de contamination général, sortie de Bois Gramond - Action Pollutogramme (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)..... 199

Figure 145. Flux totaux de contaminants (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action Pollutogramme (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 199
Figure 146. Concentration en pharmaceutiques (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme 200
Figure 147. Flux de pharmaceutiques (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme 201
Figure 148. Concentration en pesticides (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme 202
Figure 149. Flux de pesticides (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme ... 203
Figure 150. Concentration en HAP (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute)..... 204
Figure 151. Concentration en HAP (ng/g) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase particulaire) 205
Figure 152. Concentration en HAP (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire)..... 206
Figure 153. Partition des HAP Phase dissoute/Phase particulaire dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme..... 206
Figure 154. Flux de HAP (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire) 207
Figure 155. Concentration en PFAS (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire)..... 208
Figure 156. Flux de PFAS (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire) 208
Figure 157. Profil général de contamination (en ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 209
Figure 158. Flux de contaminants (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 210
Figure 159. Concentration en pharmaceutiques (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute 211
Figure 160. Flux de pharmaceutiques (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute 212
Figure 161. Concentration en pesticides (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute 213
Figure 162. Flux de pesticides (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute 214
Figure 163. Concentration en HAP (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute 215
Figure 164. Concentration en HAP (ng/g) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase particulaire 216
Figure 165. Concentration totale en HAP (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire..... 217
Figure 166. Partition Phase dissoute/Phase particulaire des HAP de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie 218

Figure 167. Flux de HAP (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire 218
Figure 168. Concentration en PFAS (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire 219
Figure 169. Profil de contamination général des Eaux Pluviales Zones Urbaines (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)..... 223
Figure 170. Profil de contamination général des Eaux Pluviales Zones Urbaines (ng/L) sans la prise en compte du point EPZU-Fargue-NEUV-1 (réseau unitaire) – Phase dissoute + phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 224
Figure 171. Partition phase dissoute/Phase particulaire de la contamination des Eaux Pluviales Zones Urbaines 224
Figure 172. Flux totaux (mg/évènement) de contaminants dans les Eaux Pluviales Zones Urbaines - Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)..... 225
Figure 173. Concentration (ng/L) des pharmaceutiques dans les EPZU..... 226
Figure 174. Concentration (ng/L) des pharmaceutiques dans les EPZU sans la participation du point EPZU-Fargue-NEUV-1 (réseau unitaire)..... 227
Figure 175. Flux de pharmaceutiques (en mg/évènement) dans les eaux pluviales zones urbaines 228
Figure 176. Concentration (ng/L) des pesticides dans les EPZU 229
Figure 177. Flux (mg/évènement) des pesticides dans les EPZU 229
Figure 178. Concentrations (ng/L) en HAP présents dans la phase dissoute des EPZU..... 232
Figure 179.Concentrations (ng/g) en HAP présents dans la phase particulaire des EPZU 233
Figure 180. Concentration totale (ng/L) et Flux totaux en mg/évènement (phase dissoute + phase particulaire) en HAP dans les EPZU 234
Figure 181. Partition Dissous/Particulaire des HAP dans les EPZU..... 235
Figure 182. Concentrations (ng/L) des PFAS présents dans la phase dissoute des EPZU..... 236
Figure 183. Flux (mg/évènement) de PFAS dans la phase dissoute des EPZU 236
Figure 184. Concentrations (ng/g) des PFAS présents dans la phase particulaire des EPZU..... 238
Figure 185. Concentrations totales (ng/L) des PFAS présents dans les EPZU..... 238
Figure 186. Profil de contamination général (ng/L) des Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases) 242
Figure 187. Concentration (ng/L) des pharmaceutiques dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives 243
Figure 188. Concentration (ng/L) des pesticides dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives.. 244
Figure 189. Concentration (ng/L) des pesticides sans l'influence du Glyphosate/AMPA dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives..... 245
Figure 190. Concentration (ng/L) des HAP dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase dissoute 246
Figure 191. Concentration (ng/g) des HAP dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase particulaire 247
Figure 192. Concentration (ng/L) des HAP dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase dissoute + Phase particulaire 248
Figure 193. Concentration (ng/L) des PFAS dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives (Phase dissoute + Phase particulaire)..... 249
Figure 194. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 251
Figure 195. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)..... 252
Figure 196. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 254

Figure 197. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 254
Figure 198. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 255
Figure 199. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pharmaceutiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 255
Figure 200. Concentrations totales cumulées (ng/L) en OCP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 256
Figure 201. Flux cumulés (g/jourg/jour) en OCP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 257
Figure 202. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 257
Figure 203. Flux cumulés (g/jourg/jour) en PCB pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 257
Figure 204. Concentrations cumulées (ng/L) pour les PBDE pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 258
Figure 205. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les PBDE pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 258
Figure 206. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 259
Figure 207. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 259
Figure 208. Concentrations cumulées (ng/L) pour les COV (dont BTEX) pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 260
Figure 209. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les COV (dont BTEX) pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 260
Figure 210. Concentrations totales (ng/L) en DEHP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 261
Figure 211. Flux cumulés (g/jourg/jour) en DEHP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 261
Figure 212. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 262
Figure 213. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 262
Figure 214. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases) 264
Figure 215. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)..... 265
Figure 216. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 267
Figure 217. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 267
Figure 218. Concentrations (ng/L) pour le paracétamol (en haut) et pour les autres pharmaceutiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 268
Figure 219. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour le paracétamol (en haut) et pour les autres pharmaceutiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 269
Figure 220. Concentrations cumulées (ng/L) pour les OCP pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 270
Figure 221. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les OCP pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 270

Figure 222. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 271
Figure 223. Flux cumulés (g/jourg/jour) en PCB pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 271
Figure 224. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 272
Figure 225. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 272
Figure 226. Concentrations cumulées (ng/L) pour les VOC (dont BTEX) pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 273
Figure 227. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les VOC (dont BTEX) pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 273
Figure 228. Concentrations totales (ng/L) en DEHP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 274
Figure 229. Flux cumulés (g/jourg/jour) en DEHP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 274
Figure 230. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 275
Figure 231. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire 275
Figure 232. Concentrations (ng/L) pour les 28 nouveaux composés pharmaceutiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute 278
Figure 233. Comparaison des concentrations (ng/L) obtenues pour la moyenne des échantillons prélevés par haute fréquence avec la moyenne des 2 campagnes précédentes (novembre 2014 et juin 2015) 280
Figure 234. Evolution des concentrations (ng/L) au cours des 24 heures du suivi haute fréquence pour le paracétamol, l'ofloxacine, la gabapentine, la ciprofloxacine, le sotalol, la carbamazépine, le cyclophosphamide et l'oxazépam 281
Figure 235. Profil de contamination général des Eaux Usées Domestiques (ng/L) (campagnes 1 et 2) – Phase dissoute + Phase particulaire 284
Figure 236. Profil de contamination général des eaux usées exprimé en flux (g/jourg/jour) (campagnes 1 et 2) – Phase dissoute + Phase particulaire 284
Figure 237.Répartition de la contamination en fonction des classes de composés (ng/L) – Phase dissoute + phase particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 285
Figure 238. Partition phase dissoute/phase particulaire pour les eaux usées domestiques 286
Figure 239. Profil de contamination global des eaux usées domestiques sans l'influence des pharmaceutiques et du DEHP (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases) 286
Figure 240. Concentration (ng/L) des composés pharmaceutiques dans les eaux usées domestiques 288
Figure 241. Profil de contamination des eaux usées domestiques par le Paracétamol (ng/L) 289
Figure 242.Profil de contamination des eaux usées domestiques par la Caféine et la Théophylline (ng/L) 289
Figure 243.Profil de contamination des eaux usées domestiques par l'Ibuprofène, le Kétoprofène et l'Acide Salicylique (ng/L) 290
Figure 244.Profil de contamination des eaux usées domestiques par le Naproxène et la Gabapentine (ng/L) 291
Figure 245. Flux (mg/jour) de composés pharmaceutiques dans les eaux usées domestiques 291
Figure 246. Profil de contamination des eaux usées domestiques par les pesticides (ng/L) 296
Figure 247. Profil de contamination par l'imidaclopride (ng/L) 296
Figure 248. Flux (mg/jourg/jour) de pesticides dans les eaux usées domestiques 297
Figure 249. Concentrations (ng/L) et profils de contamination par les PFAS – Phase Dissoute 298
Figure 250. Concentrations (ng/g) et profils de contamination par les PFAS – Phase Particulaire 299

Figure 251. Concentration totale (ng/L) et flux totaux (mg/jourg/jour) des PFAS dans les eaux usées domestiques – Phase dissoute + Phase particulaire 301
Figure 252. Contamination totale des eaux usées domestiques par les PFAS (ng/L). Partition phase dissoute/phase particulaire 302
Figure 253. Contamination des eaux usées domestiques par les filtres UV (ng/L) 303
Figure 254. Concentration totale en BPA (ng/L) dans les eaux usées domestiques (phase dissoute + phase particulaire) 304
Figure 255. Flux total de BPA dans les eaux usées domestiques (mg/jourg/jour) sur la fraction totale (phase dissoute + phase particulaire) 305
Figure 256. Contamination des eaux usées domestiques par le triclosan (ng/L) 305
Figure 257. Flux de triclosan (mg/jourg/jour) dans les eaux usées domestiques 306
Figure 258. Concentration (ng/L) en Parabènes dans les eaux usées domestiques (phase dissoute) 307
Figure 259. Flux (mg/jourg/jour) de Parabènes dans les eaux usées domestiques (phase dissoute) 307
Figure 260. Concentration (ng/L) en alkylphénols dans la phase dissoute des eaux usées domestiques 308
Figure 261. Concentration totale (ng/L) en alkylphénols - Phase dissoute + Phase particulaire..... 309
Figure 262. Flux totaux en alkylphénols (mg/jourg/jour) - Phase dissoute + Phase particulaire dans les eaux usées domestiques 310
Figure 263. Concentration (ng/L) en HAP dans la phase dissoute des eaux usées domestiques 311
Figure 264. Concentration (ng/g) en HAP dans la phase particulaire des eaux usées domestiques. 312
Figure 265. Concentration totale en HAP (ng/L) dans les eaux usées domestiques - Partition phase dissoute/phase particulaire 313
Figure 266. Flux totaux (mg/jourg/jour) de HAP dans les Eaux Usées Domestiques..... 314
Figure 267. Concentration totale en DEHP (ng/L) - Phase dissoute + Phase particulaire 315
Figure 268. Flux total de DEHP (mg/jourg/jour) - Phase dissoute + Phase particulaire 316
Figure 269. Concentration cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques en fonction des sources obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source. (* : Composés recherchés dans les deux phases, # : Composés non recherchés dans EU-ZI, EU-CHU, EP-ZU et Exutoires pluviaux) 318
Figure 270. Concentrations cumulées (ng/L) en composés pharmaceutiques, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source 319
Figure 271. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source 320
Figure 272. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides sans l'influence du glyphosate et de l'AMPA, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source..... 321
Figure 273. Concentrations cumulées (ng/L) en Alkylphénols, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composés recherchés dans les deux phases (X : composés non recherchés dans cette source)..... 322
Figure 274. Concentrations cumulées (ng/L) en HAP, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composés recherchés dans les deux phases 323
Figure 275. Concentrations cumulées (ng/L) en DEHP, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composé recherché dans les deux phases (X : composé non recherché dans cette source) 324
Figure 276. Concentrations cumulées (ng/L) en BPA, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composé recherché dans les deux phases (X : composé non recherché dans cette source) 324
Figure 277. Concentrations cumulées (ng/L) en Filtres UV, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source (X : composés non recherchés dans cette source) 325
Figure 278. Concentrations cumulées (ng/L) en PFAS, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composés recherchés dans les deux phases (X : composés non recherchés dans cette source)..... 326

Liste des tableaux

Tableau 1. Micropolluants recherchés et méthodes analytiques 5
Tableau 2. Comparaison de l'efficacité de traitement des MP organiques des files eau des 3 STEU étudiées – nombre de MP bien (R>70%), moyennement (70%>R>30%) ou mal (R<30%) éliminés pour chaque STEU 12
Tableau 3. Noms et nombre de micropolluants organiques recherchés pour chaque source et milieu étudié 48
Tableau 4. Influence de la congélation sur les résultats obtenus 58
Tableau 5. Influence de la congélation sur les résultats obtenus pour les PFAS 59
Tableau 6. Descriptif des différentes techniques d'extraction 62
Tableau 7. Descriptif des différentes techniques d'analyse utilisées 62
Tableau 8. Récapitulatif des différentes méthodes analytiques utilisées dans l'analyse des fractions dissoutes 63
Tableau 9. Récapitulatif des différentes méthodes analytiques utilisées dans l'analyse des fractions particulaires 66
Tableau 10. Performances obtenues pour la phase dissoute 68
Tableau 11. Performances obtenues pour la phase particulaire 69
Tableau 12. Performances analytiques obtenues sur l'analyse de BPA en phase dissoute 70
Tableau 13. Performances analytiques obtenues sur l'analyse du triclosan en phase dissoute 70
Tableau 14. Performances analytiques obtenues pour les parabènes dans la phase dissoute 72
Tableau 15. Performances analytiques obtenues pour les parabènes dans la phase particulaire 72
Tableau 16. Performances analytiques obtenues pour les Filtres UV en phase dissoute 73
Tableau 17. Performances analytiques obtenues pour les Filtres UV en phase particulaire 74
Tableau 18. Performances analytiques obtenues pour les PFAS en phase dissoute 75
Tableau 19. Performances analytiques obtenues pour les PFAS en phase particulaire 76
Tableau 20. Performances analytiques obtenues pour la ciprofloxacine, l'ofloxacine et la cyclophosphamide 76
Tableau 21.Conditions chromatographiques Chlorhexidine 77
Tableau 22. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans la Jalle de Blanquefort, toutes campagnes confondues 81
Tableau 23. Caractéristiques des nouveaux prélèvements de Milieu Naturel (jaune : donnée manquante, mise à jour dans le livreble 1.1) 111
Tableau 24. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les STEU .. 119
Tableau 25. Caractéristiques des STEU étudiées 130
Tableau 26. Fonctionnement général et pendant les jours d'étude des STEU 131
Tableau 27. Limites de quantification, concentrations moyennes sur les 2 jours de prélèvement et rendement d'élimination (R) global de la file eau et du traitement biologique pour chacune des 3 STEU étudiées. 133
Tableau 28. Limites de quantification, concentrations moyennes sur les 2 jours de prélèvement et rendement d'élimination (R) de la filière boue pour chacune des 3 STEU étudiées. 140
Tableau 29. Caractéristiques des nouveaux prélèvements STEU (année 2016) 142
Tableau 30. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les exutoires pluviaux 150
Tableau 31. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les eaux pluviales du collecteur rocade nord 160

Tableau 32. Caractéristiques des prélèvements d'eaux pluviales rocade nord 162
Tableau 33. Timing des prélèvements en sortie de Bois Gramond durant l'action pollutogramme.... 198
Tableau 34. Caractéristiques des échantillons d'eaux pluviales zones urbaines 222
Tableau 35. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les eaux pluviales de zones urbaines 222
Tableau 36. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les échantillons d'eaux pluviales des techniques alternatives 240
Tableau 37. Caractéristiques des prélèvements d'Eaux Pluviales Techniques Alternatives..... 241
Tableau 38. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les effluents de zones industrielles 253
Tableau 39. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les effluents du CHU 266
Tableau 40. Nombre d'échantillons ayant donné un résultat supérieur à la LQ (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons ayant pu être quantifiés (NB ech. Quanti) et limite de quantification (LQ) associée, pour les nouveaux composés ayant été recherchés dans les effluents hospitaliers .. 277
Tableau 41. Prélèvements CHU Haute fréquence 279
Tableau 42. Nombre d'échantillons ayant donné un résultat supérieur à la LQ (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons ayant pu être quantifiés (NB ech. Quanti) et limite de quantification (LQ) associée, pour les 8 composés ayant été recherchés 280
Tableau 43. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les eaux usées domestiques 282
Tableau 44. Caractéristiques des prélèvements d'eaux usées domestiques 283
Tableau 45. Récapitulatif des molécules présentes dans le milieu naturel et les différentes sources 327

Table des Abréviations

4-MBC	4-MéthylBenzylidène Camphre
6:2 FTSA	1H, 1H, 2H, 2H-perfluorooctane sulfonate
8:2 FTSA	1H, 1H, 2H, 2H-perfluorodecane sulfonate
AMPA	AminoMéthylPhosphonique Acide
BPA	Bisphénol A
COV	Composés Organiques Volatils
DEHP	Di(2-ethylhexyl) phtalate
BTEX	Benzène – Toluène – Ethylbenzène - Xylènes
EHMC	EthylHexyl MéthoxyCinnamate
EtFOSAA	N-ethyl perfluorooctane sulfonamide
FOSA	perfluorooctane sulfonamide
FOSAA	perfluorooctane sulfonamide acétique
FUV	Filtres Ultra-Violet
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
MeFOSAA	N-methyl perfluorooctane sulfonamide
MES	Matière En Suspension
OCP	Pesticides organochlorés
ODPABA	Acide Octyl Diméthyl p-AminoBenzoïque
PBDE	Polybromodiphényléthers
PCB	PolyChloroBiphénile
PFAS	PolyFluoro and PerfluoroAlkyl Substances
PFBA	PerFluoro-n-Butanoic Acid
PFBS	perfluoro-1-butanesulfonic acid
PFDA	perfluoro-n-decanoic acid
PFHpA	perfluoro-n-heptanoic acid
PFHpS	perfluoro-1-heptanesulfonic acid
PFHxA	perfluoro-n-hexanoic acid
PFHxS	perfluoro-1-hexanesulfonic acid
PFNA	perfluoro-n-nonanoic acid
PFOA	perfluoro-n-octanoic acid
PFOS	PerFluoroOctaneSulfonic acid
PFPeA	perfluoro-n-pentanoic acid
PNEC	Predicted No Effect Concentration
STEU	Station de Traitement des Eaux Usées

Remerciements

Ce rapport est le fruit d'un travail collaboratif regroupant différentes personnes et compétences.

A ce titre nous souhaitons remercier Karyn Le Menach, Laurent Peluhet, Pierre Van Delft, Thomas Corrales et Laura Mouret pour les analyses qu'ils ont effectuées.

Nous souhaitons également remercier Patrick Pardon et Sylvie Augagneur pour leur gestion du parc analytique et leur aide dans la mise en place des méthodes d'analyse.

I. Introduction et Contexte

L'Organisation Mondiale de la Santé a établi qu'en 2012, 23 % des décès pouvaient être attribués à un facteur environnemental (Pruss-Ustun et al., 2016). Il s'agit principalement de causes liées à l'insalubrité mais le rôle des micropolluants organiques n'est pas exclu (Lind and Lind, 2012) ce qui souligne le caractère primordial de protéger l'environnement de la contamination chimique. La pollution des rivières par les micropolluants organiques par exemple n'est plus à démontrer. Afin de réduire cette pollution il est nécessaire dans un premier temps de la comprendre et donc de la caractériser.

A Bordeaux, les résultats du programme de recherche ETIAGE ont par exemple montré que les effluents urbains pouvaient être une source de contamination pour la Garonne, notamment pour certains médicaments et certains pesticides (Aminot, 2013; Cruz, 2015). De même, les résultats du Plan Micropolluants Bordeaux Métropole mené à Bordeaux ont montré la contamination de la Jalle de Blanquefort par les micropolluants organiques. La Jalle de Blanquefort est un affluent de la Garonne, caractérisé par un faible débit (0,5-10 m^3/s), situé dans une zone fortement urbanisée et qui reçoit plusieurs rejets urbains (effluents de station de traitement des eaux usées, exutoires pluviaux). Globalement, ce sont les médicaments et les pesticides qui sont retrouvés aux plus fortes concentrations, avec des concentrations cumulées de l'ordre du microgramme par litre. Il s'agit cependant des classes où le plus de molécules ont été recherchées : 43 et 62 respectivement. Les alkylphénols, des composés organiques volatils des phtalates sont également présents en concentrations de l'ordre de 400 ng/L. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les pesticides organochlorés et les polychlorobiphényles (PCB) ont été quantifiés en concentrations inférieures à 50 ng/L. Enfin, les polybromodiphényléthers (PBDE) n'ont quant à eux jamais été quantifiés. Ainsi, les molécules présentes aux plus fortes concentrations dans la Jalle de Blanquefort parmi toutes celles recherchées sont la gabapentine (un composé pharmaceutique utilisé dans les traitements épileptiques ou contre les douleurs neuropathiques), l'AMPA (un métabolite d'un herbicide très largement utilisé, le glyphosate), et le DEHP (un phtalate utilisé en tant que plastifiant).

Les résultats obtenus le long du continuum de la Jalle de Blanquefort ont montré une augmentation des concentrations entre le point amont et le point aval du rejet de la station de traitement des eaux usées, particulièrement avec l'augmentation significative des concentrations en médicaments et en pesticides. Les concentrations en gabapentine passent par exemple de 100 à 800 ng/L et celles en AMPA de 200 à 800 ng/L. Cette augmentation peut être en lien avec leur présence dans le rejet de la station d'épuration (9900 et 1500 ng/L, respectivement).

Or les stations de traitement des eaux usées ne sont qu'un vecteur et non une source de pollution, puisqu'elles ne sont que le réceptacle des eaux usées, et donc de l'ensemble de la contamination d'origine anthropique.

Ces différents résultats ont mis en évidence l'importance de remonter aux sources de ces contaminants dans les réseaux d'assainissement bordelais. De plus, les prélèvements réalisés dans la Jalle de Blanquefort peuvent ne pas être pleinement représentatifs car toujours réalisés par temps sec. Or il s'agit d'une rivière à faible débit qui peut être fortement influencée par les précipitations et les rejets de plusieurs exutoires pluviaux. C'est pourquoi une caractérisation de ce cours d'eau par temps de pluie est apparue nécessaire en complément de la caractérisation par temps sec qui avait déjà pu être faite précédemment.

Ainsi, le projet de recherche REGARD vient compléter ces données, car il s'intéresse à la présence de micropolluants organiques dans des sources potentielles du réseau d'assainissement, comme les effluents domestiques, les effluents hospitaliers ou encore les effluents industriels. De même, un effort important est mené sur l'aspect pluvial, en caractérisant le milieu naturel par temps de pluie mais aussi le plus important exutoire pluvial qui s'y rejette ainsi que différentes zones urbaines.

II. Matériel et Méthodes

A. Sites et points d'échantillonnage

Si l'ensemble du territoire de Bordeaux Métropole est utilisé comme terrain d'étude dans cette première phase du projet, 2 sites ont plus particulièrement retenu notre attention :
- le bassin versant de la Jalle de Blanquefort, un petit cours d'eau situé au nord-ouest de l'agglomération, qui permettra d'étudier les sources de pollution domestiques, industrielles et pluviales
- le Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU de Bordeaux, le plus gros hôpital de la région, qui permettra d'étudier la source hospitalière.

Au total pour l'ensemble du projet il y a 79 points d'échantillonnage (Figure 4) répartis de la manière suivante :

- 11 pour le milieu naturel (Mn),
- 10 pour les eaux pluviales des exutoires pluviaux (EP Ex. Pluv.),
- 3 pour les eaux pluviales du collecteur rocade (EP rocade),
- 6 pour les eaux pluviales des zones urbaines (EP zones urbaines),
- 5 pour les eaux pluviales des techniques alternatives (EP TA),
- 8 pour les eaux usées domestiques (EU domestiques),
- 15 pour les eaux usées des zones industrielles (EU ZI),
- 15 pour les eaux usées Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU (EU CHU),
- 6 pour les eaux usées et les boues des stations de traitement des eaux usées (EU STEU ou boues STEU).

Le détail de l'ensemble de ces sites et points d'échantillonnage est donnée dans le livrable 1.1.

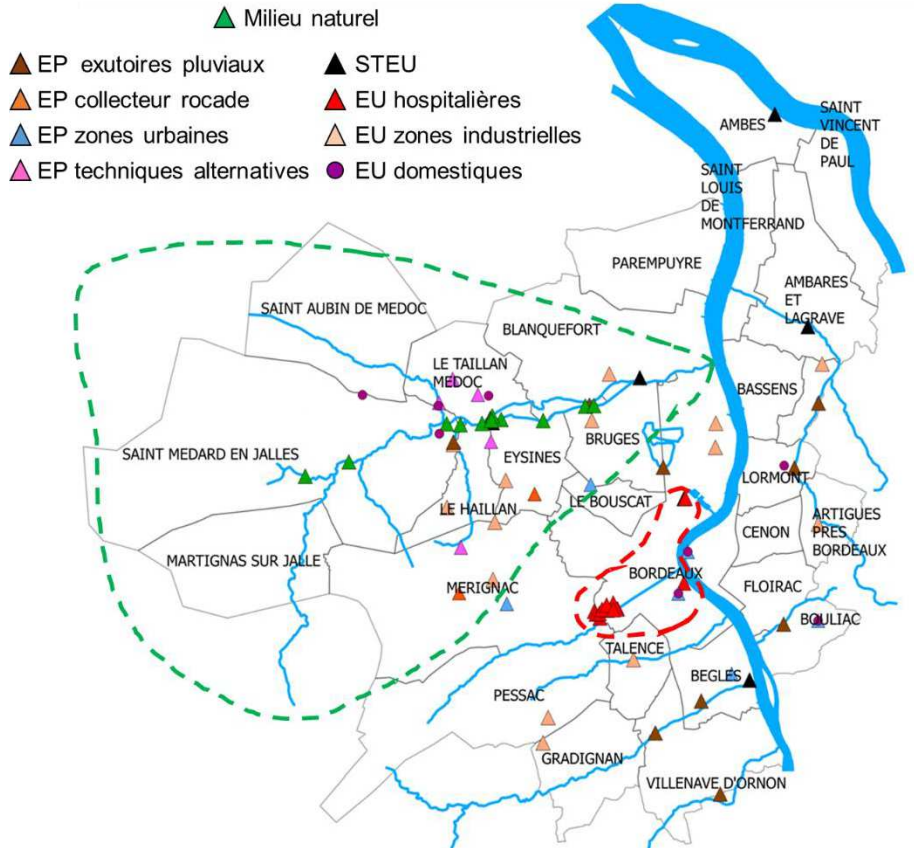


Figure 4. Localisation des 2 sites d'étude et des points d'échantillonnage sur le territoire de Bordeaux Métropole

B. Traitement des échantillons à la réception

Après prélèvement, les échantillons sont livrés au laboratoire où ils sont congelés à -18°C afin de les placer dans des conditions de conservation optimales. Lorsque la logistique le permet, les échantillons sont filtrés dès la réception au laboratoire.

Afin de séparer la phase dissoute de la phase particulaire, les échantillons sont mis à décongeler 12h à température ambiante avant filtration. La filtration est réalisée à l'aide d'unités de filtrations en verre ou en polyéthylène haute densité, en correspondance avec le type de flaconnages utilisés lors du prélèvement. La séparation est réalisée à l'aide de filtres de masse connue, en fibres de verre et de porosité 0,7 µm.

Le filtrat est reconditionné pour chaque filière d'analyse dans un flacon en verre ou en polyéthylène haute densité en correspondance avec le type de flaconnages utilisés lors du prélèvement. Les échantillons sont alors conservés à -18°C jusqu'à la réalisation des protocoles d'extractions.

Le gâteau de filtration est lyophilisé afin de déterminer la concentration en matières en suspension de chacun des échantillons. Il sera par la suite utilisé dans le cadre des analyses particulaires.

C. Composés analysés

Le Tableau 3 (p. 48) présente la liste des classes, famille et nom des micropolluants organiques recherchés pour le milieu naturel et pour chaque source étudiée dans le projet. Il indique également dans quelles matrices ces molécules seront cherchées en fonction de leurs propriétés physico-chimiques (phase dissoute et particulaire des échantillons d'eau, échantillons de boue). Les analyses en phase particulaire ont donc été réalisées pour les classes de molécules supposées avoir une meilleure affinité avec cette phase de par leur caractère hydrophobe. Cette démarche permet d'avoir une quantification de la contamination totale. La contamination apportée par la phase particulaire dépendant du taux de matière en suspension (MES) dans l'échantillon, elle s'avère souvent négligeable notamment dans le milieu naturel où le taux de MES n'excède pas les 0,01g/L.

Le fait de rechercher certaines molécules ou familles de molécules dans certaines sources par rapport à d'autres a été guidé par les usages et modes d'utilisation des produits.

Pharmaceutiques :

Une substance pharmaceutique (ou médicament) est définie dans la directive 2001/83/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 novembre 2001 comme « une substance ou composition possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines » ou encore « une substance ou composition pouvant être administrée à l'homme en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier des fonctions physiologiques chez l'homme ». La consommation globale de médicaments pour la thérapeutique humaine dans le monde est estimée à 100 000 tonnes/an, soit environ 15 g par personne et par an. Une grande part de ces médicaments est consommée dans les pays « dits industrialisés » où il semble plus raisonnable d'estimer une consommation comprise entre 50 et 150 g par personne et par an (Morin, 2009). En 2011, l'ANSM (Agence Nationale de sécurité du Médicament et des produits de santé) estime à environ 3 000 le nombre de substances actives disponibles. Ces substances sont déclinées en plus de 10 500 spécialités utilisées par tout un chacun, avec ou sans prescription. Nous sommes donc responsables de l'introduction des substances pharmaceutiques dans l'environnement par notre consommation régulière, et par l'excrétion de ses molécules dans les eaux usées. Il est maintenant admis que les voies majoritaires d'introduction de composés pharmaceutiques dans l'environnement des pays « dits industrialisés » sont les rejets directs d'eaux usées, les rejets d'eaux traitées et les boues des STEU, mais également les épandages des déchets d'élevage, les déjections animales émises directement dans le milieu, les déversements dans les fermes aquacoles, les lixiviats de décharges et dans une moindre mesure, les usines de fabrication et de conditionnement (Capdeville, 2011). Les niveaux de concentrations de substances pharmaceutiques dans les environnements aquatiques varient du ng/L au µg/L.

Dans le cadre de cette étude, 13 à 78 composés pharmaceutiques seront analysés en fonction des sources. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Pesticides :

Les pesticides sont des composés chimiques dotés de propriétés toxiques, utilisés pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou les plantes (champignons, mauvaises herbes) jugés nuisibles aux plantations. Synthétisés pour être biologiquement actifs, ils peuvent présenter des risques toxiques pour l'homme et les écosystèmes. Les pesticides comprennent donc une large gamme de molécules possédant des propriétés physico-chimiques très différentes. Leur impact sur l'environnement dépend à la fois de leur mode d'action, de leur capacité de bioaccumulation, de leur persistance et de leurs sous-produits de dégradation, lesquels sont parfois plus toxiques et se dégradent moins vite que le composé initial.

Classiquement les pesticides sont divisés en plusieurs catégories selon leurs cibles :

- les insecticides, utilisés pour éliminer les insectes,
- les fongicides, utilisés pour éliminer les champignons,
- les herbicides, utilisés pour utiliser tous les végétaux considérés comme nuisibles,
- les nématicides, utilisés pour lutter contre les vers,
- les rodenticides, utilisés pour se débarrasser des rongeurs tels que les rats, souris, mulots, etc.

D'un point de vue réglementaire, on distingue les pesticides utilisés principalement pour la protection des végétaux (directive 91/414/CE), des antiparasitaires à usage humain et vétérinaire (directives 2004/27 et 2004/28), des autres produits appelés biocides (directive 98/8/CE). La liste DCE des substances prioritaires inclut 18 pesticides mais de nombreuses autres substances sont prises en considération dans l'arrêté du 07 décembre 2007 (substances soumises à redevance pour pollution diffuse), comme le fipronil, le glyphosate ou le linuron par exemple, ou par l'arrêté du 7 août 2015 sur la surveillance de la qualité de l'eau.

Dans le cadre de cette étude, 24 à 62 composés ont été analysés en fonction des sources. La liste de ces composés est détaillée dans le Tableau 3 (p. 48).

Alkylphénols :

Les alkylphénols et alkylphénols-polyéthoxylés sont des tensio-actifs organiques non ioniques. Ces molécules sont amphiphiles ; elles comportent au moins un groupement polaire hydrophile qui assure leur solubilité dans l'eau et une chaîne carbonée apolaire (lipophile) qui retient les matières grasses. Aucun exemple de synthèse naturelle des alkylphénols n'est connu à ce jour, ces composés semblent donc être exclusivement d'origine anthropique. Ils sont généralement fabriqués à haute température par réaction entre un phénol et une molécule de tripropylène en présence d'un catalyseur, et servent d'intermédiaires dans la synthèse d'agents tensioactifs et de résines phénoliques. De nombreux alkylphénols et alkylphénols-polyéthoxylés existent, mais les isomères octyl- et surtout nonylphénoliques représentent la grande majorité des composés commercialisés comme détergents dans l'industrie pour le textile, les traitements de surface, comme additifs de désencrage dans l'industrie papetière, et comme émulsifiants. L'une des principales sources d'alkylphénols dans l'environnement est la biodégradation de ces alkylphénols-polyéthoxylés.

Les alkylphénols et alkylphénols-polyéthoxylés sont introduits dans l'environnement principalement via les effluents des stations d'épuration urbaines et industrielles (eaux usées et boues), mais également par épandages directs de pesticides. Ils se retrouvent donc dans les écosystèmes aquatiques, soit par introduction directe, soit par introduction indirecte (lessivage des sols par exemple). Selon le TemaNord (1996), la distribution théorique du nonylphénol dans l'environnement est > 60 % dans les sédiments, > 10 % dans les sols et environ 25 % dans les eaux. A contrario, les alkylphénols-polyéthoxylés sont très solubles dans l'eau et seront donc prédominants dans la phase dissoute comparativement à la phase particulaire. Ces composés peuvent donc être présents dans les environnements aquatiques à des concentrations allant du ng/L au µg/L.

Dans le cadre de cette étude, 2 à 7 alkylphénols ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Composés Organiques Volatils (COV) :

Les Composés Organiques Volatiles (COV) forment une famille de plusieurs centaines de substances chimiques très différentes du point de vue de leurs structures et de leurs propriétés physico-chimiques. La Directive européenne du 11 mars 1999, relative à la réduction des émissions des COV dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations, définit comme COV « tout composé organique ayant une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus, à une température de 20°C ou ayant une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières ». Une définition plus restrictive des COV peut être trouvée dans la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil relative à l'ozone dans l'air ambiant qui définit comme COV comme « tous composés organiques provenant de sources anthropiques et biogènes autres que le méthane, capables de produire des oxydants photochimiques par réaction avec des oxydes d'azote sous l'effet du rayonnement solaire ». A l'échelle planétaire, les sources de COV dans l'environnement représentent environ 90% des rejets non méthaniques, mais dans les régions industrialisées, à cause de la part importante des émissions anthropiques, ces sources deviennent minoritaires (CITEPA). Les émissions anthropiques sont générées par les carburants, les combustions de gaz, de fuel, de bois, de charbon et de tabac, mais également les matériaux de construction, les meubles, les produits de traitement et de décoration, les produits d'entretien, les cosmétiques, l'activité culinaire, etc.

Dans le cadre de cette étude, 8 COV ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Pesticides Organo Chlorés (OCP) :

Les pesticides organochlorés sont parmi les plus anciens pesticides organiques de synthèse mis sur le marché. Le DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane) a ainsi été utilisé dès les années 1950 en agriculture. Ce sont généralement des insecticides, qui, du fait de leur caractère persistant, bioaccumulable et toxique, sont actuellement interdits ou très restreints d'utilisation en France. Par exemple, le lindane est interdit en France pour l'agriculture en 1998 et a été retiré des molécules pharmaceutiques depuis fin 2008. Le DDT est interdit en France depuis 1971, mais reste utilisé dans certains pays tropicaux pour lutter contre le paludisme (transmis par les moustiques).

Dans le cadre de cette étude, 14 OCP ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

PCB :

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés organiques aromatiques chlorés qui ont massivement été synthétisés et utilisés (1 million de tonnes entre 1930 et 1980) en tant que fluides diélectriques ou lubrifiants. On les retrouve essentiellement dans les condensateurs, les turbines, les pompes, les adhésifs, les peintures et les encres. Cependant, leur utilisation a évoluée aux cours des dernières années suite à des interdictions d'utilisation :

- L'arrêté du 8 juillet 1975 modifié par l'arrêté du 29 novembre 1984 interdit l'utilisation de PCB dans les applications ouvertes (encres, adhésifs, additifs dans certaines huiles…)
- Mise sur le marché d'appareils neufs en France interdite depuis 1987
- Détention d'appareils contenant plus de 500ppm de PCB interdite depuis le 31 décembre 2010

Bien que la production et l'utilisation de PCB soient interdites en France depuis 1987, il existe aujourd'hui une pollution environnementale diffuse. Les sources de contamination peuvent être issues soit de source historique (contamination des sols et sédiments due à la production/utilisation de PCB entre 1929 et 1987), soit de sources actuelles (utilisation d'appareils mis en service avant 1987).

Ces composés peuvent être retrouvés dans différents compartiments de l'environnement à des concentrations de l'ordre de la dizaine de ng/L dans les matrices liquides, de la centaine de ng/g dans les matrices solides et du µg/g dans le biota.

Dans le cadre de cette étude, 8 PCB ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

PBDE

Les polybromodiphényléthers (PBDE) forment une classe de 209 congénères bromés produits industriellement en tant que retardateurs de flammes. Ils sont utilisés dans une large gamme de produits du quotidien ignifugés (mousses polyuréthanes, certains plastiques), dans les textiles non destinés à l'habillement (rembourrage de meubles, tapis…) mais également dans les isolants électriques (boitiers d'ordinateurs, téléphones, téléviseurs…). Ces composés peuvent être retrouvés dans différents compartiments de l'environnement à des concentrations de l'ordre du ng/L dans les matrices liquides et de la centaine de ng/g dans les matrices solides.

Dans le cadre de cette étude, 4 PBDE ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des composés organiques constitués d'au moins deux cycles benzéniques condensés. Les HAP sont présents de façon ubiquiste dans l'environnement où ils peuvent être introduits par des processus anthropiques ou naturels. Ils peuvent provenir de 3 origines : (i) origine pyrolytique (combustion incomplète de la matière organique : transport, incinérateurs, chauffages, incendies…), (ii) origine pétrogénique (introduction dans l'environnement à partir de produits pétroliers et dérivés) et, dans une moindre mesure, (iii) origine diagénétique (modification chimique de précurseurs naturels). Les propriétés physico-chimiques et toxicologiques de ces composés dépendent essentiellement de leur poids moléculaire et de leur structure, notamment du nombre de cycles aromatiques. Dans l'ensemble, les HAP sont peu volatils et très peu solubles dans l'eau (ceci est d'autant plus vrai que le nombre de cycles est élevé). Les concentrations retrouvées dans les écosystèmes aquatiques sont généralement de l'ordre du nanogramme par litre (sauf cas de pollution spécifique).

Dans le cadre de cette étude, 14 HAP ont été analysés sur les 16 prioritaires définis par l'US-EPA. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Phtalates :

Les phtalates sont dérivés de l'acide phtalique. Ils sont composés d'un noyau benzénique et de deux groupements carboxylates placés en ortho et dont la taille de la chaîne alkyle peut varier. Leur origine est quasi exclusivement anthropique, ils sont largement utilisés en tant que plastifiants dans l'industrie des polymères (95 % de leur consommation est liée à la fabrication de produits à base de chlorure de polyvinyle (PVC)). Ils sont également utilisés dans d'autres domaines d'application comme l'aménagement intérieur et extérieur des bâtiments, le textile, la santé, les cosmétiques, l'automobile....Les principales voies d'apport de phtalates à l'environnement sont les émissions dans l'air (dégradation des produits en PVC dans leurs différentes phases de vie) et les pertes par lessivage et/ou solubilisation (ruissellement sur les toitures et les chaussées lors des phénomènes pluvieux, nettoyage de véhicules, de surfaces intérieures, etc.). Les phtalates sont donc susceptibles d'être transférés vers l'atmosphère, puis redistribués via les précipitations et le ruissellement jusqu'aux eaux de surface et aux eaux souterraines. Ils peuvent contribuer à une dégradation durable de la qualité des eaux. Ces composés ont été détectés dans différents compartiments de l'environnement à des concentrations de l'ordre du µg/L dans les matrices liquides, du µg/g dans les matrices solides et de l'ordre du ng/m^3 dans les matrices gazeuses.

Cette le cadre de cette étude, seul le composé le plus utilisé, le DEHP (di(2-éthylhexyl)phtalate), sera analysé.

Plastifiants :

Le Bisphénol A (BPA) est une substance chimique de synthèse utilisée depuis plus de 50 ans dans la fabrication (plastiques, résines époxydes), la synthèse de retardateurs de flamme ou comme révélateur de papiers thermiques. Les sources sont très variées et une soixantaine de secteurs potentiellement utilisateurs de BPA ont été identifiés (câbles, mastics, adhésifs, optiques de phares, appareils électroménagers…). Depuis 2011 l'ANSES recommande une réduction de l'exposition des

populations au BPA, notamment en préconisant sa substitution dans les plastiques au contact des denrées alimentaires. Depuis 2013, le BPA est classé toxique pour la reproduction par le Comité d'Evaluation des Risques (RAC) et l'Agence européenne des substances chimiques (ECHA).

Filtres UV :

Les filtres ultraviolets sont utilisés dans les produits solaires et dans certains produits cosmétiques, mais également dans de nombreux autres produits en tant qu'agents anti-ultraviolets dans les plastiques, dans les tissus d'ameublement et dans les vêtements par exemple. Les voies d'entrée dans l'environnement des filtres ultraviolets à chaque étape de la vie des produits concernés sont nombreuses (Giokas et al., 2007). En effet, les filtres ultraviolets peuvent être relargués durant toutes les étapes de production, mais également lors de la vie des produits manufacturés contenant les filtres ultraviolets. Ainsi l'une des voies d'entrée directe dans l'environnement est le « lessivage » des crèmes solaires et autres produits de soin corporels contenant des filtres ultraviolets lors des activités de baignades que ce soit dans des milieux naturel (océans, mers, lacs, rivières…) ou dans des environnements artificiels (piscines, salles de bain...). Les produits manufacturés contenant les filtres ultraviolets en fin de vie vont transiter par les filières de retraitement où ils vont conduire à l'introduction de filtres ultraviolets dans l'environnement via la lise en décharges et les rejets de STEU (Giokas et al., 2007).

Dans le cadre de cette étude, 6 filtres UV ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Parabènes :

Les parabènes sont des alkyl esthers de l'acide 4-hydroxybenzoic (4-HBA) qui sont utilisés comme agents antibactériens dans des produits alimentaires, dans les pharmaceutiques et dans les cosmétiques. Ces composés sont largement utilisés dans les produits cosmétiques. 99% des produits cosmétiques sans rinçage et 77% des produits avec rinçage contiennent des parabènes. Une utilisation préférentielle du méthyl- > éthyl- > propyl- > butyl- > benzyl parabène dans les différentes catégories de cosmétiques est observée. Ils sont normalement utilisés en mélange de deux ou plus parabènes et/ou d'autres conservateurs. Parmi les parabènes, le butyl parabène est celui qui montre la plus importante activité antimicrobienne, mais il est moins utilisé dans les cosmétiques à cause de sa solubilité réduite dans l'eau contrairement au méthyl parabènes hautement hydrosoluble. Les parabènes sont facilement biodegradables dans des conditions aérobiques, cependant leur consommation élevée et leur introduction en continu dans l'environnement déterminent une situation de « pseudo-persistence » pour ce type de contaminants (Morin, 2009).

Dans le cadre de cette étude, 8 parabènes ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Composés poly- et perfluoroalkylés (PFAS) :

Les composés poly et perfluoroalkylés (PFAS) sont des molécules de synthèse constituées d'un groupement polaire hydrophile (ex : carboxylate, sulfonate, phosphate, sulfonamide) et d'une chaine fluorocarbonée à la fois hydrophobe et lipophobe. Leur caractère amphiphile et leur grande stabilité chimique et thermique, liées aux liaisons covalentes Carbone-Fluor de forte énergie (450kJ/mol), en font d'excellents agents de surface. Ils sont utilisés depuis les années 1950 dans une large gamme de produits tels que les traitements de surface, les emballages, les tissus, les revêtements antiadhésifs, les peintures, les mousses anti-incendie, les pesticides, les imperméabilisants ou encore les fluides hydrauliques pour l'aviation. La migration des composés perfluoroalkylés vers les systèmes environnementaux (et notamment aquatiques) se fait via les rejets d'industrie de semi-conducteurs, de composants électroniques, d'industries du textiles, l'utilisation de certaines mousses anti-incendie et via les effluents de stations de traitement des eaux usées et les eaux de ruissellement. Du fait de leur grande stabilité, les PFAS sont retrouvés de façon ubiquiste sur l'ensemble du globe. Les concentrations totales des PFAS dans les eaux dépassent rarement le µg/L et les eaux continentales

sont généralement plus contaminées que les eaux côtières et marines (jusqu'à plusieurs centaines de ng/L contre quelques ng/L seulement).

Dans le cadre de cette étude, 17 PFAS ont été analysés. Ces composés sont listés dans le Tableau 3 (p. 48).

Biocides :

L'appellation « produits biocides » regroupe un ensemble de produits destinés à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre, par une action chimique ou biologique. Bien que ciblant les organismes nuisibles, les biocides sont par définition des produits actifs susceptibles d'avoir des effets sur l'homme, l'animal ou l'environnement. Les produits biocides sont classés dans différentes catégories : les désinfectants, les produits de protection, les produits de lutte contre les nuisibles et autres produits (taxidermie, thanatopraxie, agents de traitement des façades…). Cette partie de l'étude est axée sur les désinfectants, et plus particulièrement sur le triclosan et la chlorhexidine.

Le triclosan est largement utilisé comme bactéricide. Il est souvent contenu dans des produits de grande consommation et dans des produits de soin à usage professionnel, notamment pour application orale et dermatologique, mais il est aussi incorporé dans les polymères et dans les fibres pour conférer des propriétés antibactériennes à des textiles. Enfin, son utilisation est également autorisée dans les matériaux d'emballage, y compris les emballages en plastique à usage alimentaire.

La chlorhexidine est un antiseptique à large spectre d'action de plus en plus utilisé notamment dans les dentifrices, les bains de bouche et les sprays désinfectants.

Tableau 3. Noms et nombre de micropolluants organiques recherchés pour chaque source et milieu étudié

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
Médicaments				46	43	43	71	43	36	13	13	13
	antiviral	abacavir	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant	acide 4-chlorobenzoïque	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	acébutolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant (métabolite clofibrate)	acide clofibrique	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant (métabolite fenofibrate)	acide fénofibrique	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antidépresseur	amitriptyline	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	aténolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant	atorvastatine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant	bézafibrate	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	bisoprolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	psychostimulant	caféine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiepileptique	carbamazépine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antihistaminique	cétirizine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiagrégant plaquettaire	clopidogrel	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anti-inflammatoire AINS	diclofénac	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiarythmique	disopyramide	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antidépresseur	fluoxétine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	antiepileptique	gabapentine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	hypolipémiant	gemfibrozil	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anti-inflammatoire AINS (métabolite ibuprofène)	hydroxy-ibuprofène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	anti-inflammatoire AINS	ibuprofène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	anti-inflammatoire	kétoprofène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiviral	lamivudine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiepileptique	lévétiracétam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	anxiolytique	lorazépam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antihypertenseur	losartan	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anxiolytique	méprobamate	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	métoprolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anti-inflammatoire AINS	naproxène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiviral	névirapine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anxiolytique	nordazépam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
	anxiolytique	oxazépam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	analgésique	paracétamol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	hypolipémiant	pravastatine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	antiepileptique	primidone	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	propranolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiulcereux	ranitidine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	antiviral	ritonavir	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	sotalol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	bronchodilatateur - psychostimulant	théophylline	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiviral	zidovudine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	analgésique	aspirine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	anti-inflammatoire AINS	acide salicylique	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antibiotique (fluoroquinolone)	ciprofloxacine	EAU (dissous)	X			X					
	antibiotique	ofloxacine	EAU (dissous)	X			X					
	anticancéreux	cyclophosphamide anhydre	EAU (dissous)	X			X					
	anti-inflammatoire	acide niflumique	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	amisulpride	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	bromazépam	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	clarithromycine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	clorazépate	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	cloxacilline	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	cyamémazine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	diazépam	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	duloxétine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	hydroxyzine	EAU (dissous)				X					
	antiepileptique	lamotrigine	EAU (dissous)				X					
	anti-parasitaire	malathion	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	méthadone chlorhydrate	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	norofloxacine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	paroxétine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	prazépam	EAU (dissous)				X					
	bronchodilatateur	salbutamol	EAU (dissous)				X					
	antiviral	saquinavir	EAU (dissous)				X					
	vasodilatateur	sildénafil	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	sulfaméthoxazole	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	triméthoprime	EAU (dissous)				X					
	antiepileptique	valpromide	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	venlafaxine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	zolpidem	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	zopiclone	EAU (dissous)				X					

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
Pesticides				62	62	62	62	60	31	24	24	24
	herbicide (métabolite diuron)	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (métabolite diuron)	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (métabolite acétochlore)	acétochlore ESA (acide sulfonique)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	acrinathrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	alachlore	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	atrazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite atrazine)	atrazine-2-hydroxy	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite atrazine)	atrazine-déséthyl (DEA)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	herbicide (métabolite atrazine)	atrazine-déisopropyl (DIA)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	fongicide	azoxystrobine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	bifenthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	carbendazime	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	chlorfenvinphos	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	chlorotoluron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	chlorpyrifos-éthyl	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	cyfluthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	cyperméthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (métabolite diuron)	DCPMU (1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthyl-urée)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	diazinon	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	insecticide	dichlorvos	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	difénoconazole A B	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	diflufénican	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	dimétachlore	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	diuron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	fongicide (métabolite dichlofluanide)	DMSA (diméthyl-phénylsulfamide)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	fongicide (métabolite tolylfluanide)	DMST (diméthyl-tolylsulfamide)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	insecticide	endosulfan	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	epoxiconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	esfenvalérate + fenvalérate	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	famoxadone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	fongicide	fenbuconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	fipronil	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
	insecticide (métabolite fipronil)	fipronil-désulfinyl	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (métabolite fipronil)	fipronil-sulfide	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (métabolite fipronil)	fipronil-sulfone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	flazasulfuron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	fluquinconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	flutriafol	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	hexazinone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	herbicide (métabolite simazine)	hydroxy-simazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	imidaclopride	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	isoproturon	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	lambda-cyhalothrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	linuron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	métolachlore	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite métolachlore)	métolachlore ESA (acide sulfonique)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite métolachlore)	métolachlore OXA (acide oxanilique)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (& aussi métabolite diméthoate)	ométhoate	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	perméthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	propiconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	simazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	fongicide	spiroxamine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	tau-fluvalinate	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	tebuconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (& aussi métabolite terbuthylazine)	terbutryne	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	terbuthylazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite terbuthylazine)	terbuthylazine-déséthyl	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	tétraconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	trifloxystrobine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	trifluraline	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	glyphosate	EAU (dissous)	X	X	X	X		X	X	X	X
	herbicide (métabolite glyphosate)	AMPA (acide aminométhylphosphonique)	EAU (dissous)	X	X	X	X		X	X	X	X
	fongicide	mancozèbe							X			
AkP				**7**	**7**	**7**	**7**	**7**	**2**	**0**	**0**	**2**
		octylphénol (OP)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			X

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		octylphénol monoéthoxylate (OP1EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		octylphénol diéthoxylate (OP2EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		nonylphénol (NP)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			X
		nonylphénol monoéthoxylate (NP1EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		nonylphénol diéthoxylate (NP2EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		acide nonylphénoxyacétique (NP1EC)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
BTEX				4	4	4	4	4	4	0	0	0
		Benzène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
		Ethylbenzène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
		Toluène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
		Xylènes	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
COV				8	8	8	8	8	0	0	0	0
		chlorure de vinyle	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		trichlorométhane	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		dichlorométhane	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		1,2-dichloroéthane	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		tétrachlorure de carbone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		tétrachloroéthylène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		trichloroéthylène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		hexachlorobutadiène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
OCP				15	15	15	15	15	0	0	0	0
		endrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		isodrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		aldrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		2,4'-DDT	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		4,4'-DDT	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		lindane	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		mirex	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		heptachlore	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		chlordécone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		CIS-chlordane	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		4,4'-DDD	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		2,4'-DDE	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		4,4'-DDE + Dieldrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
PCB				8	8	8	8	8	8	0	0	0
		PCB 28 (2,2',4,6 tétrachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 50 (2,4,4' trichlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 52 (2,2',5,5' tétrachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 101 (2,2',4,5,5' pentachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 118 (2,3',4,4',5 pentachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 138 (2,2',3,4,4',5' hexachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 153 (2,2',4,4',5,5' hexachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5' heptachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
PBDE				4	4	4	4	4	0	0	0	0
		BDE 47 (2,2',4,4' tétrabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		BDE 100 (2,2',4,4',6 pentabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		BDE 99 (2,2',4,4',5 pentabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		BDE 153 (2,2',4,4',5,5' hexabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
HAP				15	12	12	12	12	15	15	15	15
		anthracène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[a]anthracène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[a]pyrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[b+j+k]fluoranthène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[g,h,i]pérylène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		chrysène + triphénylène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		fluoranthène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		indéno[1,2,3-cd]pyrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		naphtalène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		phénanthrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		pyrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		acénaphthène	EAU (dissous – particulaire)	X					X	X	X	X
		acénaphthylène	EAU (dissous – particulaire)	X					X	X	X	X
		fluorène	EAU (dissous – particulaire)	X					X	X	X	X
Phtalates				1	1	1	1	1	1	0	0	0
		DEHP (Di(2-éthylhexyl)phtalate)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
Plastifiants				1	0	1	0	0	1	0	0	0
		BPA (Bisphénol A)	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
Filtres UV				6	0	6	0	0	6	0	0	0
	oxybenzone	benzophénone 3	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	avobenzone	butyl méthoxydibenzoylméthane	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	EHMC	ethylhexyl méthoxycinnamate	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	ODPABA	ethylhexyl diméthyl paba	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	4-MBC	4-méthylbenzylidène camphre	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	Octocrylène	octocrylène	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
Parabènes				8	0	8	0	0	8	0	0	0
		4-hydroxybenzoate de métyle	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		4-hydroxybenzoate d'éthyle	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		benzyl paraben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		butylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		isobutylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		isopropylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		pentylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		propylparabène	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
PFAS				17	0	17	0	0	17	17	17	17
		PFBA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFPeA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHxA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHpA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFOA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFNA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFDA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFBS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		PFHxS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHpS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFOS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		6:2 FTSA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		8:2 FTSA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		FOSA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		FOSAA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		MeFOSAA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		EtFOSAA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
Biocides				2	0	2	2	0	2	0	0	0
		triclosan	EAU (dissous - particulaire*)	X		X	X		X			
		chlorhéxidine	EAU (dissous - particulaire*)	X		X	X		X			
Détergents				16	0	16	16	0	16	0	0	0
		benzotriazole	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		BDDAC	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		BDTAC	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		stepanquat GA 90	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		lauryl pyridinium	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		incromine SD	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		sodium 2-ethylhexyl sulfate	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		sodium dodecyl sulfate	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C10	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C11	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C12	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C13	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		texapon N 701 S	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		comperlan 100	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		triton X100	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		cetyl betaïn	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
Total				220	164	214	210	162	147	69	69	71

X* si retrouvé dans les EU domestiques

D. Etude de conservation des échantillons

Les échantillons ne pouvant généralement pas être traités juste après leur prélèvement, il convient de les congeler afin de pouvoir les conserver jusqu'à leur extraction. Il faut néanmoins s'assurer que la congélation n'a pas d'influence sur les concentrations déterminées. Pour cela, les résultats obtenus pour un échantillon traité non congelé ont été comparés à ceux obtenus pour le même échantillon après une période de congélation (ordre du mois) ce qui détermine l'influence de la congélation sur les concentrations.

L'influence de la congélation avant filtration a également été testée en comparant les résultats obtenus pour un échantillon filtré après congélation et un échantillon filtré frais puis congelé. Pour l'analyse des particules, les filtres sont congelés pour la lyophilisation. Dans ce cas, c'est l'influence de la congélation de l'échantillon avant filtration par rapport à la congélation après filtration qui a été testée sur les résultats obtenus pour la phase particulaire. L'ensemble des résultats sont présentés dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (p. **Erreur ! Signet non défini.**).

Pour les médicaments, une perte comprise entre 10 et 40 % est observée entre un échantillon extrait frais et un échantillon extrait après congélation. Les travaux de (Aminot, 2013) ont montré que ces pertes ne pouvaient pas être imputées à une séquestration des analytes sur le contenant des échantillons et qu'une hypothèse pouvait être la séquestration des analytes par la phase colloïdale. Une congélation avant ou après filtration ne change rien aux résultats obtenus. Puisque d'un point de vue opératoire il n'est pas possible de s'affranchir de l'étape de congélation, celle-ci a été effectuée pour l'ensemble des échantillons.

Pour les pesticides, aucune perte supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre un échantillon extrait frais et un échantillon extrait après congélation, que ce soit avant ou après filtration. Les performances pour la famoxadone n'ont cependant pas pu être testées.

Pour les alkylphénols en phase dissoute, aucune perte supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre un échantillon extrait frais et un échantillon extrait après congélation, que ce soit avant ou après filtration pour le 4-ter octylphénol. Pour le 4-nonylphénol (mélange isomères) en revanche, une perte de 30 % est observée que ce soit pour une congélation avant ou après filtration. Pour les alkylphénols en phase particulaire, aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre les concentrations déterminées pour des particules obtenues avant ou après congélation.

Pour les PCB en phase dissoute, excepté pour le PCB 28, aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre un échantillon extrait frais et un échantillon extrait après congélation, que ce soit avant ou après filtration. Pour le PCB 28, qui est le PCB le plus léger, une perte de 50 % est observée pour un échantillon extrait après congélation et une perte de 89 % est observée pour un échantillon extrait congelé avant filtration. Ce résultat est cependant à nuancer car les concentrations déterminées sont faibles (12 ng/L). Le PCB 50 n'est pas quantifié (LQ = 0,1 ng/L). Pour les PCB en phase particulaire, aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre les concentrations déterminées pour des particules obtenues avant ou après congélation.

Pour les HAP en phase dissoute aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre un échantillon extrait frais et un échantillon extrait après congélation après filtration. Pour un échantillon congelé avant filtration, une tendance à la perte est observée pour l'anthracène, le fluoranthène et le pyrène. Néanmoins ces résultats sont à nuancer puisque les concentrations déterminées sont particulièrement faibles et passent par exemple pour l'anthracène de 1,6 à 1,0 ng/L. Pour le benzo(b+j+k)fluoranthène , le benzo(a)pyrène, le indéno(1, 2, 3-cd)pyrène et le benzo(g, h, i)pérylène les résultats n'ont pas pu être obtenus car les concentrations étaient inférieures à la LQ pour tous les échantillons. Ceci n'est pas problématique puisque ces composés n'ont pas été quantifiés dans la plupart des échantillons de cette étude. Pour les HAP en phase particulaire, hormis pour le naphtalène, aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre les concentrations déterminées pour des particules obtenues avant ou après congélation. Pour le

naphtalène, les concentrations déterminées pour les particules obtenues après congélation sont supérieures, mais restent dans la même gamme de concentration.

Pour le DEHP en phase dissoute, aucune perte supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre un échantillon extrait frais et un échantillon extrait après congélation, que ce soit avant ou après filtration. Pour le DEHP en phase particulaire, aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée entre les concentrations déterminées pour des particules obtenues avant ou après congélation.

En conclusion, même si l'étape de congélation peut entrainer des pertes pour certains composés, celles-ci sont minimes et, pour des raisons logistiques, cette étape est indispensable au traitement de grandes séries d'échantillons, comme c'est le cas dans cette étude.

Tableau 4. Influence de la congélation sur les résultats obtenus

		Phase dissoute				Phase dissoute				Phase dissoute		Phase particulaire
		Influence de la congélation	Influence de la congélation avant filtration			Influence de la congélation	Influence de la congélation avant filtration			Influence de la congélation	Influence de la congélation avant filtration	Influence de la congélation avant filtration
médicaments	abacavir	perte de 20 %	= congél. après filtration	pesticides	acétochlore ESA	pas d'influence	= congél. après filtration	AkP	4-ter octylphénol	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	acébutolol	perte de 20 %	= congél. après filtration		atrazine	pas d'influence	= congél. après filtration		4-nonylphénol (mélange isomères)	perte de 30 %	= congél. après filtration	pas d'influence
	amitriptyline	perte de 25 %	= congél. après filtration		2-hydroxy-atrazine	pas d'influence	= congél. après filtration	PCB	PCB 28	perte de 50 %	perte de 90 %	pas d'influence
	aténolol	perte de 20 %	= congél. après filtration		DEA	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 50	non déterminé	non déterminé	pas d'influence
	bézafibrate	perte de 15 %	= congél. après filtration		DIA	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 52	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	bisoprolol	perte de 20 %	= congél. après filtration		azoxystrobine	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 101	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	caféine	perte de 20 %	= congél. après filtration		carbendazime	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 118	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	carbamazépine	perte de 25 %	= congél. après filtration		DCPMU	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 138	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	cétirizine	perte de 20 %	= congél. après filtration		diflufénican	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 153	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	clopidogrel	perte de 20 %	= congél. après filtration		diuron	pas d'influence	= congél. après filtration		PCB 180	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	disopyramide	perte de 20 %	= congél. après filtration		DMSA	pas d'influence	= congél. après filtration	HAP	naphtalène	pas d'influence	= congél. après filtration	tendance à la hausse
	gabapentine	perte de 30 %	= congél. après filtration		DMST	pas d'influence	= congél. après filtration		acénaphthylène	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	lamivudine	perte de 10 %	= congél. après filtration		hexazinone	pas d'influence	= congél. après filtration		acénaphthène	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	lorazépam	perte de 20 %	= congél. après filtration		hydroxy-simazine	pas d'influence	= congél. après filtration		fluorène	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	losartan	perte de 20 %	= congél. après filtration		imidaclopride	pas d'influence	= congél. après filtration		phénanthrène	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	méprobamate	perte de 20 %	= congél. après filtration		métolachlore	pas d'influence	= congél. après filtration		anthracène	pas d'influence	tendance à la baisse	pas d'influence
	métoprolol	perte de 20 %	= congél. après filtration		métolachlore ESA	pas d'influence	= congél. après filtration		fluoranthène	pas d'influence	tendance à la baisse	pas d'influence
	névirapine	perte de 20 %	= congél. après filtration		métolachlore OXA	pas d'influence	= congél. après filtration		pyrène	pas d'influence	tendance à la baisse	pas d'influence
	oxazépam	perte de 20 %	= congél. après filtration		propiconazole	pas d'influence	= congél. après filtration		benzo(a)anthracène	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	paracétamol	perte de 20 %	= congél. après filtration		simazine	pas d'influence	= congél. après filtration		chrysène + triphénylène	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	primidone	perte de 25 %	= congél. après filtration		terbutryne	pas d'influence	= congél. après filtration		benzo(b+j+k)fluoranthène	non déterminé	non déterminé	pas d'influence
	propranolol	perte de 10 %	= congél. après filtration		terbuthylazine	pas d'influence	= congél. après filtration		benzo(a)pyrène	non déterminé	non déterminé	pas d'influence
	ritonavir	perte de 20 %	= congél. après filtration		diazinon	pas d'influence	= congél. après filtration		indéno(1, 2, 3-cd)pyrène	non déterminé	non déterminé	pas d'influence
	sotalol	perte de 20 %	= congél. après filtration		famoxadone	pas testé	pas testé		benzo(g, h, i)pérylène	non déterminé	non déterminé	pas d'influence
	théophylline	perte de 20 %	= congél. après filtration		glyphosate	pas d'influence	= congél. après filtration	phthalates	di(2-éthylhexyl)phthalate	pas d'influence	= congél. après filtration	pas d'influence
	acide 4-chlorobenzoïque	perte de 20 %	= congél. après filtration		AMPA	pas d'influence	= congél. après filtration					
	diclofénac	perte de 20 %	= congél. après filtration		fipronil	pas d'influence	= congél. après filtration					
	hydroxy-ibuprofène	perte de 20 %	= congél. après filtration		fipronil desulfinyl	pas d'influence	= congél. après filtration					
	acide clofibrique	perte de 20 %	= congél. après filtration		fipronil sulfide	pas d'influence	= congél. après filtration					
	acide fénofibrique	perte de 20 %	= congél. après filtration		fipronil sulfone	pas d'influence	= congél. après filtration					
	atorvastatine	perte de 20 %	= congél. après filtration									
	gemfibrozil	perte de 15 %	= congél. après filtration									
	ibuprofène	perte de 20 %	= congél. après filtration									
	kétoprofène	perte de 20 %	= congél. après filtration									
	naproxène	perte de 20 %	= congél. après filtration									
	acide salicylique	perte de 20 %	= congél. après filtration									

Ces tests de conservation ont également été réalisés sur une nouvelle classe de molécules, les PFAS. Les résultats sont reportés dans le Tableau 5. L'influence de la congélation a été déterminée uniquement lorsque le composé était quantifié dans les 3 réplicas (concentration significativement supérieure à la LQ). Aucune différence supérieure à la variabilité analytique n'est observée dans le dissous entre l'échantillon filtré et extrait frais et l'échantillon filtré avant et extrait après congélation. Pour le PFOS et le FOSA, une augmentation de 15-20 % est observée dans le dissous lorsque la filtration est réalisée après congélation, en contrepartie d'une baisse de 15-25 % dans la phase particulaire, indiquant probablement un effet de la congélation sur la spéciation. On observe également une baisse inférieure à 30 % des concentrations en PFOA, PFNA, 6:2 FTSA et 8:2 FTSA dans la phase particulaire, composés pour lesquels les niveaux sont tout de même proches des LQ dans cet échantillon.

Tableau 5. Influence de la congélation sur les résultats obtenus pour les PFAS

		Phase dissoute		*Phase particulaire*
		Influence de la congélation	Influence de la congélation avant filtration	Influence de la congélation avant filtration
PFAS	PFBA	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFPeA	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFHxA	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFHpA	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFOA	pas d'influence	pas d'influence	perte de 20%
	PFNA	pas d'influence	pas d'influence	perte de 15%
	PFDA	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFBS	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFHxS	pas d'influence	pas d'influence	perte de -25%
	PFHpS	pas d'influence	pas d'influence	pas d'influence
	PFOS	pas d'influence	augmentation 20 %	perte de 25%
	6:2 FTSA	pas d'influence	pas d'influence	perte de 30%
	8:2 FTSA	pas d'influence	pas d'influence	perte de 10%
	FOSA	pas d'influence	augmentation 20 %	perte de 15%
	FOSAA	non déterminé	pas d'influence	pas d'influence
	MeFOSAA	non déterminé	pas d'influence	pas d'influence
	EtFOSAA	non déterminé	pas d'influence	pas d'influence

E. Assurance qualité

L'analyse des molécules organiques requiert certaines précautions. Ainsi, dans un souci d'assurance qualité des résultats, des contrôles sont opérés à différents niveaux. Tout d'abord, seuls des consommables compatibles avec l'analyse ultra-traces sont utilisés. Les solvants sont de qualité HPLC. Les composés étalons sont de haute pureté chimique (supérieure à 90%).

Avant chaque série d'analyse, les performances instrumentales (justesse de quantification, limites de quantification) sont mesurées afin de s'assurer que l'instrument analytique est en bonnes conditions afin de répondre aux exigences de qualité pour l'analyse d'échantillons faiblement contaminés en polluants. Toutes ces performances sont compilées dans des cartes de contrôle qui sont remplies et validées avant chaque série d'analyse.

La justesse de quantification instrumentale se vérifie par l'injection d'une solution de référence en concentration connue en natifs et en étalons internes. La quantité de composés est calculée avec la technique de l'étalonnage interne. Le rapport de la quantité calculée sur la quantité réelle donne le pourcentage de justesse de quantification. La Figure 5 présente un exemple de suivi de justesse de

quantification instrumentale pour la carbamazépine (un composé issu de la famille des pharmaceutiques).

Les limites de quantification (LQ) instrumentales se calculent par l'analyse d'une solution de référence de concentration connue et relativement faible (proche des limites de détection attendues). Il s'agit de la plus faible quantité d'un composé qui peut être dosée par l'instrument analytique.

Le rapport du signal sur bruit (S/N) est alors déterminé pour chaque molécule avec la méthode en « peak to peak » qui prend en compte la valeur maximale du bruit. La zone de bruit est de 0,1 min, 0,5 min avant le pic chromatographique. La limite de détection est calculée pour S/N = 3 et la limite de quantification pour S/N = 10. La Figure 6 présente un exemple de suivi de limite de quantification instrumentale pour la carbamazépine.

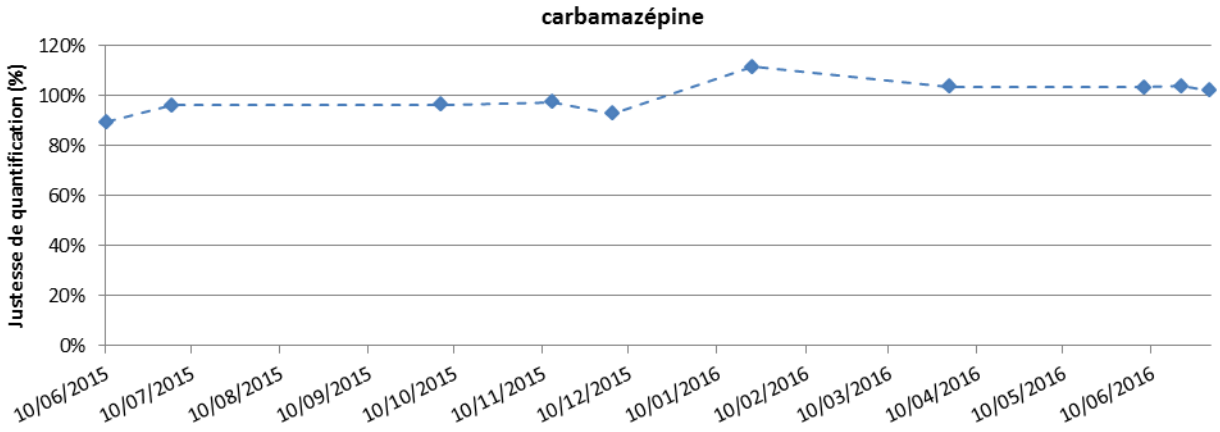


Figure 5.Suivi de la justesse de quantification (%) instrumentale pour la carbamazépine

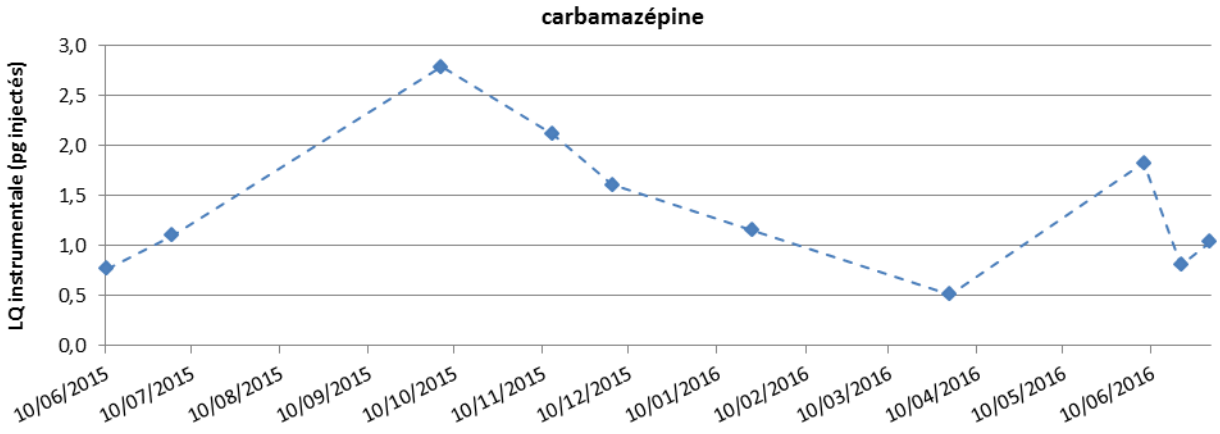


Figure 6. Suivi des limites de quantification instrumentales (pg injectés) pour la carbamazépine

En plus des performances instrumentales, les performances globales de la manipulation sont déterminées. Pour chaque série d'échantillons traitée, des échantillons de référence (eau minérale ou dé ionisée enrichie artificiellement en composés d'intérêt en concentration connue) sont préparés, extraits et analysés. L'analyse de ces échantillons de référence permet de calculer à la fois la justesse

de quantification de la manipulation et la limite de quantification de manipulation (la plus faible quantité d'un composé qui peut être dosée dans un échantillon).

La limite de quantification de manipulation dépend de nombreux paramètres, comme de la molécule elle-même ou la méthodologie employée, mais dépend aussi de la matrice étudiée. Les limites de quantification obtenues pour des matrices complexes comme les effluents urbains par exemple sont souvent plus élevées que celles obtenues pour des matrices plus simples comme les eaux de rivière. Dans certains cas, les limites de quantification ne peuvent même pas être calculées tant les transitions des molécules sont interférées. De plus un niveau de complexité vient s'ajouter pour l'analyse de la phase particulaire : les LQ dépendent de la quantité de particules, quantité variable d'un échantillon à un autre.

Le rapport de la quantité de composés calculée/dosée sur la quantité réellement présente donne la justesse de l'extraction que l'on exprime en pourcentage.

Dans le domaine environnemental, les composés recherchés étant présents à l'état de traces, il est important de pouvoir discriminer les quantités réellement présentes dans l'échantillon de celles potentiellement apportées par le milieu extérieur lors des différentes étapes de préparation. Pour cela, des blancs de manipulation sont réalisés lors de chaque extraction et permettent de quantifier une éventuelle contamination extérieure qui est alors soustraite à la quantité déterminée dans les « vrais » échantillons. Dans cette étude, certaines classes de molécules comme par exemple les pesticides ou les composés pharmaceutiques ne posent pas de problème en termes de « blancs », étant donné leur utilisation spécifique. D'autres en revanche sont plus problématiques car omniprésents dans notre environnement, comme par exemple les HAP, les alkylphénols ou encore les phtalates. Ainsi, des précautions particulières doivent être prises par les manipulateurs afin d'éviter la contamination des échantillons par l'environnement : utilisation de verrerie dédiée, manipulation dans des salles en fonction du type d'échantillon à traiter, etc. Afin de s'assurer de la validité des données, seules les valeurs supérieures à 3 fois la quantité de composé obtenue dans le blanc sont validées.

L'ensemble des performances de manipulation pour les différents composés étudiés sont données dans la section Méthodes Analytiques.

III. Méthodes Analytiques

A. Méthodes analytiques existantes

Compte tenu des différences de propriétés physico-chimiques entre les multiples classes de composés analysés, plusieurs méthodes analytiques ont dû être utilisées. La première étape commune à toutes ces analyses est l'extraction du composé d'intérêt de sa matrice (Tableau 6). Ce travail peut s'avérer délicat, plus particulièrement pour des matrices très complexes comme celles des eaux usées domestiques. Des méthodes analytiques permettant de traiter un grand nombre d'échantillon rapidement (ex : SPME, injection directe) ont été privilégiées dans un souci de faisabilité. La technique de détection mise en place dépend également de la nature physico-chimique des échantillons (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

a. Description des méthodes

De nombreuses méthodes analytiques sont mises en place depuis longtemps et sont recensées dans le Tableau 8 (phase dissoute, p. 63) et le
(phase particulaire, p. 66).

Tableau 6. Descriptif des différentes techniques d'extraction

	Nom complet	**Principe général**
SPME	Solid phase micro-extraction	Extraction des composés d'intérêt présents en phase aqueuse sur une fibre adsorbante
SBSE	Stir-bar sorptive extraction	Extraction des composés d'intérêt présents en phase aqueuse sur un barreau recouvert d'une phase adsorbante
SPE	Solid phase extraction	Extraction des composés d'intérêt présents en phase aqueuse sur une cartouche contenant une phase adsorbante
MO	Micro-ondes	Extraction des composés présents sur une phase particulaire par un solvant soumis aux micro-ondes

Tableau 7. Descriptif des différentes techniques d'analyse utilisées

	Nom complet	**Principe général**
GC/ECD	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par capture d'électrons	Séparation par chromatographie en phase gazeuse Détection des anions formés par capture d'électrons d'une source radioactive
GC/MS	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse	Séparation par chromatographie en phase gazeuse Détection des ions en fonction de leur rapport masse/charge
GC/MS/MS	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem	Séparation par chromatographie en phase gazeuse Détection des ions en fonction de leur rapport masse/charge après fragmentation d'un ion parent sélectionné
LC/MS/MS	Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem	Séparation par chromatographie en phase liquide Détection des ions en fonction de leur rapport masse/charge après fragmentation d'un ion parent sélectionné

Tableau 8. Récapitulatif des différentes méthodes analytiques utilisées dans l'analyse des fractions dissoutes

Classe/Famille de composés	Préparation des échantillons	Méthode analytique	CQ-AQ
Médicaments classiques	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Acidification pH 2 (HCl 36.5-38% / H_2O ultra pure 1/3, v/v) • Cartouches SPE : OASIS MCX (3cc-60mg) • Elution : EA : 3mL EA / Acétone (50/50,v/v) : 3mL MeOH / DCM (50/50, v/v + 5% NH_4OH) : 3mL	<u>LC-MS/MS ESI-Pos</u> • Colonne : Zorbax SB C18 (50mm-2.1mm-1.8µm) • Phase mobile voie A : H_2O ultra pure + 0,1% acide formique • Phase mobile voie B : ACN + 0,1% acide formique <u>LC-MS/MS ESI-Neg</u> • Colonne : Zorbax SB C18 (50mm-2.1mm-1.8µm) • Phase mobile voie A : H_2O ultra pure • Phase mobile voie B : ACN <u>LC-MS/MS ESI-Neg</u> (acide salicylique) • Colonne : Acquity UPLC BEH C18 (100mm-2.1mm-1.7µm) • Phase mobile voie A : H_2O ultra pure + 0,05 % acide formique • Phase mobile voie B : MeOH	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés -13C - 15N
Antibiotiques	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • acidification pH 7 (HCl 36.5-38% / H_2O ultra pure 1/3, v/v– si besoin ajout Soude 0.25Mol/L) ajout EDTA (2.08mL pour 50mL échantillon) • Cartouches SPE : OASIS HLB (6cc, 200mg) • Elution : ACN/H_2O ultra pure pH7 (60/40, v/v)	<u>LC/MS/MS ESI-Pos</u> • Colonne : Zorbax SB C18 (100mm-2.1mm-1.8µm) • Phase mobile voie A : H_2O ultra pure + 0.3% acide formique • Phase mobile voie B : ACN + 0.3% acide formique <u>LC/MS/MS ESI-Neg</u> • Colonne : Zorbax SB C18 (50mm-2.1mm-1.8µm) • Phase mobile voie A : H_2O ultra pure + 0,1% acide acétique • Phase mobile voie B : ACN + 0,1% acide acétique	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés – 13C – 15N

Classe/Famille de composés	Préparation des échantillons	Méthode analytique	CQ-AQ
Alkylphénols	• Filtration (GF/F 0,7 µm) • Fibre SPME : PA 85µm • T° extraction : 80°C • Temps extraction : 80min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME-GC/MS/MS • Colonne : HP5MS-UI (30m-0.25mm-0.25µm) • Gaz vecteur : Hélium 6.0 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés – 13C
HAP	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Fibre SPME: PDMS 100µm • T° extraction : 40°C • Temps extraction : 60min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase liquide	SPME-GC/MS • Colonne : HP5MS-UI (30m-0.25mm-0.25µm) • Gaz vecteur : Hélium 6.0 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée + étalons internes deutérés
COV	• Fibre SPME: PDMS /DVB 65µm • T° extraction : 40°C • Temps extraction : 30min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME-Cryo-GC/MS • Colonne : DB-624 (30m x 1,2µm x 0,32mm) • Gaz vecteur : Hélium 6.0 Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés
BTEX	• Fibre SPME: PDMS /DVB 65µm • T° extraction : 40°C • Temps extraction : 30min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME-Cryo-GC/MS • Colonne : DB-624 (30m x 1,2µm x 0,32mm) • Gaz vecteur : Hélium 6.0 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés
DEHP	• Filtration (GF/F, 0,7 µm) • Fibre SPME: PDMS 100µm • T° extraction : 65°C • Temps extraction : 30min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase liquide	SPME-GC/MS/MS • Colonne : HP5MS-UI (30m-0.25mm-0.25µm) • Gaz vecteur : Hélium 6.0 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée + étalons internes deutérés
OCP	• Filtration (GF/F, 0,7 µm)	SPME-GC/µECD	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée + étalons internes deutérés
PCB	• Filtration (GF/F, 0,7 µm) • Fibre SPME: PDMS 100µm • T° extraction : 80°C • Temps extraction : 60min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME-GC/µECD • Colonne : HP5MS (60m-0.25mm-0.1µm) • Gaz vecteur : Hélium 5.6	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée + étalons internes deutérés
PBDE	• Filtration (GF/F, 0,7 µm)	SPME-GC/MS/MS	blancs de préparation + blancs d'injection

Classe/Famille de composés	Préparation des échantillons	Méthode analytique	CQ-AQ
			+ matrice vierge dopée + étalons internes deutérés
Pesticides LC	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Prise d'essai = 100-200 mL • Acidification pH 2 (HCl 36.5-38% / H_2O ultra pure 1/3, v/v) • Cartouches SPE : Oasis HLB (6cc, 200 mg) • Elution : MeOH/DCM (50/50) 2*5 mL	LC/MS/MS ESI-Pos • Colonne Poroshell 120 SB-C18 (2.1 × 100 mm, 2.7 µm) • Phase mobile voie A : 30% H_2O ultra pure + 0,1% acide formique en ampoule • Phase mobile voie B : 70% ACN + 0,1% acide formique en ampoule	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée + étalons internes deutérés
Pesticides GC	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Prise d'essai = 100 mL • Polymère SBSE : PDMS	SBSE-GC/MS/MS IE • Colonne HP 5 MS UI (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm d'épaisseur de film, 5 % Phényl-Méthyl-Siloxane, Agilent Technologies • Gaz vecteur : He (6.0) - 1,3 mL/min	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés -13C - 15N
Glyphosate/AMPA	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Prise d'essai = 5 mL • Cartouches SPE : OASIS HLB (3cc, 60mg) • Elution : 3 mL Méthanol	LC/MS/MS ESI-Pos • Colonne Kinetec C18 (2.1 × 100 mm, 1.7 µm) • Phase mobile voie A : eau EDS-Pack + 5mM d'acétate d'ammonium + 0,1% Acide acétique • Phase mobile voie B : 100% MeOH	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés
Fipronil	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Prise d'essai = 8 mL • Fibre SPME: PDMS-DVB • Immersion phase liquide	SPME-GC/MS/MS IE • Colonne : HP5MS-UI (30m-0.25mm-0.25µm) • Système injection : PTV • Gaz vecteur : Hélium 6.0 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés – 13C

Tableau 9. Récapitulatif des différentes méthodes analytiques utilisées dans l'analyse des fractions particulaires

Classe/Famille de composés	Préparation des échantillons	Méthode analytique	CQ-AQ
Alkylphénols	• Lyophilisation • MO sous pression Solvant : MeOH/DCM (75/25) 30mL • Reprise extrait eau VITTEL pH=2 • Cartouches SPE : bond elut C18, 200mg, 3cc • Rinçage : 3mL MeOH/eau VITTEL pH=2 (50/50) • Elution : 5mL MeOH/DCM (50/50) • Reprise 1mL MeOH/DCM (80/20) • Purification : cartouches SPE : bond elut HF-PSA, 500mg, 3cc • Elution : 5mL MeOH/DCM (80/20) + 5mL MeOH/DCM/Trifluoroacétic acid (TFA) (79/19/2)	<u>MO-LC/MS/MS ESI-Neg</u> • Colonne Acquity UPLC C18 BEH (50mm-2.1mm-1.7µm) • Phase mobile A : H_2O ultra pure et 0.5mM $AcNH_4$ • Phase mobile B : MeOH	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés-13C
HAP	• Lyophilisation • MO sous pression • solvant : DCM • purification µcolonne ouverte • 1-Al2O3 : Elution 15mL CH2Cl2 • 2-SiO2 : élution 2mL nC5 (fraction aliphatique) et 15mL nC5/DCM (65/35, v/v – fraction aromatique)	<u>MO-GC/MS</u> • Colonne : HP5MS-UI (30m-0.25mm-0.25µm) • Gaz vecteur : Hélium 6.0 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés
OCP	• Lyophilisation • MO sous pression	<u>MO-GC/µECD</u>	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes

Classe/Famille de composés	Préparation des échantillons	Méthode analytique	CQ-AQ
PCB	• Lyophilisation • MO sous pression solvant : DCM • purification µcolonne ouverte SiO_2 acidifiée H_2SO_4 • Elution 15mL nC_5/DCM (90/10, v/v)	MO-GC/µECD • Colonne: HP5MS (60m-0.25mm-0.1µm) • Gaz vecteur : Hélium 5.6	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes
DEHP	• Lyophilisation • MO sous pression • Solvant : DCM	MO-GC/MS • Colonne : HP5MS-UI (30m-0.25mm-0.25µm) • Gaz vecteur : Hélium 5.6 • Impact électronique (70eV)	blancs de préparation + blancs d'injection + matrice vierge dopée en parallèle + étalons internes deutérés

b. Performances analytiques

Globalement, les performances obtenues pour la phase dissoute (Tableau 10) sont très bonnes et sont compatibles avec l'analyse de ces composés dans des matrices potentiellement faiblement contaminées. Les justesses de quantification sont autour de 100 % pour l'ensemble des classes de composés (99-106 %). Les limites de quantification sont plus variables d'une classe de composé à l'autre, car elles dépendent de l'instrument analytique utilisé. Elles sont en moyenne de 26 ng/L pour les médicaments, 6 ng/L pour les pesticides, 17 ng/L pour les alkylphénols, 15 ng/L pour les BTEX, 0,4 ng/L pour les PCB, 1 ng/L pour les HAP et 20 ng/L pour les phtalates.

Les performances pour la phase solide (Tableau 11) sont en revanche plus contrastées. Les justesses de quantification sont autour de 100 % pour l'ensemble des classes de composés (89-146 %). Les limites de quantification sont de l'ordre du ng/g mais n'ont pas pu être déterminées pour certains composés (LQ variable). En effet, comme discuté dans la section « Assurance qualité », les limites de quantification pour la phase particulaire dépendent de la quantité de particules obtenues, qui sont variable d'un échantillon à l'autre (contrairement à la phase dissoute où la prise d'essai est toujours la même). De plus, certaines molécules sont particulièrement sensibles aux contaminations extérieures (alkylphénols par exemple) ou aux pertes pendant le protocole d'extraction (HAP), ce qui n'est pas le cas lors des analyses de la phase dissoute (analyse en ligne, SPME).

Tableau 10. Performances obtenues pour la phase dissoute

		EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX PLUVIALES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
		% justesse	cv (%)	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	cv (%)	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)		
médicaments	abacavir	100	3	30,0						<LQ	
	acébutolol	103	11	10,0						<LQ	
	amitriptyline	92	9	25,0						<LQ	
	aténolol	102	15	50,0						<LQ	
	bézafibrate	102	6	50,0						<LQ	
	bisoprolol	105	18	10,0		109	8	1	5	<LQ	
	caféine	118	10	50,0		104	<1	20	40	<LQ	
	carbamazépine	108	11	10,0		110	2	3	7	<LQ	
	cétirizine	102	7	40,0		94	<1	2	5	<LQ	
	clopidogrel	90	5	30,0						<LQ	
	disopyramide	125	26	12,0						<LQ	
	gabapentine	109	17	100,0		89	6	25	40	<LQ	
	lamivudine	103	5	25,0						<LQ	
	lorazépam	116	11	30,0						<LQ	
	losartan	36	101	50,0						<LQ	
	méprobamate	107	11	50,0						<LQ	
	métoprolol	102	7	30,0						<LQ	
	névirapine	98	6	30,0						<LQ	
	oxazépam	111	4	10,0		109	<1	3	5	<LQ	
	paracétamol	99	13	100,0		98	5	9	9	<LQ	
	primidone	109	27	50,0						<LQ	
	propranolol	108	16	50,0						<LQ	
	ritonavir	68	11	40,0						<LQ	
	sotalol	98	11	40,0		110	10	9	20	<LQ	
	théophylline	74	19	41,0						<LQ	
	acide 4-chlorobenzoïque	105	16	42,0						<LQ	
	diclofénac	109	4	43,0		105	7	15	25	<LQ	
	hydroxy-ibuprofène	104	14	44,0		101	3	10	35	<LQ	
	acide clofibrique	103	3	45,0						<LQ	
	acide fénofibrique	104	4	46,0						<LQ	
	atorvastatine	104	6	47,0						<LQ	
	gemfibrozil	98	5	48,0						<LQ	
	ibuprofène	107	5	49,0		103	1	20	30	<LQ	
	kétoprofène	101	6	50,0		100	<1	9	15	<LQ	
	naproxène	103	3	51,0						<LQ	
	acide salicylique	109	4	52,0		102	1	15	30	<LQ	
pesticides	acétochlore ESA	123	4	9,0		138	7	1		<LQ	
	atrazine	113	1	5,0		106	7	1		<LQ	
	2-hydroxy-atrazine	99	5	4,0		97	2	1		<LQ	
	DEA	117	1	15,0						<LQ	
	DIA	106	5	28,0						<LQ	
	azoxystrobine	99	1	3,0		106	8	1		<LQ	
	carbendazime	104	15	7,0		102	9	1		<LQ	
	DCPMU	92	2	15,0		101	6	3		<LQ	
	diflufénican	87	2	3,0		98	9	1		<LQ	
	diuron	96	5	2,0		101	5	1		<LQ	
	DMSA	112	3	3,0		121	10	1		<LQ	
	DMST	106	3	1,0						<LQ	
	hexazinone	106	1	2,0						<LQ	
	hydroxy-simazine	42	1	5,0		41	18	1		<LQ	
	imidaclopride	108	1	6,0		111	6	1		<LQ	
	métolachlore	106	2	3,0		107	3	1		<LQ	
	métolachlore ESA	108	12	27,0		111	10	5		<LQ	
	métolachlore OXA	109	9	12,0		111	6	2		<LQ	
	propiconazole	103	0	5,0		107	6	5		<LQ	
	simazine	102	6	23,0		108	4	4		<LQ	
	terbutryne	103	0	1,0		99	4	1		1,5	2,5
	terbuthylazine	91	8	5,0		105	16	1		1,5	2,5
	diazinon	93	7	1,0						<LQ	
	famoxadone	78	63	52,0						<LQ	
	glyphosate	99	x	5,0		98	x	5		<LQ	
	AMPA	157	x	35,0		140	x	35		<LQ	
	fipronil	97	19	1,0		91	14	1		<LQ	
	fipronil desulfinyl	101	6	1,0		101	6	1		<LQ	
	fipronil sulfide	100	20	1,0		95	18	1		<LQ	
	fipronil sulfone	102	38	1,0		92	27	1		<LQ	
AkP	4-ter octylphénol	100	6	10,0		99	x	3,0	10,0	0,8	5,4
	4-nonylphénol (mélange isomères)	97	5	35,0		95	x	20,0	35,0	7,4	13,3
BTEX	benzène	90	x	40,0						13,7	
	éthylbenzène	102	x	3,0						2,7	
	toluène	101	x	10,0						0,7	
	(o+p+m)xylènes	105	x	5,0						2,1	
PCB	PCB 28	98	10	0,3	0,5					<LQ	
	PCB 50	98	11	0,3						<LQ	
	PCB 52	99	1	0,5						0,1	0,2
	PCB 101	100	7	0,4	0,7					0,1	0,2
	PCB 118	105	10	0,4						0,1	0,2
	PCB 138	104	5	0,2	0,3					0,1	0,1
	PCB 153	104	8	0,2						<LQ	0,1
	PCB 180	102	2	0,1						<LQ	
HAP	naphtalène	102	2	5,0		103	x	4,0	5,0	0,4	2,0
	acénaphthylène	111	7	1,0		101	x	0,3	1,0	<LQ	0,1
	acénaphthène	100	9	1,5		102	x	0,3	1,0	<LQ	0,1
	fluorène	102	2	0,8		103	x	0,3	0,5	<LQ	0,1
	phénanthrène	102	5	0,5		100	x	0,2	0,6	<LQ	0,3
	anthracène	99	7	0,5		100	x	0,2	0,3	<LQ	
	fluoranthène	110	12	1,0		101	x	0,2	0,2	<LQ	0,1
	pyrène	94	10	1,0		105	x	0,2	0,2	<LQ	0,1
	benzo(a)anthracène	96	9	2,0		102	x	0,2	0,5	<LQ	
	chrysène + triphénylène	92	1	0,5		102	x	0,2	0,5	<LQ	
	benzo(b+j+k)fluoranthène	98	28	1,0		99	x	0,3	1,0	<LQ	
	benzo(a)pyrène	87	21	1,0		92	x	0,3	1,0	<LQ	
	indéno(1, 2, 3-cd)pyrène	97	9	3,0		96	x	0,3	1,0	<LQ	
	benzo(g, h, i)pérylène	96	18	3,0		89	x	0,3	1,0	<LQ	
phthalates	di(2-éthylhexyl)phthalate	106	13	20,0	40,0					1,1	1,3

Tableau 11. Performances obtenues pour la phase particulaire

		EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX PLUVIALES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/g)	
		% justesse	cv (%)	LQ min (ng/g)	LQ min (ng/g)	% justesse	cv (%)	LQ min (ng/g)	LQ min (ng/g)		
AkP	4-ter octylphénol	117	x	variable	variable	118	x	variable	variable	<LQ	
	4-nonylphénol (mélange isomères)	194	x	variable	variable	156	x	variable	variable	<LQ	
PCB	PCB 28	132	x	variable	variable					0,3	
	PCB 50	120	x	3,0	3,0					0,2	
	PCB 52	101	x	5,0	5,0					0,6	
	PCB 101	124	x	4,0	4,0					0,4	
	PCB 118	85	x	variable	variable					0,8	
	PCB 138	96	x	3,0	3,0					0,2	
	PCB 153	91	x	1,5	1,5					0,1	
	PCB 180	99	x	0,5	0,5					<LQ	
HAP	naphtalène	95	4	variable	variable	95	9	variable	variable	11,8	24,7
	acénaphthylène	95	x	variable	variable	88	10	10,0	10,0	0,3	0,7
	acénaphthène	99	3	variable	variable	89	8	25,0	25,0	1,7	1,8
	fluorène	98	7	8,0	8,0	86	8	25,0	25,0	0,9	3,1
	phénanthrène	88	2	30,0	30,0	81	6	100,0	100,0	2,8	7,5
	anthracène	95	1	2,0	2,0	85	7	8,0	8,0	0,2	0,6
	fluoranthène	96	4	4,0	4,0	82	7	10,0	10,0	0,3	0,8
	pyrène	97	7	4,0	4,0	84	7	10,0	10,0	0,4	0,8
	benzo(a)anthracène	94	5	0,6	0,6	78	12	5,0	5,0	0,1	
	chrysène + triphénylène	95	3	0,3	0,3	85	6	5,0	5,0	<LQ	
	benzo(b+j+k)fluoranthène	97	1	2,5	2,5	84	7	10,0	10,0	<LQ	
	benzo(a)pyrène	99	1	1,5	1,5	77	13	5,0	5,0	<LQ	
	indéno(1, 2, 3-cd)pyrène	95	4	0,6	0,6	72	16	5,0	5,0	<LQ	
	benzo(g, h, i)pérylène	96	2	0,8	0,8	75	10	5,0	5,0	<LQ	
phthalates	di(2-éthylhexyl)phthalate	115	8	3000,0						93,0	102,2

B. Méthodes analytiques développées pour le projet REGARD

Le projet REGARD s'intéresse à de nouvelles classes de contaminants, de nouvelles méthodes analytiques ont donc dues être spécialement développées. Comme pour les méthodes analytiques déjà en place, les critères de sélection ont été l'extraction du composé de sa matrice, la faisabilité de l'analyse sur un grand nombre d'échantillon, les limites de quantification proches du ng/L ainsi qu'une utilisation raisonnée de solvants organiques.

a. Bisphénol A (BPA)

Le Bisphénol A (BPA) est une substance chimique de synthèse utilisée depuis plus de 50 ans dans la fabrication (plastiques, résines époxydes), la synthèse de retardateurs de flamme ou comme révélateur de papiers thermiques. Les sources sont très variées et une soixantaine de secteurs potentiellement utilisateurs de BPA ont été identifiés (câbles, mastics, adhésifs, optiques de phares, appareils électroménagers…). Depuis 2011 l'ANSES recommande une réduction de l'exposition des populations au BPA, notamment en préconisant sa substitution dans les plastiques au contact des denrées alimentaires. Depuis 2013, le BPA est classé toxique pour la reproduction par le Comité d'Evaluation des Risques (RAC) et l'Agence européenne des substances chimiques (ECHA).

1. Description de la méthode

La méthode utilisée pour analyser le BPA dans les eaux usées est la SPE en ligne couplée à la LC-MS/MS.

Les différentes étapes de préparation des échantillons sont :

- Filtration (GF/F 0,7 µm)
- Ajout de l'étalon interne deutéré (BPAd16)
- Dilution de l'échantillon dans de l'eau ultra pure en fonction de la matrice
- SPE en ligne
- Cartouche PLRP Spark
- Elution : H_2O ultra pure

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif):

- Colonne Poroshell 120B-C18 (2.1 x 100mm, 2.7µm)
- Phase mobile voie A : H_2O ultra pure + 0.5mM d'acétate d'ammonium
- Phase mobile voie B : Acétonitrile

Le volume nécessaire est de 900µl par échantillon.

2. Performances analytiques

Les performances analytiques obtenues pour le BPA en phase dissoute (Tableau 12) offrent une bonne sensibilité (LQ comprise entre 0,7 et 2,5 ng/L) et une bonne justesse de quantification, ce qui permet l'analyse sur des matrices très chargées.

Tableau 12. Performances analytiques obtenues sur l'analyse de BPA en phase dissoute

	EAUX USEES DOMESTIQUES					MILIEU NATUREL				
	%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)
BPA	110	9	0,7	0,9	0,3	99	4	2,5		0,8

b. Triclosan

Le triclosan est un biocide utilisé massivement dans de nombreux produits de soins courants pour ses propriétés antifongique et antibactériennes. Ce composé est depuis quelques années pointé du doigt par les toxicologues et la santé publique car il est suspecté d'être un perturbateur endocrinien.

1. Description de la méthode

Le dosage du triclosan se fait par injection directe de l'échantillon après filtration (GF/F 0,7 µm) et ajout de l'étalon interne deutéré associé (Triclosan-d5).
L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif):

- Colonne Zorbax Eclipse Plus C18 (2.1 x 50mm, 1.8µm)
- Phase mobile voie A : H_2O
- Phase mobile voie B : Acétonitrile
- Injection de 120 µL d'échantillon

2. Performances analytiques

Les performances analytiques obtenues pour le triclosan en phase dissoute (Tableau 13) offrent une bonne sensibilité (LQ inférieure au ng/L) et une bonne justesse de quantification, ce qui permet l'analyse sur des matrices très chargées.

Tableau 13. Performances analytiques obtenues sur l'analyse du triclosan en phase dissoute

	EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX PLUVIALES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)
	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	
Triclosan	98	21	0,4	4,9	X	X	X	X	<LQ

c. Parabènes

Les parabènes sont des conservateurs largement utilisés, notamment dans les produits cosmétiques. Depuis plusieurs années des questions se posent sur leur toxicité et sur leur effet de perturbateur endocrinien.

1. Phase dissoute

Deux approches différentes ont été développées pour le dosage des parabènes en phase dissoute : une approche par SPME-GC-MS/MS et une approche par SPE manuelle suivie d'une analyse LC-MS/MS.

A. DESCRIPTION DE LA METHODE SPME-GC-MS/MS

Selon cette approche, le dosage des parabènes dans les eaux comporte une première étape de micro extraction sur phase solide puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie en phase gazeuse et de spectrométrie de masse en tandem.
Les différentes étapes de l'extraction solide et de la purification sont :

- Filtration (GF/F 0,7 µm)
- Prise d'essai de 10 mL
- Ajout des étalons internes deutérés
- Fibre SPME: DVB/CAR/PDMS 50/30 µm
- T° extraction : 60°C
- Temps extraction : 60 min
- Vitesse agitation : 250 rpm
- Immersion phase liquide

L'analyse se fait par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif) :

- Colonne : HP-5MS-UI (Agilent Technologies, J&W Scientific) (5%-Phenyl)-methylpolysiloxane 30 m x 0,25 mm diam x 0,25 µm d'épaisseur de phase
- Gaz vecteur : Hélium 6.0
- Impact électronique 70eV

B. DESCRIPTION DE LA METHODE SPE-LC-MS/MS

Selon cette approche, le dosage des parabènes dans les eaux comporte une première étape d'extraction sur phase solide puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie en phase liquide et de spectrométrie de masse en tandem.
Les différentes étapes de l'extraction solide et de la purification sont :

- Filtration (GF/F 0,7 µm)
- Prise d'essai de 20 mL
- Ajout des étalons internes deutérés
- Percolation sur cartouches SPE OASIS HLB (3cc, 60mg)
- Elution dans Méthanol

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif):

- Colonne Luna Omega Phenomenex (100 x 2.1 mm x 1.6 µm)
- Phase mobile voie A : 100% H_2O ultra pure + 5mM d'acétate d'ammonium
- Phase mobile voie B : Méthanol

Après plusieurs tests, les résultats obtenus avec la méthode de SPE manuelle suivie d'une analyse LC-MS/MS étaient plus concluants que ceux obtenus en SPME-GC-MS/MS. il a donc été choisi de poursuivre nos analyses avec cette première méthode.

2. Phase Particulaire

Le dosage des Parabènes dans les MES comporte une première étape d'extraction, dans certains cas une étape de purification puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie liquide et de spectrométrie de masse en tandem.
Les différentes étapes d'extraction et de purification sont :

- Lyophilisation des MES
- Prise d'essai 0,2 g
- Ajout des étalons internes deutérés
- Extraction Micro-Ondes dans du dichlorométhane/méthanol 90/10 (20ml, T°=100°C, P=600 W)
- Purification Oasisi HLB (3cc, 60 mg)

- Elution dans 7 mL de méthanol

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif):

- Colonne Luna Omega Phenomenex (100 x 2.1 mm x 1.6 µm)
- Phase mobile voie A : 100% H_2O ultra pure + 5 mM d'acétate d'ammonium
- Phase mobile voie B : Méthanol

3. Performances analytiques

Les performances analytiques obtenues pour les parabènes en phase dissoute analysés par LC-MS/MS (Tableau 14) offrent une bonne sensibilité (LQ comprises entre 0,04 et 10 ng/L en fonction des composés et de la matrice étudiée) et une bonne justesse de quantification, ce qui permet l'analyse sur des matrices très chargées.

Tableau 14. Performances analytiques obtenues pour les parabènes dans la phase dissoute

		EAUX USEES DOMESTIQUES					MILIEU NATUREL			
		%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	%justesse	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)
Parabènes	benzyl paraben	87	15	0,68	0,82	<LD	102	0,04		0,01
	butyl paraben	91	16	1,00	3,00	0,90	98	0,70		0,23
	ethyl paraben	87	14	5,00		1,60	97	1,00		0,36
	isobutyl paraben	86	13	1,00	3,00	<LD	98	0,20		0,08
	isopropyl paraben	90	14	3,00	7,00	<LD	98	0,20		0,05
	methyl paraben	87	14	10,00		3,20	100	2,00		0,73
	pentyl paraben	85	15	0,50	0,50	<LD	101	0,04		0,01
	propyl paraben	87	13	6,00		1,80	99	0,80		0,27

Concernant la phase particulaire, les performances analytiques obtenues (Tableau 15) offrent une bonne sensibilité (LQ comprises entre 0,05 et 4 ng/g en fonction des composés) et une bonne justesse de quantification.

Tableau 15. Performances analytiques obtenues pour les parabènes dans la phase particulaire

		PARTICULES MILIEU NATUREL				
		% Justesse	cv (%)	LQ min (ng/g)	LQ max (ng/g)	Gamme de contamination des blancs manipulation (ng/g)
Parabènes	benzylparabène	79	25	0,05		0,01
	butylparabène	81	29	0,60		0,18
	éthylparabène	78	26	1,00		0,22
	isobutylparabène	74	26	0,40		0,10
	isopropylparabène	72	22	0,20		<LQ
	méthylparabène	73	23	4,00		1,09
	pentylparabène	72	17	0,10		0,02
	propylparabène	73	24	1,50		0,46

d. Filtres UV (FUVs)

Les filtres UV organiques sont couramment utilisés dans l'industrie, notamment dans la fabrication de produits cosmétiques (crèmes solaire, baumes à lèvres, fond de teint, etc.). Si l'on sait d'ores et déjà qu'ils peuvent être source d'allergies et d'irritations cutanées, des études récentes montrent qu'ils peuvent aussi être des perturbateurs endocriniens.

1. Phase dissoute

Le dosage des filtres UV dans les eaux comporte une première étape d'extraction sur phase solide puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie liquide et de spectrométrie de masse en tandem.

Les différentes étapes de l'extraction sur phase solide sont :

- Filtration (GF/F 0,7 µm)
- La prise d'essai varie en fonction de la nature de la matrice à analyser (100-200 mL)
- Acidification
- Ajout des étalons internes deutérés
- Percolation sur cartouches Oasis HLB (6cc, 200 mg)
- Elution dans un mélange Méthanol/Dichlorométhane
- Evaporation et reprise dans 300 µl d'acétonitrile

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode positif):

- Colonne Poroshell 120SB-C18 (2,1 x 100 mm, 2,7 µm)
- Phase mobile voie A : 30% H_2O ultra pure + 0,1% d'acide formique en ampoule
- Phase mobile voie B : 70% d'acétonitrile + 0,1% d'acide formique en ampoule

2. Phase particulaire

Le dosage des Filtres UV dans les MES comporte une première étape d'extraction, dans certains cas une étape de purification puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie liquide et de spectrométrie de masse en tandem.

Les différentes étapes d'extraction et de purification sont :

- Lyophilisation des MES
- Prise d'essai 0,2 g
- Ajout des étalons internes deutérés
- Extraction Micro-Ondes dans du dichlorométhane/méthanol 90/10 (20mL, T°=100°C, P=600W)
- Purification Oasisi HLB (6cc, 200 mg)
- Elution dans un mélange Méthanol/Dichlorométhane
- Evaporation et reprise dans 300 µl d'acétonitrile

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode positif):

- Colonne Poroshell 120SB-C18 (2,1 x 100 mm, 2,7 µm)
- Phase mobile voie A : 30% H_2O ultra pure + 0,1% d'acide formique en ampoule
- Phase mobile voie B : 70% d'acétonitrile + 0,1% d'acide formique en ampoule

3. Performances analytiques

Les performances analytiques obtenues pour les filtres UV en phase dissoute (Tableau 16) offrent une bonne sensibilité (LQ comprises entre 0.5 et 30 ng/L en fonction des composés) et une bonne justesse de quantification, ce qui permet l'analyse sur des matrices très chargées.

Tableau 16. Performances analytiques obtenues pour les Filtres UV en phase dissoute

		EAUX USEES DOMESTIQUES					MILIEU NATUREL					
		%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
Filtres UV	4MBC	123	9	10,00		<LD	149	2	15,00	20,00	<LD	6,00
	avobenzone	162	10	10,00	20,00	5,00	150	15	2,00	6,00	0,60	2,00
	EHMC	88	38	20,00		8,00	67	39	3,00	4,00	1,20	
	octocrylène	83	4	20,00	35,00	<LD	104	9	9,00	23,00	2,00	7,50
	ODPABA	98	17	0,50	2,00	0,30	132	33	0,10		0,01	
	oxybenzone	101	13	2,00	5,00	1,00	90	14	0,30	0,80	0,06	0,09

Concernant la phase particulaire, les performances analytiques obtenues (Tableau 17) offrent une bonne sensibilité pour la plupart des composés (LQ comprises entre 1 et 6 ng/g en fonction des composés) et une bonne justesse de quantification. Seul l'EHMC offre de moins bonnes performances avec une LQ de 50 ng/g. En effet, comme discuté dans la section « Assurance qualité », les limites de quantification pour la phase particulaire dépendent de la quantité de particules obtenues, qui sont variable d'un échantillon à l'autre (contrairement à la phase dissoute où la prise d'essai est toujours la même). De plus, l'EHMC est particulièrement sensible aux contaminations extérieures et aux pertes pendant le protocole d'extraction, ce qui n'est pas le cas lors des analyses de la phase dissoute.

Tableau 17. Performances analytiques obtenues pour les Filtres UV en phase particulaire

		PARTICULES MILIEU NATUREL				
		%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/g)	LQ max (ng/g)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/g)
Filtres UV	4MBC	79	2	2,00		<LD
	avobenzone	90	31	3,00		0,90
	EHMC	138	63	50,00		16,55
	octocrylène	92	14	6,00		1,90
	ODPABA	90	21	1,00		0,05
	oxybenzone	91	7	1,00		0,11

e. Composés perfluorés (PFAS)

Les composés perfluorés représentent une vaste classe de contaminants, utilisés dans de nombreuses applications industrielles et produits de consommation courante. Parmi eux, les sulfonates (PFSA) et les carboxylates (PFCAs) perfluoroalkylés, très persistants et résistants aux processus de dégradation, sont retrouvés de manière ubiquiste dans l'environnement et à des niveaux souvent proches du ng/L dans les eaux de surface (Ahrens, 2011). Certains d'entre eux présentent un caractère bioaccumulable (Houde et al., 2006) et peuvent entrainer des effets toxiques sur le système hépatique, immunitaire ou le développement (Stahl et al., 2011). En 2013, le perfluorooctane sulfonate (PFOS), composé le plus étudié, a été introduit dans la liste des substances prioritaires de la Directive Cadre Européenne sur l'eau, avec une Norme de Qualité Environnementale fixée à seulement 0,65 ng/L pour les eaux de surface continentales (Directive 2013/39/UE).

La liste des PFAS analysés comprend 7 PFCAs (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA et PFDA dans l'ordre croissant du nombre de carbones perfluorés), 4 PFSAs (PFBS, PFHxS, PFHpS et PFOS), 2 précurseurs fluorotélomères sulfonates (6:2 FTSA et 8:2 FTSA) et 4 précurseurs sulfonamides et sulfonamides acétiques perfluoroalkylés (FOSA, FOSAA, MeFOSAA et EtFOSAA). Ils ont été analysés à la fois dans la phase dissoute et la phase particulaire.

1. Description de la méthode

A. PHASE DISSOUTE

Le dosage des PFAS dans les eaux comporte une première étape d'extraction sur phase solide, une étape de purification puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie liquide et de spectrométrie de masse en tandem.

Les différentes étapes de l'extraction solide et de la purification sont :

- Filtration (GF/F 0,7 µm)
- Prise d'essai de 125 mL
- Ajout des étalons internes deutérés, -13C et -15N

- Percolation sur cartouches SPE Strata X-AW (6cc, 200 mg)
- Elution dans Méthanol + 0,2% d'hydroxyde d'ammonium à 28-30 %
- Purification sur graphite (cartouche ENVI-Carb, 6cc, 250 mg)

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif):

- Colonne Zorbax Eclipse Plus C18 (2,1 x 100 mm, 1,8 µm)
- Phase mobile voie A : 100% H_2O ultra pure + 2 mM d'acétate d'ammonium
- Phase mobile voie B : 95/5 Acétonitrile/H_2O + 2 mM d'acétate d'ammonium

B. PHASE PARTICULAIRE

Le dosage des PFAS dans les MES comporte une première étape d'extraction, une double étape de purification puis une étape d'analyse sur un système de chromatographie liquide et de spectrométrie de masse en tandem.

Les différentes étapes d'extraction et de purification sont :

- Lyophilisation des MES
- Prise d'essai 0,2 g
- Ajout des étalons internes deutérés et marqués 13C
- Extraction Micro-Ondes dans du méthanol (12 mL, T°=70°C, P=450W)
- Double purification Strata X-AW en ligne avec cartouche graphite (ENVI-Carb, 6cc, 250 mg)
- Elution dans 8 mL de méthanol + hydroxyde d'ammonium

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode négatif):

- Colonne Zorbax Eclipse Plus C18 (2,1 x 100 mm, 1,8 µm)
- Phase mobile voie A : 100% H_2O ultra pure + 2 mM d'acétate d'ammonium
- Phase mobile voie B : 95/5 Acetonitrile/H_2O + 2 mM d'acétate d'ammonium

2. Performances analytiques

A. PHASE DISSOUTE

Les performances analytiques obtenues pour l'analyse des PFAS en phase dissoutes sont globalement très bonnes (Tableau 18) et permettent de descendre à des quantités de l'ordre de la dizaine de pg/L pour certains composés tout en offrant une bonne justesse de quantification.

Tableau 18. Performances analytiques obtenues pour les PFAS en phase dissoute

		EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX PLUVIALES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
		% justesse	cv (%)	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	cv (%)	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)		
PFAS	PFBA	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours
	PFPeA	101	5	0,46		107	2	0,46		<0,08	0,1
	PFHxA	104	4	0,62		108,1	5	0,62		0,2	
	PFHpA	115	10	0,99		113,7	2	0,56		<0,08	0,1
	PFOA	100	8	0,62		99,5	9	0,62		0,2	
	PFNA	100	4	0,27		89,6	24	0,27		<0,08	
	PFDA	106	11	0,60		114,0	2	0,60		0,4	
	PFBS	103	11	0,18		112,9	12	0,09		<0,08	
	PFHxS	110	8	0,08		106,8	2	0,05		<0,08	
	PFHpS	156	15	0,03		182,7	7	0,03		<0,08	
	PFOS	114	13	0,43		116	5	0,30		0,1	
	6:2 FTSA	110	9	0,05		136	11	0,05		<0,08	
	8:2 FTSA	108	16	0,01		120	1	0,01		<0,08	
	FOSA	73	11	0,19		73	17	0,19		<0,08	
	FOSAA	104	9	0,03		104	5	0,03		<0,08	
	MeFOSAA	76	22	0,21		70	30	0,04		<0,08	
	EtFOSAA	87	8	0,14		81	12	0,006		<0,08	

B. PHASE PARTICULAIRE

De même que pour la phase dissoute, les performances obtenues pour l'analyse des PFAS dans la phase particulaire sont très bonnes, y compris sur les matrices chargées. En effet la méthode analytique permet de doser des concentrations de l'ordre de la dizaine de pg/g (Tableau 19).

Tableau 19. Performances analytiques obtenues pour les PFAS en phase particulaire

		EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX PLUVIALES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
		% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)		
PFAS	PFBA	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours	en cours
	PFPeA	101	5	0,46		107	2	0,46		<0,08	0,1
	PFHxA	104	4	0,62		108,1	5	0,62		0,2	
	PFHpA	115	10	0,99		113,7	2	0,56		<0,08	0,1
	PFOA	100	8	0,62		99,5	9	0,62		0,2	
	PFNA	100	4	0,27		89,6	24	0,27		<0,08	
	PFDA	106	11	0,60		114,0	2	0,60		0,4	
	PFBS	103	11	0,18		112,9	12	0,09		<0,08	
	PFHxS	110	8	0,08		106,8	2	0,05		<0,08	
	PFHpS	156	15	0,03		182,7	7	0,03		<0,08	
	PFOS	114	13	0,43		116	5	0,30		0,1	
	6:2 FTSA	110	9	0,05		136	11	0,05		<0,08	
	8:2 FTSA	108	16	0,01		120	1	0,01		<0,08	
	FOSA	73	11	0,19		73	17	0,19		<0,08	
	FOSAA	104	9	0,03		104	5	0,03		<0,08	
	MeFOSAA	76	22	0,21		70	30	0,04		<0,08	
	EtFOSAA	87	8	0,14		81	12	0,006		<0,08	

f. Ciprofloxacine, ofloxacine et cyclophosphamide

La ciprofloxacine et l'ofloxacine sont des antibiotiques de la famille des fluoroquinolones largement utilisés en France. Ces deux composés sont supposés comme étant toxiques pour les organismes aquatiques, car certaines études rapportent des concentrations prédites sans effet particulièrement faibles, 5 ng/L pour la ciprofloxacine (Daouk et al., 2015) et 16 ng/L pour l'ofloxacine (Verlicchi et al., 2012). Le cyclophosphamide est un agent alkylant bifonctionnel de type oxazaphosphorine qui appartient à la famille des moutardes azotées et est principalement utilisé en tant qu'anticancéreux ou pour les traitements de la sclérose en plaques. La littérature ne rapporte pas de concentration prédite sans effet particulièrement faible pour ce composé, cependant, étant donné la fonction même de la molécule et le manque de données sur la toxicité chronique pour les organismes aquatiques, il s'agit d'un composé pertinent à étudier.

1. Description de la méthode

Le dosage de la ciprofloxacine, l'ofloxacine et le cyclophosphamide se fait par injection directe de l'échantillon après filtration (GF/F 0,7 µm) et ajout des étalons internes deutérés associés (ciprofloxacine-D8, ofloxacine-D3, cyclophosphamide-D4). Pour l'analyse des matrices d'eaux usées, les échantillons sont dilués d'un facteur 7 dans l'eau MQ.

L'analyse se fait par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI, mode positif):

- Colonne KINETEX 1,7 µm C18 100A (5 cm)
- Phase mobile voie A : H_2O + 0,1 % acide formique
- Phase mobile voie B : ACN + 0,1 % acide formique

1. Performances analytiques

Les performances analytiques obtenues pour la ciprofloxacine, l'ofloxacine et le cyclophosphamide en phase dissoute (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) offrent à la fois des b onnes performances de justesse de quantification et de limites de quantification, y compris pour l'analyse de matrices d'eaux usées.

Tableau 20. Performances analytiques obtenues pour la ciprofloxacine, l'ofloxacine et la cyclophosphamide

	EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX NATURELLES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)		
ciprofloxacine	112	8	20,0	35,0	81	3	6,0	20,0	<LQ	
ofloxacine	100	9	5,0	50,0	93	6	3,0	5,0	1	15
cyclophosphamide	90	8	2,0	2,5	115	10	0,4	0,6	<LQ	

C. Méthodes analytiques en cours de développement

A ce jour, certaines méthodes analytiques développées sont toujours en cours de finalisation/consolidation.

a. Chlorhexidine

La chlorhexidine est un antiseptique à large spectre d'action de plus en plus utilisé notamment dans les dentifrices, les bains de bouche et les sprays désinfectants. Il n'existe, à l'heure actuelle, pas de méthode de dosage de la chlorhexidine dans l'environnement. Une méthode analytique a donc été développée dans le cadre du projet REGARD.

Le dosage de la chlorhexidine dans les eaux usées sera réalisé par injection directe de l'échantillon après filtration (GF/F 0,7 µm) et ajout de l'étalon interne deutéré (chlorhexidine-d8). Les premiers développements n'ont, pour le moment, été réalisés que sur la chlorhexidine et non sur son étalon deutéré.

Les différentes étapes du développement ont été :

- Les conditions d'ionisation de la chlorhexidine
- La préparation de l'échantillon
- L'optimisation des conditions chromatographiques
- La réalisation de gammes dans de l'eau ultra-pure et dans de l'eau minérale

L'ionisation de la chlorhexidine en spectrométrie de masse (source ESI) se fait en mode positif mais dépend de la préparation de l'échantillon. En effet, afin de garantir une ionisation du composé l'échantillon doit être dans un mélange 80/20 Méthanol/H_2O ultra pure + 0,1% TFA. Dans ces conditions, on favorise la formation d'un ion mono chargé.

Les conditions chromatographiques mises au point lors du développement sont regroupées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. L'utilisation d'un contre-ion a été nécessaire pour obtenir u ne bonne résolution chromatographique et le choix s'est porté sur l'heptafluorobutyric acide (HFBA) présent dans les phases mobiles.

Tableau 21.Conditions chromatographiques Chlorhexidine

Volume injecté (µl)	pg injectés	Solvant échantillon	Phase mobile	pH Phase mobile	Colonne	Gradient (% Voie B)
5	50	80-20 MeOH +0,1% TFA + H_2O	Voie A : H_2O +0,1% TFA + 0.05% HFBA Voie B : ACN + 0,1% TFA + 0.05% HFBA	3	Zorbax Eclipse Plus (2,1 × 50 mm, 1,8 µm)	0 min = 0% 9 min = 100% 9.5 min = 100% 10 min = 0% 12 min = 0%

La linéarité de la méthode a été étudiée en réalisant des gammes dans différentes matrices (eau ultra pure ou eau minérale) présentant des concentrations variant entre 1 ng/L et 1 µg/L. Les résultats obtenus sont présentés sur Figure 7 et Figure 8.

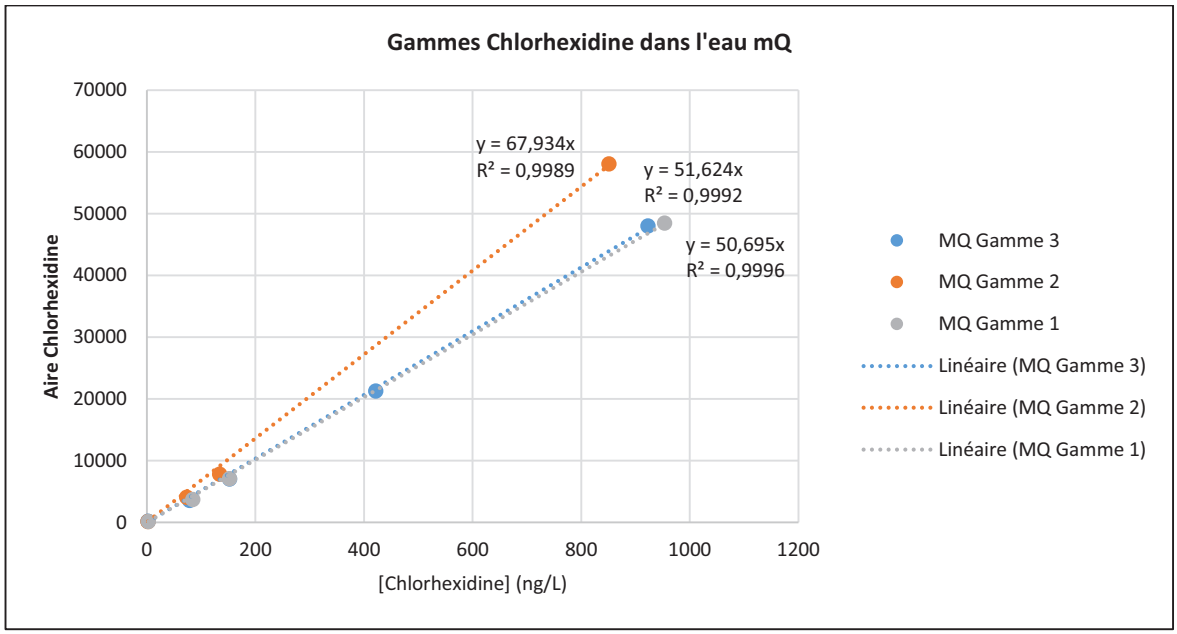


Figure 7. Gamme de Chlorhexidine dans l'eau

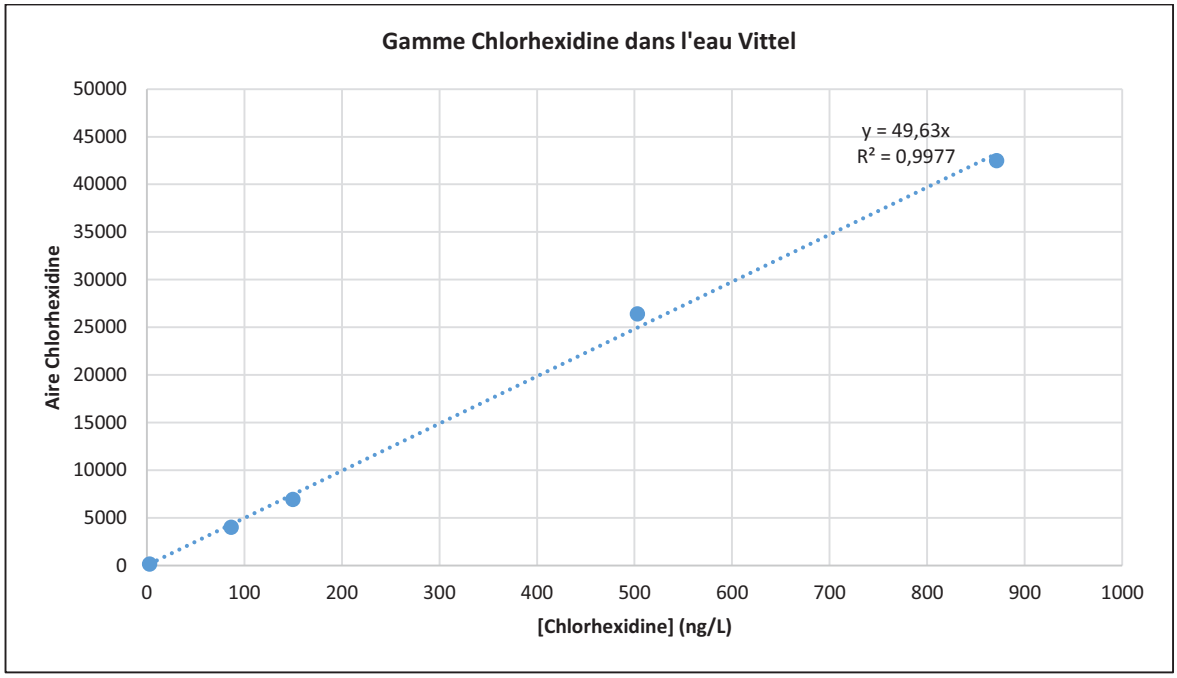


Figure 8. Gamme de Chlorhexidine dans une matrice minérale de référence

Les limites de quantifications obtenues sur les différentes gammes se situent autour de 1,2 ng/L.

La méthode a été testée sur un échantillon d'eaux usées domestiques (EUdom-Hil-LAVI-1) mais la quantification par ajouts dosés a été impossible. En effet, les effets matriciels très important sur ces échantillons ont conduit à une perte de signal de la chlorhexidine (Figure 9).

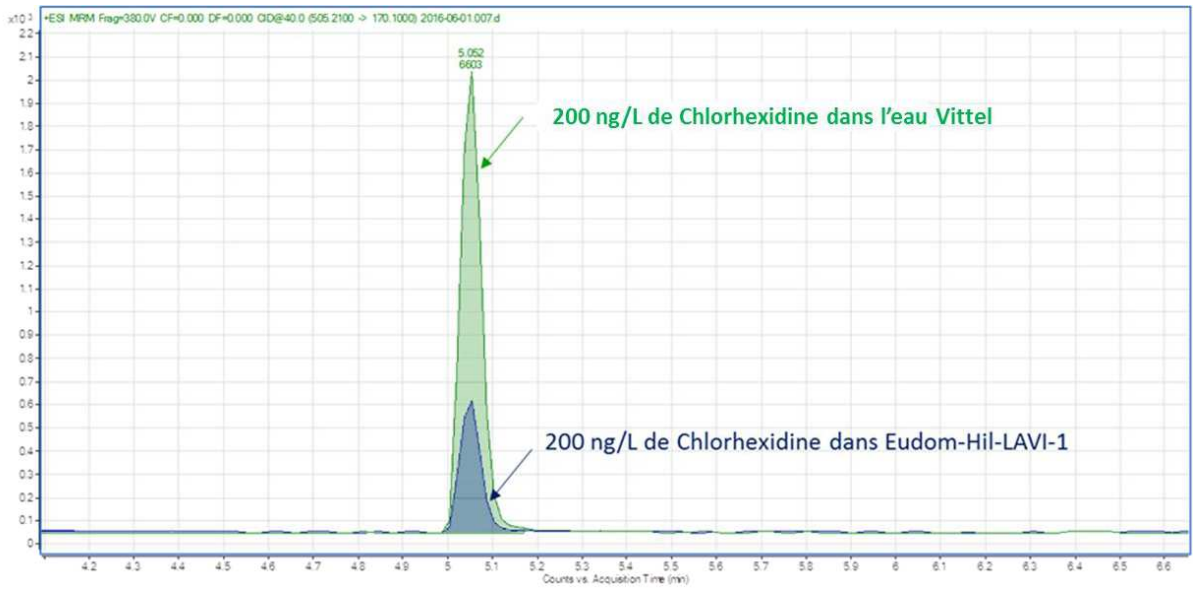


Figure 9. Perte de signal de la Chlorhexidine dans un échantillon d'eaux usées domestiques

Ce résultat a conduit à l'achat d'un étalon interne adapté (Chlorhexidine d8) qui sera développé ultérieurement afin de permettre la quantification de la chlorhexidine dans les eaux usées domestiques.

b. Bisphénol A : phase particulaire

L'analyse du BPA en phase particulaire a été développée avec le même protocole que l'analyse des Alkylphenols (Tableau 9, p.66).

IV. Résultats obtenus

A. Milieu Naturel

a. Suivi 2013-2015

Cette section présente les résultats obtenus pour la Jalle de Blanquefort entre 2013 et 2015. Le Tableau 22 récapitule le nombre de quantifications en fonction du nombre d'échantillons qui ont pu être analysés. En effet certains composés n'ont pas pu être analysés dans tous les échantillons à cause des effets matriciels qui peuvent interférer. Ceci est particulièrement le cas pour la phase particulaire. Par exemple, le NP1OE (Alkyl Phénol) n'a pu être déterminé que dans 11 échantillons sur les 23.

Parmi les molécules retrouvées dans 100 % des cas de la phase dissoute on peut citer 3 pesticides (diuron, glyphosate et son métabolite l'AMPA), 1 médicament (diclofénac), le PCB 52, 2 alkylphénols (NP2OE et NP1EC) et 3 HAP (fluoranthène, phénanthrène et pyrène). Au contraire, 30 pesticides, 6 médicaments, 6 OCP, les 4 PBDE, 4 COV et 1 HAP n'ont jamais été quantifiés. Parmi les molécules retrouvées dans 100 % des cas de la phase particulaire on peut citer 2 HAP (Benzo (b+j+k) fluoranthène et fluoranthène). Au contraire, 2 OCP n'ont jamais été quantifiés. Les fréquences de quantification sont toujours à mettre au regard de la LQ associée (la LQ moyenne pour chacune des molécules est rappelée Tableau 22). Certains composés peuvent être toujours détectés car leur limite de quantification est particulièrement faible.

1. Contamination générale

La Figure 10 présente les concentrations moyennes obtenues pour les 6 campagnes pour chaque point du milieu naturel, cumulées par grande classe de composés organiques et ce pour la phase totale (dissoute + particulaire).

Pour certains composés peu quantifiés, beaucoup de valeurs sont rapportées comme <LQ. Se pose alors la question de l'intégration de ces données, notamment pour le calcul des moyennes. En effet, la molécule peut être présente mais n'est juste pas suffisamment concentrée pour pouvoir être détectée. L'une des techniques les plus utilisées pour palier à ce problème est de remplacer les valeurs <LQ par la valeur de la LQ divisée par 2. C'est la technique qui a ici été utilisée à condition que le composé ait été quantifié au moins une fois. Cette technique peut tout de même présenter des biais, car ce sont des valeurs « artificielles » qui sont implémentées, qui peuvent être loin des valeurs réelles, notamment lorsque la valeur de la LQ est élevée (Helsel, 2006).

Les particules des campagnes 1 et 2 n'ont pas pu être traitées ce qui minimise les concentrations obtenues pour ces deux campagnes, particulièrement pour les composés essentiellement présents en phase particulaire comme par exemple les HAP ou les PCB. Néanmoins la charge particulaire de la Jalle de Blanquefort étant particulièrement faible (8 mg/L en moyenne) ceci a peu d'impact sur les concentrations globales. Par exemple pour le Benzo(a)Pyrène, des concentrations relativement importantes sur la phase particulaire (ordre de la centaine de ng/g) correspondent à des concentrations inférieures à 6 ng/L.

Tableau 22. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans la Jalle de Blanquefort, toutes campagnes confondues

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	0	32	4,0
PESTICIDES	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	0	32	6,0
PESTICIDES	Acétochlore ESA	20	34	1,8
PESTICIDES	Acrinathrine	0	32	3,3
PESTICIDES	Alachlore	0	32	4,0
PESTICIDES	AMPA	49	50	41,5
PESTICIDES	Atrazine	15	34	1,0
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	33	34	1,0
PESTICIDES	Atrazine-déisopropyl (DIA)	4	32	2,7
PESTICIDES	Atrazine-déséthyl (DEA)	9	32	2,9
PESTICIDES	Azoxystrobine	4	34	1,0
PESTICIDES	Bifenthrine	0	32	1,0
PESTICIDES	Carbendazime	21	34	1,8
PESTICIDES	Chlorfenvinphos	0	32	1,2
PESTICIDES	Chlorotoluron	6	26	1,7
PESTICIDES	Chlorpyrifos-éthyl	0	32	1,0
PESTICIDES	Cyfluthrine	0	32	3,6
PESTICIDES	Cyperméthrine	0	32	3,7
PESTICIDES	DCPMU	15	34	1,9
PESTICIDES	Diazinon	4	32	1,0
PESTICIDES	Dichlorvos	0	32	5,9
PESTICIDES	Difénoconazole A B	0	32	3,6
PESTICIDES	Diflufénican	17	34	1,0
PESTICIDES	Dimétachlore	4	32	1,0
PESTICIDES	Diuron	47	50	1,0
PESTICIDES	DMSA	30	34	1,0
PESTICIDES	DMST	10	32	1,0
PESTICIDES	Endosulfan	0	32	3,4
PESTICIDES	Epoxiconazole	0	32	1,4
PESTICIDES	Esfenvalérate + fenvalérate	0	32	1,8
PESTICIDES	Famoxadone	1	32	4,4
PESTICIDES	Fenbuconazole	0	32	3,6
PESTICIDES	Fipronil	37	50	0,7
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	4	50	0,5
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	19	50	0,4
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	13	50	0,8
PESTICIDES	Flazasulfuron	0	32	2,0
PESTICIDES	Fluquinconazole	0	32	4,5
PESTICIDES	Flutriafol	0	32	11,8
PESTICIDES	Glyphosate	46	50	14,8
PESTICIDES	Hexazinone	11	32	1,0
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	3	34	2,0
PESTICIDES	Imidaclopride	46	50	1,8
PESTICIDES	Isoproturon	0	32	1,0
PESTICIDES	Lambda-cyhalothrine	0	32	3,1
PESTICIDES	Linuron	8	26	1,7
PESTICIDES	Métolachlore	24	50	1,0
PESTICIDES	Métolachlore ESA	45	50	4,5
PESTICIDES	Métolachlore OXA	45	50	2,3
PESTICIDES	Ométhoate	0	32	1,0
PESTICIDES	Perméthrine	0	32	4,0
PESTICIDES	Propiconazole	26	50	1,8
PESTICIDES	Simazine	0	34	2,1
PESTICIDES	Spiroxamine	0	32	1,0
PESTICIDES	Tau-fluvalinate	0	32	4,0
PESTICIDES	Tebuconazole	8	26	3,0
PESTICIDES	Terbuthylazine	5	34	1,0
PESTICIDES	Terbuthylazine-déséthyl	0	32	1,4
PESTICIDES	Terbutryne	43	50	1,0
PESTICIDES	Tétraconazole	0	32	2,4
PESTICIDES	Trifloxystrobine	0	32	1,0
PESTICIDES	Trifluraline	0	32	0,8
MÉDICAMENTS	Abacavir	3	31	4,5
MÉDICAMENTS	Acébutolol	30	31	3,7
MÉDICAMENTS	Acide 4-chlorobenzoïque	17	31	17,0
MÉDICAMENTS	Acide clofibrique	27	31	3,7
MÉDICAMENTS	Acide fénofibrique	24	31	3,2
MÉDICAMENTS	Acide salicylique	31	33	9,5
MÉDICAMENTS	Amitriptyline	0	31	3,0
MÉDICAMENTS	Aspirine	0	31	38,0
MÉDICAMENTS	Aténolol	23	31	16,0
MÉDICAMENTS	Atorvastatine	1	31	12,1
MÉDICAMENTS	Bézafibrate	25	31	5,4
MÉDICAMENTS	Bisoprolol	26	33	3,1
MÉDICAMENTS	Caféine	26	33	42,4
MÉDICAMENTS	Carbamazépine	48	49	2,7
MÉDICAMENTS	Cétirizine	30	33	4,2
MÉDICAMENTS	Ciprofloxacine	2	28	20,0
MÉDICAMENTS	Clopidogrel	2	31	3,4
MÉDICAMENTS	Cyclophosphamide	18	28	0,5
MÉDICAMENTS	Diclofénac	43	49	4,1
MÉDICAMENTS	Disopyramide	29	31	2,5
MÉDICAMENTS	Fluoxétine	2	31	3,3
MÉDICAMENTS	Gabapentine	40	49	10,7
MÉDICAMENTS	Gemfibrozil	14	31	2,8
MÉDICAMENTS	Hydroxy-ibuprofène	38	49	22,2
MÉDICAMENTS	Ibuprofène	18	33	18,3
MÉDICAMENTS	Kétoprofène	21	33	7,0
MÉDICAMENTS	Lamivudine	2	31	16,8
MÉDICAMENTS	Lévétiracétam	0	31	153
MÉDICAMENTS	Lorazépam	13	31	7,4
MÉDICAMENTS	Losartan	18	31	3,3
MÉDICAMENTS	Méprobamate	29	31	6,1
MÉDICAMENTS	Métoprolol	21	31	5,2
MÉDICAMENTS	Naproxène	26	31	9,1
MÉDICAMENTS	Névirapine	6	31	5,4
MÉDICAMENTS	Nordazépam	0	31	3,9
MÉDICAMENTS	Ofloxacine	18	28	3,0
MÉDICAMENTS	Oxazépam	44	49	4,8
MÉDICAMENTS	Paracétamol	20	49	27,2
MÉDICAMENTS	Pravastatine	3	31	42,9
MÉDICAMENTS	Primidone	9	31	14,1
MÉDICAMENTS	Propranolol	25	31	3,7
MÉDICAMENTS	Ranitidine	0	31	20,7
MÉDICAMENTS	Ritonavir	7	31	3,5
MÉDICAMENTS	Sotalol	44	49	7,1
MÉDICAMENTS	Théophylline	9	31	31,5
MÉDICAMENTS	Zidovudine	0	31	29,2

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
OCP	2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	16	31	0,2	5	23	0,5
OCP	2,4'-DDE	2	31	0,1	6	23	0,4
OCP	2,4'-DDT	0	31	0,5	17	23	0,4
OCP	4,4'-DDD	0	31	0,5	17	23	0,4
OCP	4,4'-DDE + Dieldrine	17	31	0,2	9	23	0,4
OCP	4,4'-DDT	1	31	0,9	6	23	0,4
OCP	Aldrine	0	31	1,0			
OCP	Chlordécone	0	31	5,0			
OCP	CIS-Chlordane	9	31	0,1	6	23	0,4
OCP	Endrine	1	31	2,0			
OCP	Heptachlore	2	31	0,2	0	23	0,4
OCP	Isodrine	0	31	1,0			
OCP	Lindane	7	31	3,8	20	23	6,1
OCP	Mirex	0	31	0,5	0	23	0,4
PCB	PCB 101	28	31	0,1	20	23	22,7
PCB	PCB 118	30	31	0,1	17	23	19,1
PCB	PCB 138	24	31	0,1	17	23	17,9
PCB	PCB 153	26	31	0,1	17	23	12,0
PCB	PCB 180	1	31	0,2	18	23	1,8
PCB	PCB 28 + 50	5	31	0,2	17	23	7,3
PCB	PCB 52	31	31	0,1	22	23	18,2
PBDE	BDE 100	0	31	0,2			
PBDE	BDE 153	0	31	0,9			
PBDE	BDE 47	0	31	0,2			
PBDE	BDE 99	0	31	0,4			
AKP	Nonylphénol	32	33	22,7	14	25	3063
AKP	NP1EC	31	31	2,1	12	23	43,7
AKP	NP1EO	26	31	8,4	11	23	1184
AKP	NP2EO	31	31	2,2	11	23	369
AKP	Octylphénol	12	33	4,6	11	25	327
AKP	OP1EO	15	31	3,0	17	23	47,2
AKP	OP2EO	15	31	2,0	5	23	82,3
BTEX	Benzène	6	31	35,0			
BTEX	Ethylbenzène	29	31	4,0			
BTEX	Toluène	29	31	23,1			
BTEX	Xylènes	29	31	9,1			
COV	1,2-dichloroéthane	0	31	70,3			
COV	Chlorure de vinyle	9	31	96,5			
COV	Dichlorométhane	0	31	50,0			
COV	Hexachlorobutadiène	0	31	0,9			
COV	Tétrachloroéthylène	28	31	2,9			
COV	Tétrachlorure de carbone	0	31	22,7			
COV	Trichloroéthylène	25	31	10,3			
COV	Trichlorométhane	7	31	27,4			
PHTALATES	DEHP	23	31	13,9	14	23	6043
HAP	Acénaphthène	2	2	0,3	2	2	25,0
HAP	Acénaphthylène	1	2	0,3	2	2	10,0
HAP	Anthracène	7	33	0,7	14	25	5,7
HAP	Benzo[a]anthracène	1	33	0,4	21	25	6,0
HAP	Benzo[a]pyrène	1	33	0,7	22	25	9,8
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	3	33	0,6	25	25	11,6
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	1	33	0,5	23	25	8,5
HAP	Chrysène + Triphénylène	14	33	0,3	23	25	6,0
HAP	Fluoranthène	33	33	0,5	25	25	15,9
HAP	Fluorène	2	2	0,3	1	2	80,0
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0	33	0,5	22	25	9,2
HAP	Naphtalène	22	33	4,3	3	25	238,8
HAP	Phénanthrène	33	33	0,5	20	25	82,6
HAP	Pyrène	33	33	0,3	24	25	18,9
PLASTIFIANTS	BPA	7	12	2,5			
FUV	4MBC	0	12	20,0			
FUV	Avobenzone	2	12	6,0			
FUV	EHMC	8	12	4,0			
FUV	Octocrylène	3	12	23,0			
FUV	ODPABA	7	12	0,1			
FUV	Oxybenzone	5	12	0,8			
PARABÈNES	Benzyl-parabène	0	12	0,04			
PARABÈNES	Butyl-parabène	0	12	0,7			
PARABÈNES	Ethyl-parabène	1	12	1,0			
PARABÈNES	Isobutyl-parabène	0	12	0,2			
PARABÈNES	Isopropyl-parabène	0	12	0,2			
PARABÈNES	Methyl-parabène	2	12	2,0			
PARABÈNES	Pentyl-parabène	0	12	0,0			
PARABÈNES	Propyl-parabène	1	12	0,8			
PFAS	6:2 FTSA	19	29	0,03			
PFAS	8:2 FTSA	10	29	0,1			
PFAS	EtFOSAA	1	29	0,4			
PFAS	FOSA	7	29	0,03			
PFAS	FOSAA	0	29	0,2			
PFAS	MeFOSAA	0	29	0,02			
PFAS	PFBA	20	29	0,6			
PFAS	PFBS	19	29	0,06			
PFAS	PFDA	12	29	0,2			
PFAS	PFHpA	20	29	0,2			
PFAS	PFHpS	12	29	0,04			
PFAS	PFHxA	20	29	0,1			
PFAS	PFHxS	20	29	0,1			
PFAS	PFNA	12	29	0,4			
PFAS	PFOA	20	29	0,5			
PFAS	PFOS	20	29	0,1			
PFAS	PFPeA	20	29	0,6			
BIOCIDES	Triclosan	0	11	4,0			

Les concentrations totales cumulées pour les grandes classes de micropolluants organiques sont comprises entre 3 000 et 6 000 ng/L. Les concentrations les plus faibles sont obtenues pour les deux effluents amont (TAILL et HAILL) et le bras nord (TAILL). Les concentrations pour les points en aval du rejet de la STEU sont constantes (CANT, ROC et RES). Pour l'ensemble des points, une prédominance des composés pharmaceutiques qui représentent entre 17 et 55 % de la contamination totale est observée. Les pesticides représentent également une part importante de la contamination : entre 15 et 38 %. Il s'agit cependant des classes pour lesquelles le plus de composés ont été recherchés (43 et 62 respectivement). L'essentiel de la contamination provient de la phase dissoute (Figure 11). En effet, bien que les concentrations sur la phase particulaire atteignent 52 000 ng/g (Figure 12) pour le point MN-Jal-ROC5 (en grande partie à cause de la forte concentration en DEHP) la concentration finale n'est que de l'ordre de 1600 ng/L (Figure 13) à cause de la faible charge particulaire de la Jalle de Blanquefort.

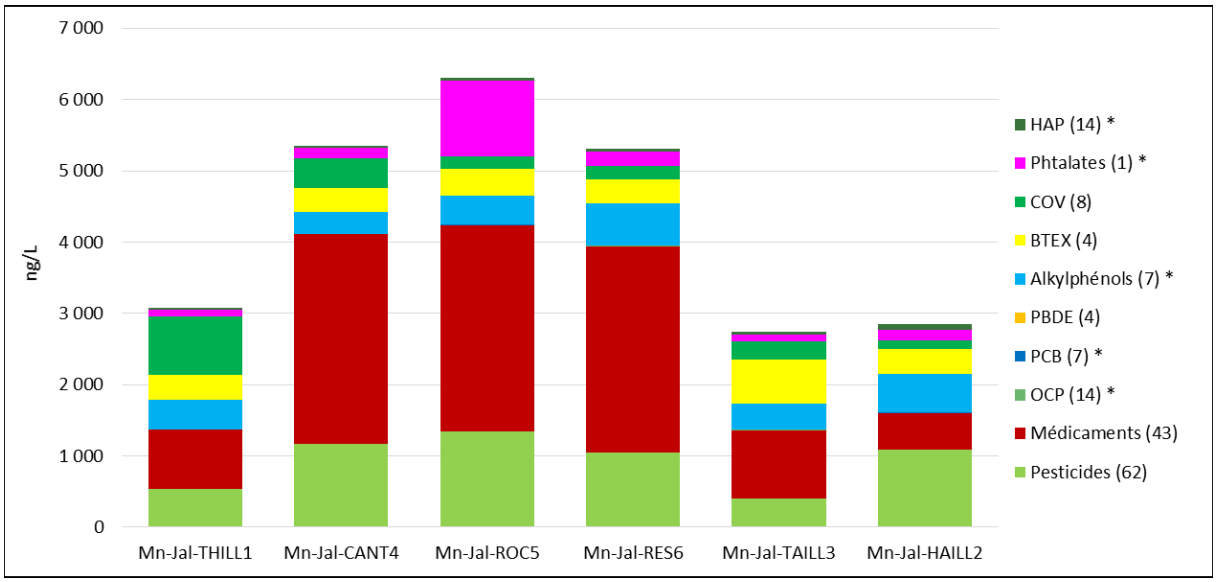


Figure 10. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

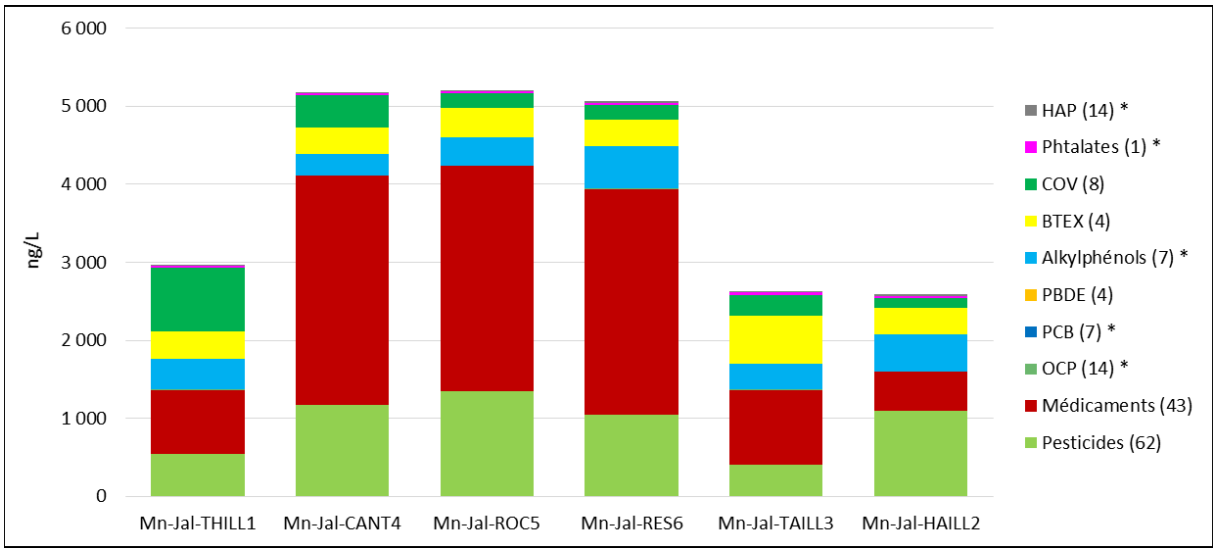


Figure 11. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute (* : composés recherches dans les deux phases)

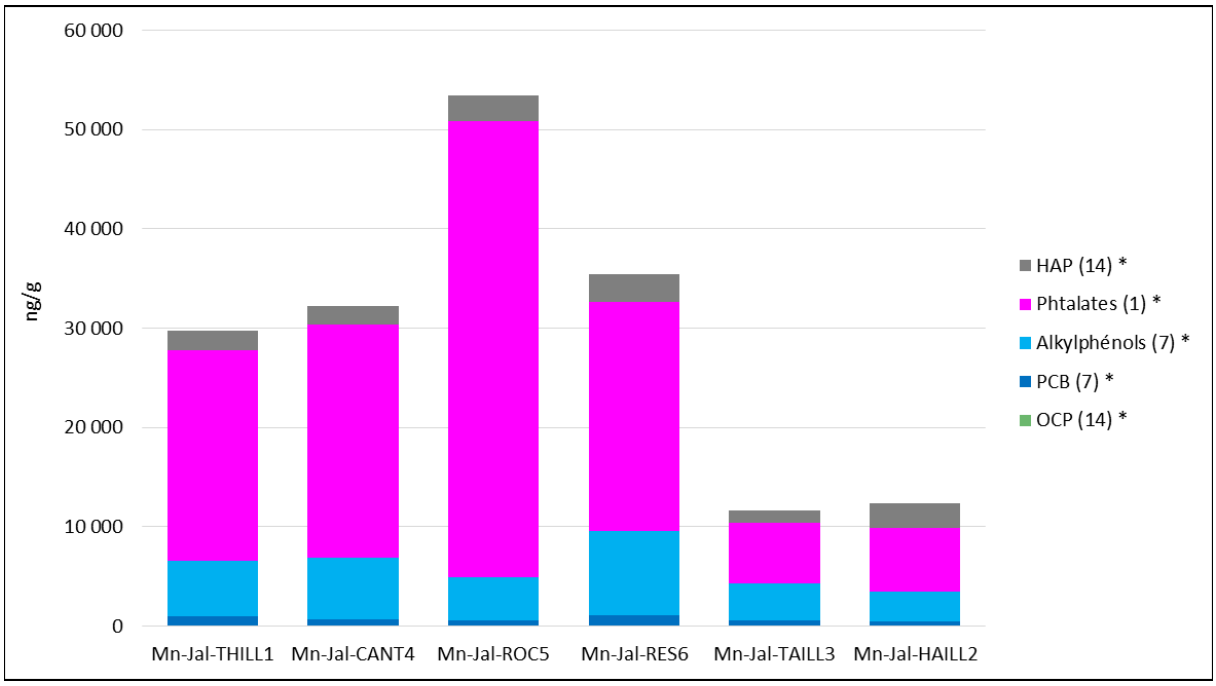


Figure 12. Concentrations cumulées (ng/g) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire (* : composés recherches dans les deux phases)

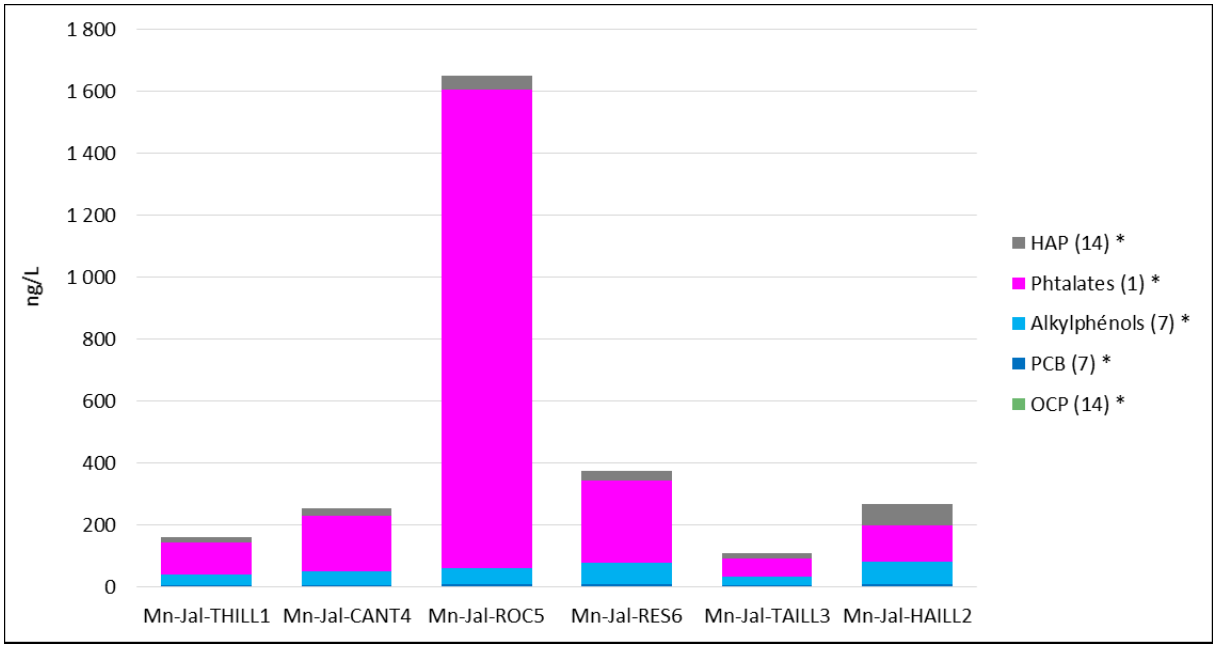


Figure 13. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire (* : composés recherches dans les deux phases)

La Jalle de Blanquefort est un petit cours d'eau, ce qui se traduit par un faible débit, de l'ordre de 82 000 m^3 par jour. En moyenne pour les 6 campagnes, le flux pour les 162 contaminants organiques est de 257 g/jour pour le point le plus amont (Mn-Jal-THILL1) et 360 g/jour pour le point le plus en aval (Mn-Jal-RES6) (Figure 14).

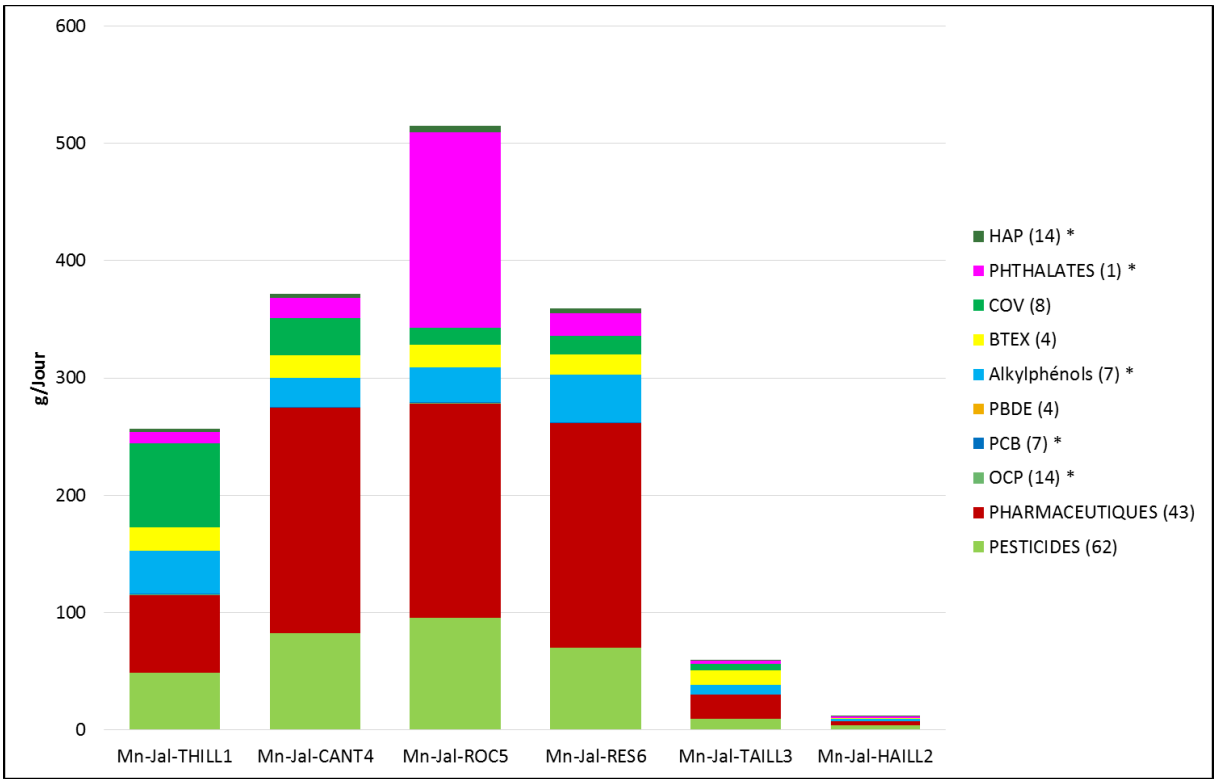


Figure 14. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

2. Pesticides

Les concentrations cumulées en pesticides varient entre 400 et 1 300 ng/L (Figure 15). Elles sont plus importantes pour les points en aval du rejet de la station de traitement des eaux usées (STEU) mais aussi pour l'affluent amont (le bras du Haillan). Les pesticides quantifiés aux plus fortes concentrations sont l'herbicide glyphosate et son métabolite l'AMPA ainsi que les métabolites de l'herbicide S-métolachlore (métolachlore OXA et métolachlore ESA).

Ces deux « groupes » de pesticides ont un comportement différent. Les métabolites du métolachlore ont une concentration stable le long du continuum en lien avec des apports agricoles de l'amont. Les concentrations en glyphosate et en AMPA sont plus importantes pour les points en aval du rejet de la STEU, ce qui traduit un apport urbain. A noter également la présence de fipronil, en concentrations faibles (0,5-3,8 ng/L) mais potentiellement problématiques, puisque la PNEC de cet insecticide à usage vétérinaire est de 0,77 ng/L. De même, ses concentrations sont plus importantes en aval du rejet de la STEU ce qui traduit des apports urbains. En termes de flux, les apports en pesticides varient entre 4,1 et 96 g/jour Figure 16.

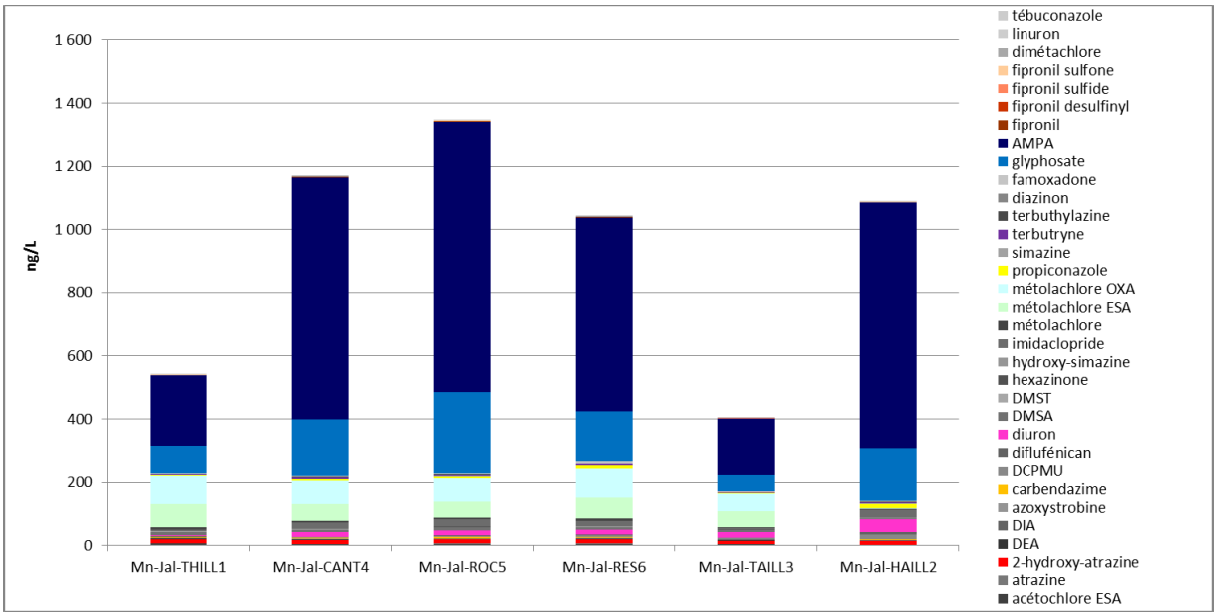


Figure 15. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

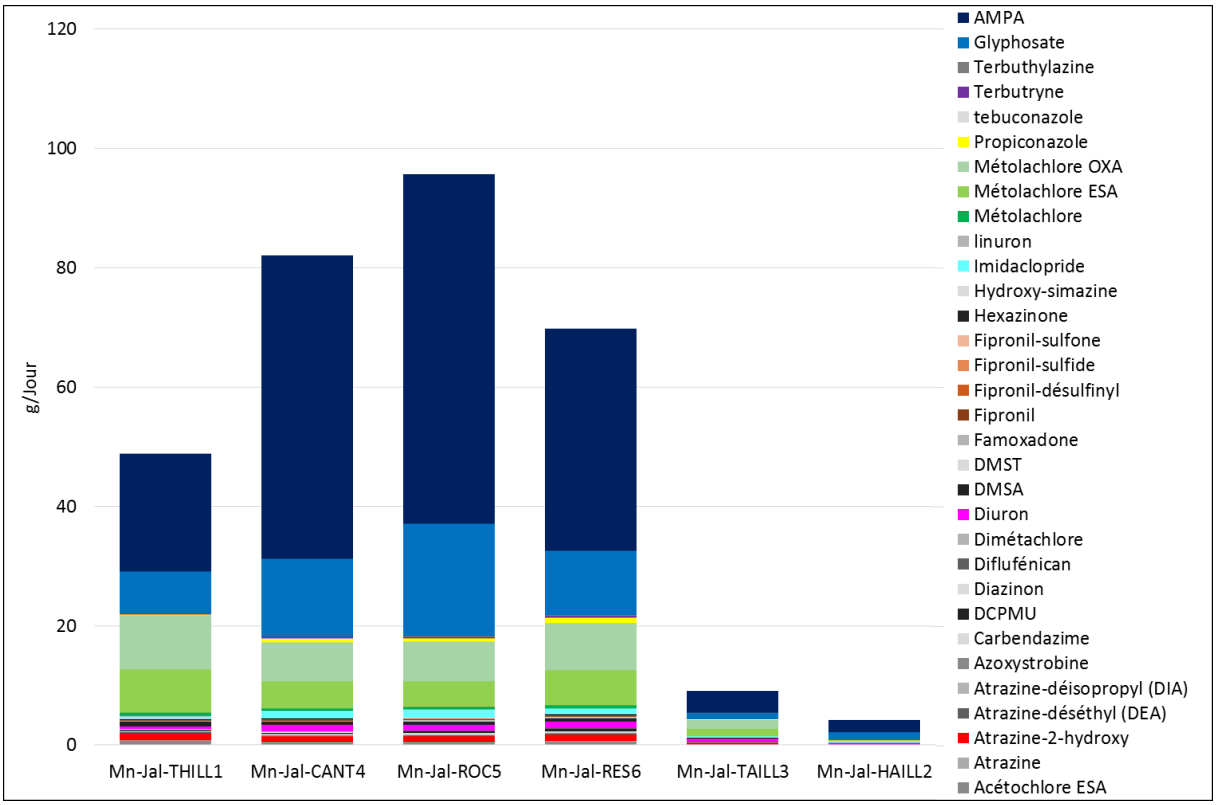


Figure 16. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

3. Pharmaceutiques

Les concentrations cumulées en médicaments varient entre 500 et 2 900 ng/L (Figure 17). Elles sont plus importantes d'un facteur 3 pour les points en aval du rejet de la STEU. Parmi les composés retrouvés aux plus fortes concentrations, on retrouve la gabapentine (antiépileptique aussi utilisé en

tant qu'antidouleurs), le sotalol (un bétabloquant), le diclofénac (un antiinflammatoire) et l'hydroxy-ibuprofène (métabolite de l'ibuprofène, un antiinflammatoire). Pour ces composés les concentrations augmentent après le rejet de la STEU, ce qui est en lien avec leur présence dans le rejet. Cet aspect est détaillé dans la section suivante (résultats des stations de traitement des eaux usées). La caféine est également retrouvée en fortes concentrations. Il ne s'agit pas d'un composé pharmaceutique à proprement parler mais d'un traceur de vie humaine (car très consommée *via* le café et les boissons caféinées). Le comportement de ce composé est d'ailleurs atypique : les concentrations sont stables le long du continuum et sont plus importantes dans l'affluent amont (Haillan) et dans le bras parallèle qui ne reçoit pas le rejet de la STEU (Taillan). En termes de flux, les apports en pharmaceutiques varient entre 3 et 192 g/jourg/jour (Figure 18).

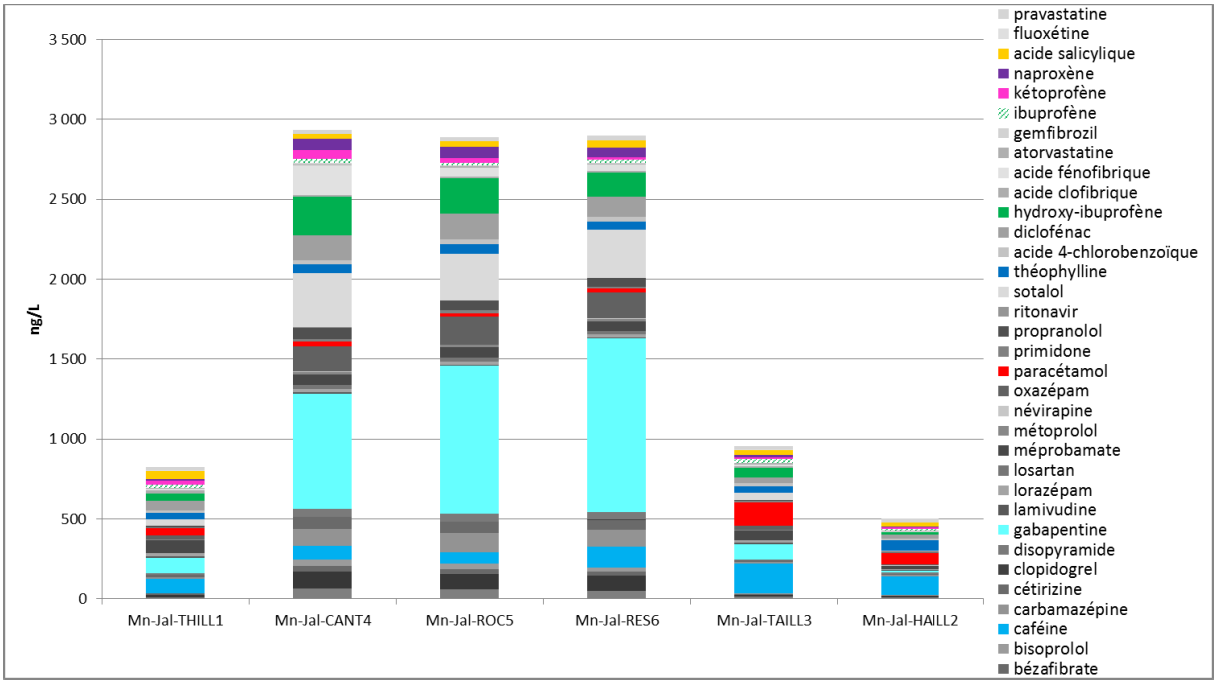


Figure 17. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

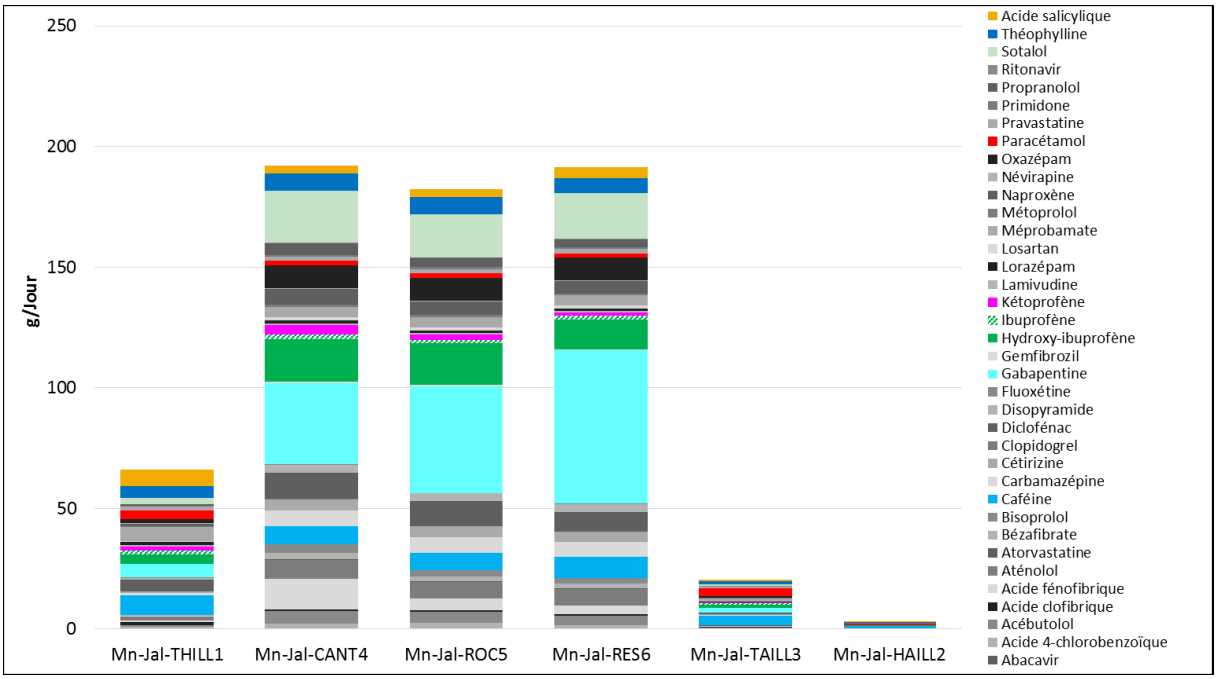


Figure 18. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pharmaceutiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

4. Pesticides organochlorés

Les concentrations cumulées en pesticides organochlorés sont présentées Figure 19. Ces composés ont été recherchés dans la phase dissoute et la phase particulaire à l'exception de l'endrine, l'isodrine, l'aldrine et la chlordécone. Les concentrations totales varient peu et sont faibles : entre 4 et 7 ng/L. Les profils de contamination entre les différents sites sont comparables et les 3 OCP quantifiés aux plus fortes concentrations sont le lindane, le mélange DDE 44' + dieldrine et le DDT 4 4'. Le lindane et le DDT 4 4' ne sont presque uniquement quantifiés que sur la phase particulaire (Figure 21). Le mélange DDE 44' + dieldrine est quantifié sur les deux phases, la phase particulaire représentant environ 5 % de la contamination totale étant donné les faibles quantités de particules (Figure 20 , Figure 22 et Figure 23). En termes de flux, les apports en pesticides organochlorés varient entre 0,03 et 0,5 g/jourg/jour (Figure 24).

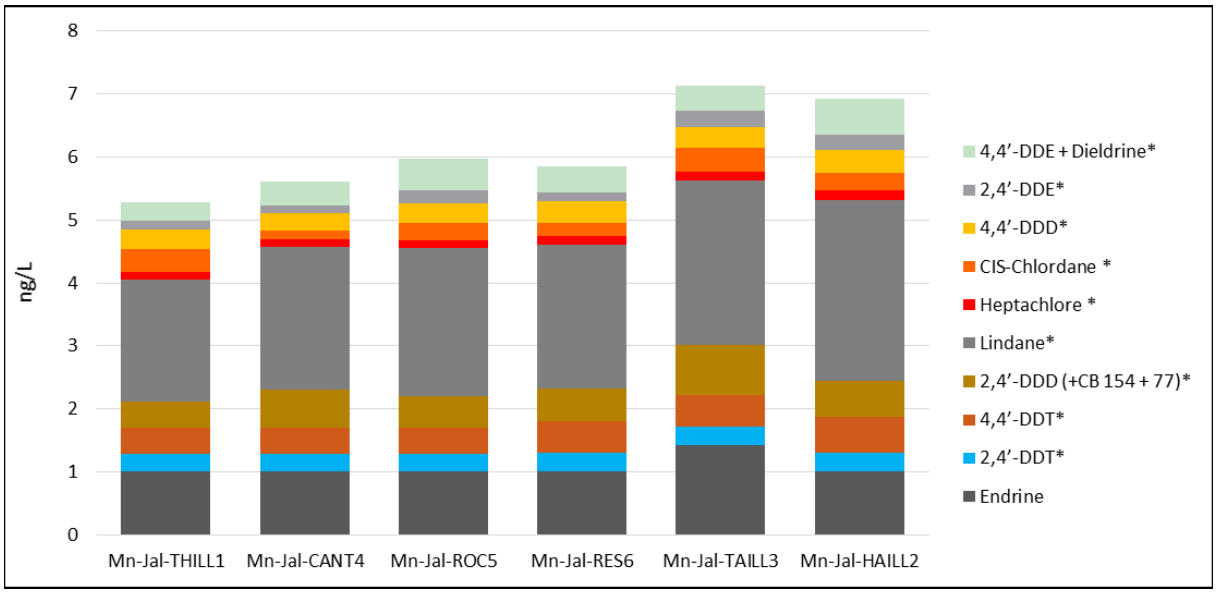


Figure 19. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

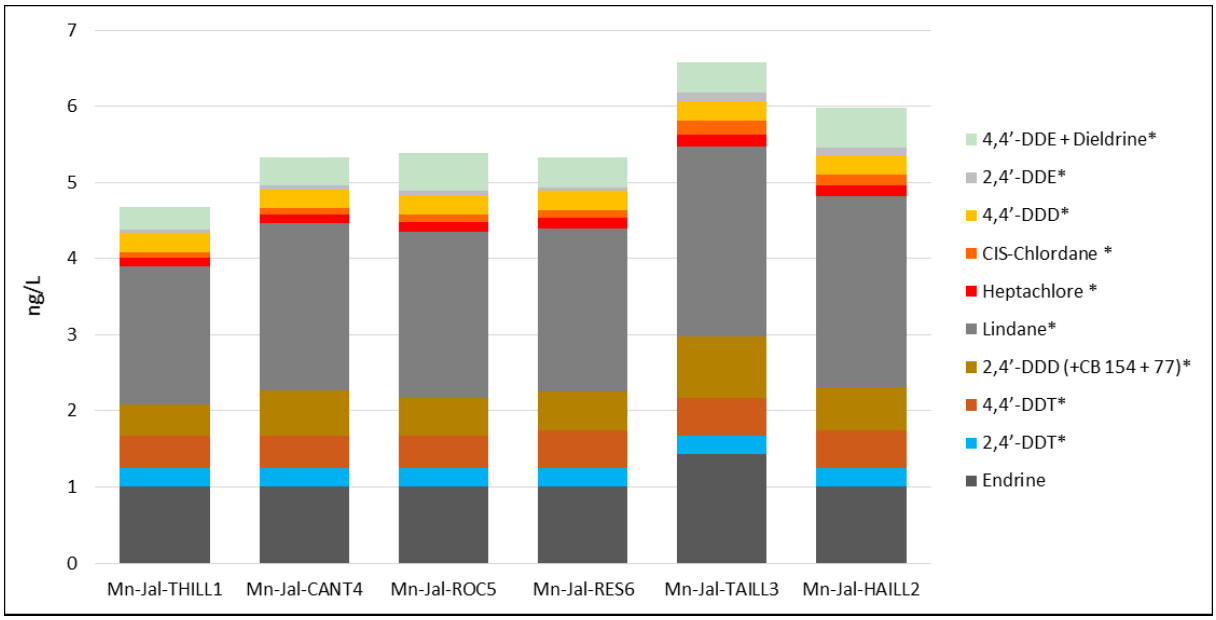


Figure 20. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute (* : composés recherchés dans les deux phases)

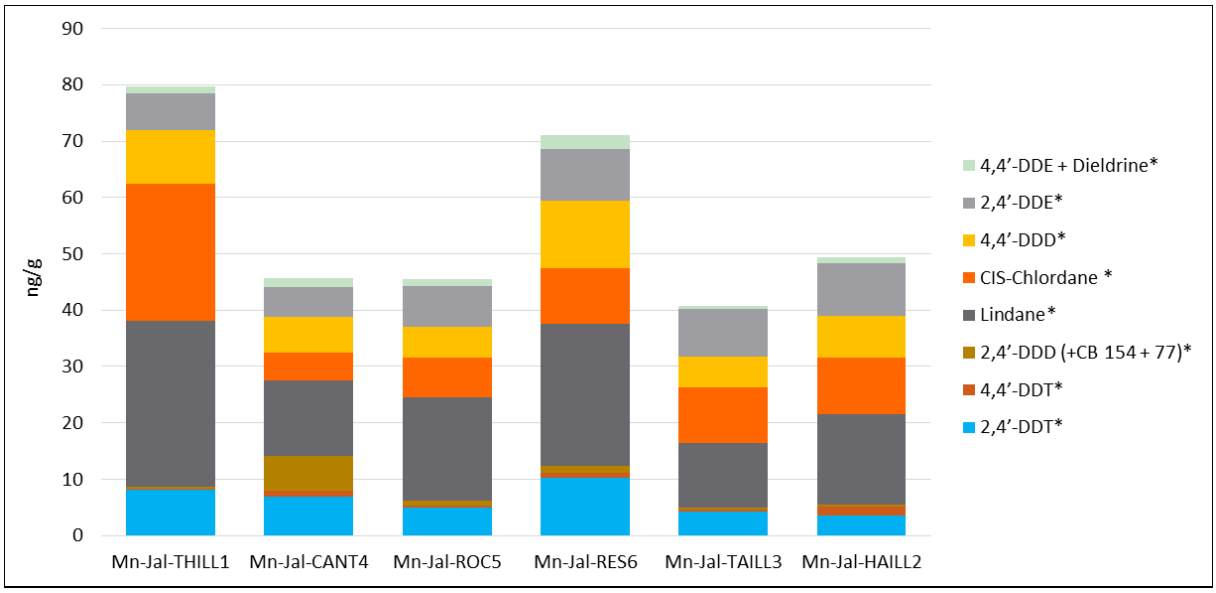


Figure 21. Concentrations totales cumulées (ng/g) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

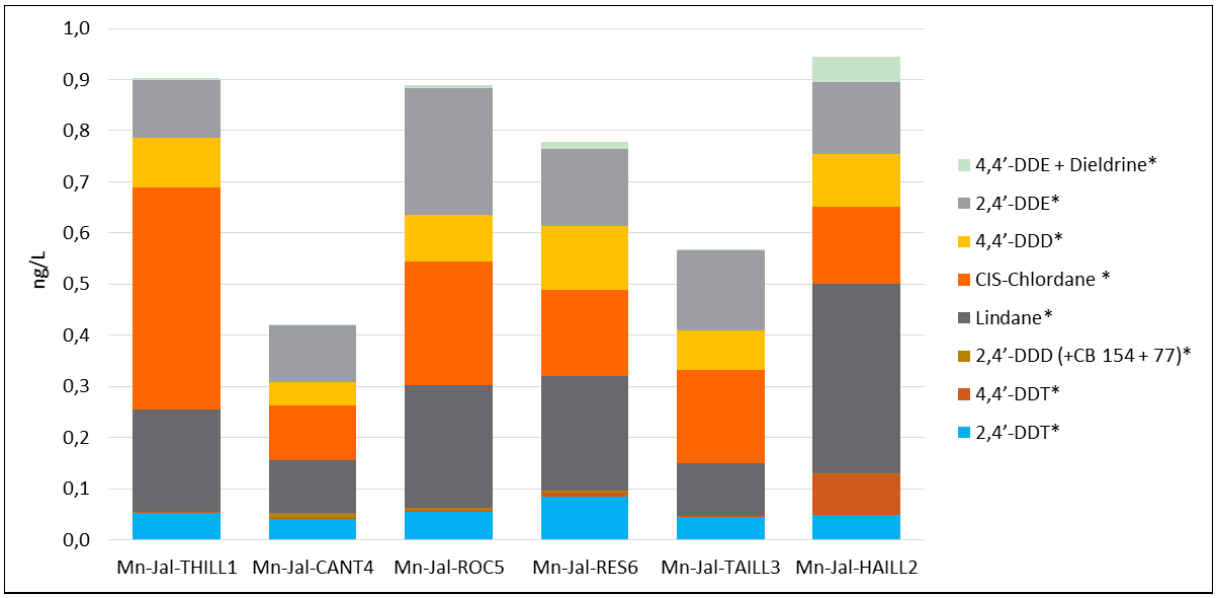


Figure 22. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

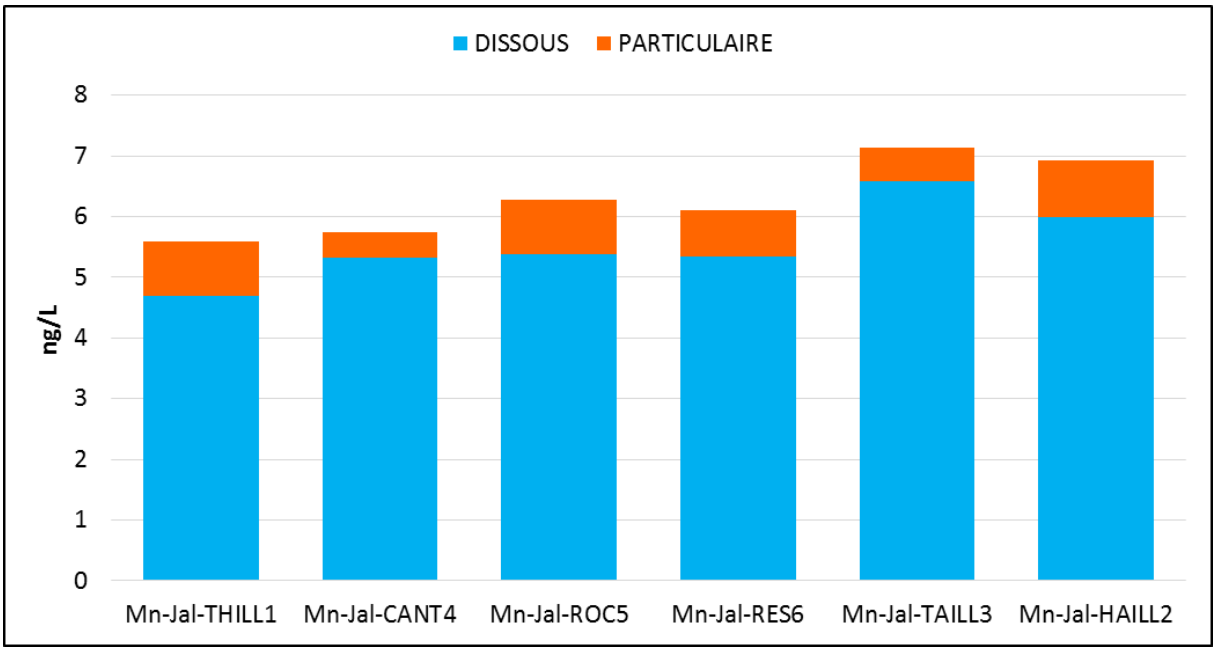


Figure 23. Partition dissous/particulaire (ng/L) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

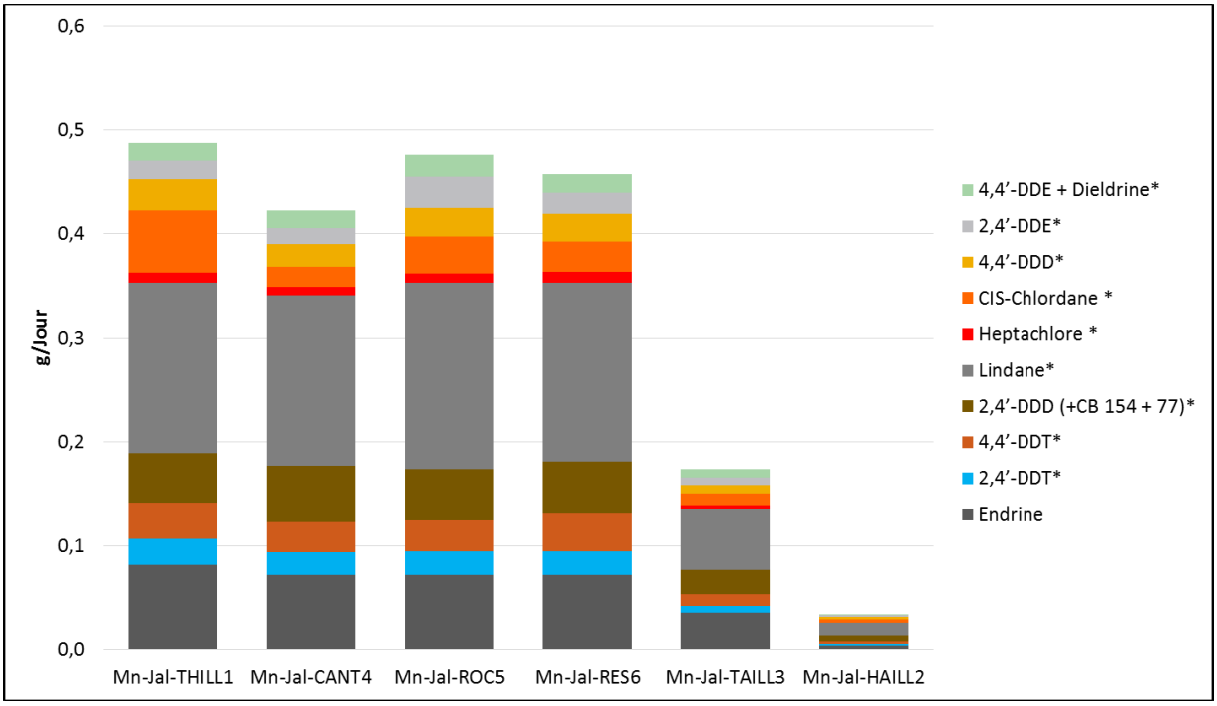


Figure 24. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides organochlorés le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

5. PCB

Les concentrations totales cumulées en PCB pour la phase totale sont faibles et comprises entre 6 et 12 ng/L dans la phase totale (Figure 25). C'est l'affluent amont (Haillan) qui présente les plus fortes concentrations. Dans la phase dissoute, la concentration en PCB dans le Haillan s'élève à 3,3 ng/L (Figure **26**) alors qu'elle atteint 8,2 ng/L dans la phase particulaire (Figure 28).Les profils de contamination entre les différents sites sont comparables et les PCB sont retrouvés en concentrations équivalentes hormis pour le PCB 180 et le PCB 28+50 qui sont présents en concentrations plus faibles. Ce sont les deux seuls qui ne sont presque jamais quantifiés sur la phase particulaire, celle-ci pouvant représenter 60-90 % de la contamination totale malgré les faibles teneurs en particules (Figure 27, Figure 28 et Figure 29). En termes de flux, les apports en PCB varient entre 0,07 et 0,96 g/jourg/jour.

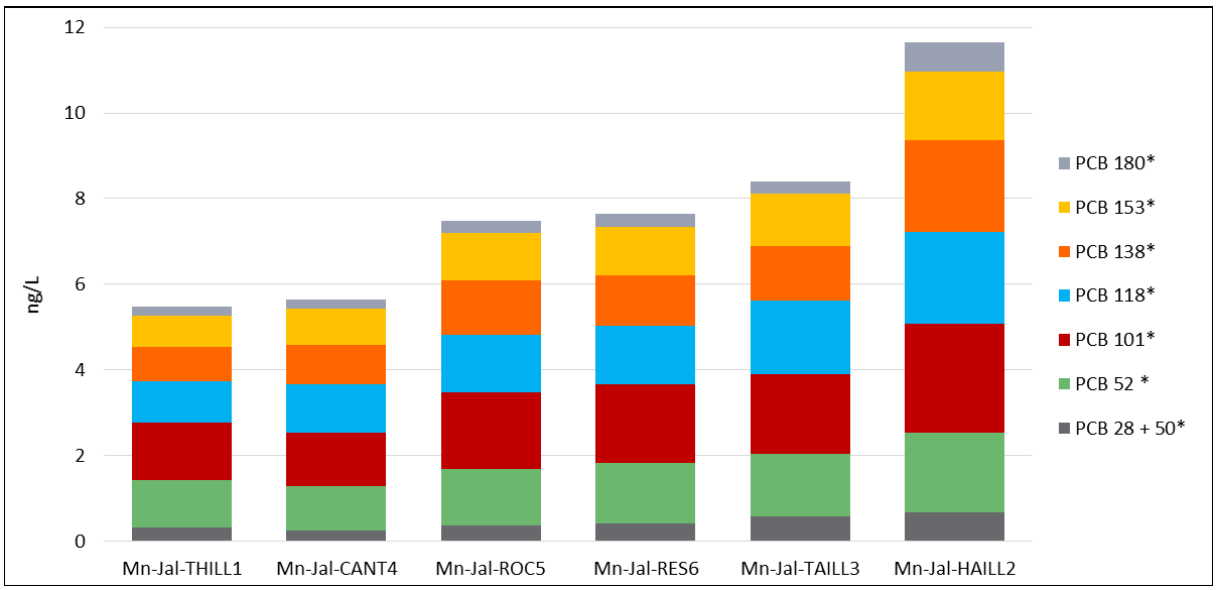


Figure 25. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

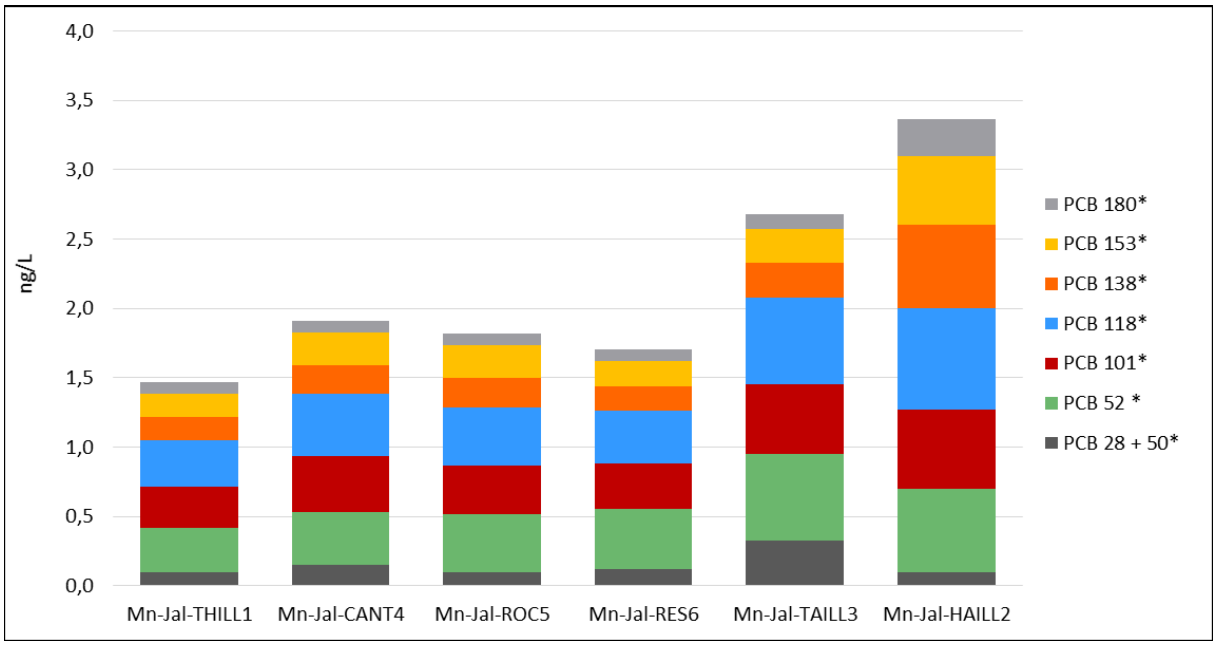


Figure 26. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

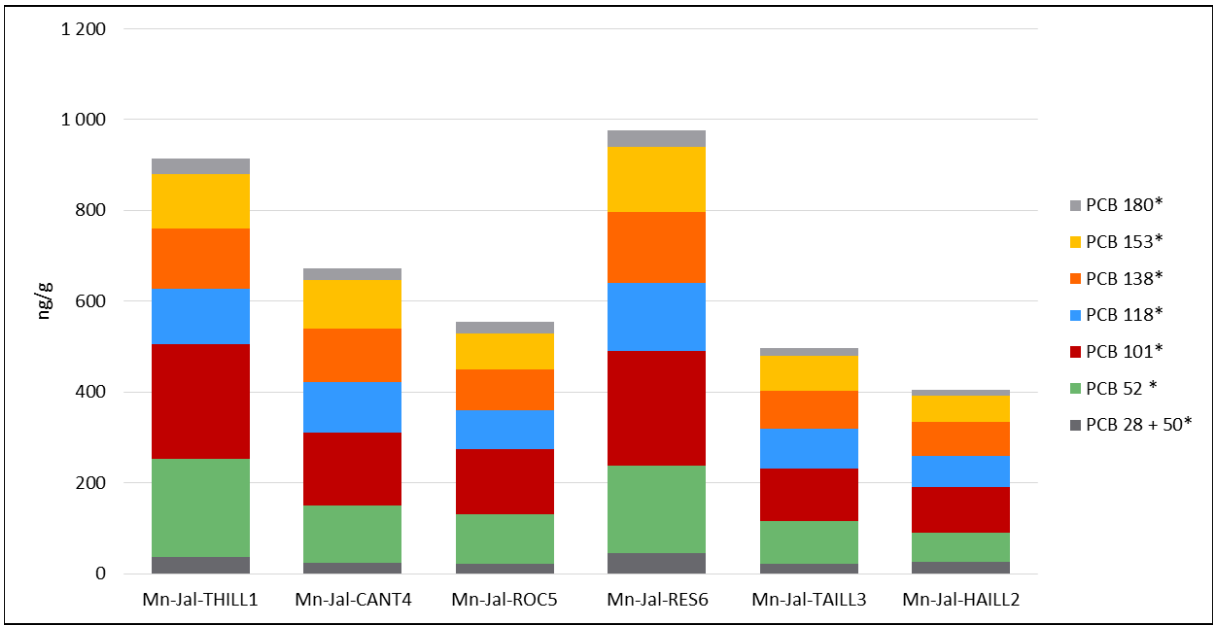


Figure 27. Concentrations totales cumulées (ng/g) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

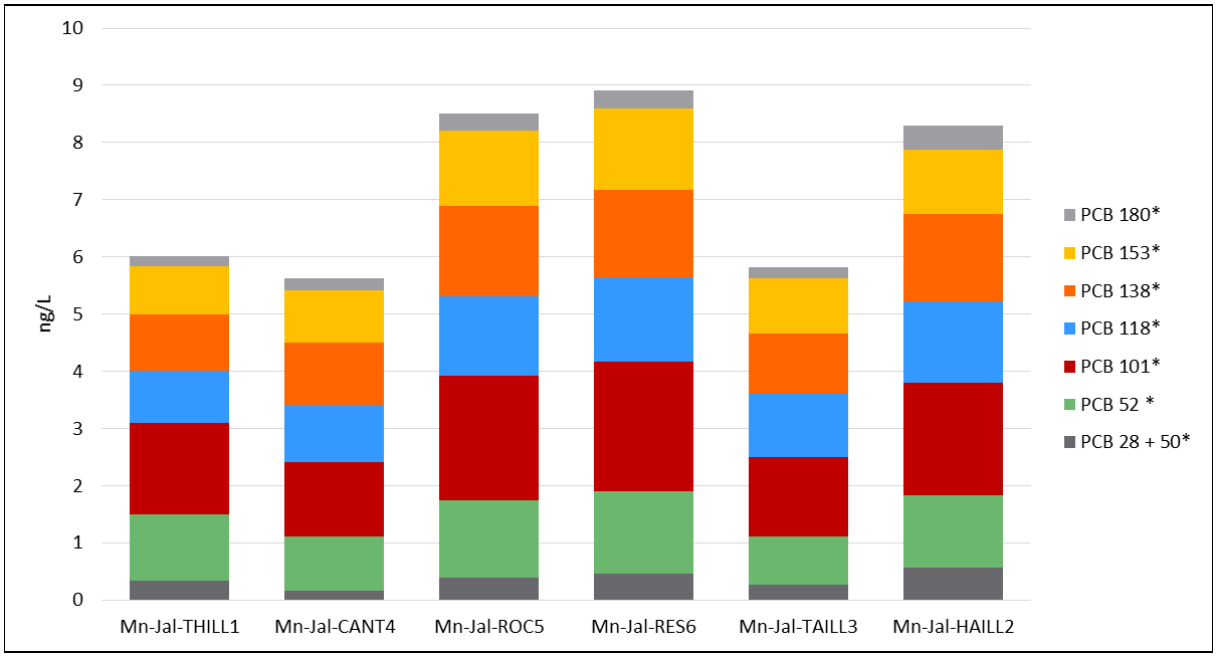


Figure 28. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

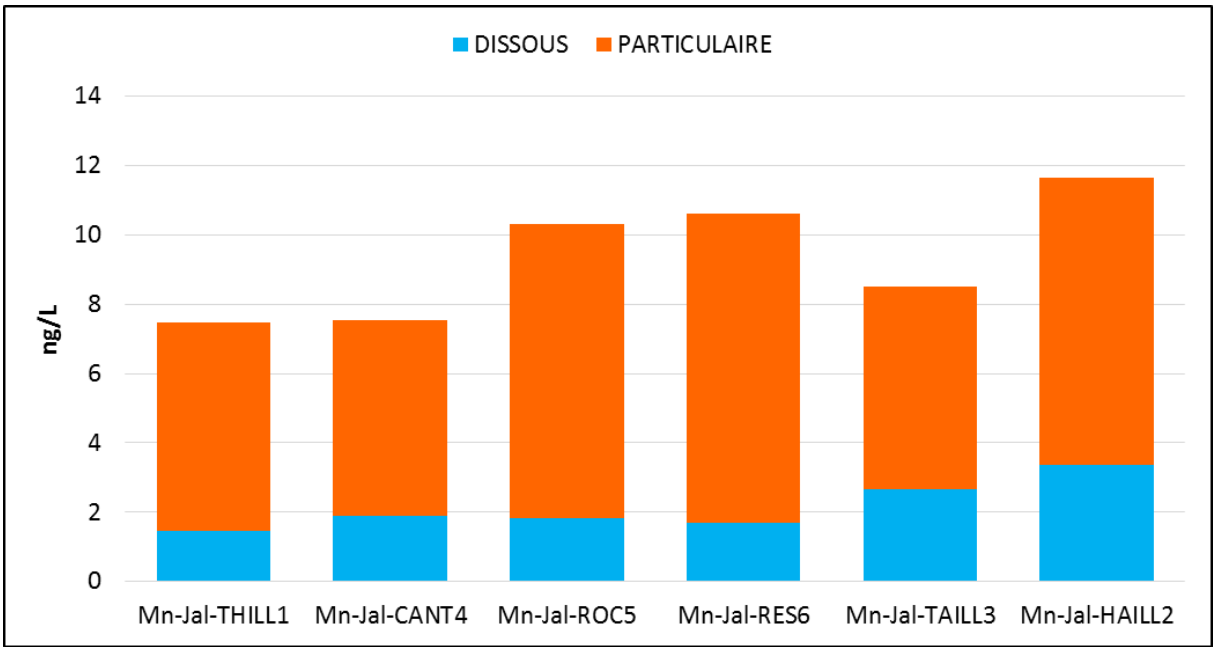


Figure 29. Partition dissous/particulaire (ng/L) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

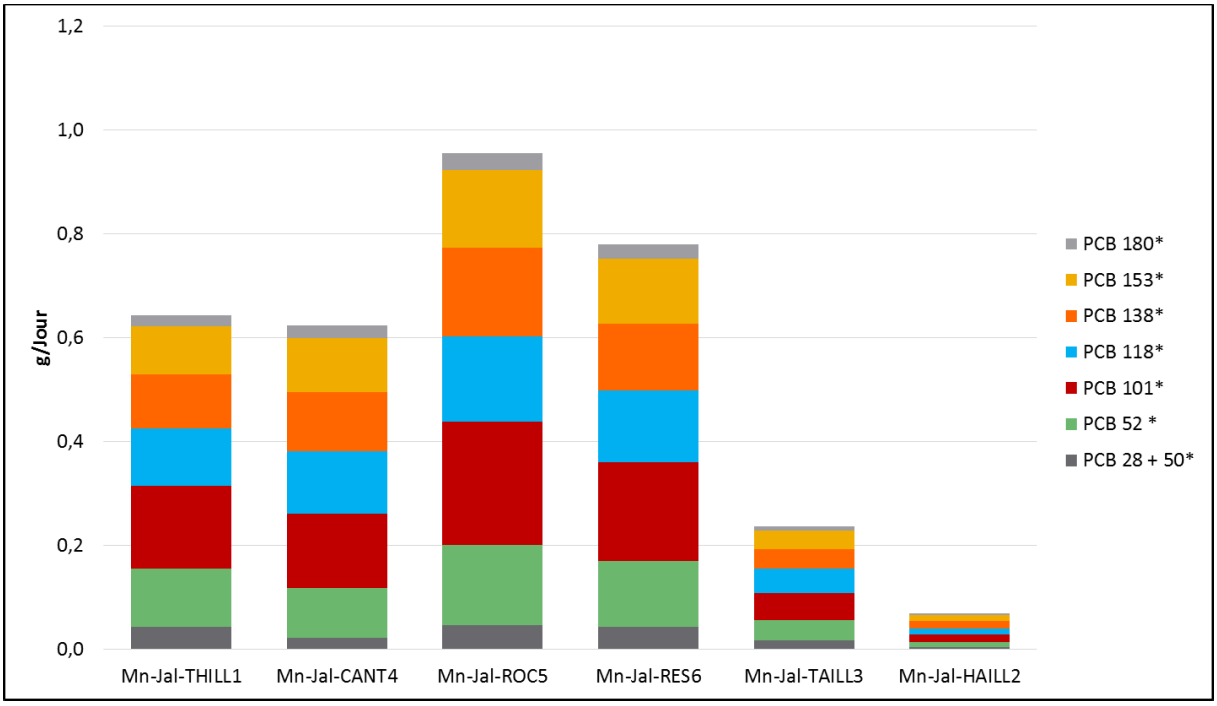


Figure 30. Flux cumulés (g/jourg/jour) en PCB le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

6. PBDE

Les concentrations cumulées en PBDE ne sont pas représentées car l'ensemble des données sont inférieures à la LQ (0,2-0,9 ng/L).

7. Alkylphénols

Les concentrations totales cumulées en alkylphénols pour la phase totale sont présentées Figure 31. Pour ces composés l'analyse dans la phase particulaire est complexe et les faibles teneurs en particules du milieu naturel (et donc prises d'essai faibles) ont pour conséquence d'augmenter les LQ. De plus ces composés sont fortement sujets aux effets matriciels et aux contaminations extérieures. Ceci explique pourquoi certains composés (4-nonylphénols, NP1OE) ont des LQ élevées dans la phase particulaire et pourquoi le NP1OE n'a pu être analysé que dans 11 échantillons sur 23.

Les concentrations pour la phase totale sont comprises entre 300 et 600 ng/L avec les concentrations les plus importantes obtenues pour le dernier point du continuum (RES6, qui est aussi celui situé en aval de l'exutoire pluvial de la rocade) et l'affluent amont (Haillan). Les profils de contamination entre les différents sites sont comparables et les deux alkylphénols majoritaires sont le 4-nonylphénols et le NP1EC, ces deux composés étant essentiellement (85-95 %) présents dans la phase dissoute (Figure 32). Néanmoins, les concentrations sur la phase particulaire sont importantes et peuvent atteindre 8 500 ng/g (Figure 33), ce qui, ramené à la quantité de particules dans le milieu, représente seulement 68 ng/L (Figure 34 et Figure 35). En termes de flux, les apports en alkylphénols varient entre 2 et 40 g/jourg/jour (Figure 36).

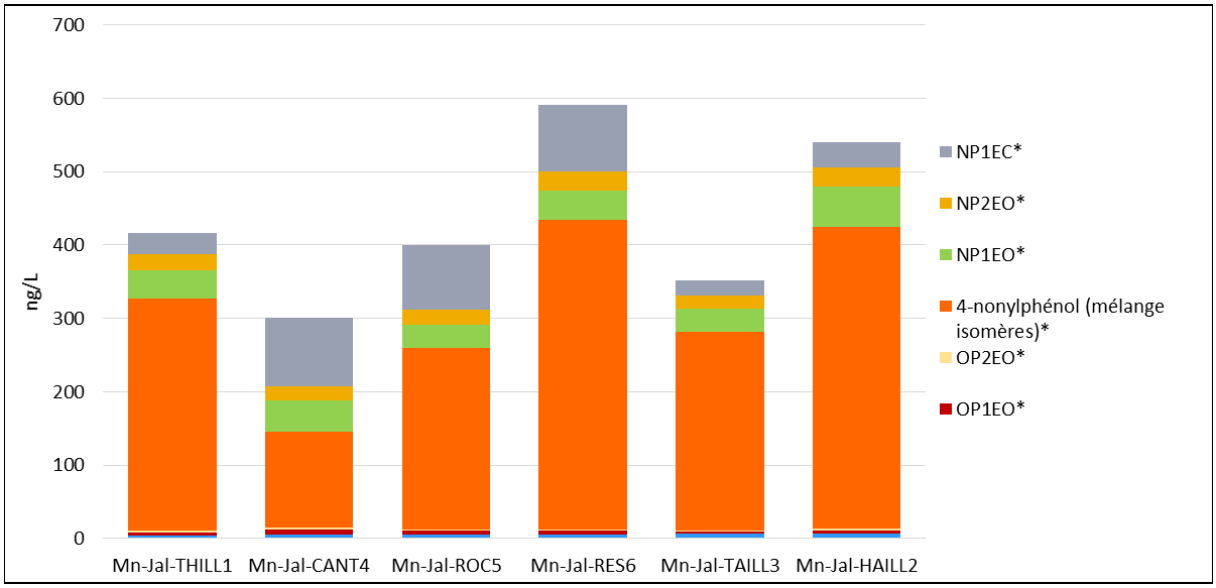


Figure 31. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

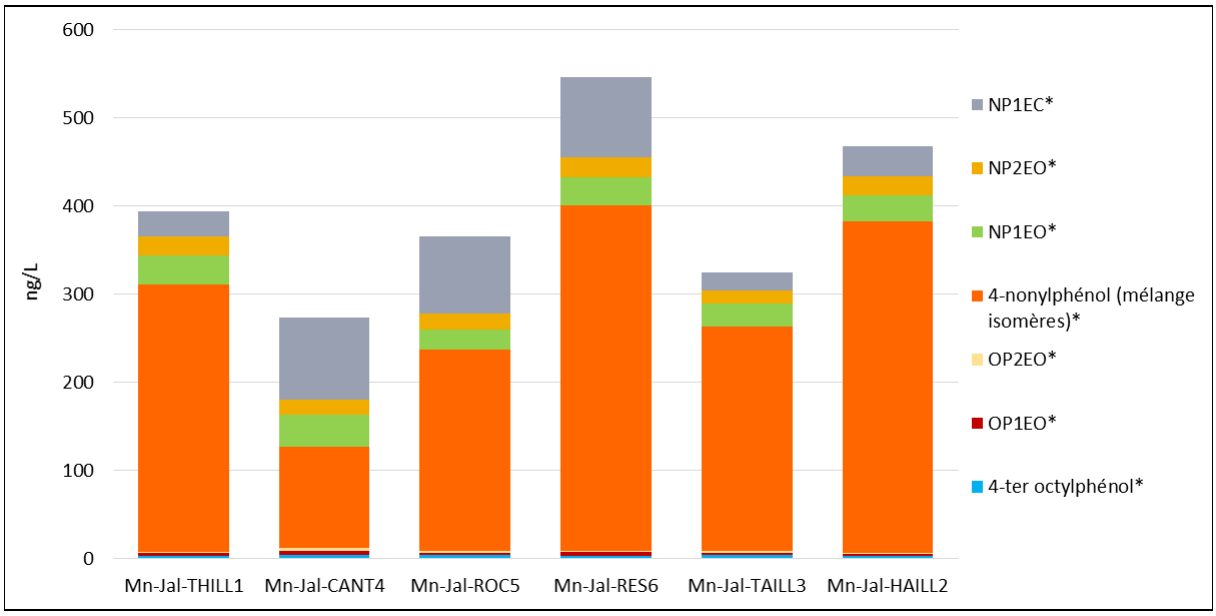


Figure 32. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

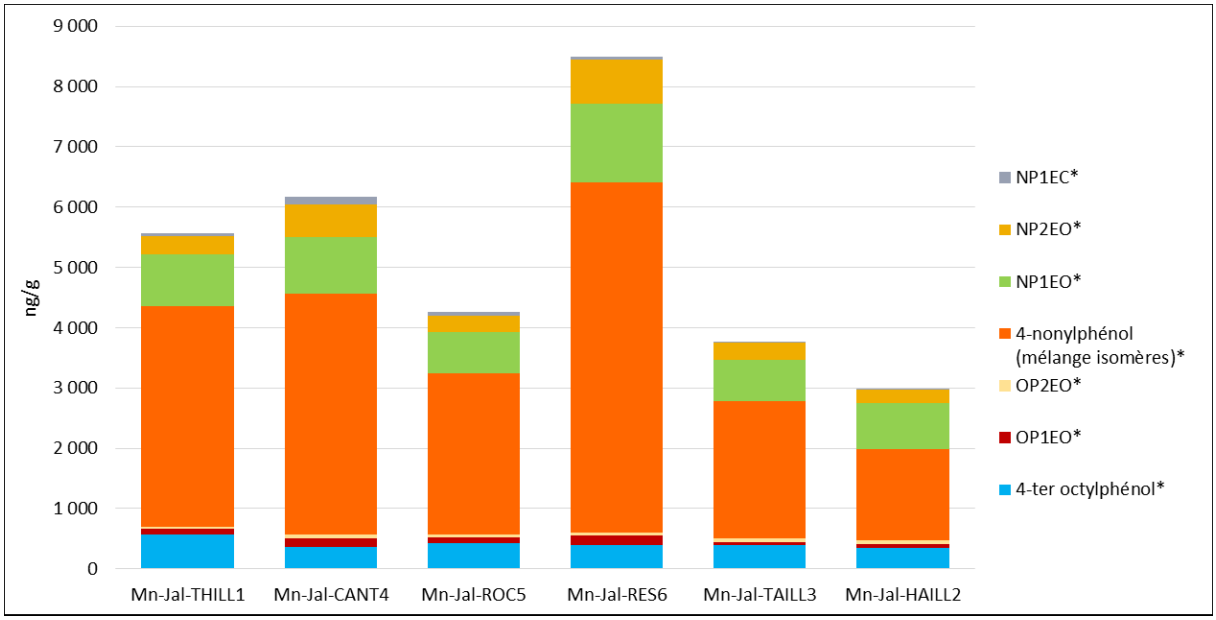


Figure 33. Concentrations totales cumulées (ng/g) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

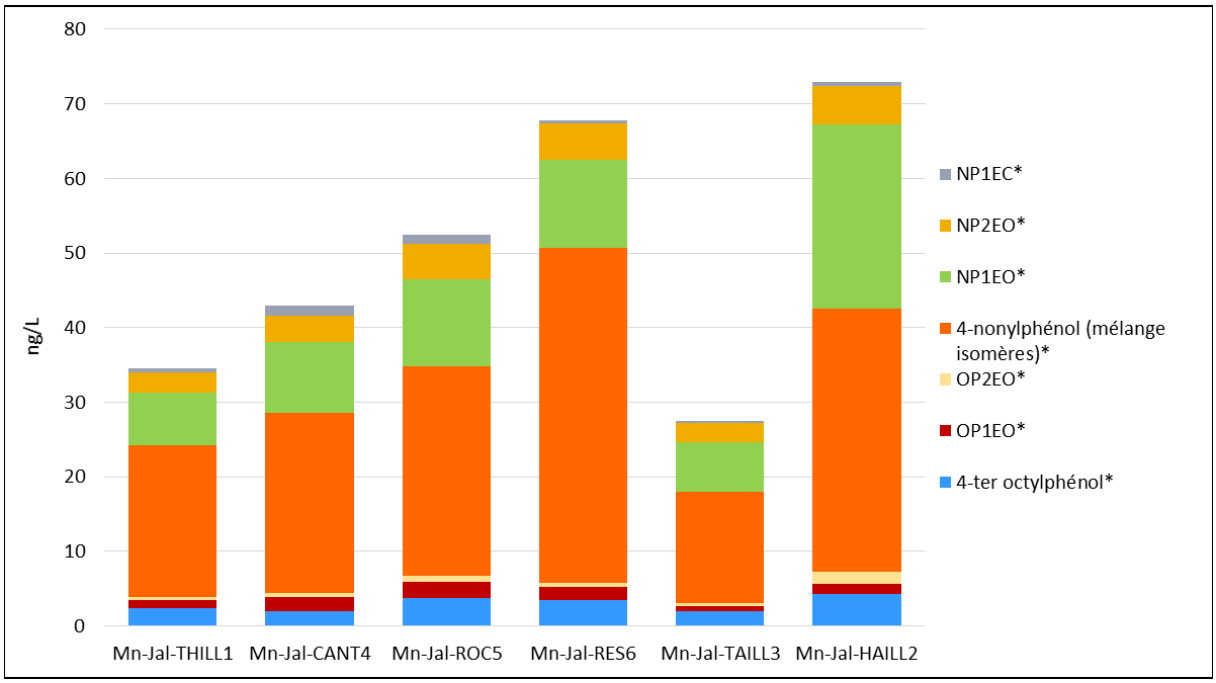


Figure 34. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

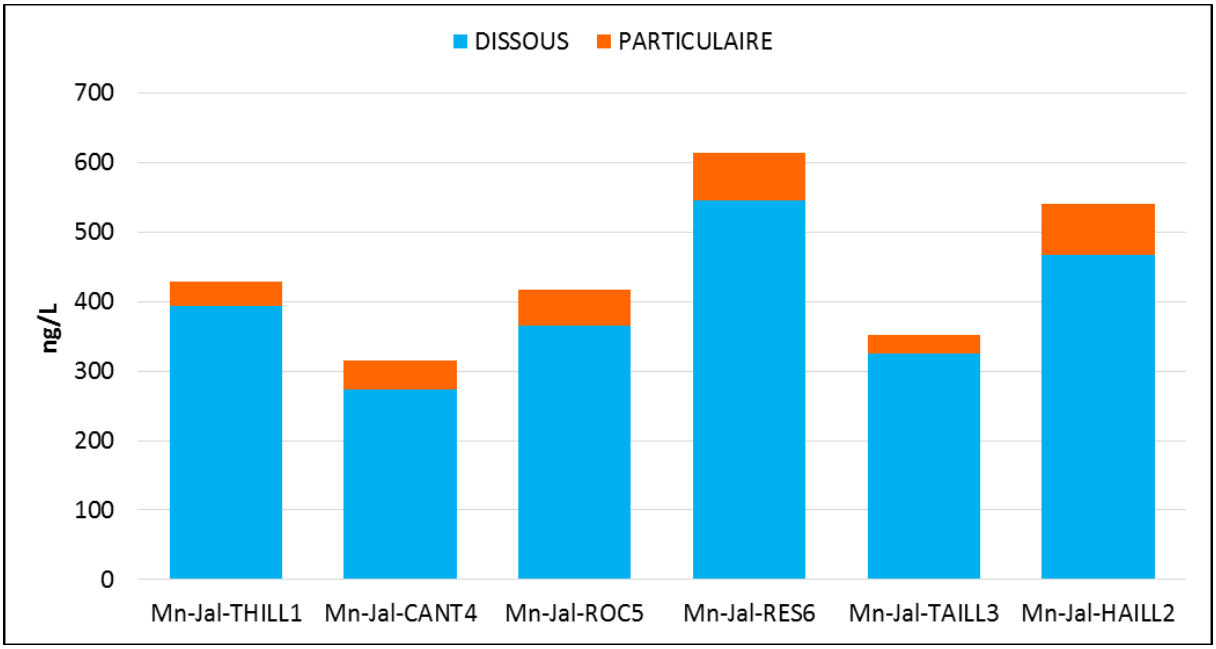


Figure 35. Partition dissous/particulaire (ng/L) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

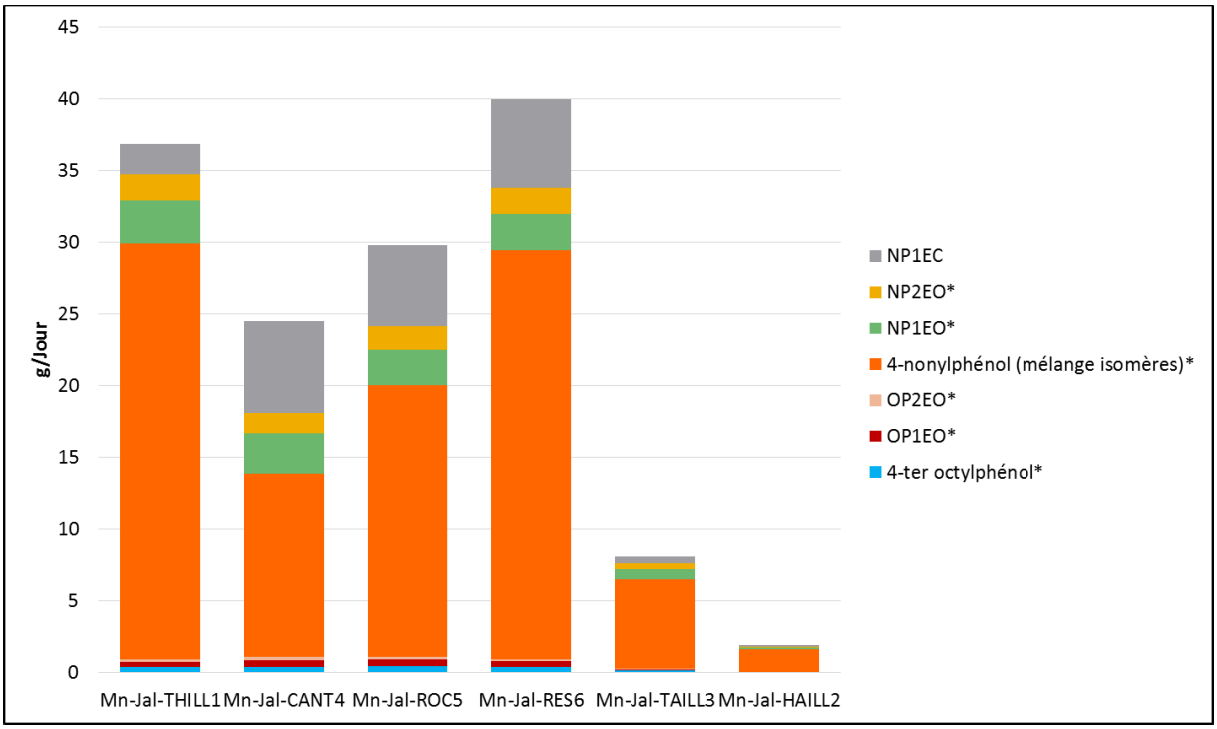


Figure 36. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

8. COV

Les concentrations cumulées en COV (dont BTEX) pour la phase dissoute varient entre 400 et 1 200 ng/L (Figure 37). Les profils de contamination sont équivalents entre les sites et les COV retrouvés aux plus fortes concentrations sont le toluène, le chlorure de vinyl et le tétrachloroéthylène. Les concentrations obtenues sont en lien avec de fortes concentrations obtenues pour l'une des campagnes (octobre 2014). En termes de flux, les apports en COV varient entre 1 et 91 g/jourj (Figure 38).

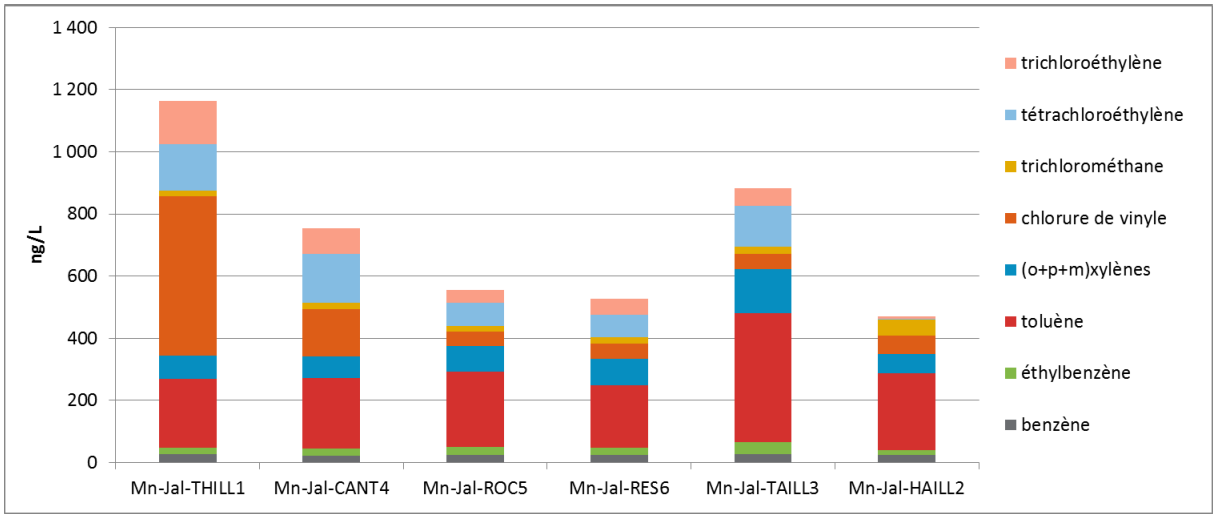


Figure 37. Concentrations cumulées (ng/L) en COV (dont BTEX) le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

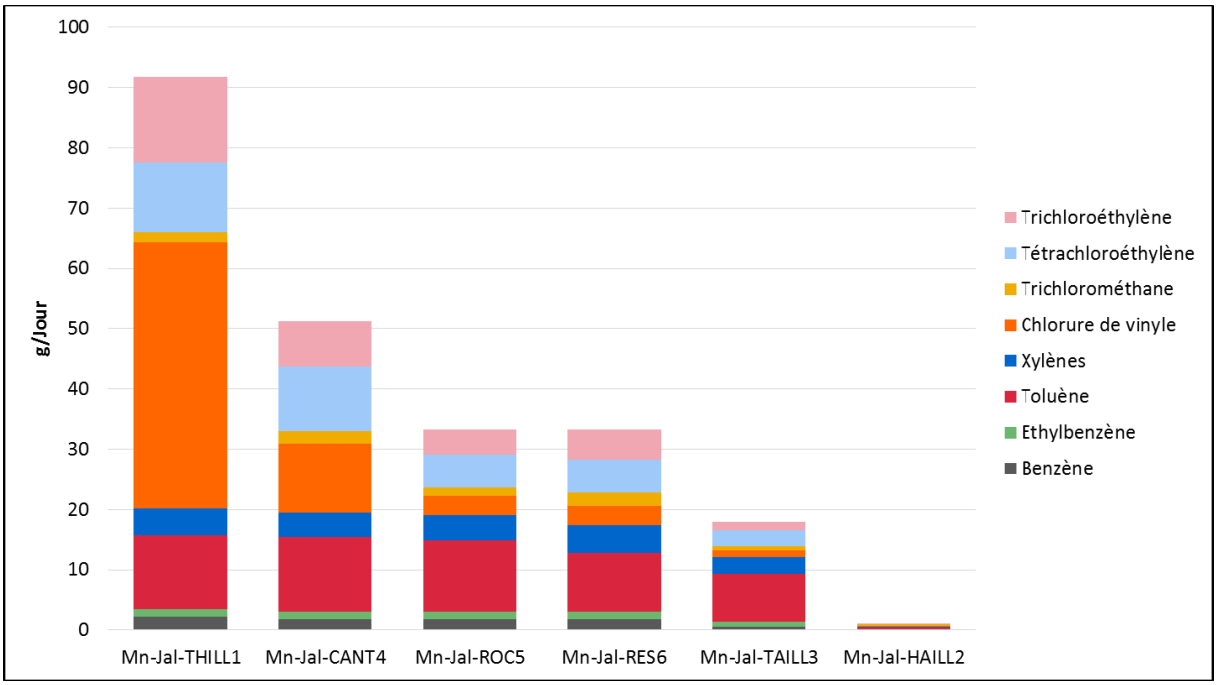


Figure 38. Flux cumulés (g/jourg/jour) en COV (dont BTEX) le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

9. Phtalates

Les concentrations totales obtenues pour le DEHP (unique représentant de la classe des phtalates) pour la phase totale sont présentées Figure 39. Pour ce composé l'analyse dans la phase particulaire est complexe et les faibles teneurs en particules du milieu naturel (et donc prises d'essai faibles) ont pour conséquence d'augmenter les LQ. De plus ce composé est très sujet aux effets matriciels et aux contaminations extérieures ce qui explique la LQ moyenne de 6 000 ng/g pour la phase particulaire. Néanmoins ce composé est quantifié dans 13 des 21 échantillons de la phase particulaire. Les concentrations sur la phase particulaire atteignent 45 000 ng/g (Figure 41) sur le point ROC5 situé en amont de l'exutoire pluvial de la rocade, ce qui, prenant en compte la quantité de MES, correspond à 1 550 ng/L (Figure 42). Les concentrations en phase dissoutes varient entre 23 et 36 ng/L (Figure 40). Les concentrations totales sont comprises entre 90 et 1 100 ng/L, avec la concentration la plus importante obtenue pour le point ROC5. L'essentiel de la contamination en DEHP est donc porté par la phase particulaire (Figure 43). En termes de flux, les apports en DEHP varient entre 1 et 167 g/jourg/jour (Figure 44).

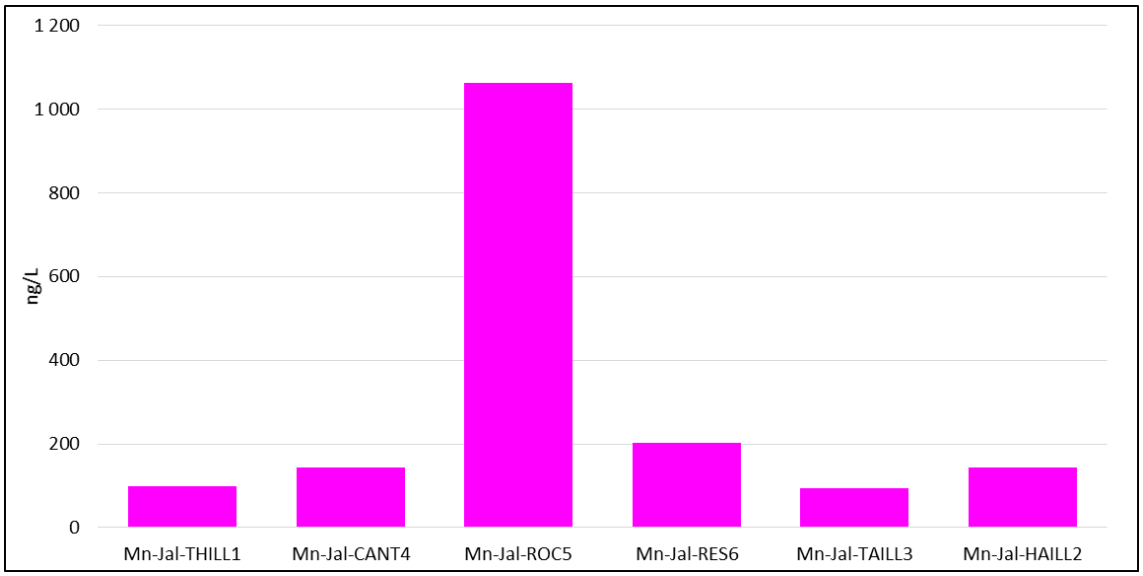


Figure 39. Concentrations totales (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

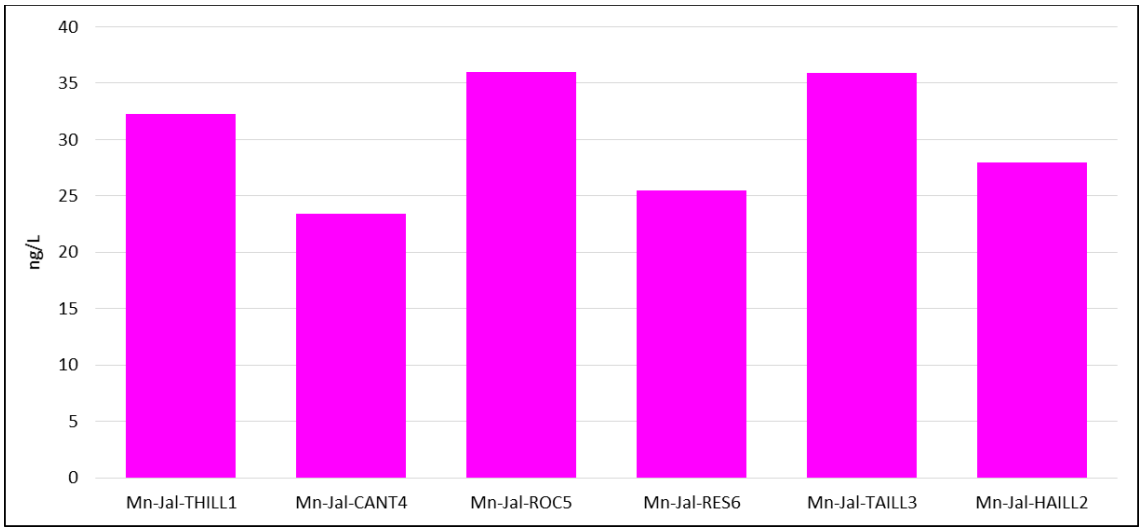


Figure 40. Concentrations totales (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

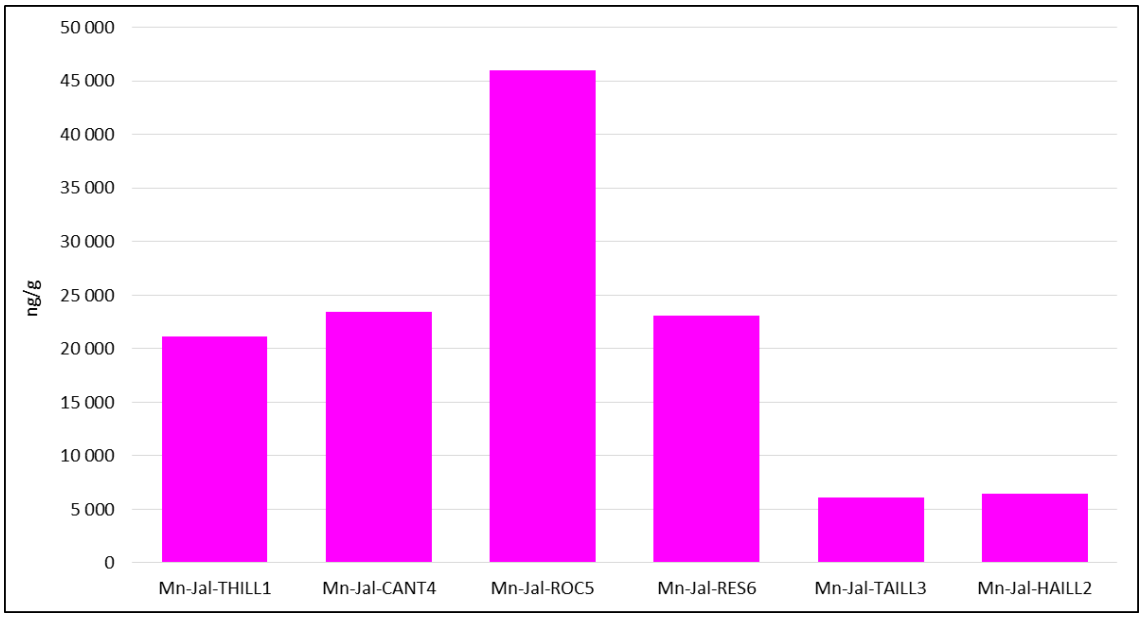


Figure 41. Concentrations totales (ng/g) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

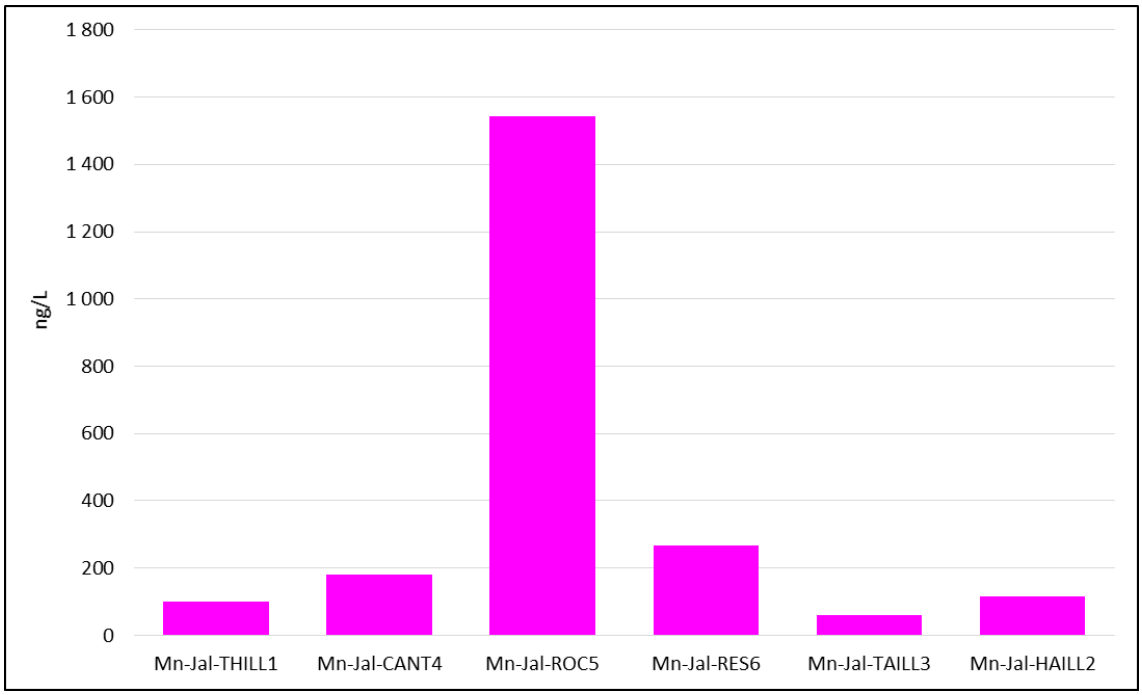


Figure 42. Concentrations totales (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

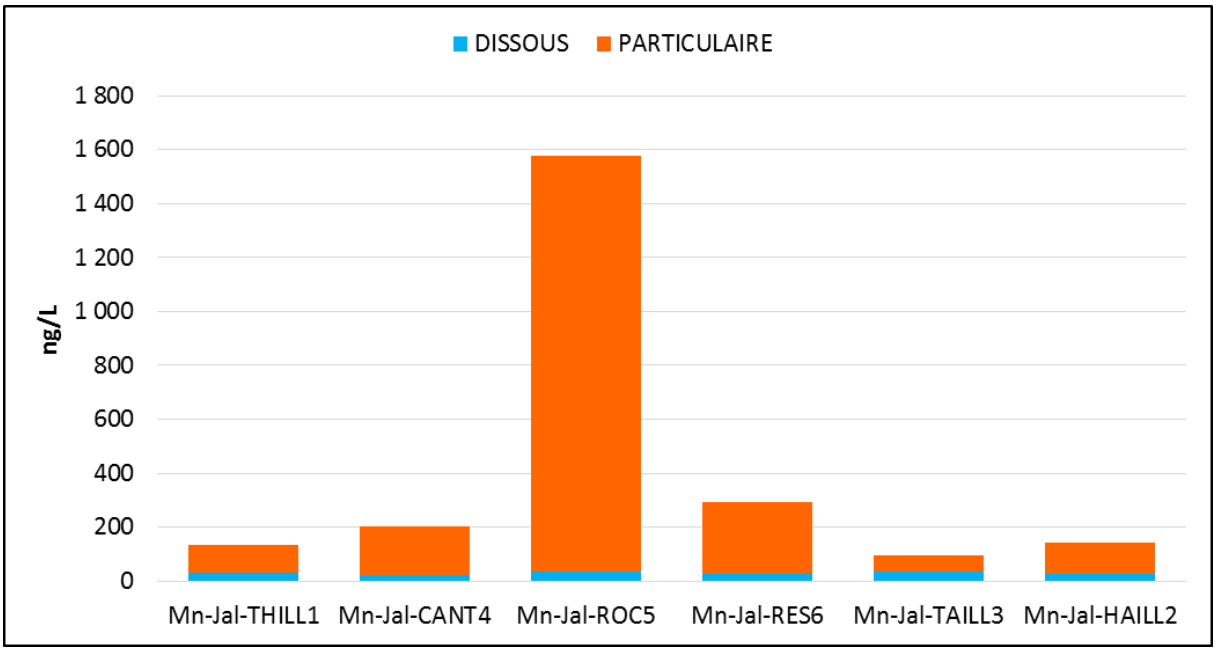


Figure 43. Partition dissous/particulaire (ng/L) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

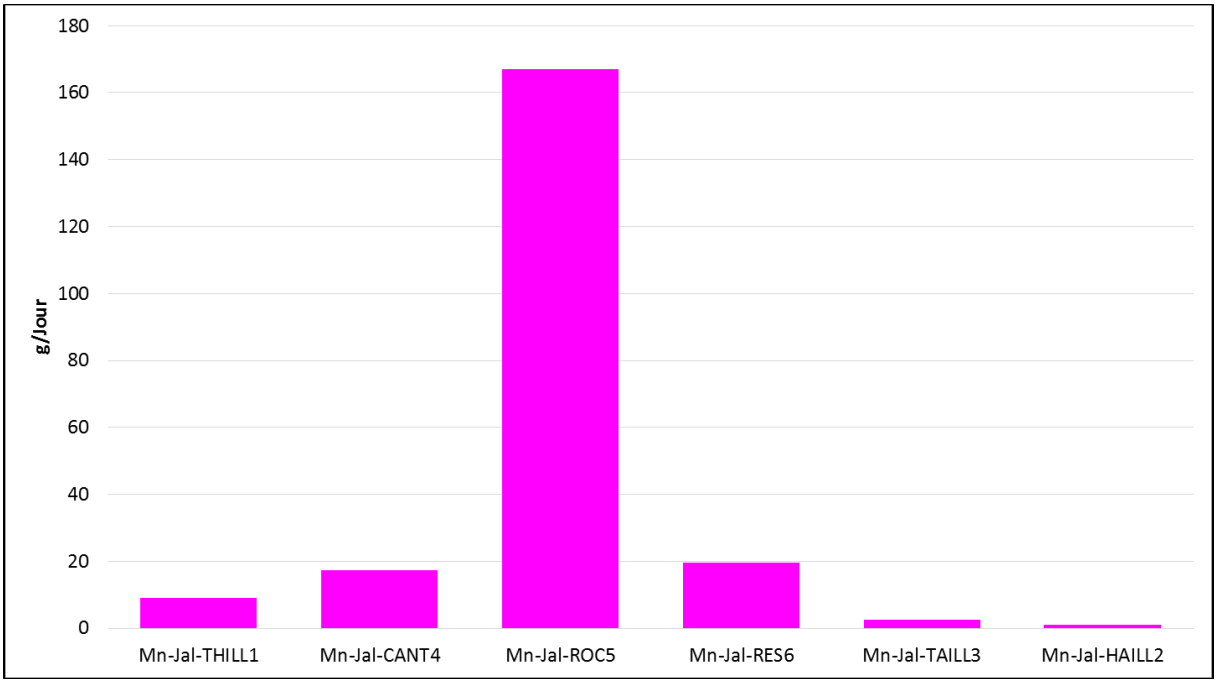


Figure 44. Flux (g/jourg/jour) en DEHP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

10. HAP

Les concentrations totales cumulées en HAP pour la phase totale sont comprises entre 25 et 88 ng/L, avec des concentrations maximales obtenues pour l'affluent amont (Haillan) (Figure 45). Les profils de contamination entre les différents sites sont comparables et les HAP majoritairement quantifiés sont le naphtalène, le phénanthrène et le pyrène. Le premier est majoritairement (95 %) dans la phase dissoute (Figure 46) tandis que les deux derniers peuvent être majoritairement présents dans la phase particulaire (Figure 47). Les concentrations sur la phase particulaire varient entre 17 et 68 ng/L (Figure 48). La contamination est donc majoritairement apportée par la phase particulaire (Figure 49). En termes de flux, les apports en HAP varient entre 0,38 et 5 g/jourg/jour (Figure 50).

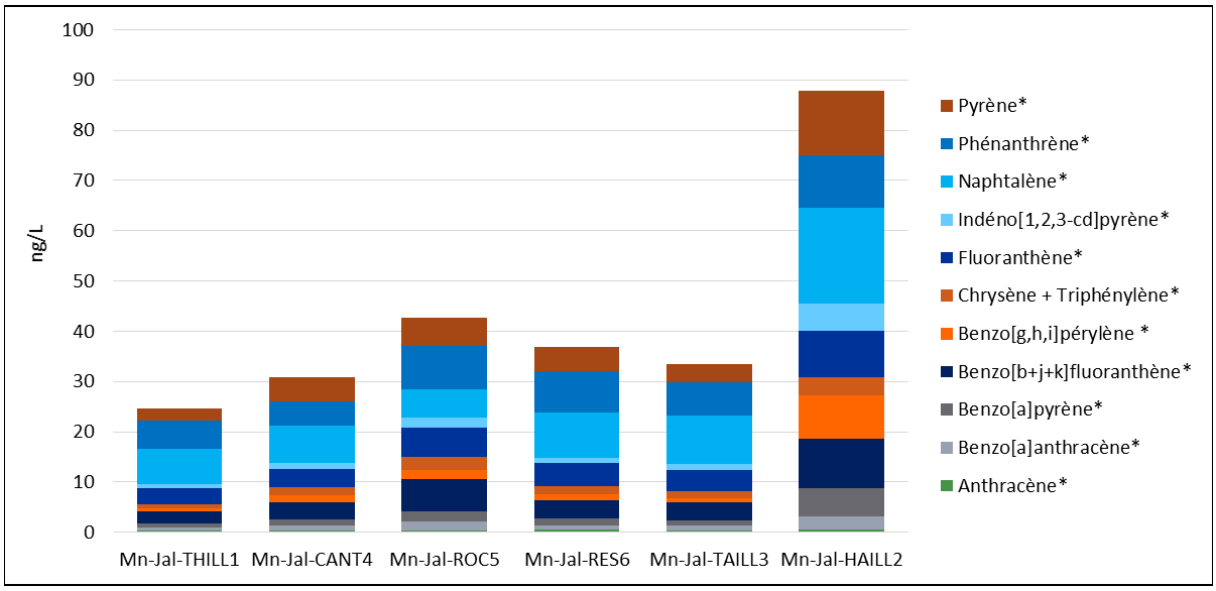


Figure 45. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

.

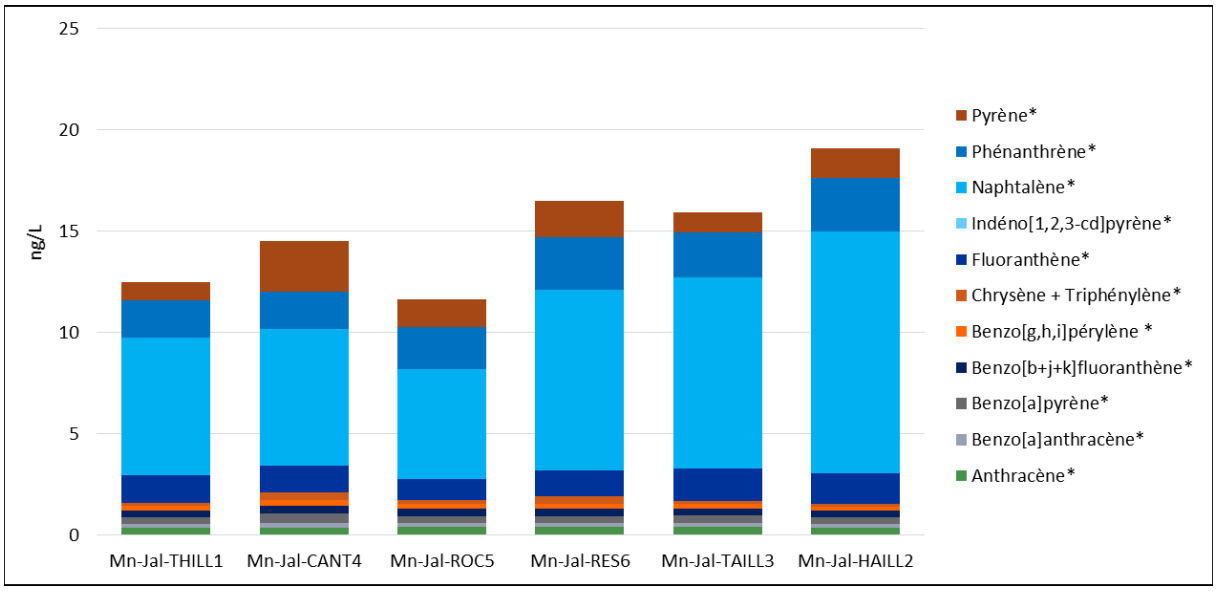


Figure 46. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute

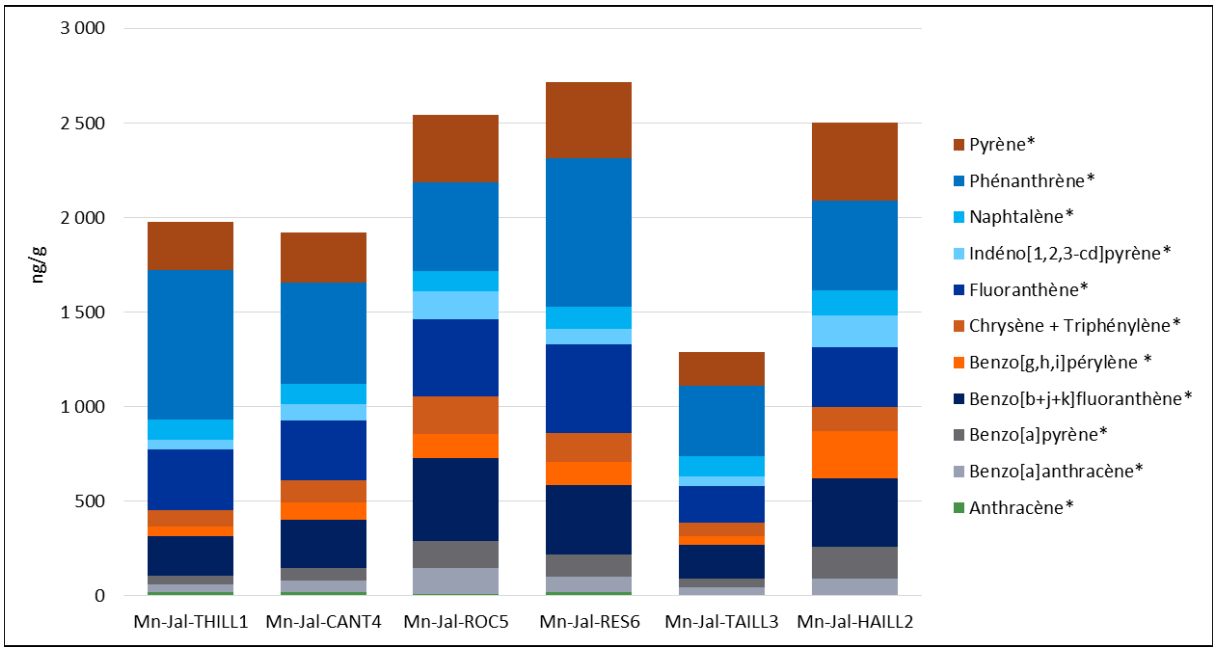


Figure 47. Concentrations totales cumulées (ng/g) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

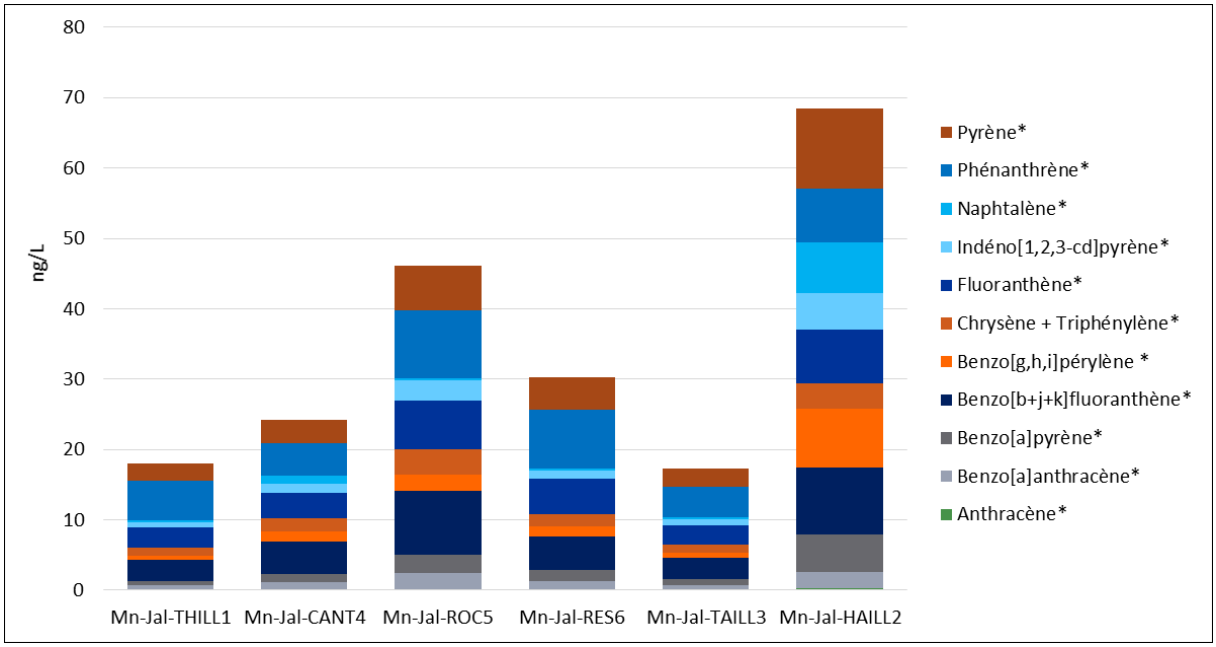


Figure 48. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase particulaire

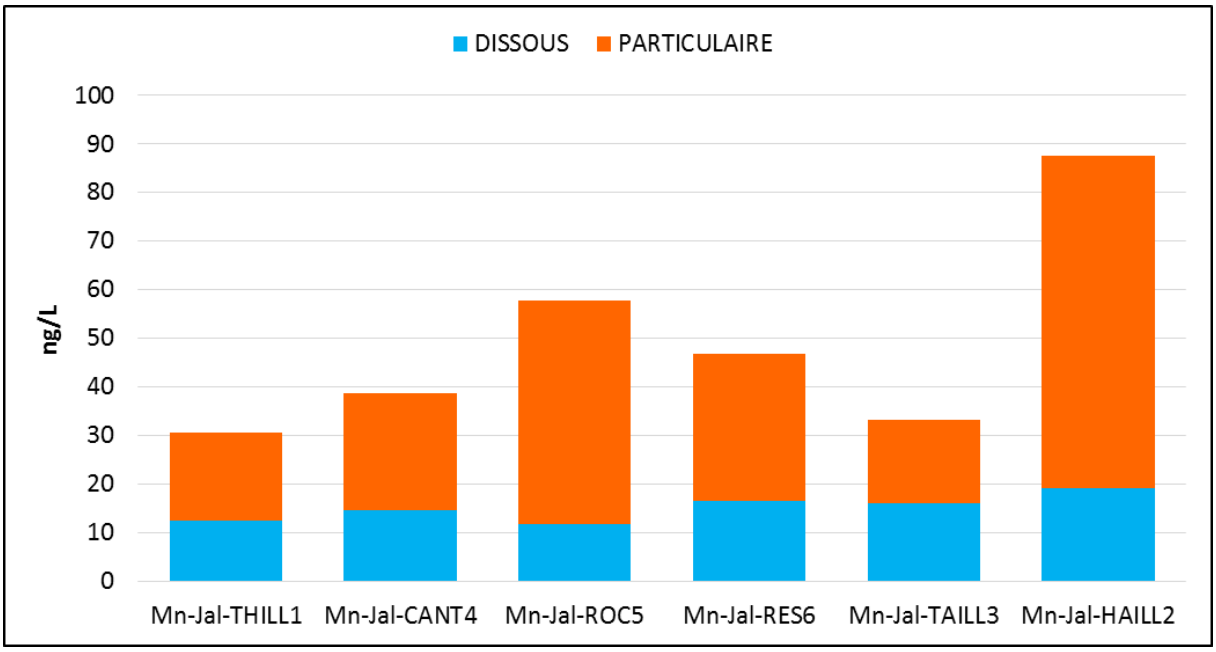


Figure 49. Partition dissous/particulaire (ng/L) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes

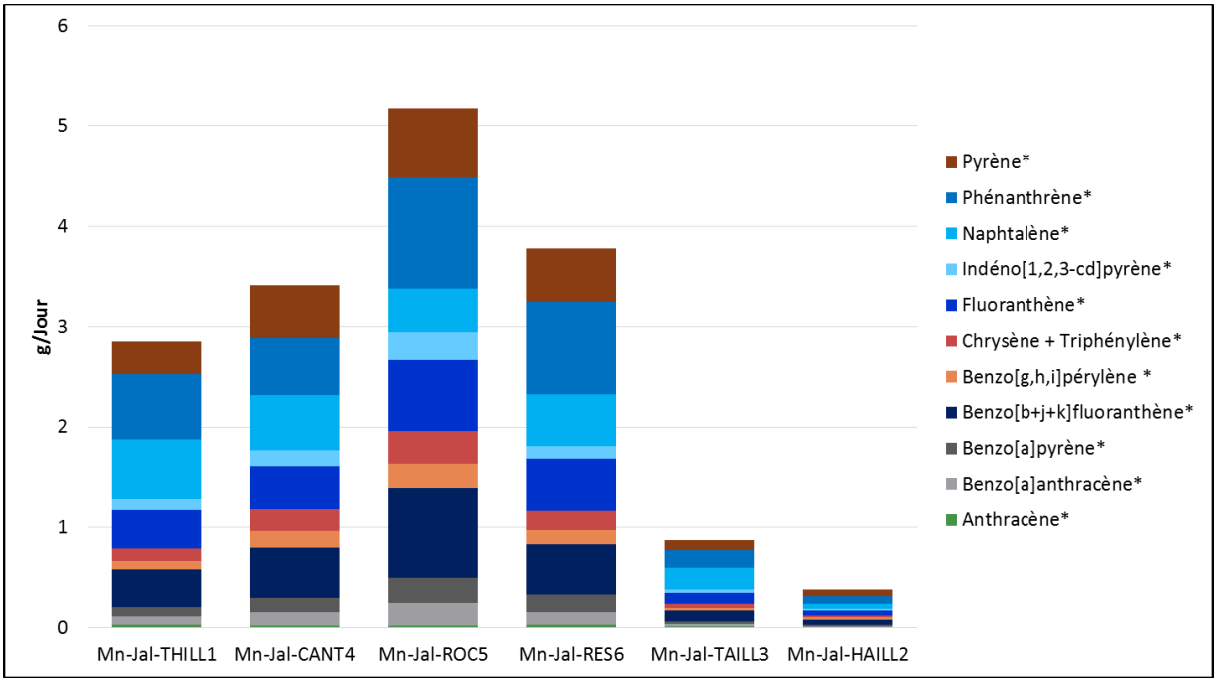


Figure 50. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne des 6 campagnes pour la phase dissoute + particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

11. Conclusion

La Jalle de Blanquefort est marquée par la présence de nombreux composés organiques mais dont seulement 10 sont responsables de 56 % de la contamination totale. Les concentrations moyennes pour ces 10 molécules sont données Figure 51. Il s'agit d'un pesticide et de son métabolite (glyphosate, AMPA), de 2 pharmaceutiques (gabapentine, sotalol) et d'un métabolite (hydroxy-ibuprofène), de la caféine, d'un alkylphénol (4-nonylphénols), de 2 COV (toluène et chlorure de vinyl) et d'un phtalate (DEHP). Pour le glyphosate, l'AMPA, la gabapentine et le sotalol des apports potentiels de la STEU ont été identifiés.

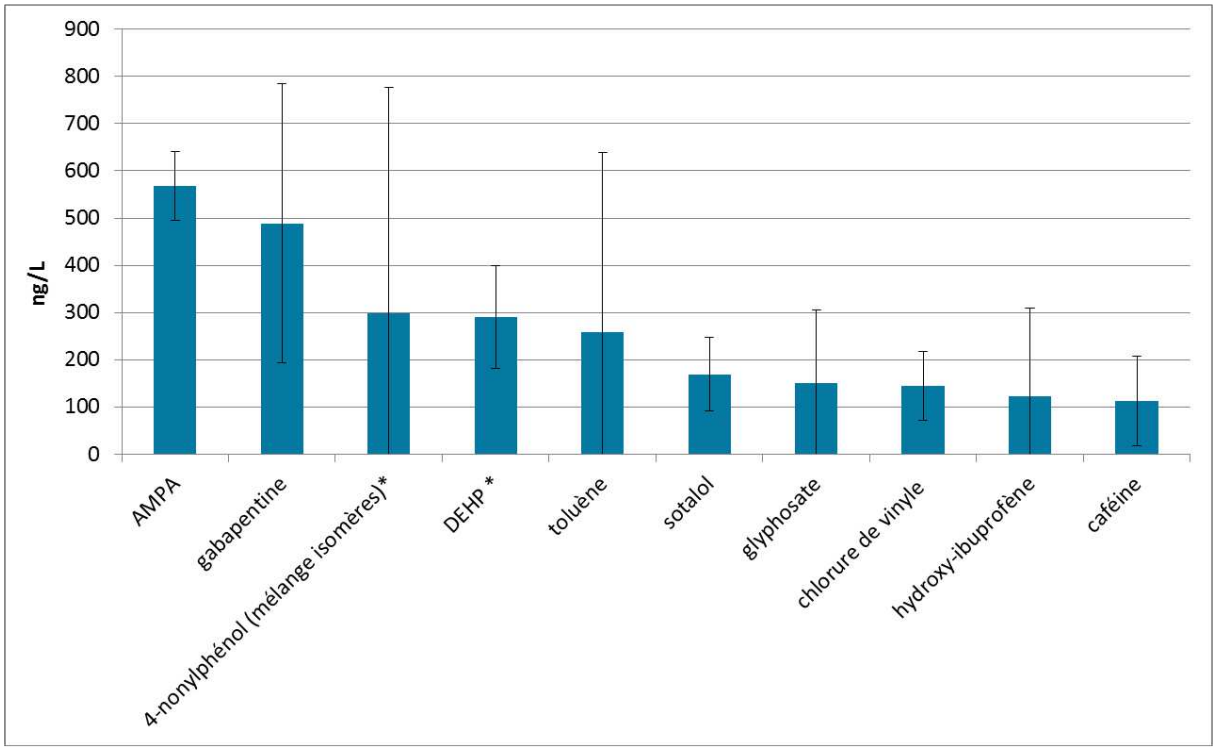


Figure 51. Concentrations (ng/L) moyennes (n=6) obtenues pour l'ensemble des échantillons prélevés dans la Jalle de Blanquefort pour les 10 molécules quantifiées aux plus fortes concentrations (* : composés recherches dans les deux phases, phase dissoute et phase particulaire)

b. Nouvelles classes de molécules

De nouvelles classes de molécules (PFAS, filtres UV, le bisphénol A, le triclosan et les parabènes) ont été recherchées pour les 2 dernières campagnes (juin et aout 2015) effectuées le long de du continuum de la Jalle de Blanquefort.

1. PFAS

Les concentrations cumulées en PFAS pour les deux campagnes sont présentées Figure 52. Parmi les 17 composés étudiés, 11 étaient toujours quantifiés (C_4-C_9 PFCA, C_4, C_6-C_8 PFSA et 6:2 FTSA) et 3 étaient quantifiés dans certains échantillons à des concentrations proches des limites de quantification (PFDA, 8 :2 FTSA et FOSA). Les concentrations totales en PFAS sont comprises entre 29 et 54 ng/L et aucune variabilité temporelle n'est observée entre les deux campagnes de prélèvement pour chacun des sites. Les résultats tendent à montrer des apports en PFAS via les effluents de la STEU de Cantinolle

et de l'exutoire du collecteur rocade. En effet, les concentrations croissent entre l'amont et l'aval de la STEU (29 ng/L -> 39 ng/L) et entre l'amont et l'aval de l'exutoire (40 ng/L -> 52 ng/L). Cependant, ceux-ci ne semblent avoir aucun impact sur les profils moléculaires, ces derniers étant constants sur tout le continuum. Les PFCA et PFSA représentent respectivement 38-55 % et 42-50 % de la somme et les proportions en 6:2 FTSA peuvent atteindre 11 %. Le PFOS est prédominant sur tous les sites (21-29 %) avec des concentrations comprises entre 6.3 et 15.2 ng/L, soit toujours supérieures à la NQE moyenne annuelle (0.65 ng/L) définie pour ce composé (DIRECTIVE 2013/39/EU).

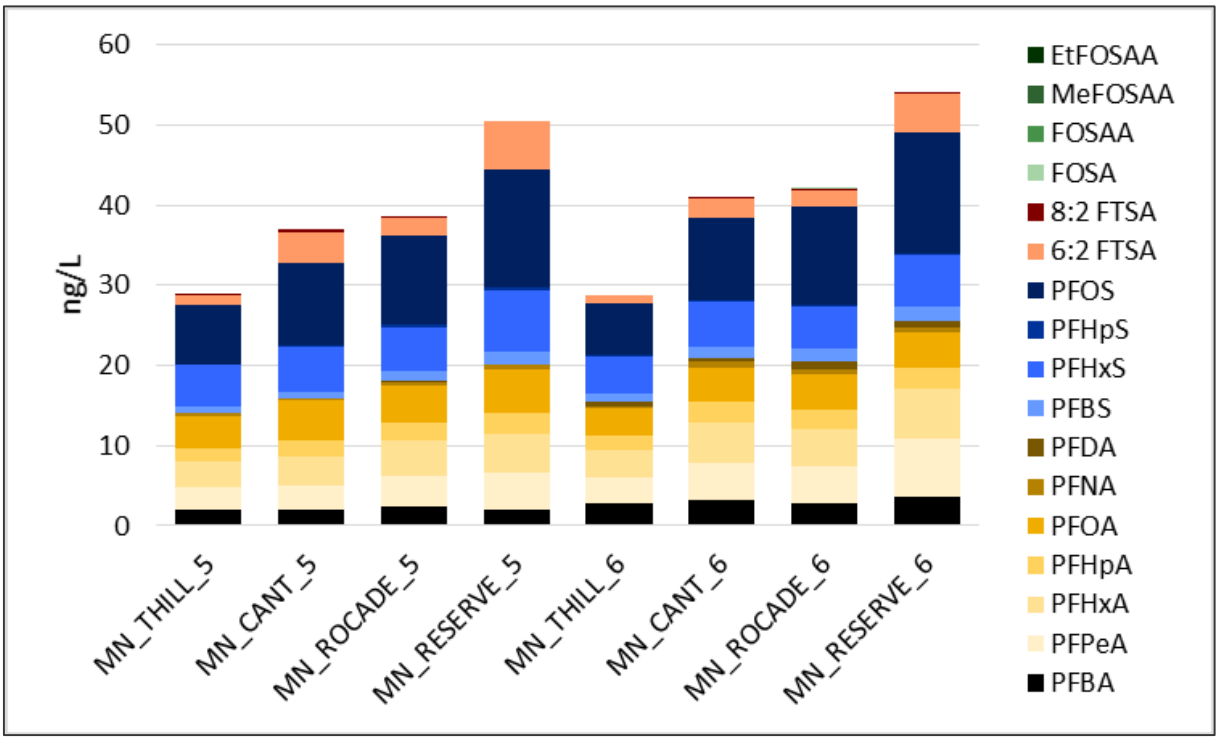


Figure 52. Concentrations (ng/L) cumulées en PFAS le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne de juin 2015 (_5) et la campagne d'août 2015 (_6) – Phase dissoute

2. Filtres UV

La Figure 53 présente les concentrations cumulées en filtres UV détectées le long du continuum de la Jalle de Blanquefort en juin 2015 et en aout 2015 (phase dissoute). Ces deux campagnes de prélèvement mettent en évidence la présence de filtres UV dans le milieu naturel à des concentrations pouvant atteindre 61,1 ng/L. Une augmentation de la concentration est systématiquement détectée après la sortie de la STEU Cantinolle (de 6,5 à 47,2 ng/L).

Sur les 6 filtres UV analysés, seul de 4 MBC n'a jamais été détecté et les concentrations maximales ont été relevées pour l'octocrylène et l'EHMC. Bien que l'oxybenzone soit très présent dans les eaux usées domestiques (Cf. Eaux Usées Domestiques (EU Dom)), il n'est retrouvé qu'à des concentrations très faibles dans la Jalle de Blanquefort. Ces résultats concordent, en termes de concentrations et d'occurrence, avec les résultats d'une étude menée dans l'estuaire de la Gironde (Aminot, 2013). Il avait été fait l'hypothèse que l'oxybenzone était plus sujet à la dégradation que l'octocrylène.

Afin de de compléter ces résultats, un important prélèvement d'eau a été réalisé dans la Jalle à la sortie de Cantinolle dans le but d'analyser la phase particulaire. Les concentrations cumulées en filtres UV obtenues sur la phase particulaire sont de 3 370 ng/g (Figure 54), ce qui, une fois ramené à la quantité de MES dans la Jalle (environ 0,01 g/L), correspond à une concentration de 37 ng/L.

Ces résultats laissent supposer que la STEU de Cantinolle pourrait être un vecteur de contamination en filtres UV pour le milieu récepteur.

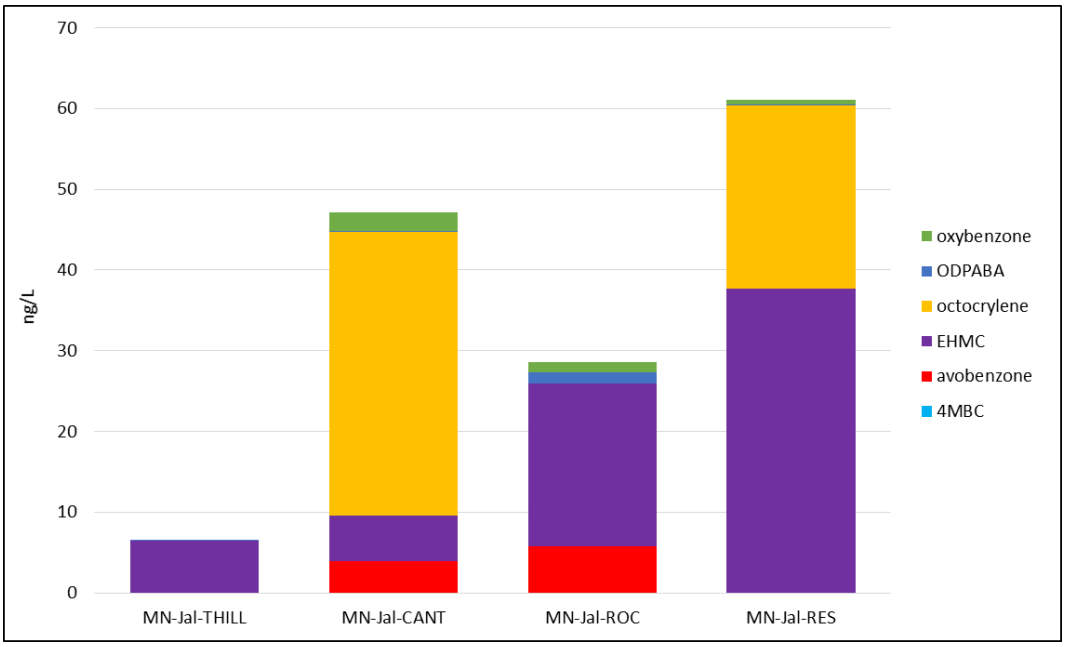


Figure 53. Concentrations (ng/L) cumulées en filtres UV le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne de 2 campagnes (juin 2015 (_5) et aout 2015 (_6)) – Phase dissoute

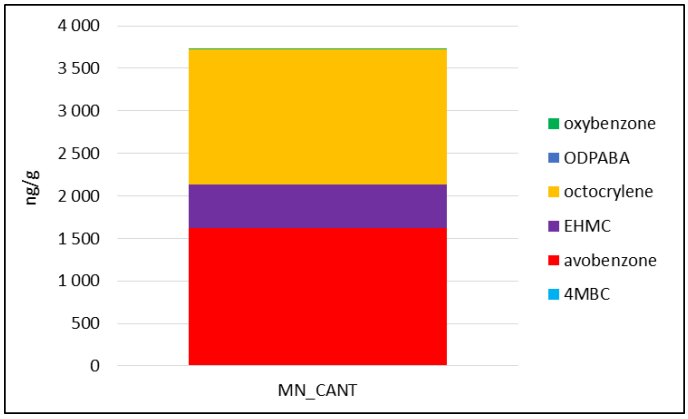


Figure 54. Concentrations cumulées (ng/g) en filtres UV dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire

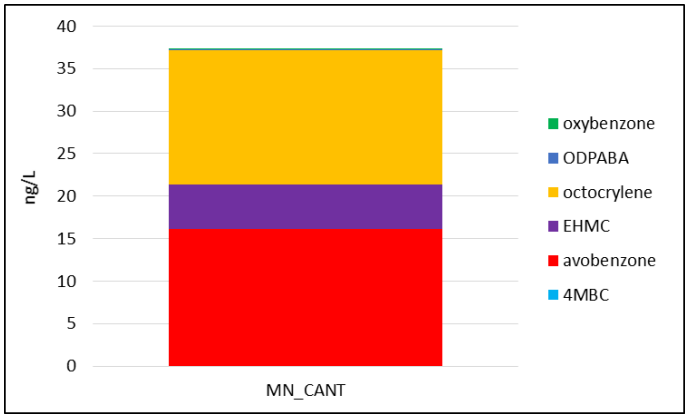


Figure 55. Concentrations cumulées (ng/L) en filtres UV dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire

3. Bisphénol A

La Figure 56 présente les concentrations en BPA détectées le long du continuum de la Jalle de Blanquefort en juin 2015 et en aout 2015 (phase dissoute). Ces deux campagnes de prélèvement mettent en évidence la présence de BPA dans le milieu naturel à des concentrations pouvant atteindre 25 ng/L. Une augmentation de la concentration est systématiquement détectée après la sortie de la STEU Cantinolle (de 16,5 à 25,2 ng/L). Ces résultats se rapprochent de ceux présentés dans la littérature internationale. Une étude récemment menée dans le sud de l'Angleterre (Wilkinson et al., 2017) rapporte des teneurs de 13,4 ng/L en amont de STEU et de 40,4 ng/L en aval. Une autre étude réalisée sur des eaux de rivières françaises et belges, montre des concentrations comprises entre la non quantification et 153,1 ng/L (Sghaier et al., 2017).

Ce résultat laisse supposer que la STEU de Cantinolle pourrait être un vecteur de contamination en BPA pour le milieu récepteur.

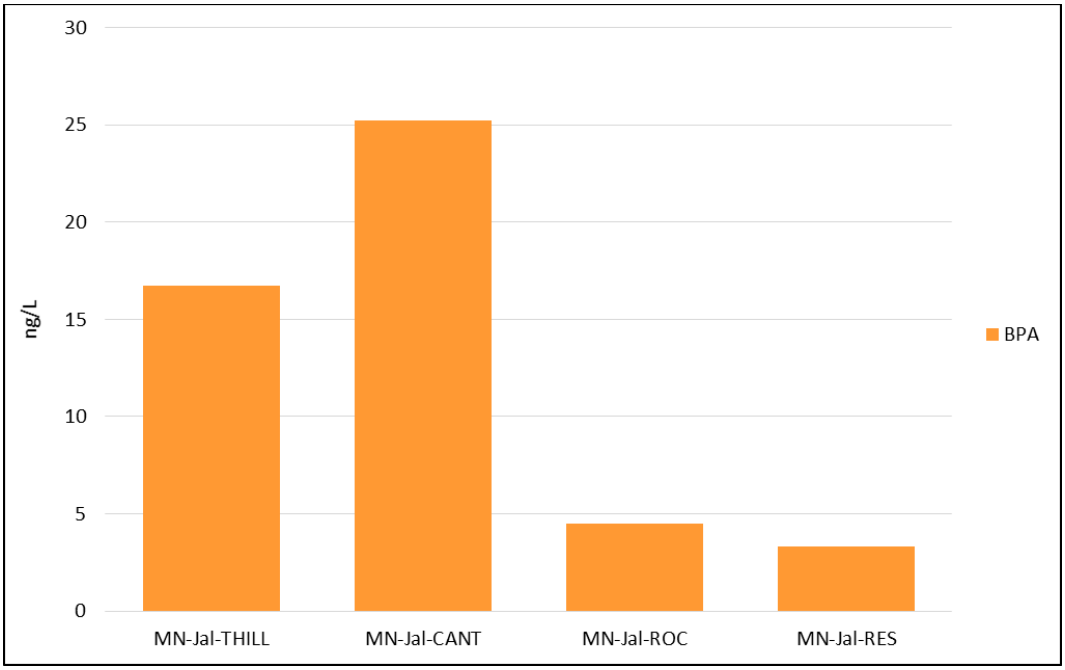


Figure 56. Concentrations (ng/L) cumulées en BPA le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne de 2 campagnes (juin 2015 (_5) et aout 2015 (_6)) – Phase dissoute

4. Triclosan

Le triclosan a été analysé dans les échantillons de milieu naturel prélevés en juin et en août 2015 mais n'a jamais été détecté. Les concentrations en triclosan le long du continuum de la Jalle de Blanquefort sont donc inférieures à 4 ng/L. Ces résultats sont cohérents avec ceux publiés dans le cadre de l'étude prospective 2012 sur les contaminants émergents dans les eaux de surfaces continentales (Botta, 2014). En effet, sur 336 échantillons d'eaux de surface analysés, le triclosan n'a été retrouvé que dans environ 10% des cas.

5. Parabènes

La Figure 57 présente les concentrations cumulées en parabènes détectées le long du continuum de la Jalle de Blanquefort en juin 2015 et en aout 2015 (phase dissoute). Ces deux campagnes de prélèvement mettent en évidence une concentration de parabènes dans le milieu naturel inférieure à la limite de détection (concentration maximale de 2,5 ng/L). Une étude menée en France répertorie

les niveaux de concentration en parabène en entrée en en sortie de STEU (Geara-matta, 2013). Il en ressort que les concentrations en sortie de STEU n'excèdent pas les quelques ng/L grâce à l'efficacité des traitements comprise entre 95 et 100%. Il n'est donc pas étonnant que les concentrations obtenues dans la Jalle de Blanquefort soient inférieures aux limites de quantification.

Afin de de compléter ces résultats, un important prélèvement d'eau a été réalisé dans la Jalle à la sortie de Cantinolle dans le but d'analyser la phase particulaire. Les concentrations cumulées en parabènes obtenues sur la phase particulaire sont de 102 ng/g (Figure 60), ce qui, une fois ramené à la quantité de MES dans la Jalle (environ 0,01 g/L), correspond à une concentration de 1 ng/L. L'analyse de la phase particulaire confirme la faible concentration de parabènes dans la Jalle de Blanquefort.

La STEU de Cantinolle n'est donc pas un vecteur de contamination en parabènes pour le milieu récepteur.

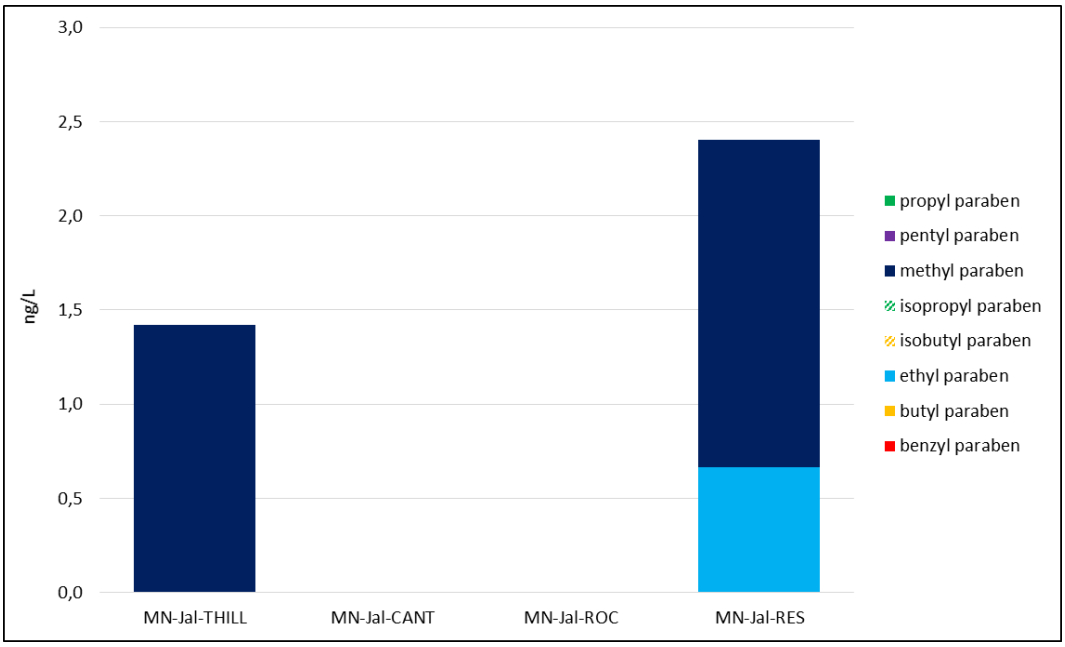


Figure 57. Concentrations (ng/L) cumulées en parabènes le long du continuum de la Jalle de Blanquefort obtenues par la moyenne de 2 campagnes (juin 2015 (_5) et aout 2015 (_6)) – Phase dissoute

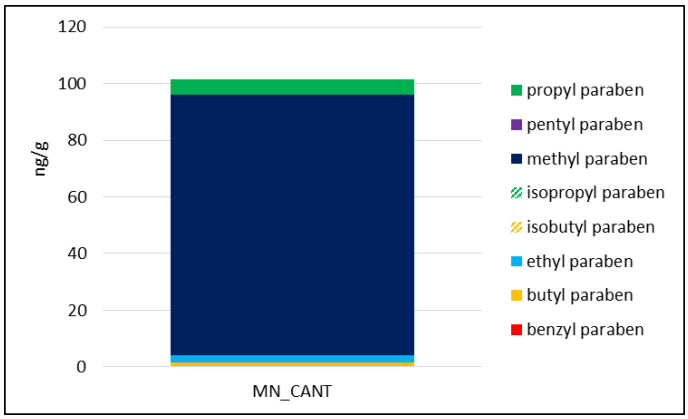


Figure 58. Concentrations cumulées (ng/g) en parabènes dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire

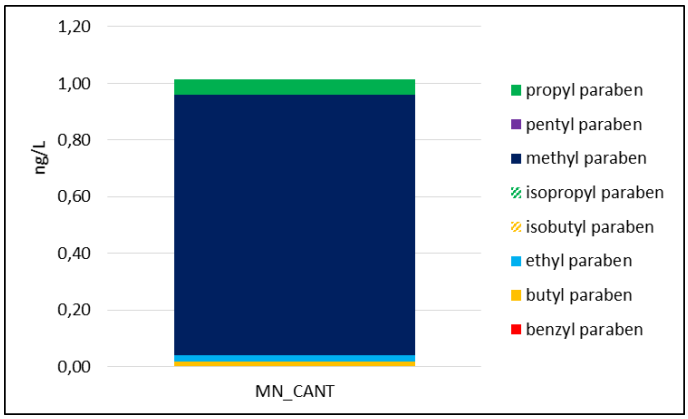


Figure 59. Concentrations cumulées (ng/L) en parabènes dans la Jalle de Blanquefort en aval de Cantinolle – Phase particulaire

c. Nouvelles campagnes de prélèvements

Afin de vérifier la stabilité dans le temps des résultats précédemment acquis, de suivre de nouvelles molécules et de mesurer l'influence de la pluie, de nouvelles campagnes de prélèvements ont été effectuées le long du continuum de la Jalle de Blanquefort, et ce par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016. Les caractéristiques de ces prélèvements sont détaillées dans le Tableau 23.

Tableau 23. Caractéristiques des nouveaux prélèvements de Milieu Naturel (jaune : donnée manquante, mise à jour dans le livreble 1.1)

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Description	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/Evènement)
Milieu Naturel	**Mn-Jal-BONN-8**	06/09/2016	point le plus en amont, situé sur la Jalle de Bonneau	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	
	Mn-Jal-THILL1-8	06/09/2016	point de référence, au niveau des champs captant du Thill, amont rejet STEU Cantinolle	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	39 541 500
	Mn-Jal-HAILL2-8	06/09/2016	ruisseau du Haillan juste avant sa confluence avec la Jalle de Blanquefort	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	pas d'eau	pas d'eau
	Mn-Jal-TAILL3-8	06/09/2016	bras nord de la jalle, en parallèle du point aval rejet STEU Cantinolle	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	17 500 500
	Mn-Jal-CASS-8	06/09/2016	amont rejet STEU Cantinolle, du coté de la STEU et en face de la casse automobile	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	22 041 000
	Mn-Jal-CANT4-8	06/09/2016	aval rejet STEU Cantinolle	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	32 898 500
	Mn-Jal-NOIR-8	06/09/2016	en aval du moulin noir après l'arrivée de La Réguette	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	32 898 500
	Mn-Jal-ROC5-8	06/09/2016	amont exutoire pluvial rocade nord	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	32 898 500
	Mn-Jal-RES6-8	06/09/2016	au niveau de la réserve naturelle de Bruges, aval exutoire pluvial rocade nord	moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	24h	32 898 500
	Mn-Jal-BONN-9P	05/11/216	point le plus en amont, situé sur la Jalle de Bonneau	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-THILL1-9P	05/11/216	point de référence, au niveau des champs captant du Thill, amont rejet STEU Cantinolle	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-HAILL2-9P	05/11/216	ruisseau du Haillan juste avant sa confluence avec la Jalle de Blanquefort	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-TAILL3-9P	05/11/216	bras nord de la jalle, en parallèle du point aval rejet STEU Cantinolle	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-CASS-9P	05/11/216	amont rejet STEU Cantinolle, du coté de la STEU et en face de la casse automobile	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-CANT4-9P	05/11/216	aval rejet STEU Cantinolle	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	pas d'eau	pas d'eau
	Mn-Jal-NOIR-9P	05/11/216	en aval du moulin noir après l'arrivée de La Réguette	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-ROC5-9P	05/11/216	amont exutoire pluvial rocade nord	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	
	Mn-Jal-RES6-9P	05/11/216	au niveau de la réserve naturelle de Bruges, aval exutoire pluvial rocade nord	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	3h40	

1. Pharmaceutiques

Le suivi en pharmaceutiques pour les nouvelles campagnes de prélèvements réalisées au niveau de la Jalle de Blanquefort n'a porté que sur 7 des 43 molécules précédemment étudiées. En effet, l'étude s'est focalisée sur les molécules qui ont montré un intérêt en termes d'occurrence (carbamazépine, diclofénac, gabapentine, hydroxy-ibuprofène, oxazépam, paracétamol et sotalol). 3 autres molécules ont en revanche été ajoutées : 2 antibiotiques (ciprofloxacine et ofloxacine) et un anticancéreux (cyclophosphamide). En effet, étant donné leur impact potentiel sur les organismes, il est apparu important de renseigner leur présence dans la Jalle de Blanquefort (Azuma et al., 2016; Verlicchi et al., 2014).

De plus, 3 nouveaux sites ont été échantillonnés : un en amont du système (BONN), un juste en amont du rejet de la STEU de Cantinolle (CASS) et un intermédiaire entre l'aval direct du rejet de la STEU et l'amont du rejet de l'exutoire pluvial de Bois Gramond (NOIR).

Pour la campagne menée en septembre 2016 (temps sec), de fortes disparités apparaissent le long du continuum de la Jalle de Blanquefort qui se découpe en 3 grandes parties : le point le plus en amont, l'amont de la STEU de Cantinolle et l'aval de la STEU (Figure 60). Seulement 2 molécules (carbamazépine et ofloxacine) sont quantifiées au niveau du site le plus en amont (BONN), avec des concentrations respectives de 1,5 et 3,5 ng/L. Les niveaux pour les deux autres points en amont (THILL et CASS) sont plus élevés (112 et 133 ng/L) et la gabapentine, l'oxazépam, le sotalol et le diclofénac sont quantifiés en plus de la carbamazépine. Les concentrations en pharmaceutiques augmentent significativement après le rejet de la STEU de Cantinolle (CANT, NOIR, ROC et RES) et les concentrations totales sont comprises entre 1 841 et 2 812 ng/L. Les concentrations les plus élevées sont obtenues pour la gabapentine (867 - 1 436 ng/L), le sotalol (361 - 478 ng/L) et l'hydroxy-ibuprofène (128 – 478 ng/L). Les concentrations en carbamazépine et en oxazépam sont de l'ordre de 200 ng/L. Pour le site situé en parallèle du bras qui reçoit le rejet de la station d'épuration (TAILL), le paracétamol est quantifié (40 ng/L), ce qui peut indiquer la présence d'eaux usées non traitées. Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus lors de l'étude menée entre 2013 et 2015, ce qui montre une certaine stabilité de la contamination de la Jalle de Blanquefort.

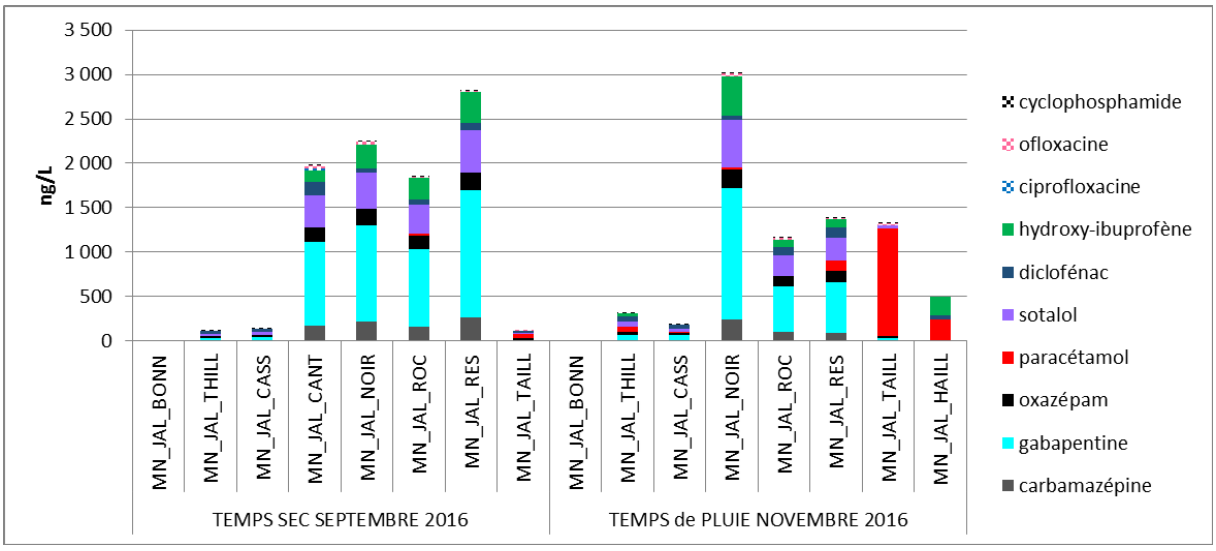


Figure 60. Concentrations (ng/L) cumulées en pharmaceutiques le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016

En ce qui concerne les molécules nouvellement suivies, la ciprofloxacine n'est quantifiée que pour le point en aval direct du rejet de la STEU de Cantinolle (23 ng/L). L'ofloxacine est quantifiée jusqu'à 40 ng/L pour ce même point, et les concentrations décroissent rapidement le long du continuum. Ces résultats sont cohérents puisque ces deux antibiotiques peuvent rapidement s'adsorber sur la phase solide, se photodégrader ou se biodégrader (Verlicchi et al., 2014). Ces faibles concentrations peuvent néanmoins être problématique puisque de faibles concentrations prédites sans effets (PNEC) sont données dans la littérature pour ces composés, 5 ng/L pour la ciprofloxacine (Daouk et al., 2015) et 16 ng/L pour l'ofloxacine (Verlicchi et al., 2012). Des niveaux plus élevés ont été observés dans des rivières de région parisienne, 15 - 80 ng/L pour l'ofloxacine et <LQ - 25 ng/L pour la ciprofloxacine pour la rivière Précédelle, 17 - 1 100ng/L pour l'ofloxacine et 6 - 300 ng/L pour la ciprofloxacine pour la rivière Charmoise (Dinh et al., 2017). Ces résultats ont cependant été obtenus pour la phase totale (dissous + particulaire), alors que la présente étude ne s'est intéressée qu'à la phase dissoute.

Le cyclophosphamide est quantifié en concentrations plus faibles (0,5 – 1,5 ng/L), sans gradient de concentration particulier. Dans beaucoup d'études, le cyclophosphamide n'est pas quantifié dans les eaux de surface, sûrement en raison de limites de quantification trop élevées (>6 ng/L) (Česen et al., 2016). Le cyclophosphamide a été mis en évidence dans des cours d'eau en Suisse en concentration également faibles, 0,05 – 0,170 ng/L (Buerge et al., 2006). Les concentrations prédites sans effet données dans la littérature pour ce composé sont très élevées, supérieures à la dizaine et à la centaine de µg/L, ce qui est très loin des concentrations environnementales (Daouk et al., 2015; Verlicchi et al., 2012). Néanmoins étant donné le caractère cytotoxique, génotoxique, mutagène et tératogène du cyclophosphamide, même les faibles concentrations peuvent être préoccupantes, d'autant plus que peu de données sur les effets chroniques de ce composé ou de ses métabolites sont disponibles dans la littérature (Buerge et al., 2006; Česen et al., 2016).

Les résultats obtenus par temps de pluie en novembre 2016 pour le continuum de la Jalle de Blanquefort sont sensiblement similaires. Les composés majoritaires sont les mêmes et les niveaux de concentrations du même ordre de grandeur. Une diminution est cependant observée pour les deux derniers points (ROC et RES). Les résultats obtenus pour le bras parallèle (TAILL) sont en revanche assez différents, avec une augmentation significative de la concentration en paracétamol (1 212 ng/L). Or ce bras reçoit le rejet d'un exutoire pluvial, ce qui suggère que cet exutoire peut être vecteur d'eaux usées non traitées. De même l'un des points amont (HAILL, non suivi lors de la campagne par temps sec) contient de fortes concentrations en paracétamol et hydroxy-ibuprofène, ce qui est le signe de la présence d'eaux usées non traitées

2. Pesticides

Concernant les pesticides, des traceurs ont été sélectionnés afin de re-contextualiser ces échantillons par rapport aux précédentes campagnes, et en fonction de leurs usages et sources. Une synthèse de ces résultats est présentée par la Figure 61.

Le métolachlore et ses métabolites (le métolachlore ESA et le métolachlore OA) sont des traceurs agricoles, le métolachlore étant le second herbicide le plus employé sur la région Aquitaine et notamment pour le maraichage ou la maïsiculture.

Le diuron, l'imidaclopride, le propiconazole et la terbutryne sont des traceurs de rejets d'eaux usées puisqu'ils marquent les effluents de sortie des stations d'épurations (Morasch et al., 2010 ; Cruz, 2015).

Toutefois il est important de signifier que le diuron, le propiconazole et la terbutryne sont respectivement des biocides TP10 (protection des matériaux de construction), TP8 (protection du bois)

/ TP9 (protection des fibres/cuirs/caoutchoucs/papiers/textiles), et TP7 (protection pour les pellicules) / TP9 / TP10. Ces substances actives sont donc présentes dans des revêtements de surface exposés aux précipitations et sont susceptibles d'être lessivées par les précipitations, ce qui en fait de bons traceurs pluviaux dans un contexte urbain.

Les profils de contamination observés sont cohérents avec les précédentes campagnes menées sur ce même milieu au cours des années 2013 à 2015 : le profil est majoritairement dominé par des fortes proportions en métolachlore ESA et OA du fait des traitements réalisés sur les zones maraichères et les cultures de maïs en amont du cours d'eau. Les concentrations cumulées pour ces substances vont de 19 ng/L à 197 ng/L contre 24 ng/L à 386 ng/L pour le suivi pluriannuel. Leurs concentrations sont relativement stables le long du continuum. La différence d'un facteur 3 observable entre les deux campagnes de prélèvement pour le métolachlore et ses métabolites tient principalement au fait que l'application en S-métolachlore sur les sols s'effectue généralement entre mars à juillet. Plus les campagnes de prélèvement seront éloignées de la période de traitement plus le métolachlore et ses métabolites auront été lessivé par les précipitations antérieures au prélèvement, donc moins les concentrations retrouvées seront importantes.

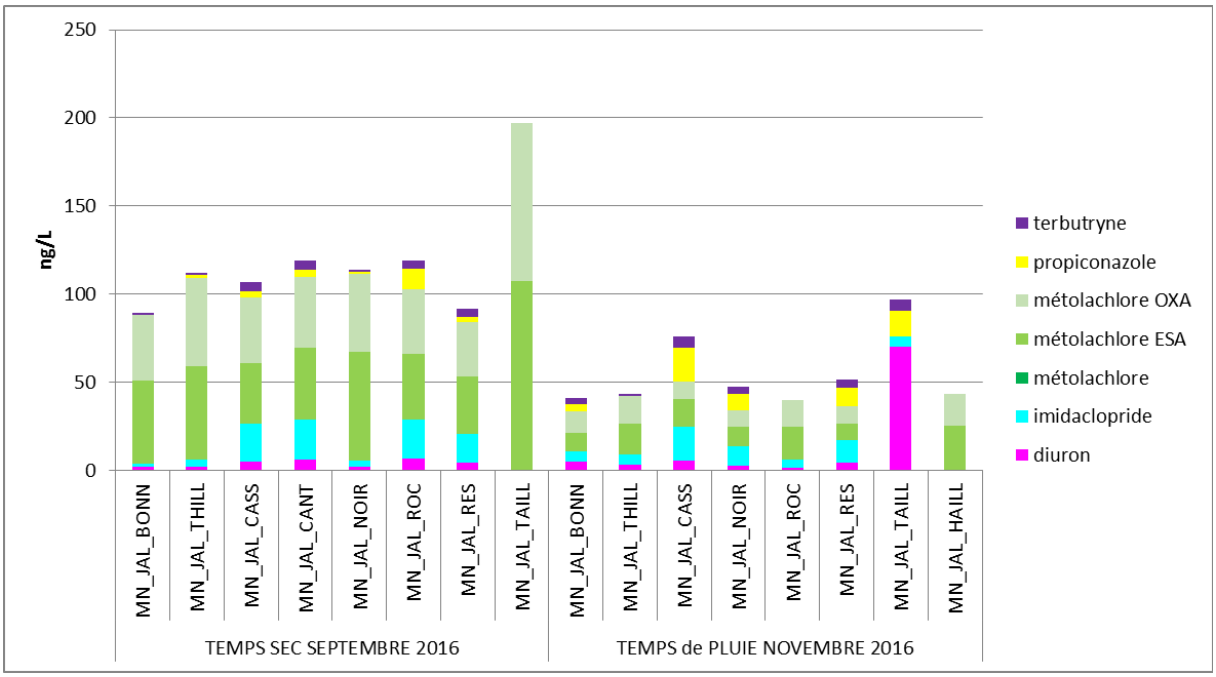


Figure 61. Concentrations (ng/L) cumulées en pesticides le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016

Une augmentation de concentration est cependant visible pour le diuron, l'imidaclopride, le propiconazole et la terbutryne en aval de la station d'épuration de Cantinolle comme observé également au cours du suivit pluriannuel, avec des concentrations moyennes respectivement de 8, 10, 6 et 3 ng/L.

La cohérence du jeu de donnée se poursuit jusqu'à la différence de profil très remarquable pour l'échantillon MN-Jal-Hail par temps de pluie par rapport aux autres points. En effet, il est caractérisé par une absence de marqueurs agricoles et la forte présence de diuron (70 ng/L contre 42 ng/L en moyenne). Cet échantillon est prélevé sur un cours d'eau temporaire très anthropisé, principalement alimenté par les précipitations. Il est donc cohérent d'y relever de fortes concentrations en traceurs pluviaux, ainsi qu'une absence de marqueurs agricoles.

Il semble donc que les échantillons prélevés au cours de ces deux campagnes soient tout à fait cohérents avec le reste des échantillons analysés et présentés dans ce rapport.

3. PFAS

En ce qui concerne les PFAS, les 17 molécules ont été à nouveau recherchées en amont et aval des deux types d'effluents par temps sec et temps de pluie (excepté l'aval de la STEU par temps de pluie). Les mêmes composés que pour les campagnes précédentes ont été quantifiés, hormis le PFNA, PFHpS et 8:2 FTSA pour lesquels les concentrations étaient déjà inférieures ou proches des limites de quantification.

Les concentrations cumulées sont présentées Figure 62 et sont comprises entre 18,6 et 38 ng/L, soit légèrement inférieures à celles observées lors des campagnes précédentes. Les résultats confirment l'influence des 2 types de rejets sur la ΣPFAS (augmentation de l'amont vers l'aval). Par temps sec, une augmentation est également observée entre le point aval de la STEU et l'amont de l'exutoire (22.3 -> 31.6 ng/L). De plus, le PFDA est quantifié dans les deux points les plus en aval alors que celui n'est pas retrouvé dans les deux sites les plus en amont, et ceci, pour les deux périodes. Ces observations n'avaient pas été reportées lors des deux premières campagnes de 2015, et tendent à montrer des apports en PFAS entre la STEU et l'exutoire. Ces résultats restent à confirmer.

Aucune influence de la période d'échantillonnage n'est observée quel que soit le site, aussi bien sur les niveaux que sur les profils moléculaires. Ces derniers sont identiques à ceux obtenus en 2015 : ΣPFCA = 39-55 %, ΣPFSA = 42-50 % et 6:2 FTSA = 3-12 % de la somme des PFAS.

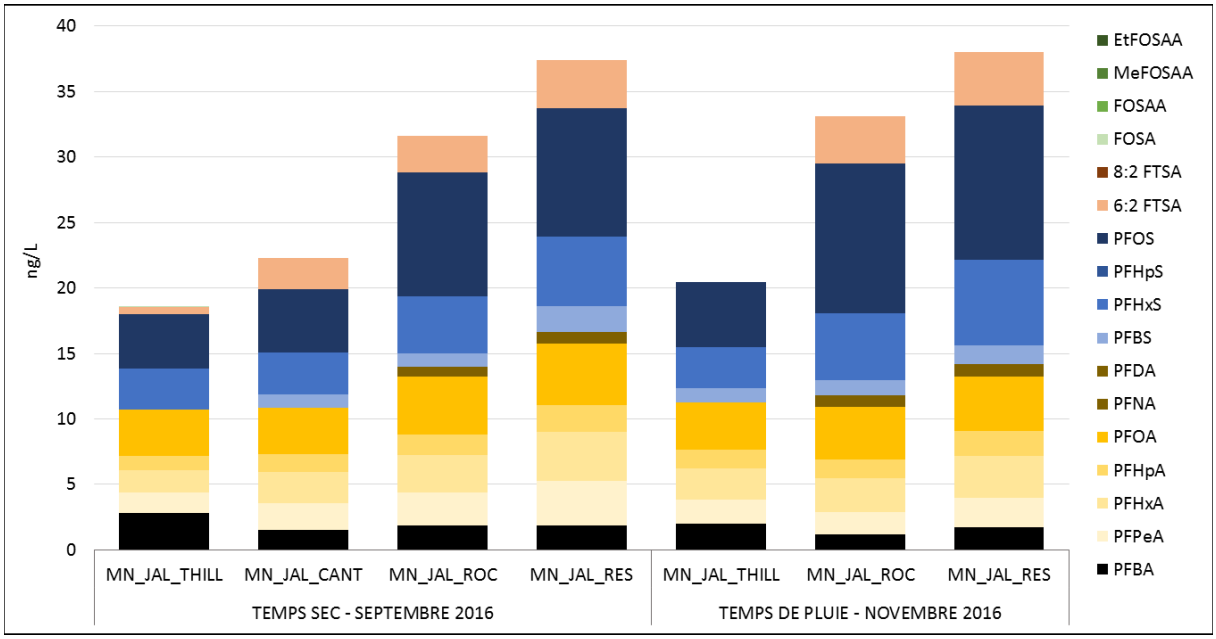


Figure 62. Concentrations (ng/L) cumulées en PFAS le long du continuum de la Jalle de Blanquefort pour la campagne par temps sec en septembre 2016 et par temps de pluie en novembre 2016 – Phase dissoute

d. Conclusions

Les grandes familles de composés majoritairement présentes dans le milieu naturel sont les pharmaceutiques, les pesticides, les phthalates (DEHP) et les alkylphénols. Au sein de chaque famille des composés se démarquent plus particulièrement.

- Pour les pharmaceutiques deux groupes de marqueurs se distinguent, un caractéristique des eaux traitées en sortie de STEU (gabapentine, sotalol, hydroxy-ibuprofène) et un autre caractéristique des eaux usées non traitées (paracétamol, caféine, acide salicylique).

- Pour les pesticides, on observe une prédominance du glyphosate et de de son métabolite l'AMPA, puis des pesticides agricoles (métolachlore et ses métabolites) mais également des pesticides caractéristiques des eaux usées domestiques (fipronil, DMSA, imidaclopride).

- Pour les alkylphénols, le composé majoritairement détecté dans le milieu est le 4-nonylphénol.

Concernant les nouvelles classes de molécules étudiées (triclosan, parabènes, filtres UV, BPA), seuls le BPA et les filtres UV ont été détectés dans le milieu à des concentrations variant de 27 à 110 ng/L. Pour les filtres UV les composés majoritairement présents sont l'octocrylène et l'EHMC.

B. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU)

a. Etude des concentrations et des flux

1. Contamination générale

Le Tableau 24 récapitule le nombre de quantifications en fonction du nombre d'échantillons qui ont pu être analysés. En effet certains composés n'ont pas pu être analysés dans tous les échantillons à cause des effets matriciels qui peuvent interférer.

Parmi les molécules retrouvées dans 100 % des échantillons de la phase dissoute on peut citer 10 pesticides, 12 médicaments, 2 PCB, 4 alkylphénols, 2 COV et 3 HAP. Au contraire, 41 pesticides, 4 médicaments, 12 OCP, les PBDE, 4 COV et 2 HAP ne sont jamais quantifiés. Pour la phase particulaire, 2 OCP, 5 PCB et 5 HAP sont systématiquement quantifiés tandis que 4 OCP et 1 HAP ne le sont jamais.

Les fréquences de quantification sont toujours à mettre au regard de la LQ associée (la LQ moyenne pour chacune des molécules est rappelée Tableau 24). Certains composés peuvent être toujours détectés car leur limite de quantification est particulièrement faible.

La Figure 63 présente les concentrations moyennes obtenues pour toutes les campagnes pour les entrées, points intermédiaires et sorties des 3 STEU étudiées, cumulées par grande classe de composés organiques et ce pour la phase totale (dissoute + particulaire). Les données inférieures à la LQ ont été remplacées par LQ/2 à condition d'avoir été quantifié au moins une fois. Pour le deuxième prélèvement en sortie de la STEU Lille-Blanquefort les concentrations ne sont que celles de la phase dissoute car aucune donnée de MES n'a pu être obtenue.

Les concentrations totales cumulées pour les grandes classes de composés organiques en entrée de STEU sont comprises entre 400 et 450 µg/L. La classe majoritaire est celle des pharmaceutiques, qui représente plus de 89 % des apports mais c'est aussi celle pour laquelle le plus grand nombre de composés ont été recherchés. Les concentrations totales en sortie sont plus faibles et comprises entre 15 et 60 µg/L. La classe des médicaments reste la plus représentée, entre 57 et 89 % des rejets. En termes de flux, les apports cumulés pour les grandes classes de composés organiques varient en entrée de STEU entre 2 301 et 20 477 g/jour, et en sortie entre 89 et 3 709 g/jour (Figure 64).

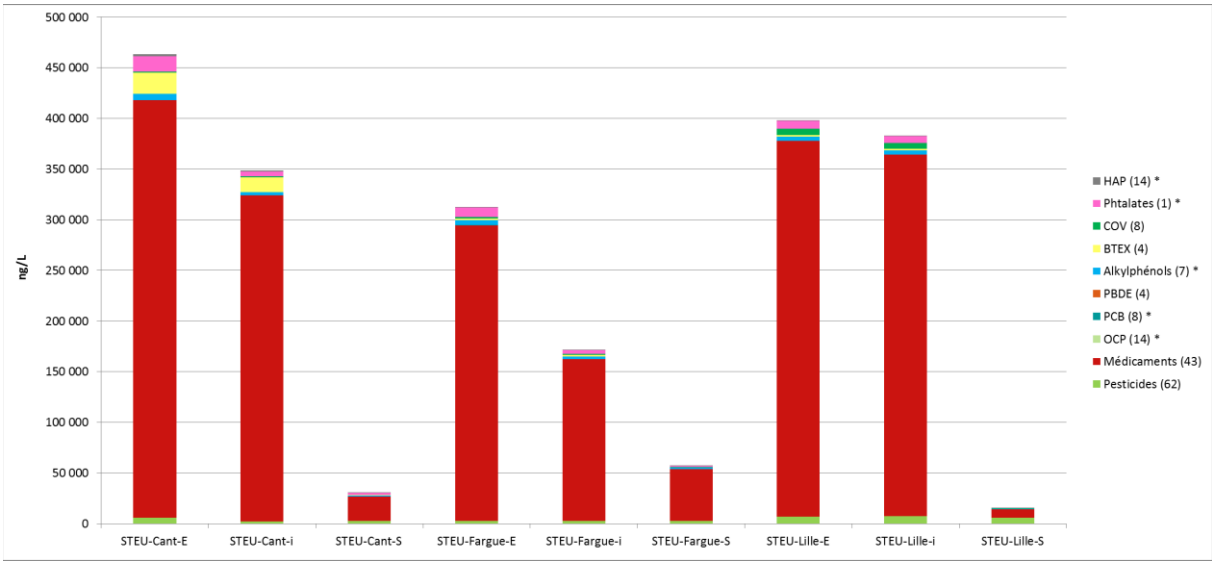


Figure 63. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques en entrées, points intermédiaires et sorties des stations de Cantinolle, Louis Fargue et Lille

Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

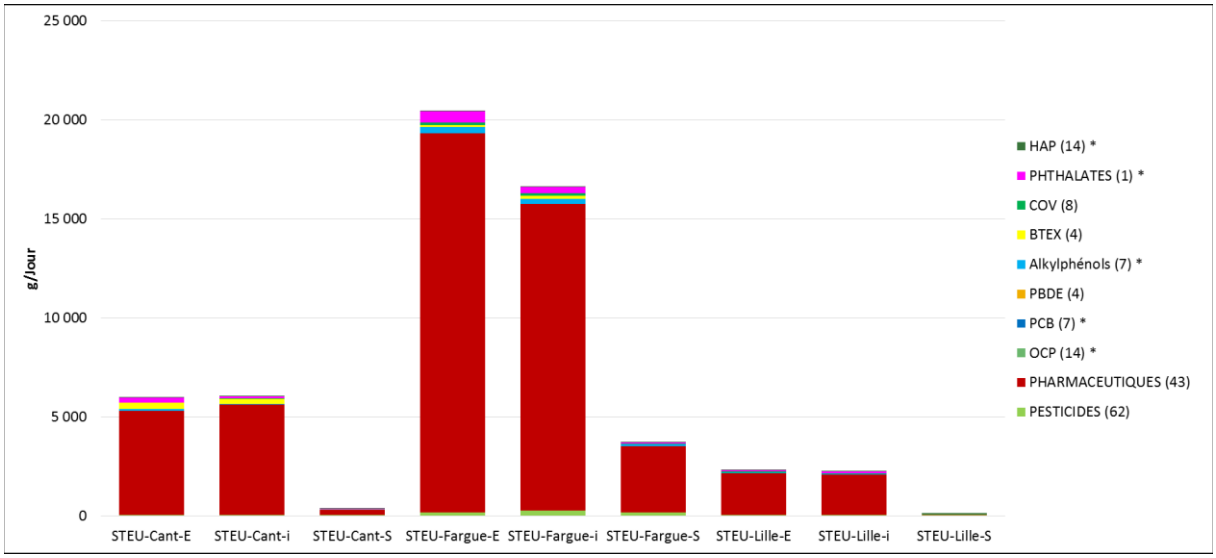


Figure 64. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques en entrées, points intermédiaires et sorties des stations de Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

Tableau 24. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les STEU

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	0	23	22,6
PESTICIDES	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	0	23	30,0
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	23	7,9
PESTICIDES	Acrinathrine	0	23	7,4
PESTICIDES	Alachlore	0	23	18,0
PESTICIDES	AMPA	23	23	69,9
PESTICIDES	Atrazine	0	23	3,6
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	15	23	3,6
PESTICIDES	Atrazine-déisopropyl (DIA)	0	23	12,0
PESTICIDES	Atrazine-déséthyl (DEA)	0	23	9,5
PESTICIDES	Azoxystrobine	15	23	3,0
PESTICIDES	Bifenthrine	0	23	2,0
PESTICIDES	Carbendazime	21	23	3,0
PESTICIDES	Chlorfenvinphos	0	23	8,0
PESTICIDES	Chlorotoluron	0	23	2,0
PESTICIDES	Chlorpyrifos-éthyl	1	23	1,0
PESTICIDES	Cyfluthrine	0	23	17,7
PESTICIDES	Cyperméthrine	0	23	12,4
PESTICIDES	DCPMU	9	23	10,9
PESTICIDES	Diazinon	23	23	1,6
PESTICIDES	Dichlorvos	0	23	33,9
PESTICIDES	Difénoconazole A B	0	23	9,0
PESTICIDES	Diflufénican	0	23	2,6
PESTICIDES	Dimétachlore	0	23	4,2
PESTICIDES	Diuron	27	27	2,2
PESTICIDES	DMSA	23	23	1,6
PESTICIDES	DMST	21	23	1,0
PESTICIDES	Endosulfan	0	23	50,9
PESTICIDES	Epoxiconazole	0	23	5,6
PESTICIDES	Esfenvalérate + fenvalérate	0	23	7,2
PESTICIDES	Famoxadone	0	23	45,6
PESTICIDES	Fenbuconazole	0	23	13,4
PESTICIDES	Fipronil	23	23	1,6
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	16	23	0,6
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	20	23	0,5
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	19	23	2,0
PESTICIDES	Flazasulfuron	0	23	8,5
PESTICIDES	Fluquinconazole	0	23	26,2
PESTICIDES	Flutriafol	0	23	87,7
PESTICIDES	Glyphosate	23	23	28,2
PESTICIDES	Hexazinone	0	23	2,2
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	0	23	5,6
PESTICIDES	Imidaclopride	27	27	3,6
PESTICIDES	Isoproturon	6	23	1,0
PESTICIDES	Lambda-cyhalothrine	0	23	9,3
PESTICIDES	Linuron	0	23	3,0
PESTICIDES	Métolachlore	6	27	2,1
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	27	20,6
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	27	12,5
PESTICIDES	Ométhoate	0	23	4,0
PESTICIDES	Perméthrine	1	23	7,0
PESTICIDES	Propiconazole	6	27	3,6
PESTICIDES	Simazine	0	23	15,9
PESTICIDES	Spiroxamine	0	23	2,0
PESTICIDES	Tau-fluvalinate	0	23	19,9
PESTICIDES	Tebuconazole	0	23	27,8
PESTICIDES	Terbuthylazine	0	23	5,0
PESTICIDES	Terbuthylazine-déséthyl	0	23	5,0
PESTICIDES	Terbutryne	27	27	1,9
PESTICIDES	Tétraconazole	0	23	13,7
PESTICIDES	Trifloxystrobine	0	23	1,0
PESTICIDES	Trifluraline	0	23	1,0
PHARMACEUTIQUES	Abacavir	24	27	6,6
PHARMACEUTIQUES	Acébutolol	27	27	5,0
PHARMACEUTIQUES	Acide 4-chlorobenzoïque	6	27	93,0
PHARMACEUTIQUES	Acide clofibrique	0	27	20,3
PHARMACEUTIQUES	Acide fénofibrique	25	27	16,9
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	24	27	21,2
PHARMACEUTIQUES	Amitriptyline	0	27	17,8
PHARMACEUTIQUES	Aspirine	0	23	12,0
PHARMACEUTIQUES	Aténolol	27	27	27,0
PHARMACEUTIQUES	Atorvastatine	11	27	125
PHARMACEUTIQUES	Bézafibrate	25	27	22,2
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	27	27	3,7
PHARMACEUTIQUES	Caféine	25	27	50,4
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	27	27	17,6
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	27	27	11,3
PHARMACEUTIQUES	Ciprofloxacine	4	4	40,0
PHARMACEUTIQUES	Clopidogrel	24	27	9,0
PHARMACEUTIQUES	Cyclophosphamide	2	4	3,0
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	27	27	17,5
PHARMACEUTIQUES	Disopyramide	27	27	2,6
PHARMACEUTIQUES	Fluoxétine	9	23	9,9
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	27	27	62,1
PHARMACEUTIQUES	Gemfibrozil	24	27	12,8
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	25	27	38,3
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	19	27	108
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	25	27	67,6
PHARMACEUTIQUES	Lamivudine	20	27	25,5
PHARMACEUTIQUES	Lévétiracétam	0	23	1500
PHARMACEUTIQUES	Lorazépam	12	27	23,6
PHARMACEUTIQUES	Losartan	16	27	19,7
PHARMACEUTIQUES	Méprobamate	10	27	27,1
PHARMACEUTIQUES	Métoprolol	26	27	18,7
PHARMACEUTIQUES	Naproxène	25	27	19,6
PHARMACEUTIQUES	Névirapine	18	27	18,8
PHARMACEUTIQUES	Nordazépam	23	23	7,3
PHARMACEUTIQUES	Ofloxacine	4	4	10,0
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	27	27	9,4
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	19	27	75,4
PHARMACEUTIQUES	Pravastatine	21	23	130
PHARMACEUTIQUES	Primidone	21	27	29,0
PHARMACEUTIQUES	Propranolol	27	27	17,4
PHARMACEUTIQUES	Ranitidine	1	23	50,0
PHARMACEUTIQUES	Ritonavir	24	27	16,7
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	27	27	22,8
PHARMACEUTIQUES	Théophylline	25	27	54,8
PHARMACEUTIQUES	Zidovudine	1	23	354

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
OCP	2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	3	23	0,5	12	23	1,1
OCP	2,4'-DDE	0	23	0,3	0	23	1,1
OCP	2,4'-DDT	0	23	0,5	21	23	1,1
OCP	4,4'-DDD	0	23	3,0	12	23	1,1
OCP	4,4'-DDE + Dieldrine	0	23	2,0	21	23	1,1
OCP	4,4'-DDT	0	23	0,5	23	23	1,1
OCP	Aldrine	0	23	1,0			
OCP	Chlordécone	0	23	5,0			
OCP	CIS-Chlordane	0	23	0,3	0	23	1,1
OCP	Endrine	0	23	3,0			
OCP	Heptachlore	0	23	0,5	0	23	1,1
OCP	Isodrine	0	23	1,0			
OCP	Lindane	0	23	7,0	17	23	4,2
OCP	Mirex	0	23	0,5	0	23	1,1
PCB	PCB 101	22	23	0,2	23	23	14,5
PCB	PCB 118	21	23	0,2	23	23	10,7
PCB	PCB 138	23	23	0,2	21	23	7,6
PCB	PCB 153	22	23	0,2	23	23	6,4
PCB	PCB 180	6	23	0,2	23	23	1,0
PCB	PCB 28 + 50	18	23	0,3	22	23	4,5
PCB	PCB 52	23	23	0,2	23	23	16,4
PBDE	BDE 100	0	23	0,2			
PBDE	BDE 153	0	23	0,5			
PBDE	BDE 47	0	23	0,6			
PBDE	BDE 99	0	23	0,3			
AKP	Nonylphénol	23	23	24,1	8	23	3088
AKP	NP1EC	23	23	3,2	23	23	16,7
AKP	NP1EO	23	23	13,1	21	23	79,4
AKP	NP2EO	23	23	1,8	22	23	65,2
AKP	Octylphénol	21	23	8,0	14	23	58,1
AKP	OP1EO	22	23	2,4	22	23	10,3
AKP	OP2EO	21	23	1,0	9	23	61,3
BTEX	Benzène	9	23	19,1			
BTEX	Ethylbenzène	20	23	4,7			
BTEX	Toluène	23	23	30,0			
BTEX	Xylènes	19	23	14,1			
COV	1,2-dichloroéthane	0	23	31,1			
COV	Chlorure de vinyle	5	23	104			
COV	Dichlorométhane	0	23	50,0			
COV	Hexachlorobutadiène	0	23	1,0			
COV	Tétrachloroéthylène	20	23	4,2			
COV	Tétrachlorure de carbone	0	23	12,0			
COV	Trichloroéthylène	17	23	8,3			
COV	Trichlorométhane	23	23	10,0			
PHTALATES	DEHP	22	23	25,0	22	23	1500
HAP	Anthracène	20	23	0,5	15	23	6,0
HAP	Benzo[a]anthracène	14	23	0,5	20	23	5,8
HAP	Benzo[a]pyrène	1	23	1,0	18	23	12,0
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	1	23	1,0	17	23	20,7
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	0	23	0,8	23	23	8,0
HAP	Chrysène + Triphénylène	18	23	0,4	23	23	7,3
HAP	Fluoranthène	23	23	0,3	23	23	9,9
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0	23	0,8	22	23	5,5
HAP	Naphtalène	22	23	3,8	0	23	176
HAP	Phénanthrène	23	23	0,4	23	23	52,1
HAP	Pyrène	23	23	0,3	23	23	14,8
PLASTIFIANTS	BPA	4	4	2,5			
PFAS	6:2 FTSA	4	4	0,05			
PFAS	8:2 FTSA	0	4	0,2			
PFAS	EtFOSAA	0	4	0,6			
PFAS	FOSA	0	4	0,03			
PFAS	FOSAA	0	4	0,4			
PFAS	MeFOSAA	0	4	0,003			
PFAS	PFBA	4	4	0,8			
PFAS	PFBS	3	4	0,07			
PFAS	PFDA	4	4	0,3			
PFAS	PFHpA	4	4	0,2			
PFAS	PFHpS	0	4	0,07			
PFAS	PFHxA	4	4	0,09			
PFAS	PFHxS	4	4	0,1			
PFAS	PFNA	0	4	0,6			
PFAS	PFOA	4	4	0,7			
PFAS	PFOS	4	4	0,1			
PFAS	PFPeA	4	4	0,8			

2. Pesticides

Les concentrations cumulées en pesticides en entrée de STEU varient entre 2 500 et 7 000 ng/L avec un maximum obtenu pour la STEU Lille-Blanquefort (Figure 65). Les deux molécules quantifiées aux plus fortes concentrations sont le glyphosate et son métabolite l'AMPA qui représentent entre 79% et 90 % de la contamination totale en pesticide.

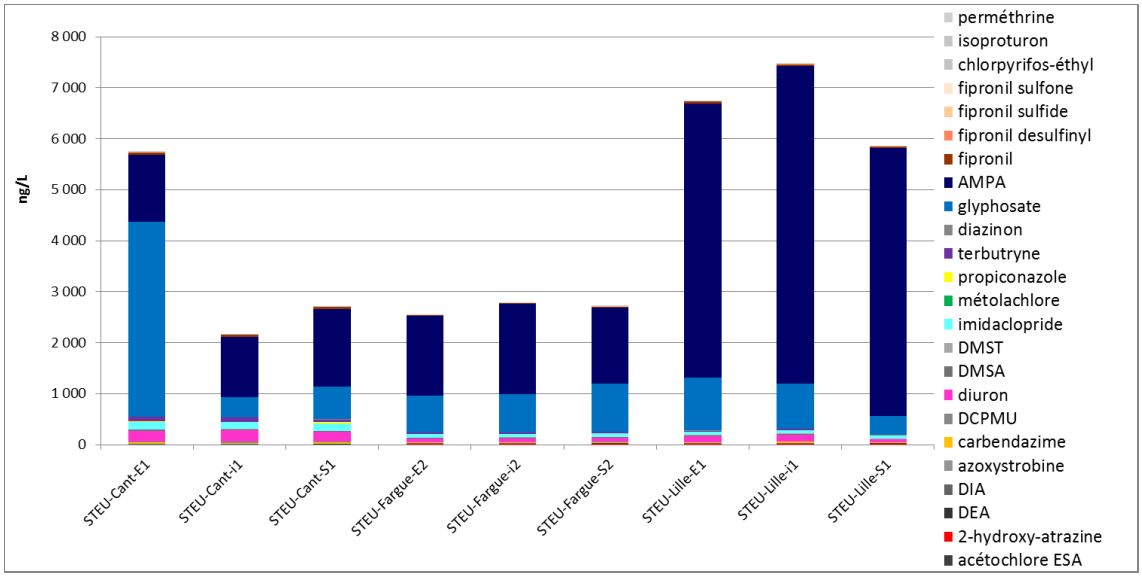


Figure 65. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

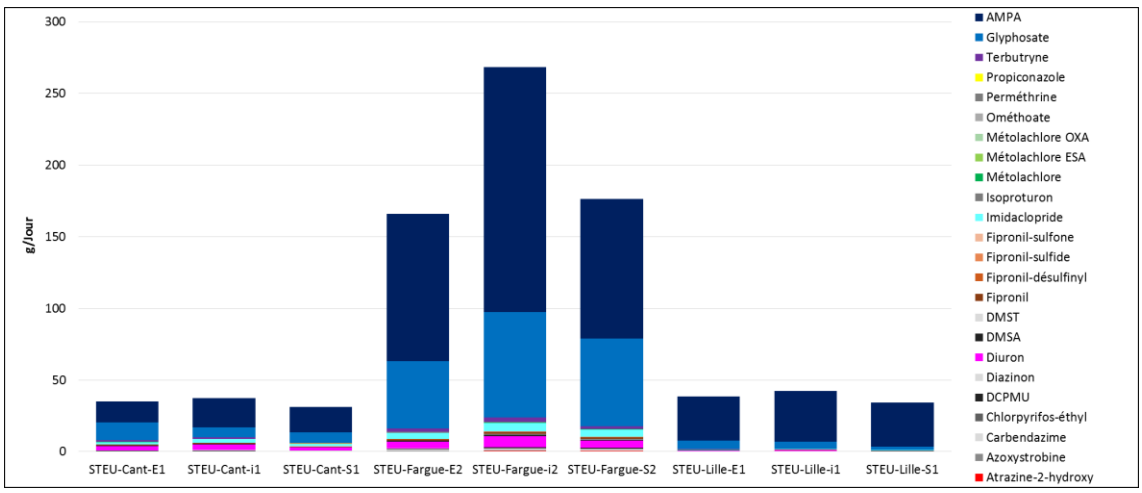


Figure 66. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

La présence de ces molécules en entrée de STEU est probablement liée au fait que le glyphosate est le pesticide le plus utilisé en France, que ce soit pour des applications agricoles ou non agricoles. De plus, l'AMPA est également le produit de dégradation de certains détergents. Il est également possible de noter la présence de diuron et de terbutryne qui sont des produits biocides contenus dans certaines peintures et matériaux, en concentrations plus faibles, de l'ordre de la centaine de ng/L.

Les concentrations en sortie sont 2 fois moins importantes pour la STEU de Cantinolle (principalement dû à la diminution du glyphosate) mais restent inchangées pour les STEU Louis Fargue et Lille-Blanquefort, ce qui démontre la mauvaise efficacité des traitements pour traiter les pesticides de la phase dissoute. Ainsi les rejets de STEU peuvent constituer un vecteur de contamination en pesticides pour le milieu réceptacle. La section précédente a mis en évidence des apports en glyphosate et en AMPA en aval de la STEU de Cantinolle dans la Jalle de Blanquefort. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 66.

3. Pharmaceutiques

Les concentrations cumulées en médicaments en entrée de STEU sont comprises entre 350 et 400 µg/L, avec un maximum obtenu pour la STEU Cantinolle. Le composé majoritaire est le paracétamol, ce qui n'est pas étonnant puisqu'il s'agit de la substance active la plus distribuée en France (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2014). La caféine et la théophylline sont également retrouvées en fortes concentrations. Il ne s'agit pas de molécules pharmaceutiques à proprement parler, mais de molécules que l'on peut utiliser comme traceurs de vie humaine car présentes dans des produits de forte consommation comme le café ou le thé. La présence de deux métabolites de molécules également très consommées en France, l'acide salicylique (métabolite de l'aspirine) et l'hydroxy-ibuprofène (métabolite de l'ibuprofène) peut également être soulignée.

Les concentrations en sortie de STEU sont plus faibles qu'en entrée : 24 contre 411 µg/L pour la STEU Cantinolle, 51 contre 291 µg/L pour la STEU Louis Fargue et 8 contre 371 µg/L pour la STEU Lille-Blanquefort, ce qui montre la capacité des traitements à éliminer la majeure partie de la contamination en phase dissoute pour les pharmaceutiques. Le profil de contamination de la STEU Louis Fargue est différent des 2 autres car marqué par la présence de paracétamol, caféine et théophylline qui sont présents en quantités inférieures aux LQ dans les deux autres sorties (et donc bien éliminés). Les autres composés fortement quantifiés en sortie de STEU sont la gabapentine, l'hydroxy-ibuprofène, le sotalol et l'acide fénofibrique.

Ces composés n'étaient pas présents en fortes concentrations en entrée mais ne sont presque pas éliminés. Cependant, pour la STEU Lille-Blanquefort les concentrations en gabapentine en sortie sont divisées par 10 par rapport à l'entrée. Ainsi les rejets de STEU peuvent constituer un vecteur de contamination de certains médicaments pour le milieu réceptacle. De plus, la section précédente a mis en évidence des apports en gabapentine, sotalol et hydroxy-ibuprofène en aval de la STEU de Cantinolle dans la Jalle de Blanquefort. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 68.

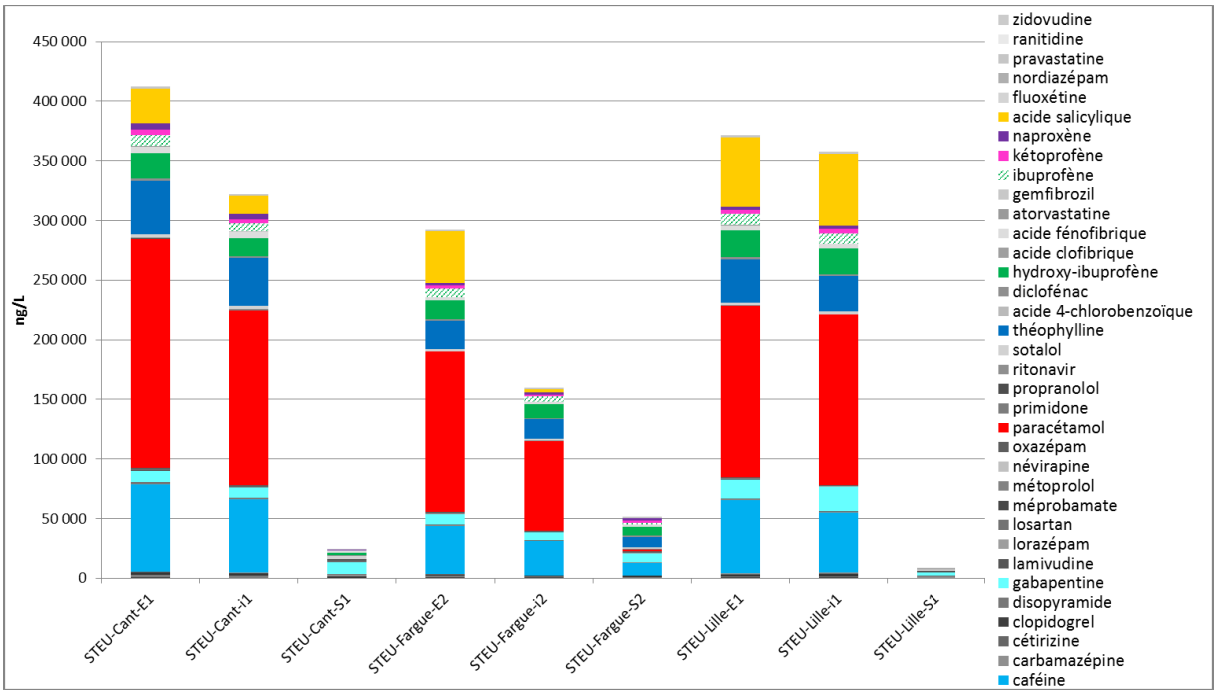


Figure 67. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

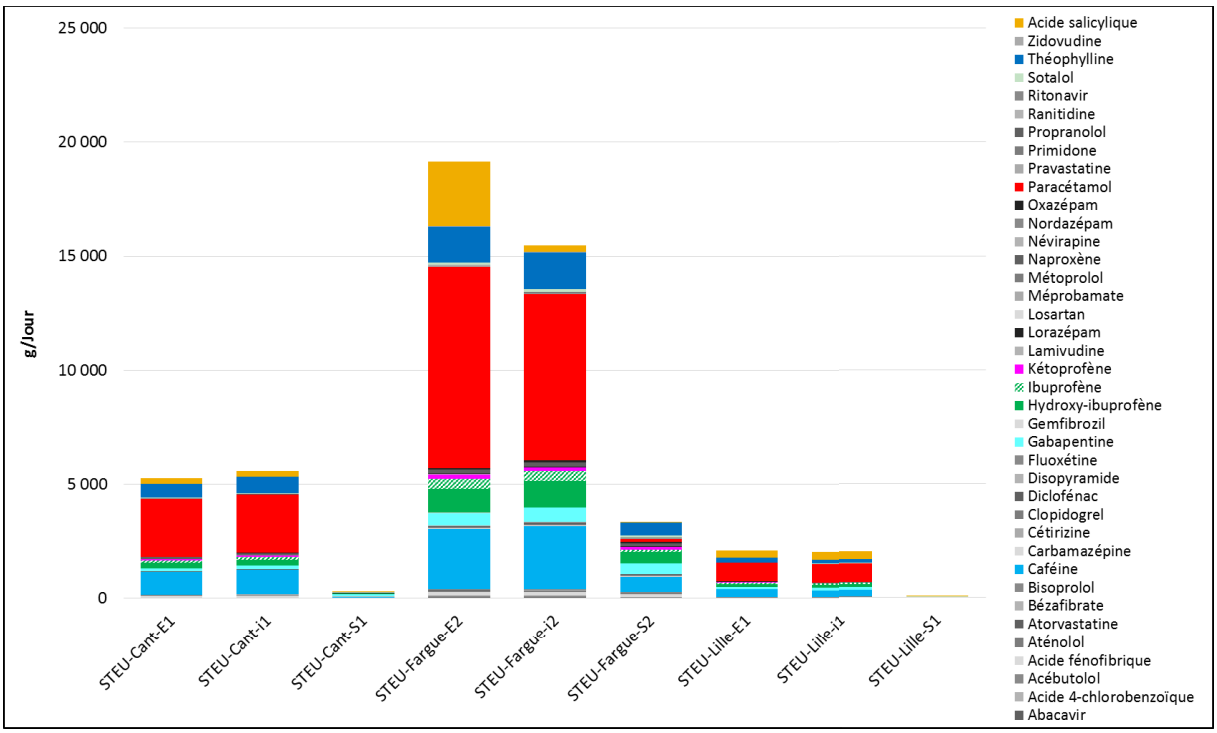


Figure 68. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pharmaceutiques pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

4. Pesticides organochlorés

Les concentrations totales cumulées en pesticides organochlorés en entrée de STEU sont faibles et comprises entre 5 et 35 ng/L avec un maximum obtenu pour la STEU Louis Fargues (Figure 69). Ces composés ont été recherchés dans la phase dissoute et la phase particulaire à l'exception de l'aldrine, l'endrine, l'isodrine et la chlordécone.

Les concentrations sont plus faibles en sortie de filière mais restent du même ordre de grandeur. Le composé majoritairement identifié est le lindane qui est exclusivement présent en phase particulaire. De plus, il apparait une forte concentration en DDD 2 4' (+CB 154 + 77) en lien avec une forte concentration obtenue pour la phase particulaire pour le 2ème prélèvement effectué en entrée de la STEU Louis Fargue. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 70.

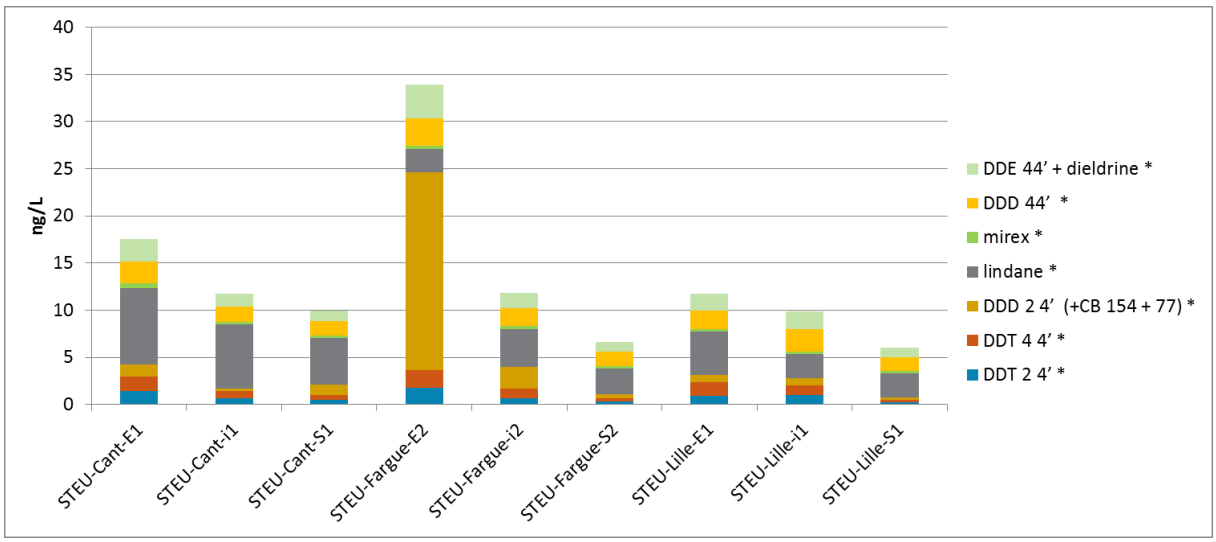


Figure 69. Concentrations totales cumulées (ng/L) en pesticides organochlorés pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

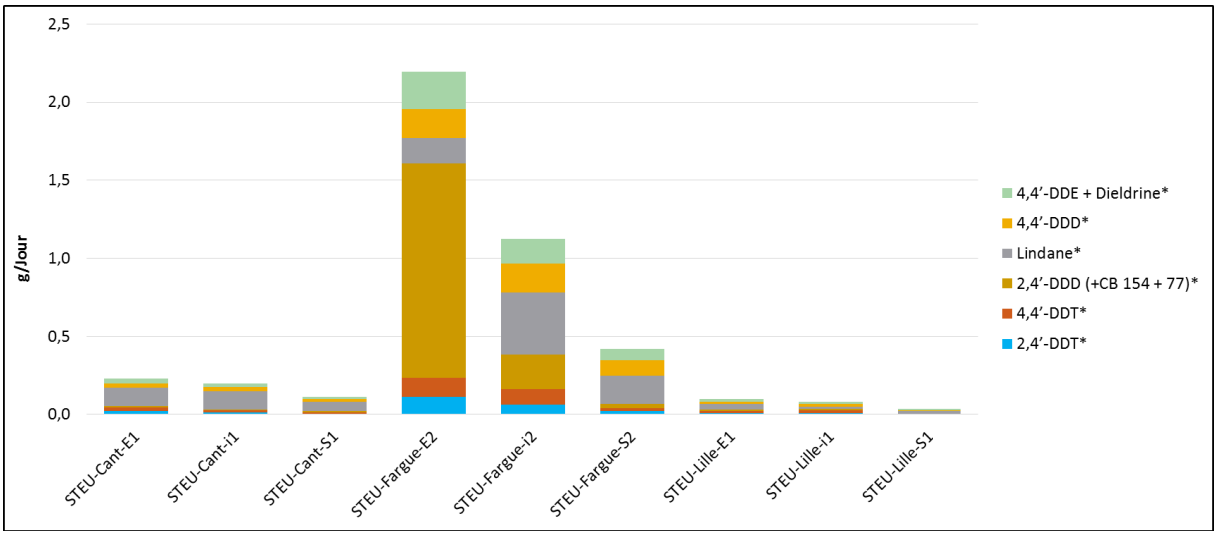


Figure 70. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides organochlorés pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

5. PCB

Les concentrations totales cumulées en PCB pour la phase totale en entrée de STEU sont faibles et comprises entre 40 et 90 ng/L, avec un maximum pour la STEU Louis Fargue. Les profils de contamination entre les 3 entrées sont comparables et tous les PCB sont quantifiés en concentrations comparables. Les concentrations sont plus faibles en sortie qu'en entrée et sont inférieures à 15 ng/L. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 72

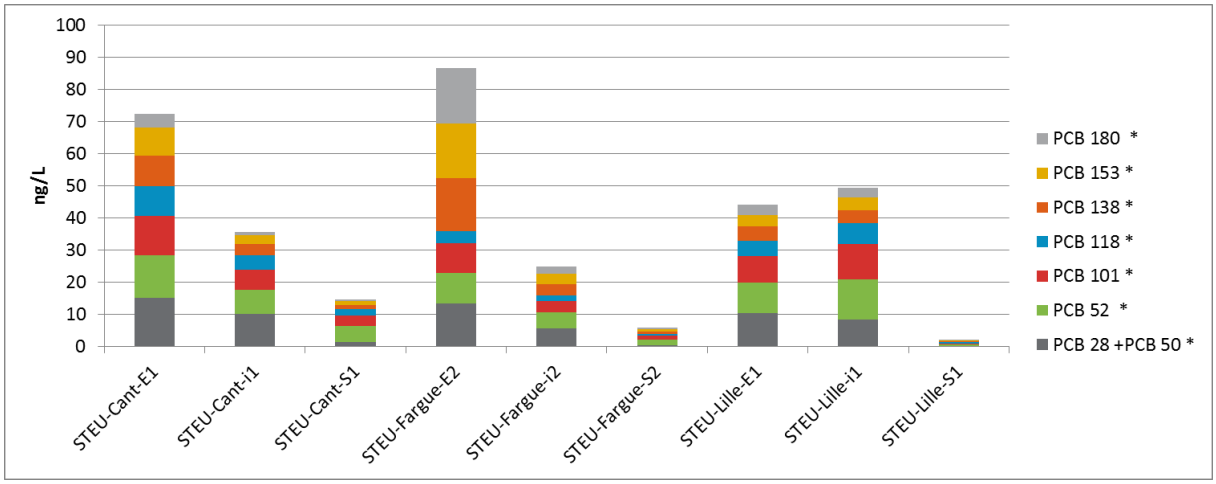


Figure 71. Concentrations cumulées (ng/L) pour les PCB pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

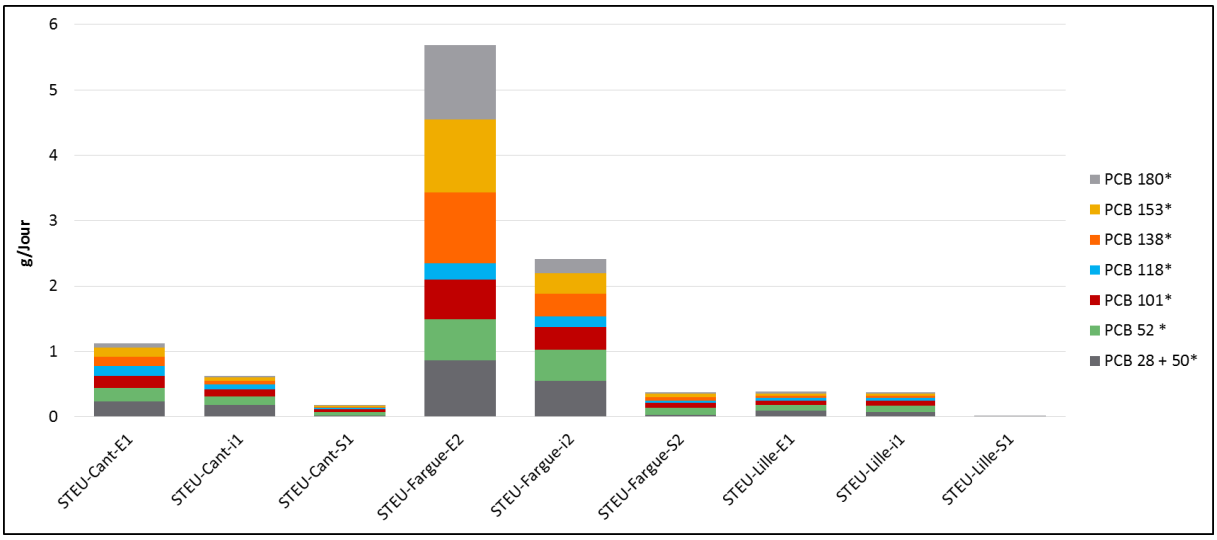


Figure 72. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les PCB pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

6. PBDE

Les concentrations cumulées en PBDE ne sont pas exprimées car l'ensemble des données sont inférieures à la LQ (0,2-0,6 ng/L).

7. Alkylphénols

Les concentrations totales cumulées en alkylphénols en entrée de STEU sont comprises entre 4 000 et 6 000 ng/L, avec un maximum obtenu pour la STEU Cantinolle (Figure 73). La présence de ces composés en station de traitement des eaux usées n'est pas surprenante puisqu'ils entrent dans la composition de nombreux détergents. Les profils de contamination entre les différentes entrées sont comparables et les alkylphénols quantifiés aux plus fortes concentrations sont le NP1OE, le NP2OE, l'OP1OE et le NP1EC. Les concentrations en sortie sont plus faibles qu'en entrée et sont comprises entre 300 et 1 500 ng/L.

Ainsi les rejets de STEU peuvent constituer un vecteur de contamination en alkylphénols pour le milieu réceptacle. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 74. Aucun apport significatif n'a cependant été mis en évidence dans la Jalle de Blanquefort (voir section précédente).

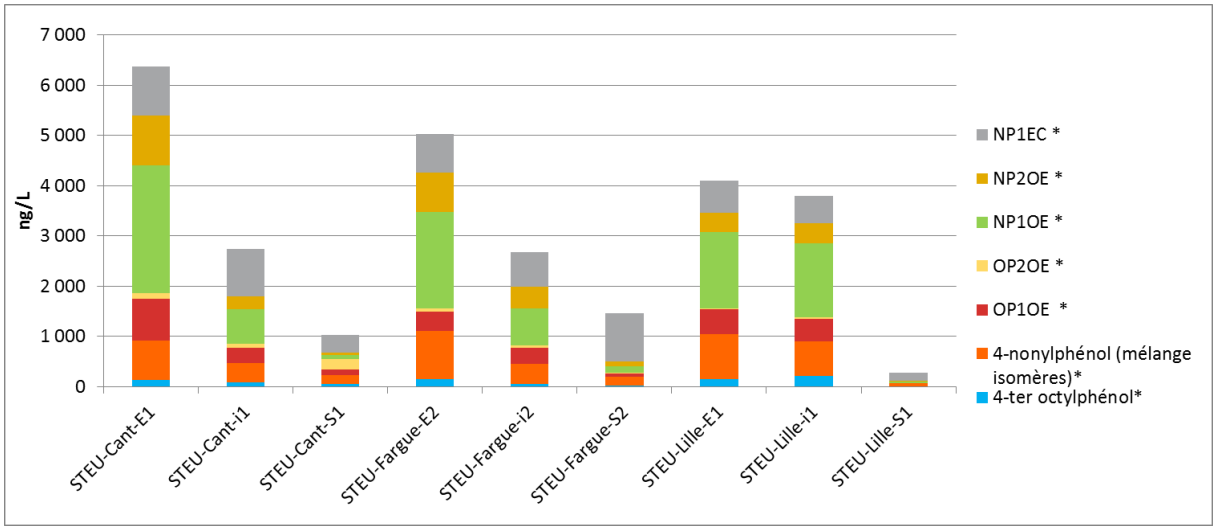


Figure 73. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

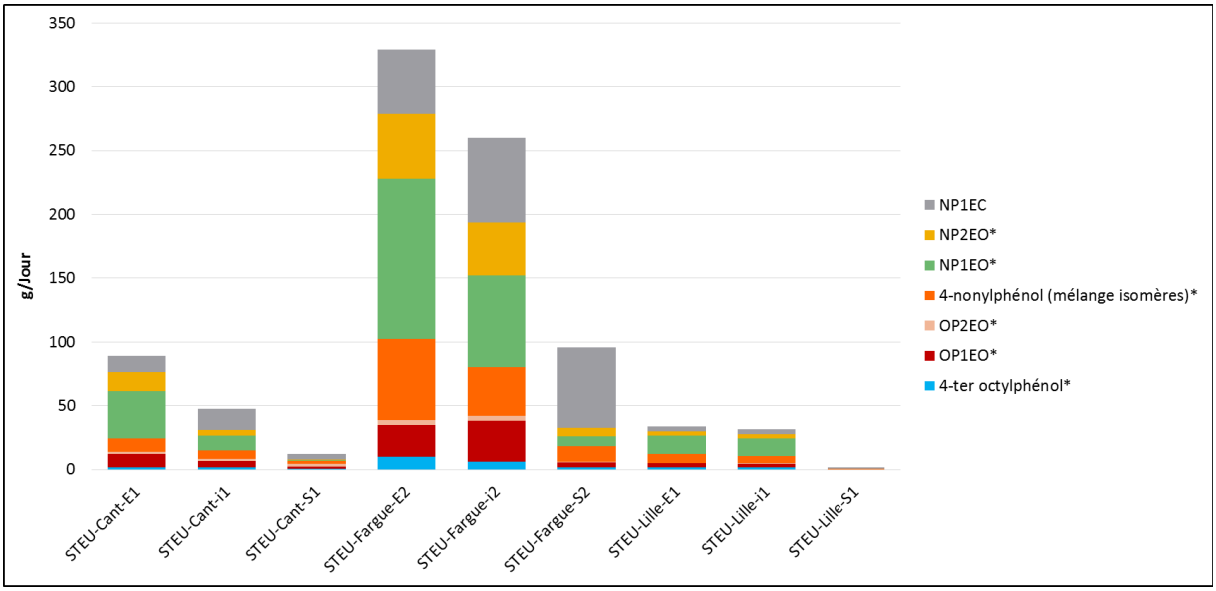


Figure 74. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

8. COV

Les concentrations cumulées en COV (dont BTEX) pour la phase dissoute en entrée de STEU varient entre 3 000 et 20 000 ng/L avec un maximum obtenu pour la STEU Cantinolle (Figure 75). Les composés quantifiés aux plus fortes concentrations sont le trichlorométhane (chloroforme) et le toluène. De fortes concentrations en xylènes pour l'entrée de Cantinolle sont également à noter. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 76.

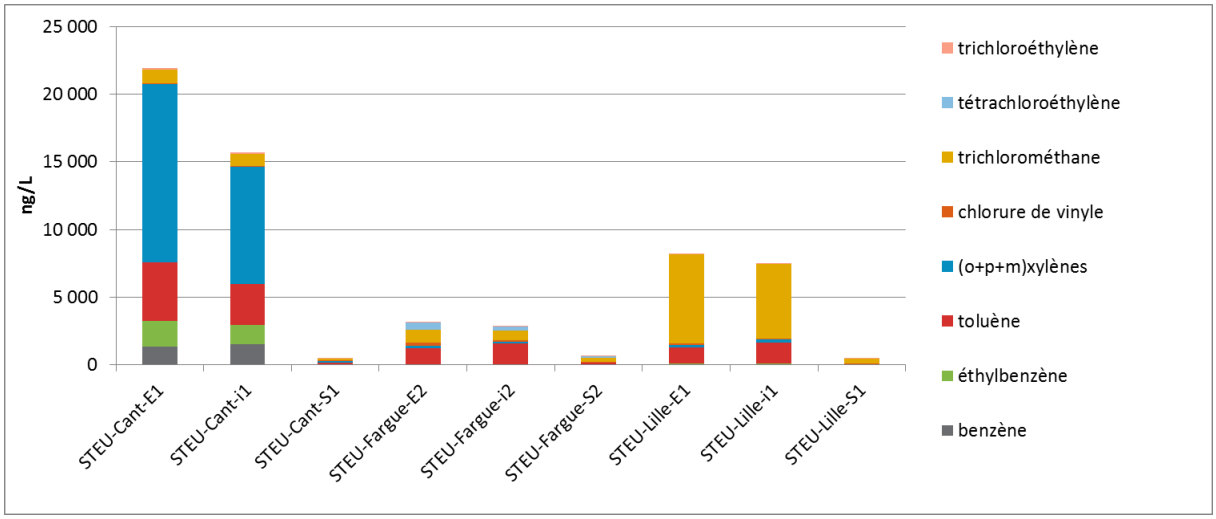


Figure 75. Concentrations cumulées (ng/L) en COV (dont BTEX) pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

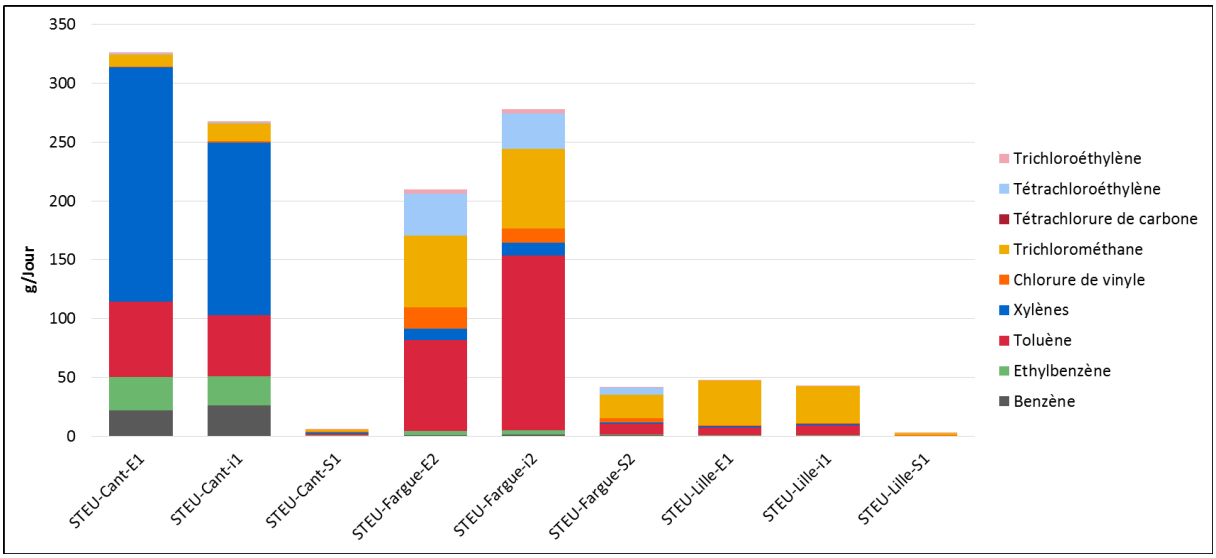


Figure 76. Flux cumulés (g/jourg/jour) en COV (dont BTEX) pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute

Les concentrations en sortie sont faibles pour toutes les STEU : inférieures à 500 ng/L.

9. Phtalates

Les concentrations totales en DEHP en entrée de STEU sont comprises entre 8 000 et 15 000 ng/L, avec un maximum obtenu pour la STEU Cantinolle (Figure 77). Retrouver ce phtalate en station de traitement des eaux usées est cohérent puisqu'il est présent dans un grand nombre de produits du quotidien en tant que plastifiant.

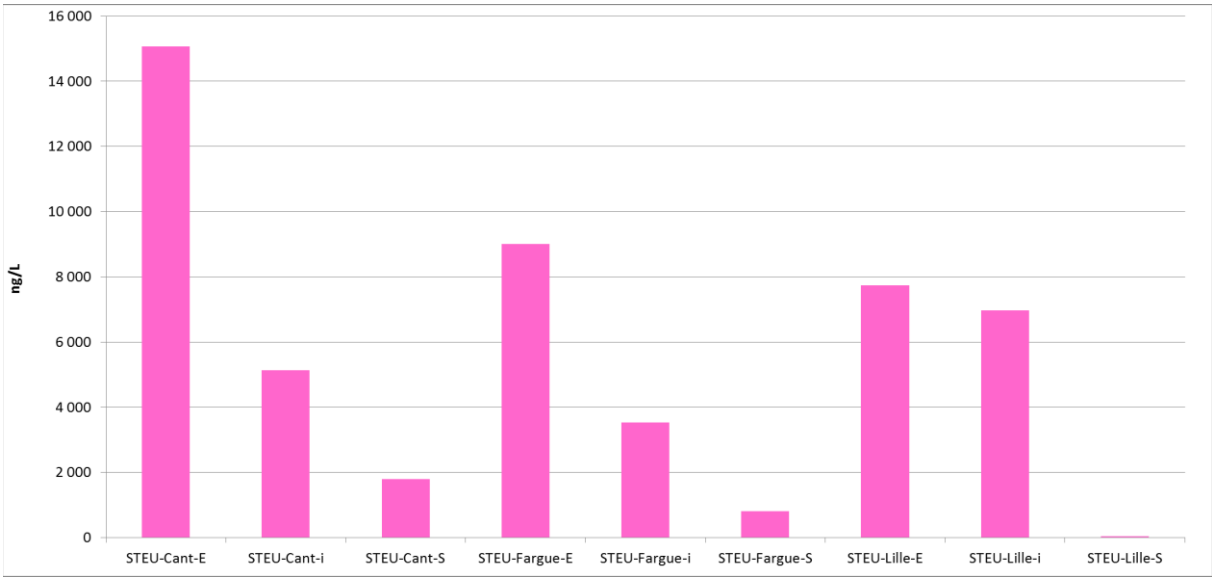


Figure 77. Concentrations totales (ng/L) en DEHP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

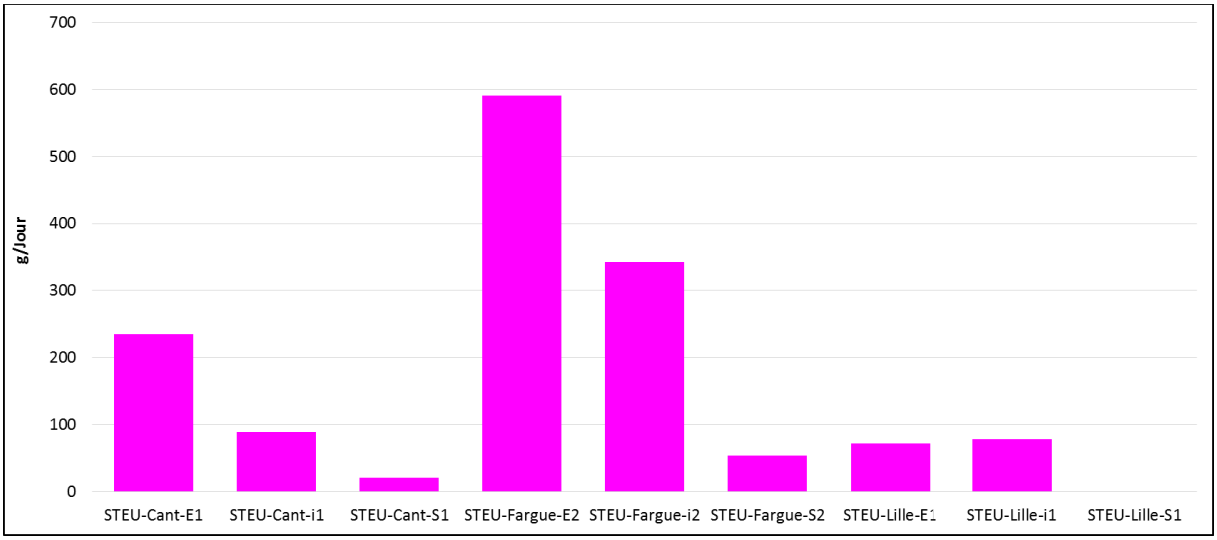


Figure 78. Flux cumulés (g/jourg/jour) en DEHP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

Les concentrations en sortie sont plus faibles qu'en entrée en lien avec l'élimination de la charge particulaire, mais restent relativement importantes pour la STEU Cantinolle (1 700 ng/L) dont les concentrations en entrée étaient les plus fortes. Les apports en termes de flux sont présentés Figure 78. Néanmoins, aucun impact significatif sur les concentrations de la Jalle de Blanquefort n'a été mis en évidence dans la section précédente.

10. HAP

Les concentrations totales cumulées en HAP en entrée de STEU sont comprises entre 400 et 1 800 ng/L (Figure 79). Toutefois les concentrations sont 4 x plus importantes à la STEU Cantinolle, en lien avec de fortes concentrations en naphtalène (composé uniquement présent en phase dissoute, pouvant être utilisé comme antimites). Pour les deux autres entrées, les autres HAP sont répartis de manière plus homogène. Les concentrations en sortie sont faibles pour toutes les STEU : inférieures à 60 ng/L. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 80.

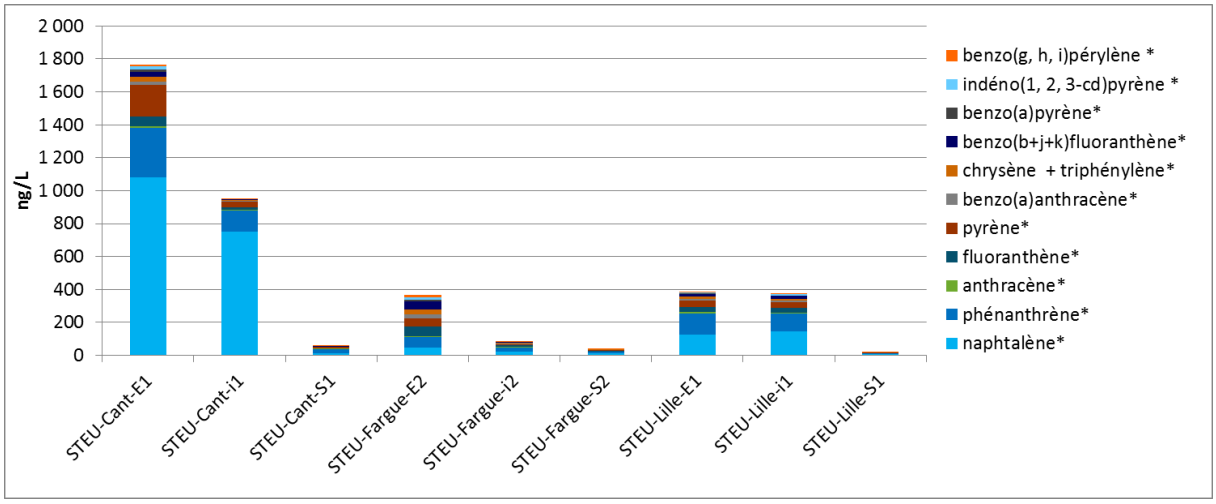


Figure 79. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

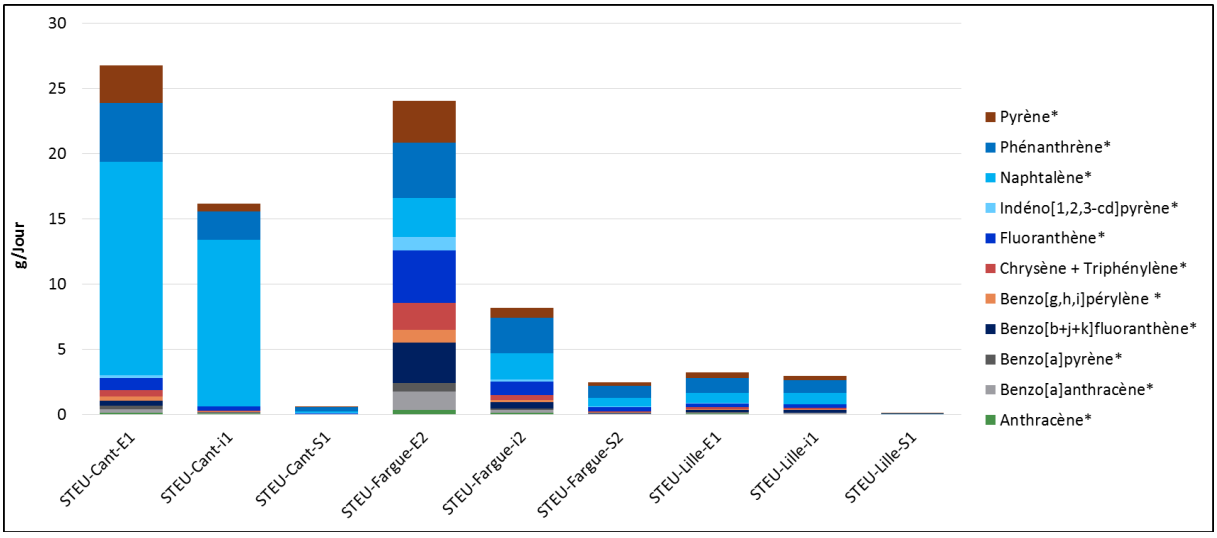


Figure 80. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP pour les entrées, les intermédiaires et les sorties des stations Cantinolle, Louis Fargue et Lille Blanquefort obtenues par la moyenne des campagnes (n = 4, 2 et 2) pour la phase dissoute + particulaire

11. Conclusion

En conclusion les STEU reçoivent essentiellement des pharmaceutiques, mais également d'autres composés organiques. Les débits entrant à la STEU Lille sont d'environ 5 700 m^3/j, ceux de Cantinolle de 11 700 m^3/j et ceux de Louis Fargue de 65 600 m^3/j. Ceci se traduit par des flux entrant pour les 162 molécules organiques respectivement de 2, 5 et 20 kg/jour. Les flux sortant sont quant à eux respectivement de 0,09, 0,4 et 4 kg/jour. Pour les 3 STEU, la gabapentine fait partie des 5 molécules les plus rejetées. Pour la STEU Lille-Blanquefort, les autres molécules les plus rejetées sont le métabolite du glyphosate, l'AMPA et 3 pharmaceutiques (carbamazépine, oxazépam et sotalol). Pour la STEU Cantinolle il s'agit également de 3 pharmaceutiques (les métabolites acide fénofibrique et hydroxy-ibuprofène et sotalol) ainsi que du phtalate DEHP. Pour la STEU Louis Fargue il s'agit des deux traceurs caféine et théophylline ainsi que de 2 pharmaceutiques (paracétamol et le métabolite hydroxy-ibuprofène).

b. Evaluation de l'efficacité des traitements (eaux et boues)

L'efficacité de traitement des micropolluants des STEU de Louis Fargue, Cantinolle et Lille-Blanquefort a été évaluée. Les caractéristiques de ces STEU sont indiquées dans le Tableau 25 ci-dessous.

Tableau 25. Caractéristiques des STEU étudiées

	Louis Fargue	Cantinolle	Lille Blanquefort
Capacité nominale (EH)	366 700	85 000	66 700
Traitement filière eau	prétraitement décantation primaire (± réactifs) biofiltre	prétraitement décantation primaire (± réactifs) biofiltre	prétraitement boues activées
Traitement filière boue	digestion anaérobie déshydratation + polymère séchage thermique	digestion anaérobie déshydratation + polymère	déshydratation + polymère
Réseau de collecte	unitaire	séparatif	séparatif
Longueur de réseau (km)	1 340	397	156
Surface collectée (km²)	65,42	53,25	22,10
Nature effluent collecté	industriel et domestique	industriel et domestique	industriel et domestique
Nom du milieu récepteur	Garonne	jalle de Blanquefort	Garonne
Zone déclarée sensible	non	oui	non

Pour faire cette évaluation, des prélèvements d'eau et de boue ont été réalisés sur chaque STEU sur 2 jours consécutifs par temps sec. Les prélèvements d'eau ont été faits en 3 points de la filière de traitement des eaux : 1 point en entrée de la STEU, 1 point intermédiaire (en amont du traitement biologique) et 1 point en sortie de la STEU (en aval du traitement biologique). Les prélèvements de boues ont été faits en 2 points de la filière de traitement des boues : 1 point sur les boues liquides en amont du traitement et 1 point sur les boues déshydratées ou séchées en aval du traitement.

Avant d'évaluer l'efficacité des STEU vis-à-vis des micropolluants, il faut au préalable s'assurer que ces dernières fonctionnent correctement pour les paramètres généraux (MES, DBO, DCO, carbone, azote, phosphore, etc.), à la fois en temps normal mais aussi les jours de nos prélèvements, de façon à ce que les résultats de notre étude soient extrapolables au reste de l'année.

Le Tableau 26 récapitule les valeurs mesurées ainsi que les rendements d'élimination des paramètres généraux pour chacune des STEU étudiées, à la fois en moyenne annuelle et pour les jours de nos prélèvements. Il ressort que les mesures faites les jours de notre étude sont du même ordre de grandeur que les moyennes annuelles ce qui signifie que nos résultats, basés sur ces 2 jours d'étude, seront extrapolables au reste de l'année. Il ressort aussi que, pour les paramètres pour lesquels elles sont réglementées, chacune des STEU fonctionne correctement et respecte les normes qui lui sont fixées. En revanche, on peut noter que dans le cas de Louis Fargue, le traitement de l'azote (NTK et N-NH4) et du phosphore (Pt) est moins poussé. C'est une station conçue pour traiter uniquement le carbone. De plus, le jour de notre étude, la STEU de Lille-Blanquefort affichait des rendements d'élimination du Phosphore total plus faibles que la moyenne annuelle.

Tableau 26. Fonctionnement général et pendant les jours d'étude des STEU

	Louis Fargue		Cantinolle		Lille Blanquefort	
	moyenne annuelle	**moyenne des 2 jours de prélèvement**	**moyenne annuelle**	**moyenne des 2 jours de prélèvement**	**moyenne annuelle**	**moyenne des 2 jours de prélèvement**
date	2015	2 et 3 sept. 2015	2014	8 et 9 juillet 2014	2015	9 et 10 sept. 2015
Débit						
entrée (m^3/j)	96 247	65 584	14 237	12 472	6 656	5 696
intermédiaire (m^3/j)	127 578	97 018	16 479	17 536	pas mesuré	pas mesuré
sortie (m^3/j)	95 711	65 275	15 128	12 348	6 998	5 886
Concentrations eau entrée						
MES (mg/L)	216	370	354	350	273	370
DBO (mg/L)	179	180	260	270	283	320
DCO (mg/L)	426	411	681	726	675	1050
NTK (mg/L)	49	58	81	85	64	84
Pt (mg/L)	6	7	10	10	8	9
N-NH4 (mg/L)	34	40	57	49	46	52
Concentrations eau intermédiaire						
MES (mg/L)	98	100	65	71	pas mesuré	320
DBO (mg/L)	103	70	83	73	pas mesuré	370
DCO (mg/L)	253	215	226	246	pas mesuré	764
NTK (mg/L)	50	56	63	71	pas mesuré	78
Pt (mg/L)	5	4	2	3	pas mesuré	8
N-NH4 (mg/L)	36	34	51	45	pas mesuré	50
Concentrations eau sortie						
MES (mg/L)	13	15	9	8	2	5
DBO (mg/L)	14	11	8	6	3	3
DCO (mg/L)	61	60	47	47	20	24
NTK (mg/L)	31	36	14	4	3	1
Pt (mg/L)	3	3	1	1	1	5
N-NH4 (mg/L)	27	28	11	2	3	1
Rendements global						
MES (%) (norme)	94 (90)	96	97 (90)	98	99 (90)	99
DBO (%) (norme)	92 (80)	94	97 (80)	98	99 (80)	99
DCO (%) (norme)	86 (75)	85	93 (75)	94	97 (75)	98
NTK (%) (norme)	35	39	83 (70)	95	96 (70)	99
Pt (%) (norme)	40	56	88	93	82	49
N-NH4 (%) (norme)	20	30	81 (70)	95	94	99

Tableau 26

1. Evaluation des filières eaux

Sur les 162 micropolluants organiques recherchés, 72 n'ont jamais été quantifiés dans les eaux de Louis Fargue, 73 n'ont jamais été quantifiés dans les eaux de Cantinolle et 73 n'ont jamais été quantifiés dans les eaux de Lille-Blanquefort. Parmi ces micropolluants jamais quantifiés, 64 sont communs aux 3 STEU. Ainsi sur les 162 micropolluants organiques recherchés, 64 n'ont jamais été quantifiés dans les eaux des 3 STEU (43 pesticides, 4 médicaments, 9 OCP, 4 PBDE et 4 COV).

En plus de ces micropolluants jamais quantifiés et pour lesquels il ne sera donc pas possible de calculer un rendement d'élimination, il n'a pas non plus été possible de calculer un rendement d'élimination fiable sur les 3 STEU pour 16 micropolluants (8 pesticides, 7 médicaments et 1 COV). En effet, si mathématiquement les calculs sont réalisables, d'un point de vu analytique, ils n'auraient pas de sens en raison de la proximité des concentrations trouvées avec les limites de quantification et de la variabilité analytique qui peut atteindre 100 % à ce niveau-là.

Ainsi sur les 162 micropolluants organiques recherchés, il a été possible de calculer un rendement d'élimination fiable pour au moins 82 micropolluants. Les résultats sont présentés dans le Tableau 27 ci-après.

A l'exception des COV, du 2,4'-DDD (+ CB 154), de l'OP2EO et de l'anthracène, les concentrations en entrée des 3 STEU sont du même ordre de grandeur. On peut donc comparer l'efficacité de traitement des 3 STEU.

Le rendement global (calculé entre l'entrée et la sortie) des STEU est meilleur que celui du traitement biologique (calculé entre le point intermédiaire et la sortie). Ce constat est visible pour chacune des STEU sur la Figure 81. Cette meilleure efficacité du traitement global par rapport au traitement biologique est d'autant plus marquée pour Louis Fargue où 41 micropolluants organiques sont bien éliminés (R > 70%) par le traitement global contre 26 par le traitement biologique.

D'une façon générale, la STEU de Lille-Blanquefort est plus efficace que celle de Cantinolle, elle-même plus efficace que celle de Louis Fargue, pour abattre les micropolluants organiques dans la filière de traitement des eaux. Ce constat est visible sur la Figure 82. En effet, le nombre de micropolluants avec un bon rendement d'élimination (R > 70 %) est de 60 pour Lille-Blanquefort, 52 pour Cantinolle et 41 pour Louis Fargue et à l'inverse le nombre de micropolluants avec un faible ou mauvais rendement d'élimination (R < 30 %) est de 8 pour Lille-Blanquefort, 17 pour Cantinolle et 23 pour Louis Fargue. Ce constat est cohérent avec ceux des paramètres généraux (MES, DBO, DCO).

En conclusion, l'étape de décantation primaire permet l'abattement de certains micropolluants adsorbables, en complément d'une étape de traitement biologique (ex. Louis Fargue et Cantinolle).

Une STEU avec traitement de l'azote (nitrification) (ex. Cantinolle) est plus efficace qu'une STEU avec traitement du carbone seul (ex. Louis Fargue) à procédés de traitement équivalent (biofiltration) ; et une STEU avec nitrification et un temps de séjour plus long (ex. Lille Blanquefort avec boues activées) est encore plus efficace. Ces résultats sont cohérents avec les références de la littérature, notamment avec les projets AMPERES et ARMISTIQ.

Tableau 27. Limites de quantification, concentrations moyennes sur les 2 jours de prélèvement et rendement d'élimination (R) global de la file eau et du traitement biologique pour chacune des 3 STEU étudiées.

Inter. : Intermédiaire, i : problème analytique (interférence), (+ métabolite XX) : cette molécule est une molécule mère et un métabolite de la molécule XX

R > 70%, 30% < R < 70%, R < 30%, R non calculable ou pas fiable

classe	Famille	micropolluants	LOUIS FARGUE						CANTINOLLE						LILLE BLANQUEFORT					
			LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)	
				Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique
Médicaments	analgésique	Paracétamol	75	134 560	75 147	1 942			83	187 387	137 668	< LQ			75	143 754	142 595	< LQ		
	anti-inflammatoire	Acide salicylique	8	43 235	2 803	100			40	21 430	12 321	< LQ			8	57 930	60 409	64		
		Diclofénac	15	1 094	962	1 002			7	1 658	1 493	854			15	1 555	1 464	253		
		Kétoprofène	91	2 850	1 583	1 793			30	4 381	3 414	282			91	3 823	3 464	< LQ		
		Ibuprofène	160	6 655	4 602	1 784			30	9 027	6 558	< LQ			160	9 207	8 623	< LQ		
	(métabolite ibuprofène)	Hydroxy-ibuprofène	50	16 179	11 917	7 370			15	18 446	14 637	1 428			50	22 795	21 728	< LQ		
		Naproxène	17	2 321	1 708	1 867			30	5 664	4 247	336			17	2 670	2 536	< LQ		
	antiviral	Abacavir	10	972	539	333			2	508	395	15			10	487	608	< LQ		
		Lamivudine	38	457	< LQ	< LQ			13	301	217	40			38	370	397	< LQ		
		Ritonavir	22	155	121	92			7	255	239	52			22	90	84	< LQ		
	b-bloquant	Acébutolol	6	911	757	738			1	2 281	1 701	397			6	1 001	1 072	100		
		Aténolol	40	1 071	656	797			12	2 032	1 729	736			40	1 484	2 026	231		
		Bisoprolol	5	251	219	230			1	494	407	182			5	311	357	23		
		Métoprolol	26	81	72	71			9	149	133	119			26	122	165	27		
		Propranolol	25	260	250	239			9	659	586	667			25	377	340	123		
		Sotalol	30	1 485	1 341	1 418			15	2 834	2 191	2 604			30	2 355	2 175	1 612		
	(métabolite fenofibrate)	Acide fénofibrique	28	2 400	1 498	1 658			3	5 971	4 963	1 434			28	4 046	3 681	< LQ		
	Hypolipémiant	Bézafibrate	25	384	292	327			10	601	498	166			25	767	734	< LQ		
		Gemfibrozil	18	122	99	86			6	373	266	47			18	115	174	< LQ		
		Pravastatine	182	688	451	448			50	1 366	999	83			182	919	852	< LQ		
	antiépileptique	Carbamazépine	30	602	513	527			4	845	828	848			30	994	950	1 053		
		Gabapentine	56	8 540	6 519	7 277			37	9 308	8 067	8 229			56	15 845	20 316	2 639		
		Primidone	30	48	46	58			27	184	194	156			30	< LQ	< LQ	< LQ		
	anxiolytique	Lorazépam	16	225	197	206			i	i	i	i			16	142	157	40		
		Nordazépam	10	14	13	16			3	19	18	21			10	19	20	21		
		Oxazépam	12	1 110	999	1 160			5	1 295	1 180	1 154			12	919	878	938		
	psychostimulant	Caféine	54	40 244	28 461	10 085			45	79 651	58 224	124			54	61 305	49 838	< LQ		
		Théophylline	45	24 135	16 568	8 615			50	48 414	38 642	281			45	36 181	29 914	< LQ		
	antiagrégant plaquettaire	Clopidogrel	13	19	14	14			4	46	34	13			13	26	22	< LQ		
	anti arythmique	Disopyramide	3	76	75	72			1	465	325	301			3	122	120	103		
	antihistaminique	Cétirizine	10	355	316	330			5	536	488	524			10	419	442	388		
	antihypertenseur	Losartan	8	< LQ	< LQ	< LQ			29	347	291	166			8	164	157	12		
Pesticides	Fongicide	Carbendazime	3	11	12	17			3	27	23	30			3	12	22	7		
	(métabolite dichlofluanide)	DMSA	2	14	11	13			1	19	14	10			2	18	19	11		
	(métabolite tolylfluanide)	DMST	1,0	i	5	6			1,0	12	8	5			1,0	7	7	2		
	Herbicide	Diuron	3	72	77	77			1	263	213	218			3	113	132	54		
		Glyphosate	20	719	756	938			41	1 027	338	292			20	1 025	886	369		

classe	Famille	micropolluants	LOUIS FARGUE						CANTINOLLE						LILLE BLANQUEFORT					
			LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)	
				Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique
	(métabolite glyphosate)	AMPA	100	1 568	1 762	1 495			23	1 370	1 284	1 282			100	5 383	6 227	5 265		
	(+ métabolite terbuthylazine)	Terbutryne	2	33	33	26			2	96	70	61			2	23	22	4		
	Insecticide	Diazinon	2	3	3	3			1	7	9	7			2	10	7	4		
		Fipronil	2	12	18	19			1	45	46	41			2	37	34	20		
	(métabolite fipronil)	Fipronil-sulfide	0,5	< LQ	< LQ	0,9			0,4	1	1	2			0,5	1,5	1,3	4,1		
		Imidaclopride	4	67	59	75			4	152	143	144			4	62	64	66		
OCP		2,4'-DDD (+CB 154)	0,007	21	2,0	0,2			0,5	< LQ	< LQ	< LQ			0,003	1,0	1,0	< LQ		
		4,4'-DDD	0,007	1,3	0,4	0,1			0,02	1,8	< LQ	< LQ			0,003	1,1	1,1	< LQ		
		2,4'-DDT	0,007	1,5	0,4	0,1			0,02	1,6	0,5	0,1			0,003	1,2	1,3	< LQ		
		4,4'-DDT	0,007	1,6	0,7	0,1			0,02	1,4	0,5	0,1			0,003	2,4	3,3	0,044		
		4,4'-DDE	0,007	2,6	0,6	0,1			0,02	1,9	0,4	0,1			0,003	1,8	1,6	< LQ		
		Lindane	0,029	i	1,6	0,2			0,06	4,9	1,8	0,4			0,010	3,6	< LQ	0,022		
PCB		PCB 28	0,022	7	4	0,1			0,07	3	5	0,2			0,008	9	8	0,1		
		PCB 50	0,022	6	2	0,2			0,2	16	6	1,0			0,008	7	4	0,1		
		PCB 52	0,2	10	5	1,7			0,2	15	8	2,6			0,2	16	17	0,5		
		PCB 101	0,2	9	4	1,1			0,2	14	7	1,9			0,2	12	13	0,5		
		PCB 118	0,2	4	2	0,5			0,2	12	5	1,3			0,2	7	8	0,3		
		PCB 138	0,2	17	4	0,8			0,2	11	4	0,8			0,2	6	5	0,3		
		PCB 153	0,2	17	3	0,8			0,2	13	3	0,7			0,015	5	5	0,2		
		PCB 180	0,2	17	2	0,4			0,01	6	1	0,1			0,005	6	5	0,0		
Alkylphénols		OP	10	153	61	22			5	109	95	70			0,16	275	283	3		
		OP1EO	2	382	330	60			3	953	269	123			2	561	521	4		
		OP2EO	1,0	46	36	12			1,0	145	85	257			1,0	19	19	< LQ		
		NP	30	286	236	157			15	802	348	102			30	404	327	53		
		NP1EO	10	1 923	741	122			18	3 390	666	78			10	2 491	2 417	38		
		NP2EO	1,0	769	426	102			3,0	1 399	240	44			1,0	598	588	18		
		NP1EC	5	771	682	964			0	964	879	312			5	711	631	148		
BTEX		Benzène	25	< LQ	< LQ	< LQ			10	1 993	1 747	12			25	< LQ	< LQ	< LQ		
		Ethylbenzène	7	57	37	< LQ			1	175	60	46			7	107	115	< LQ		
		Toluène	30	1 176	1 533	140			30	918	1 266	141			30	1 146	1 503	48		
		Xylène	20	154	111	< LQ			5	273	172	60			20	214	248	< LQ		
COV		Tétrachloroéthylène	5	540	310	94			3	36	28	4			5	11	9	< LQ		
		Trichloroéthylène	4	61	37	11			15	106	114	< LQ			4	5	5	< LQ		
		Trichlorométhane	10	930	701	309			10	652	781	126			10	6 590	5 488	340		
PHTALATES		DEHP	25	9 003	3 526	818			25	20 285	5 334	841			25	12 655	13 749	37		
HAP		Naphtalène	3	30	17	10			5,0	31	24	< LQ			3	116	138	5		
		Phénanthrène	0,5	65	28	14			0,3	94	49	13			0,5	200	168	6		
		Anthracène	0,5	5	1,5	< LQ			0,07	3	1,6	0,3			0,5	13	11	0,6		
		Fluoranthène	0,3	61	10	5			0,3	68	15	3			0,3	52	45	1,2		
		Pyrène	0,3	49	8	4			0,3	80	17	6			0,3	73	59	5		
		Chrysène + Triphénylène	0,3	32	4,2	1,0			0,5	27	3,4	0,5			0,010	24	22	0,04		
		Benzo[a]anthracène	0,3	21	1,9	0,4			0,09	21	3,2	< LQ			0,010	15	14	0,3		

classe	Famille	micropolluants	LOUIS FARGUE						CANTINOLLE						LILLE BLANQUEFORT					
			LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)		LQ (ng/L)	Concentrations moyennes (ng/L, n=2)			Rendement (%)	
				Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique		Entrée	Inter.	Sortie	global	traitement biologique
		Benzo[b+j+k]fluoranthène	0,073	47	4,8	0,4			1,0	39	< LQ	< LQ			0,025	29	30	0,07		
		Benzo[a]pyrène	0,073	10	0,6	0,1			1,0	24	< LQ	< LQ			0,025	9	3,8	0,03		
		Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0,029	16	1,1	0,1			0,09	20	0,9	0,2			0,010	8	7	0,04		
		Benzo[g,h,i]pérylène	0,044	15	1,0	0,2			0,13	29	1,8	0,4			0,015	9	7,8	0,06		

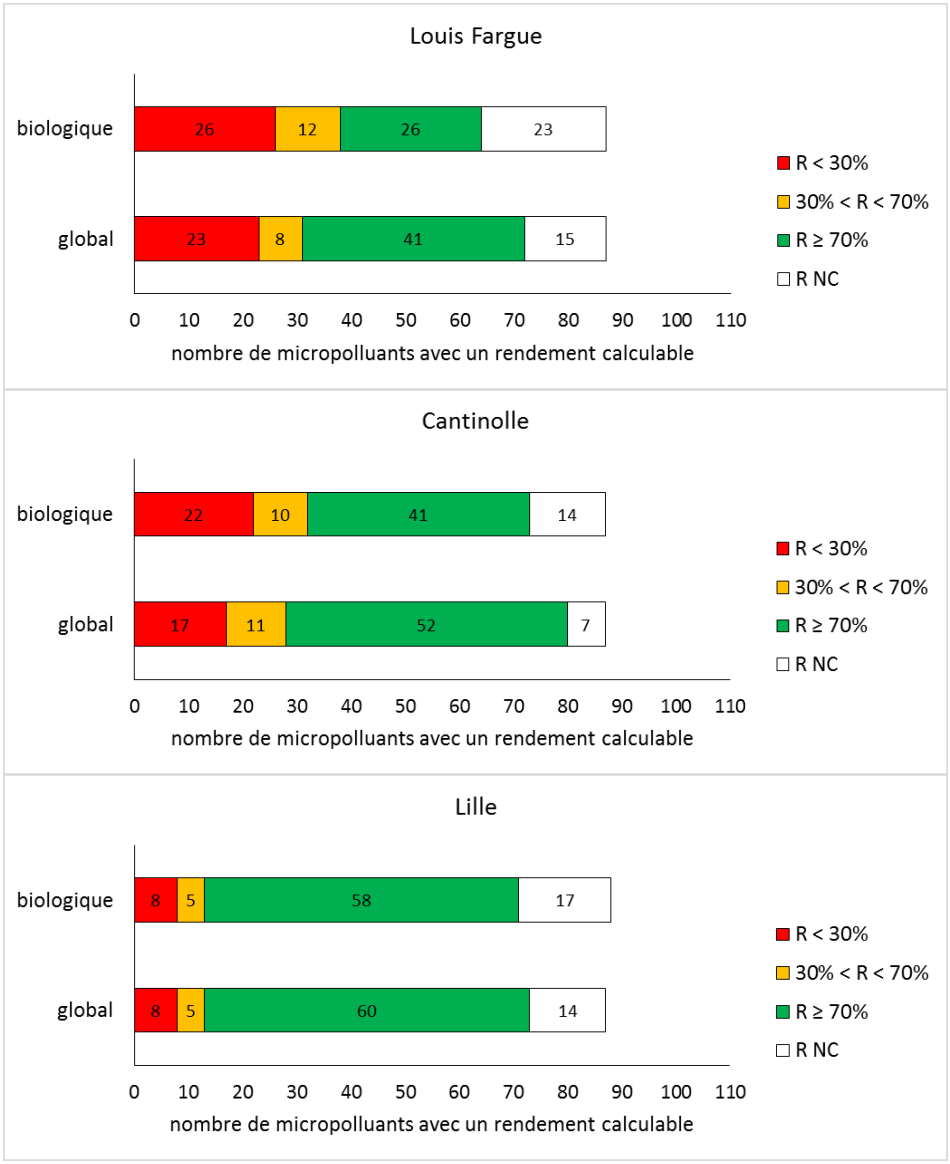


Figure 81. Comparaison de l'efficacité du traitement global de la STEU avec celle du traitement biologique (file eau)

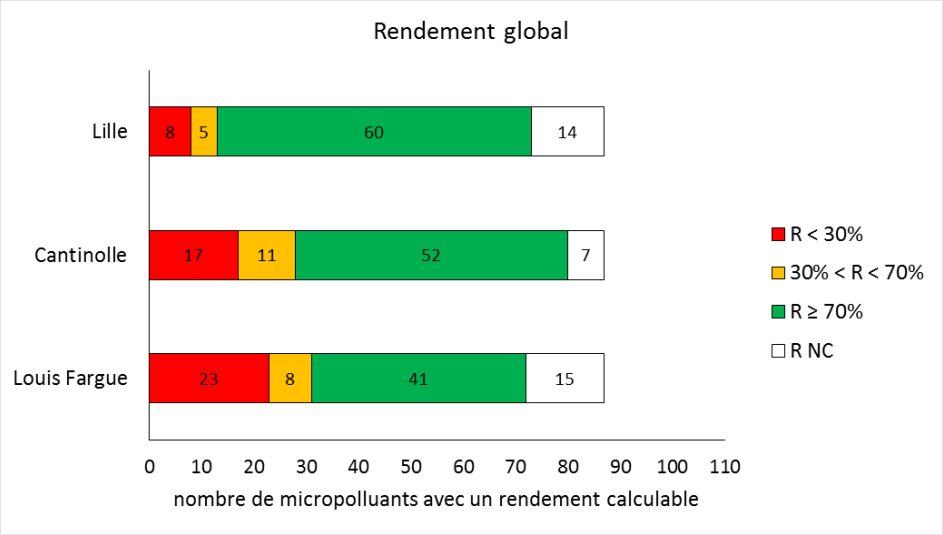


Figure 82. Comparaison de l'efficacité de la filière eau des 3 STEU

Si on rentre un peu plus dans le détail pour les différentes classes de micropolluants organiques étudiés, on observe les résultats suivants.

Les médicaments

Avec le traitement global, 5 molécules sont bien éliminées (R > 70 %) par les 3 STEU : le paracétamol (un analgésique), l'acide salicylique et l'ibuprofène (2 anti-inflammatoires), la lamivudine (un antiviral) et la caféine (un psychostimulant). En plus de ces 5 molécules, les STEU de Cantinolle et de Lille-Blanquefort éliminent bien aussi les anti-inflammatoires à l'exception du diclofénac (moins bien éliminé par Cantinolle), les antiviraux, les hypolipémiants et les psychostimulants. La plupart de ces micropolluants se retrouvent même à des concentrations moyennes inférieures aux limites de quantification en sortie de Lille-Blanquefort.

A l'inverse, la carbamazépine (un antiépileptique), l'oxazépam (un anxiolytique) et la cétirizine (un antihistaminique) sont mal éliminés (R < 30%) par les 3 STEU. De plus, le propranolol et le sotalol (2 β-bloquants) et la gabapentine (un antiépileptique), sont mal éliminés par les STEU de Louis Fargue et Lille-Blanquefort.

Les bons taux d'élimination pour le paracétamol, l'acide salicylique et l'ibuprofène ainsi que les anti-inflammatoires sont en accord avec les résultats obtenus dans le cadre du projet AMPERES (Soulier et al., 2011). De même, une mauvaise élimination avait été obtenue pour le diclofénac. Les rendements d'élimination n'ont cependant pas été calculés pour la carbamazépine, l'oxazépam et la cétérizine car ils n'avaient pas été recherchés. Cependant les résultats obtenus dans le cadre du programme ETIAGE montrent également une mauvaise élimination de ces composés (Aminot, 2013).

Les pesticides

Quand ils sont quantifiés, ils sont globalement mal éliminés par les 3 STEU en particulier l'AMPA (métabolite de l'herbicide glyphosate mais aussi des phosphonates des détergents) et l'imidaclopride (un insecticide). Le diuron et le fipronil, mal éliminés par Louis Fargue et Cantinolle, sont néanmoins un peu éliminés par Lille-Blanquefort. Seul exception, la terbutryne (un herbicide qui est aussi un métabolite de la terbuthylazine) qui est bien éliminée de la filière eau par la STEU de Lille-Blanquefort.

Les concentrations en fipronil-sulfide plus fortes en sortie de STEU qu'en entrée s'expliquent par le fait que ce micropolluant soit le métabolite du fipronil, il est donc produit au cours du traitement lors de la dégradation du fipronil.

Les mauvais taux d'élimination de l'AMPA et du diuron ont également été observés dans le cadre du projet AMPERES (Choubert et al., 2011). Les autres pesticides, l'imidaclopride, le fipronil et la terbutryne n'avaient pas été recherchés. Cependant les résultats obtenus dans le cadre du programme ETIAGE montrent également une mauvaise élimination de ces composés (Cruz, 2015).

Les OCP et PCB

Les OCP ont été quantifiés en entrée des 3 STEU à des concentrations comprises entre 1 et 5 ng/L (sauf 2,4'-DDD (+ CB 154) en entrée de Louis-Fargue) et les PCB à des concentrations comprises entre 1 et 20 ng/L. Ces micropolluants ont principalement été quantifiés sur la phase particulaire (MES) des échantillons d'eau. Comme les MES sont bien éliminés par les 3 STEU alors, de façon logique, ces micropolluants ont été bien éliminés de la file eau. Néanmoins leur élimination de la file eau ne signifie pas pour autant qu'ils ont été dégradés. Ils ont été transférés dans les boues des STEU.

Dans le cadre du projet AMPERES les rendements d'élimination pour les OCP n'ont pas été calculés et les PCB n'avaient pas été recherchés (Choubert et al., 2011).

Les alkylphénols (AkP)

À l' exception de l'OP2EO sur Cantinolle, les alkylphénols polyethoxylés (OP1EO, OP2EO, NP1EO et NP2EO) sont bien éliminés par les 3 STEU (R global > 70 %). L'octylphénol (OP), bien éliminé par Louis Farge et Lille-Blanquefort, est faiblement éliminé par Cantinolle et sa concentration moyenne en sortie de cette STEU (70 ng/L) et proche de la NQE de ce micropolluant (100 ng/L). Le 4-nonylphénol quant à lui est bien éliminé par Cantinolle et Lille-Blanquefort mais moyennement éliminé par Louis Fargue.

Enfin le NP1EC est mal éliminé par Louis Fargue, moyennement éliminé par Cantinolle et bien éliminé par Lille-Blanquefort. Sa concentration en sortie de Louis Fargue, plus forte que celle en entrée, peut s'expliquer par le fait que ce micropolluant est un produit résultant de la dégradation des nonylphénols polyethoxylés (NP1EO et NP2EO).

Les bons taux d'élimination pour l'octylphénol et le NP1EO ont également été observés dans le cadre du projet AMPERES (Choubert et al., 2011). Les taux pour le NP1EC et le NP2EO n'ont en revanche pas été calculés.

Les BTEX, COV et phtalates

Les composés de ces 3 familles sont bien éliminés par les 3 STEU avec des rendements supérieurs à 70 %. En dépit de ces bon taux d'élimination, il est à noter que les concentrations en DEHP (phtalate) restent relativement élevées en sortie de Louis Fargue et Cantinolle (> 800 ng/L), avec des valeurs proches de la NQE (1 300 ng/L).

Les bons taux d'élimination les BTEX et les COV (quand ils ont été calculés) ont également été observés dans le cadre du projet AMPERES (Choubert et al., 2011). De même, un bon taux d'élimination est observé pour le DEHP.

Les HAP

A l'exception du naphtalène et du phénanthrène sur la STEU de Lille-Blanquefort, les concentrations de ces composés en entrée des STEU sont généralement de l'ordre de quelques dizaines de ng/L. Ces micropolluants sont bien éliminés par les 3 STEU avec des rendements supérieurs ou proches (ex. naphtalène Louis Fargue) des 70 %. Les concentrations en sortie des STEU sont faibles et généralement inférieures à la dizaine de ng/L. Comme pour les OCP et les PCB, certains HAP (les plus lourds c'est-à-dire les benzo[]… et l'indéno[1,2,3-c,d]pyrène) ont principalement été quantifiés sur la phase particulaire (MES) des échantillons d'eau, c'est pourquoi ils ont été bien éliminés de la file eau.

De bons taux d'élimination des HAP (quand ils ont été calculés) ont également été observés dans le cadre du projet AMPERES (Choubert et al., 2011).

2. Evaluation des filières boues

Sur les 70 micropolluants organiques recherchés dans les boues, 18 n'ont jamais été quantifiés dans les boues de Louis Fargue, 23 n'ont jamais été quantifiés dans les boues de Cantinolle et 34 n'ont jamais été quantifiés dans les boues de Lille-Blanquefort. Parmi ces micropolluants jamais quantifiés, 15 sont communs aux 3 STEU. Ainsi sur les 70 micropolluants recherchés, 15, que des médicaments, n'ont jamais été quantifiés dans les boues des 3 STEU.

En plus de ces micropolluants jamais quantifiés et pour lesquels il ne sera donc pas possible de calculer un rendement d'élimination, il n'a pas non plus été possible de calculer un rendement d'élimination fiable sur les 3 STEU pour 13 micropolluants organiques (10 médicaments, 2 PCB et 1 AkP). En effet, si mathématiquement les calculs sont réalisables, d'un point de vu analytique, ils n'auraient pas de sens en raison de la proximité des concentrations trouvées avec les limites de quantification et de la variabilité analytique qui peut atteindre 100 % à ce niveau-là.

Ainsi sur les 70 micropolluants organiques recherchés dans les boues, il a été possible de calculer un rendement d'élimination fiable pour au moins 42 micropolluants. Les résultats sont présentés dans le Tableau 28 ci-après.

Remarque : les rendements sont calculés à partir des flux entrant et sortant de boues. Les flux entrant tiennent compte de la quantité de boue liquide extraite par jour (m3/j) et de leur niveau de concentration en particules (g/L) et les flux sortant, du flux de boues déshydratées ou séchées (kg/jour)

et de leur siccité (%). En raison de ces paramètres, les rendements affichés dans le Tableau 20 peuvent ne pas correspondre avec ceux qu'on pourrait vouloir calculer uniquement à partir des concentrations (ex. à Cantinolle, les PCB avec les flux ont des rendements moyens (30 % < R < 70 %) alors que les concentrations laissent penser que les rendements sont faibles ou mauvais (R < 30 %)). Dans ce cas, il est possible qu'une partie des micropolluants « éliminés » de la file boues se retrouve dans les jus (centrats, condensats…) retournés en tête de station.

Il est aussi nécessaire de préciser ici les limites de l'approche par bilans dans le cas de la filière boues, notamment en cas de temps de séjour importants car même si des précautions ont été prises, en toute rigueur il faudrait prendre des prélèvements réguliers tout au long du temps séjour des boues dans le système de traitement. Avec des prélèvements moyens 2h espacés de 27 jours, il y a forcément un biais potentiel.

Si les concentrations dans les boues liquides (entrée) de Louis Fargue et Cantinolle sont du même ordre de grandeur, en revanche celles de Lille-Blanquefort sont souvent plus faibles.

Le rendement global est calculé entre les boues liquides, en entrée, et les boues déshydratées ou séchées, en sortie des filières de traitement des boues. Le nombre de micropolluants avec un bon rendement d'élimination (R > 70 %) ou un rendement moyen (30 % < R < 70 %) est de 16 (6 + 10) pour Cantinolle et de 11 (7 + 4) pour Louis Fargue (Figure 83). Aucune molécule avec un rendement calculable n'est bien ou moyennement bien éliminée pour Lille-Blanquefort.

A l'exception des HAP, qui sont mal éliminés par les files boues des 3 STEU, il ne semble pas y avoir de tendance commune dans l'élimination des autres micropolluants pour les 3 STEU.

Les médicaments semblent avoir chacun leur propre comportement en fonction des STEU. Seuls l'acide salicylique (un anti-inflammatoire) et le clopidogrel (un antiagrégant plaquettaire) sont bien éliminés par Louis Fargue et Cantinolle (R > 70 %) alors que le propranolol (un β-bloquant) et la cétirizine (un antihistaminique) sont faiblement ou mal éliminés par les 3 STEU (R < 30 %).

Les PCB sont mal éliminés par Louis Fargue. D'un autre côté, ils sont moyennement éliminés par Cantinolle avec des rendements compris entre 20 et 60 %.

Alors que l'octylphénol (OP) est mal éliminé (R < 30 %), l'OP1EO et le NP2EO sont relativement bien éliminés par Louis Fargue et Cantinolle avec des rendements aux environs des 70 %. La reformation d'alkylphénols (OP et NP) en digestion anaérobie à partir d'éthoxylates a d'ailleurs déjà été documentée.

Le DEHP est faiblement éliminé par Louis Fargue (30 % < R < 70 %) et est peu ou mal éliminé par Cantinolle et Lille-Blanquefort (R < 30 %).

Les HAP ont tous des rendements négatifs (R < 0 %) sur les 3 STEU ce qui indique une accumulation de ces composés dans les boues.

En conclusion, d'une façon globale, les traitements des boues appliqués dans les 3 STEU étudiées ne permettent pas d'éliminer efficacement les micropolluants organiques présents dans les boues, à l'exception peut-être de quelques médicaments ou alkylphénols éthoxylates (transformés en alkylphénols), potentiellement sensibles à la digestion anaérobie sur les STEU de Louis Fargue et Cantinolle.

Tableau 28. Limites de quantification, concentrations moyennes sur les 2 jours de prélèvement et rendement d'élimination (R) de la filière boue pour chacune des 3 STEU étudiées.

i : problème analytique (interférence), R > 70%, 30% < R < 70%, R < 30%, R non calculable ou pas fiable

classe	Famille	micropolluants	LOUIS FARGUE					CANTINOLLE					LILLE BLANQUEFORT				
			LQ (ng/g MS)		Concentrations moyennes (ng/g MS, n=2)		Rendement (%)	LQ (ng/g MS)		Concentrations moyennes (ng/g MS, n=2)		Rendement (%)	LQ (ng/gMS)		Concentrations moyennes (ng/g MS, n=2)		Rendement (%)
			Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	calculé sur les flux	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	calculé sur les flux	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	calculé sur les flux
Médicaments	anti-inflammatoire AINS	Acide salicylique	70	5	977	381		70	60	2 984	471		70	50	< LQ	< LQ	
		Diclofénac	5	3	i	30		5	10	103	65		5	10	i	i	
	(métabolite ibuprofène)	Hydroxy-ibuprofène	10	10	117	23		10	70	72	< LQ		10	15	< LQ	< LQ	
	antiviral	Ritonavir	3	4	27	23		3	1	19	52		3	3	13	9	
	b-bloquant	Acébutolol	2	2	147	69		2	1	204	33		2	2	17	15	
		Bisoprolol	1	3	16	17		1	1	25	12		1	5	2	< LQ	
		Propranolol	2	3	198	251		2	1	372	495		2	2	150	186	
		Sotalol	3	2	39	22		3	5	40	23		3	2	59	38	
	Hypolipémiant *(métabolite fenofibrate)*	Acide fénofibrique	5	20	96	256		5	1	386	424		5	20	< LQ	< LQ	
	antidépresseur	Fluoxétine	2	3	i	63		2	10	122	167		2	3	104	90	
	antiepileptique	Carbamazépine	1	2	28	69		1	1	57	53		1	2	60	55	
	anxiolytique	Oxazépam	1	3	123	30		1	2	107	153		1	3	143	127	
	psychostimulant	Caféine	20	50	1 650	i		20	100	636	< LQ		20	50	39	< LQ	
		Théophylline	30	30	694	< LQ		30	350	i	< LQ		30	25	< LQ	< LQ	
	antiagrégant plaquettaire	Clopidogrel	1	1	22	2		1	1	58	12		1	1	7	8	
	antiarythmique	Disopyramide	1	1	6	10		1	1	10	18		1	2	9	7	
	antihistaminique	Cétirizine	1	1	52	49		1	1	66	87		1	1	62	65	
	antihypertenseur	Losartan	2	3	6	11		2	1	8	28		2	2	< LQ	< LQ	
PCB		PCB 52	5	3	12	22		5	1	9	10		5	3	8	5	
		PCB 101	5	3	34	107		5	1	14	11		5	3	10	6	
		PCB 118	5	2	11	30		5	0	9	8		5	2	< LQ	4	
		PCB 138	5	3	69	312		5	0	16	15		5	3	7	6	
		PCB 153	5	3	78	325		5	0	20	26		5	3	8	7	
		PCB 180	1	1	71	286		1	0	17	22		1	1	13	13	
Alkylphénols		OP	123	16	155	665		123	80	479	1 734		123	123	< LQ	< LQ	
		OP1EO	50	14	405	158		50	10	635	410		13	38	< LQ	< LQ	
		NP	4 248	395	< LQ	9 924		3 750	i	< LQ	i		1 756	1 565	< LQ	< LQ	
		NP1EO	45	76	6 860	6 464		45	290	10 120	9 008		45	45	664	735	
		NP2EO	130	35	1 764	683		130	130	4 615	1 874		137	130	< LQ	< LQ	
		NP1EC	15	8	643	292		15	20	1 081	1 399		15	15	516	498	
PHTHALATES		DEHP	700	700	27 652	18 473		700	600	31 015	51 948		700	700	6 882	7 196	
HAP		Naphtalène	60	80	< LQ	< LQ		60	2	< LQ	164		60	80	< LQ	< LQ	
		Phénanthrène	30	40	202	384		30	2	145	663		30	40	34	45	
		Anthracène	2	4	21	48		2	2	20	44		2	4	7	9	
		Fluoranthène	6	20	292	571		6	1	166	372		6	20	77	124	
		Pyrène	6	20	248	520		6	1	215	540		6	20	192	236	

classe	Famille	micropolluants	LOUIS FARGUE					CANTINOLLE					LILLE BLANQUEFORT				
			LQ (ng/g MS)		Concentrations moyennes (ng/g MS, n=2)		Rendement (%)	LQ (ng/g MS)		Concentrations moyennes (ng/g MS, n=2)		Rendement (%)	LQ (ng/gMS)		Concentrations moyennes (ng/g MS, n=2)		Rendement (%)
			Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	calculé sur les flux	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	calculé sur les flux	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	calculé sur les flux
		Chrysène + Triphénylène	4	5	161	380		4	2	96	273		4	5	59	86	
		Benzo[a]anthracène	2	4	108	267		2	3	83	315		2	4	45	73	
		Benzo[b+j+k]fluoranthène	5	5	275	607		5	3	160	417		5	5	119	177	
		Benzo[a]pyrène	4	5	107	307		4	3	112	322		4	5	49	67	
		Indéno[1,2,3-cd]pyrène	4	5	93	255		4	2	82	169		4	5	45	69	
		Benzo[g,h,i]périylène	4	5	92	209		4	2	88	224		4	5	42	58	

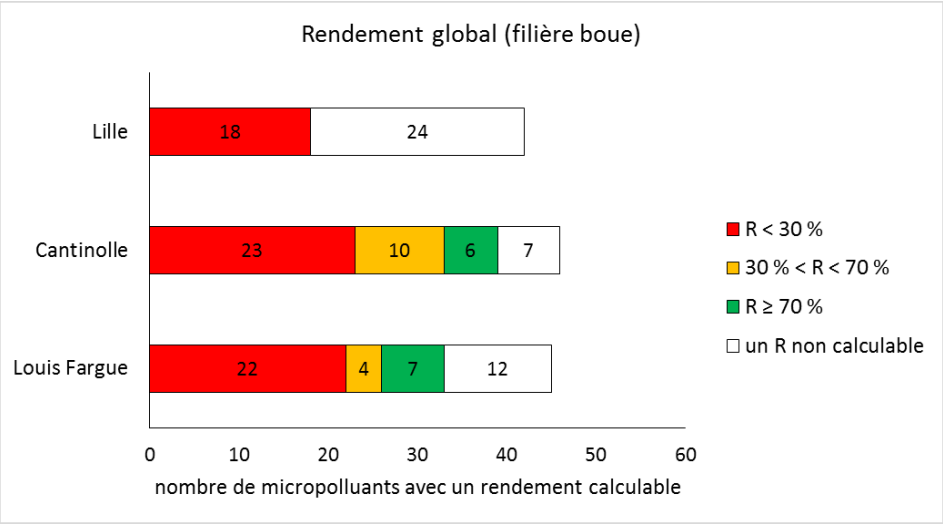


Figure 83. Comparaison de l'efficacité de la filière boue des 3 STEU

c. Nouvelles campagnes de prélèvement

Afin de vérifier la stabilité dans le temps des résultats précédemment acquis et de suivre de nouvelles molécules, de nouvelles campagnes de prélèvements ont été effectuées en entrée et en sortie de la station de traitement des eaux usées de Cantinolle, en juillet et en novembre 2016. Les caractéristiques des prélèvements sont répertoriées dans le Tableau 29.

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Description	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/Evènement)
STEU Cantinolle	STEU-Cant-E5	19/07/2016	Entrée 5	moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m3)	24h	10 641 000
	STEU-Cant-S5	19/07/2016	Sortie 5	moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m3)	24h	11 018 000
	STEU-Cant-E6	16/11/2016	Entrée 6	moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m3)	24h	10 970 000
	STEU-Cant-S6	16/11/2016	Sortie 6	moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m3)	24h	11 644 000

Tableau 29. Caractéristiques des nouveaux prélèvements STEU (année 2016)

1. Pharmaceutiques

Les concentrations cumulées en pharmaceutiques obtenues pour l'entrée de Cantinolle en juillet et en novembre 2016 sont respectivement de 554 et 624 µg/L, ce qui est du même ordre de grandeur que les résultats précédemment obtenus (Figure 102). Les molécules retrouvées aux plus fortes concentrations sont à nouveau le paracétamol, la caféine, la théophylline et l'acide salicylique. Ces molécules ne sont en revanche presque plus quantifiées dans l'effluent de sortie.

Les concentrations cumulées en sortie sont plus faibles, de 23 et 27 µg/L respectivement pour juillet et novembre 2016 (facteur 25 de diminution des concentrations). L'empreinte est clairement différente, avec la gabapentine qui représente 40 % de la contamination en sortie (concentration de l'ordre de 10 µg/L). Les autres composés présents en forte proportion sont le sotalol (≈ 3 µg/L), l'acide fénofibrique (≈ 3 µg/L), la carbamazépine (≈ 2 µg/L), l'oxazépam (≈ 1 µg/L) et l'hydroxy-ibuprofène (≈ 1 µg/L). Ces résultats sont de nouveau en accord avec ce qui avait été obtenu pour les années précédentes, ce qui montre une certaine « constance » de la contamination des effluents urbains. Ainsi, ces nouveaux prélèvements confirment que les effluents de la station de Cantinolle sont un vecteur de contamination en pharmaceutiques pour la Jalle de Blanquefort, avec des apports journaliers de l'ordre de 300 g.

Pour ces prélèvements menés en 2016, la présence de 3 nouvelles molécules a été investiguée, 2 antibiotiques (ciprofloxacine et ofloxacine) et un anticancéreux (cyclophosphamide). Les

concentrations pour les antibiotiques en entrée sont relativement faibles, environ 1 µg/L pour la ciprofloxacine et environ 1,6 µg/L pour l'ofloxacine. Les concentrations en sortie sont plus faibles, respectivement de l'ordre de 0,1 et 0,2 µg/L, soit une diminution d'un facteur 6 par rapport à l'entrée. Des concentrations plus élevées ont été obtenues pour des STEU de région parisienne, environ 3 000 ng/L pour la ciprofloxacine et 8 000 ng/L pour l'ofloxacine (pour la phase dissoute + particulaire), avec des abattements d'environ 50 % (Quoc Tuc et al., 2017).

Les concentrations pour le cyclophosphamide sont largement plus faibles : il n'est pas quantifié pour la campagne de juillet, et a une concentration de 8,9 ng/L dans l'effluent d'entrée de novembre (avec une concentration de 5,4 ng/L sortie). Ce résultat n'est pas étonnant puisque le cyclophosphamide a des applications restreintes et n'est distribué qu'en faibles quantités (61 kg distribués entre les hôpitaux et les officines de ville en France en 2015, contre 10 378 kg pour la ciprofloxacine et 5 268 kg pour l'ofloxacine). De faibles niveaux ont également été observés dans une STEU en Espagne, 19 ng/L en entrée et 17 ng/L en sortie, et dans une STEU en Slovénie, <LQ en entrée et en sortie (Isidori et al., 2016). En Suisse, des niveaux compris entre <0,3 et 11 ng/L ont été observés, sans dégradation entre l'entrée et la sortie (Buerge et al., 2006).

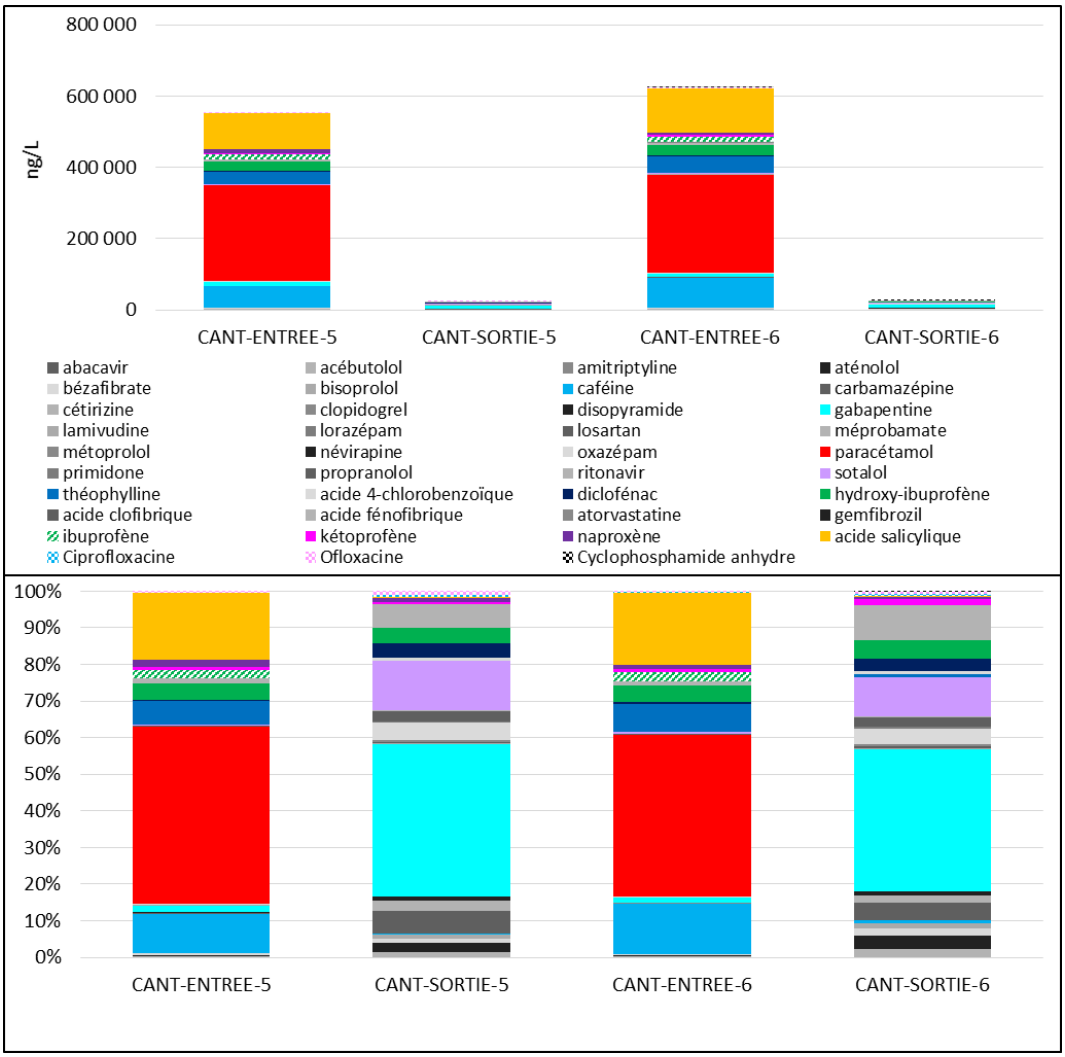


Figure 84. Concentration (ng/L) cumulées en pharmaceutiques en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016

2. Pesticides

Des traceurs ont été sélectionnés et recherchés en STEU afin repositionner les nouveaux échantillons dans le contexte de suivi réalisé sur les années 2014 et 2015. Comme expliqué précédemment dans la partie « Milieu naturel », les molécules recherchées sont des biocides utilisés pour la protection de matériaux et de surfaces (diuron, propiconazole, terbutryne), un insecticide à usage vétérinaire et utilisé pour le traitement de nuisibles, notamment des termites (imidaclopride), et des traceurs agricoles (métolachlore, métolachlore ESA, métolachlore OA). Les profils de contamination présentés par la Figure 85 sont homogènes entre entrée et sortie de la filière de traitement et entre les 2 campagnes de prélèvement, avec une concentration cumulée d'environ 140 ng/L.

L'imidaclopride est retrouvé à une concentration moyenne de 98 ng/L, proche des 133 ng/L observables sur les campagnes précédemment conduites. C'est également le cas pour le propiconazole avec respectivement 21 et 13 ng/L.

En revanche, le diuron et la terbutryne sont retrouvés avec des concentrations de 2 à 4 fois moins importantes que les campagnes précédentes (respectivement 14 et 20 ng/L). Toutefois, il a été montré que les concentrations de certaines molécules sont soumises à de fortes variations de concentration. C'est notamment le cas du diuron sur les stations de traitements des eaux Louis Fargue et Clos de Hilde de Bordeaux Métropole pour lequel les concentrations minimales et maximales en entrée de ces deux unités de traitement sont respectivement 30–171 ng/L et 34–142 ng/L entre mai 2012 et mars 2013 (Cruz, 2015), certainement en lien avec des évènements pluvieux rapprochés par rapport aux périodes de prélèvement. Le même phénomène semble être identifié pour le propiconazole.

Aucune trace de substances marqueur d'usage agricole n'a été relevée. Ces observations correspondent à celles mises en évidence au cours du suivi réalisé en 2014 et 2015 pour lequel les concentrations moyennes des substances retrouvées sur la STEU de Cantinolle étaient respectivement de 202 ng/L pour le diuron, 13 ng/L pour l'imidaclopride et 69 ng/L pour la terbutryne.

Un calcul de flux peut être effectué à partir des concentrations en substances actives et connaissant les débits. Les flux sont relativement stables entre les entrées et les sorties étudiées avec en moyenne un apport de 1,5 g de substances actives rejetés par jour vers le milieu pour les molécules considérées.

Il est important de noter qu'aucun abattement de concentration ne peut être observé entre l'entrée et la sortie de la filière de traitement pour les pesticides considérés. En effet il a été démontré que les pesticides sont très souvent des substances réfractaires aux traitements des eaux usées pour la majorité des STEU (Choubert et al., 2012; Köck-Schulmeyer et al., 2013).

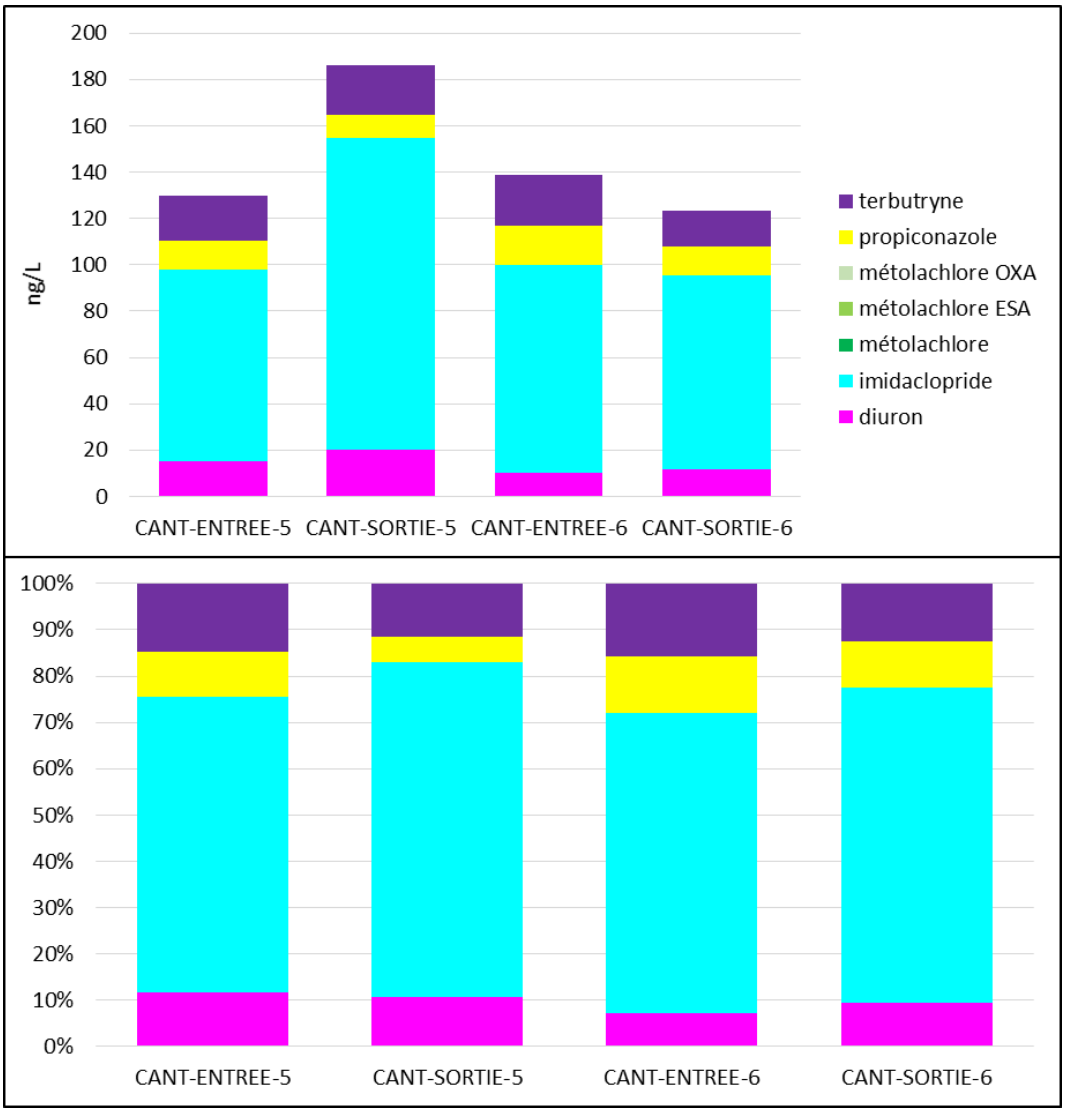


Figure 85. Concentration (ng/L) cumulées en pesticides en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016

3. PFAS

Les concentrations cumulées en PFAS (n = 17) en entrée et sortie de Louis Fargue pour les 2 périodes d'échantillonnage, sont reportées sur la Figure 86. 10 composés ont été quantifiés dans les 4 échantillons : les C_4-C_8, C_{10} PFCA, le PFBS, PFHxS, PFOS et le 6:2 FTSA. Les autres n'ont jamais été quantifiés.

Les concentrations totales en entrée sont de 28,8 et 46,2 ng/L respectivement pour juillet et novembre. Bien que pour la deuxième campagne de prélèvement la $\sum$PFAS en sortie diminue de 40 % (= 27,9 ng/L) par rapport à l'entrée, ceci n'est pas observé sur la première campagne (= 28,3 ng/L). De faibles taux d'abattements des PFAS en STEU, et notamment des PFCA et PFSA, ont déjà été reportés (Becker et al., 2008 ; Guo et al., 2010), et peuvent s'expliquer en partie par une forte stabilité des liaisons covalentes C-F (Buck et al., 2011). Ainsi, l'hypothèse de la STEU de Cantinolle comme vecteur de contamination en PFAS vers le milieu naturel de la Jalle de Blanquefort est confirmée.

Les profils moléculaires varient peu selon la période et le type d'effluent et sont comparables à ceux observés en milieu naturel. Le 6:2 FTSA est majoritaire dans 3/4 échantillons (abondance relative

comprise entre 8 et 36 %). Les PFCA représentent entre 41 et 58 % du profil global, et parmi ceux-ci, les composés majoritaires sont le PFOA (12 %), PFHxA (10 %) et PFBA (10 %). Les PFSA représentent 20 à 38 % de la somme totale, le PFOS est le composé majoritaire (15 à 23 %).

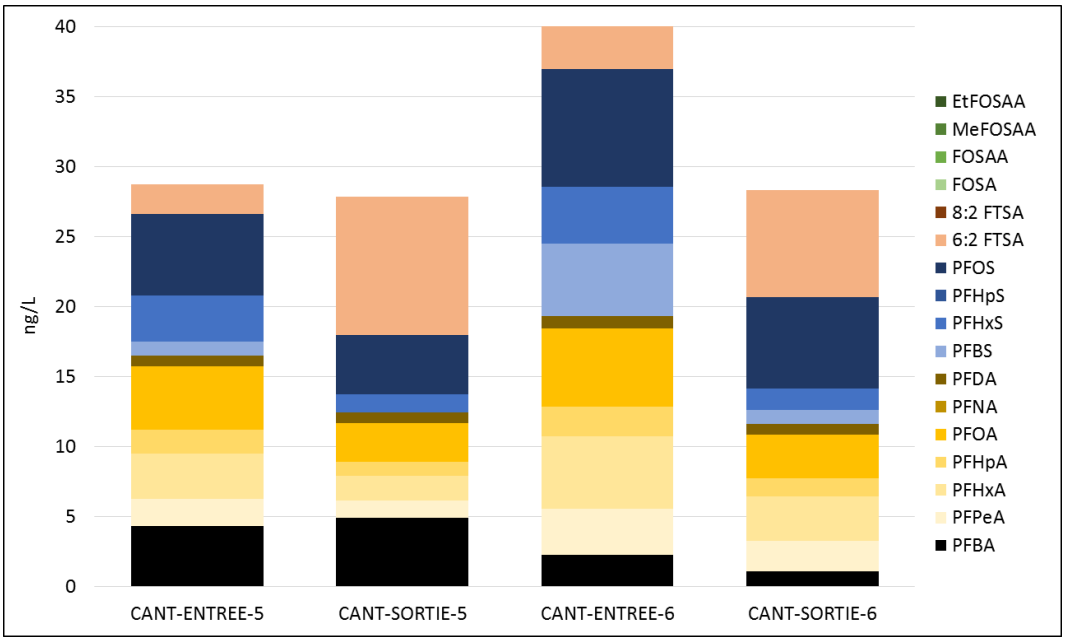


Figure 86. Concentration (ng/L) en PFAS en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016

4. Bisphénol A

Le BPA a été analysé en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle en juillet et en novembre 2016. Les concentrations mesurées en juin 2016 et en novembre 2016 sont respectivement de 199 et 213 ng/L en entrée, 125 et 29 ng/L en sortie (Figure 87). En termes de flux, les apports en BPA dans le milieu récepteur varient entre 0,33 et 1,37 g/jourg/jour.

Une variabilité est observée concernant l'élimination du BPA par la STEU de Cantinolle. Cependant les analyses menées sur le continuum de la Jalle de Blanquefort (Cf. Nouvelles classes de molécules/Milieu naturel) ont prouvé la présence de BPA dans le milieu naturel avec une augmentation après la STEU de Cantinolle. Il semblerait donc que la STEU puisse être un vecteur de contamination en BPA dans le milieu récepteur.

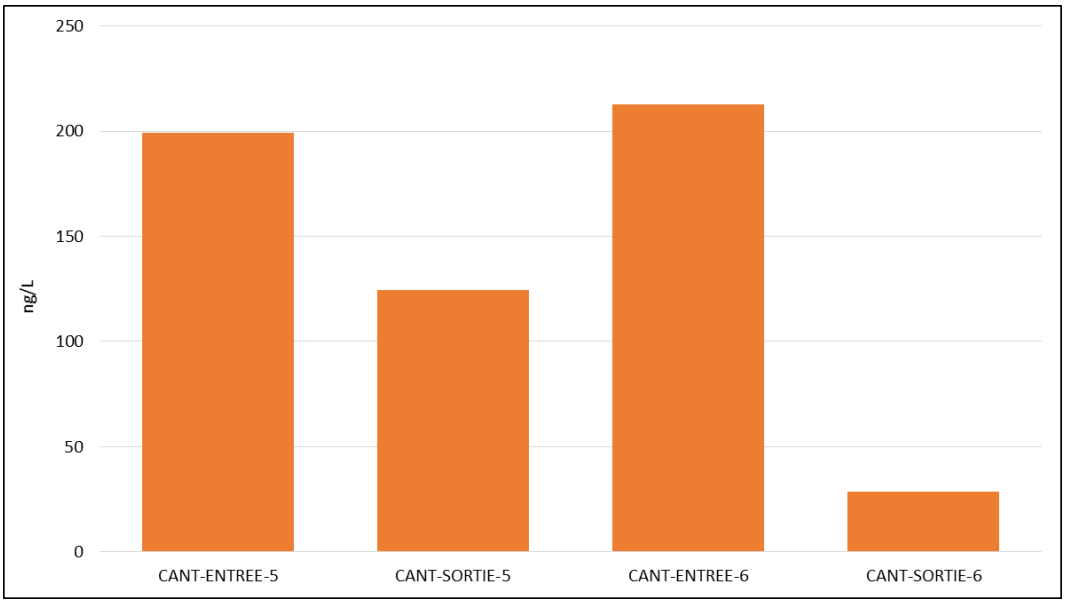


Figure 87. Concentration (ng/L) en bisphénol A en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en juillet (-5) et en novembre (-6) 2016

5. Triclosan

Le triclosan a été analysé en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle en septembre 2015. La concentration en entrée est de 119 ng/l et celle en sortie de 55 ng/L (Figure 88) ce qui, en termes de flux, correspond à un apport en triclosan dans le milieu de 0,58 g/jourg/jour. Le triclosan a été dosé dans des STEU françaises dans le cadre du projet AMPERES (Coquery et al., 2011). Il apparaissait que le triclosan était retrouvé dans 30 à 70% des eaux brutes à des concentrations comprises entre 100 ng/L et 1 µg/L. Les résultats obtenus dans les eaux usées domestiques sont donc cohérents à ceux obtenus en entrée de STEU. Cependant, dans le milieu naturel, le triclosan n'a jamais été quantifié (Cf. Nouvelles classes de molécules/Milieu naturel).

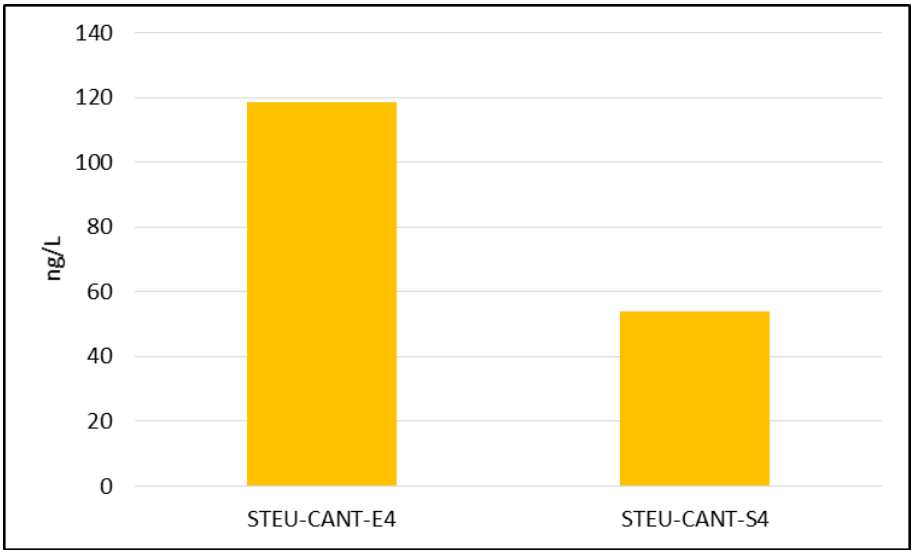


Figure 88. Concentration (ng/L) en Triclosan en entrée et en sortie de la STEU de Cantinolle, en septembre 2015

6. Parabènes

A ce jour, l'analyse des parabènes au niveau de la STEU de Cantinolle n'a pas encore été réalisée. Néanmoins, des études ont été menées sur d'autres STEU et les résultats sont présentés dans la Figure 89. En entrée de STEU les concentrations cumulées en parabènes varient entre 1318 et 2714 ng/L, avec une prédominance de l'éthyl-, du propyl- et du méthyl-parabène. Ces résultats sont en adéquation avec ceux présentés dans la littérature internationale. En effet les parabènes à chaînes courtes (méthyl-, éthyl-, propyl-) sont les plus utilisés dans les crèmes de soin car plus hydrosolubles et donc ceux produits en plus grandes quantités (données enregistrées dans Portail de l'ECHA–REACH, http://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals/registered-substancesREACH).

Parmi les nombreuses études réalisées sur l'analyse des parabènes en entrée de station de traitement des eaux usées, toutes tendent à dire que le parabène le plus fréquemment rencontré est le méthyl parabène. En Suisse, les concentrations moyennes de méthyl parabène mesurées en entrée de STEU sont de l'ordre de 724 ng/L (Jonkers et al., 2009) alors qu'en Espagne elles peuvent atteindre 2920 ng/L (Canosa et al., 2006).

En sortie de STEU les concentrations en parabènes n'excèdent pas 17 ng/L. Ces résultats indiquent le bon taux d'élimination des parabènes en STEU conformément à ce qui a pu être rapporté dans la littérature (Geara-matta, 2013). En effet, l'étude menée par Gear-matta indique que le taux d'élimination des parabènes en France est compris entre 95 et 100%. Cela explique également la non détection des parabènes dans la Jalle de Blanquefort (Cf. Nouvelles classes de molécules/Milieu naturel).

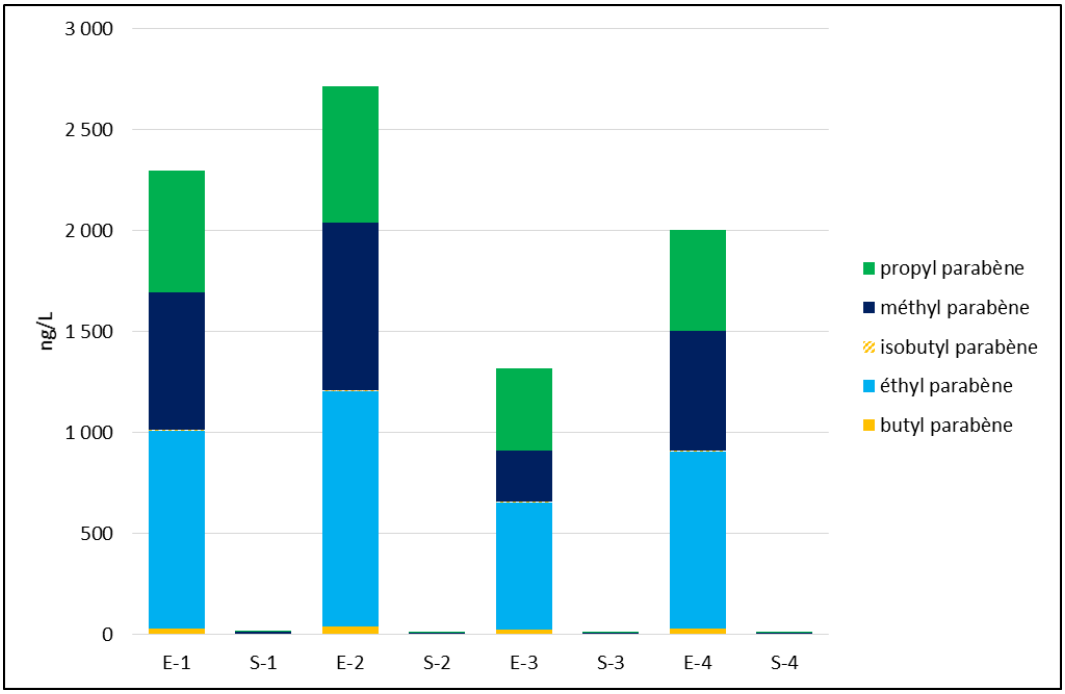


Figure 89. Concentration (ng/L) en Parabènes en entrée et en sortie de STEU

C. Eaux Pluviales (EP)

a. Exutoires pluviaux

1. Contamination générale

Le Tableau 30 récapitule le nombre de quantifications en fonction du nombre d'échantillons qui ont pu être analysés. En effet certains composés n'ont pas pu être déterminés dans tous les échantillons à cause des effets matriciels qui peuvent interférer.

Parmi les molécules retrouvées dans 100 % des échantillons de la phase dissoute on peut citer 5 pesticides, la caféine, 3 alkylphénols et 3 HAP. Au contraire, 11 pesticides, 3 médicaments, 12 OCP et les PBDE ne sont jamais quantifiés. Pour la phase particulaire, les PCB et 10 HAP sont systématiquement quantifiés tandis que 1 OCP ne l'est jamais.

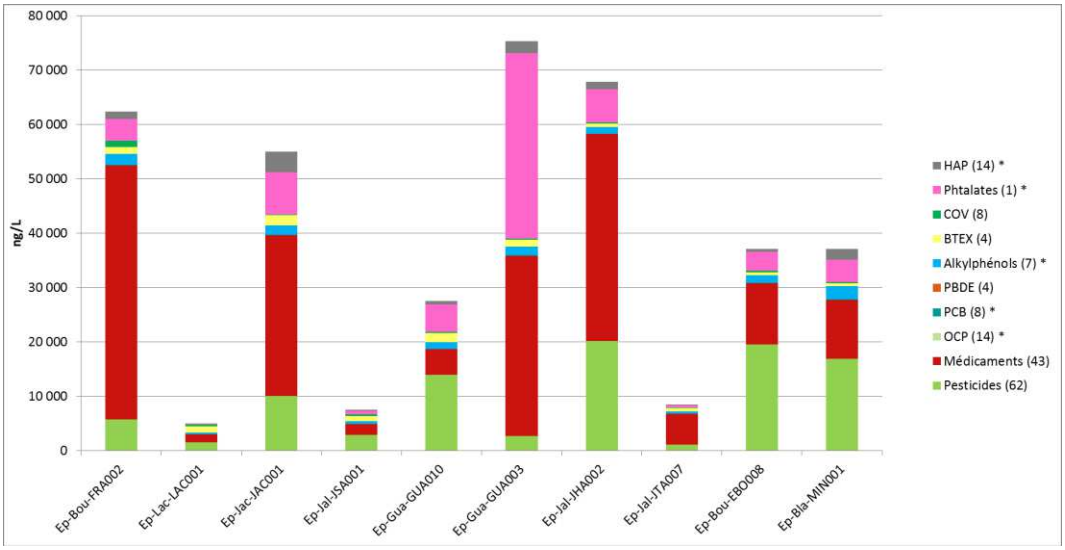


Figure 90. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

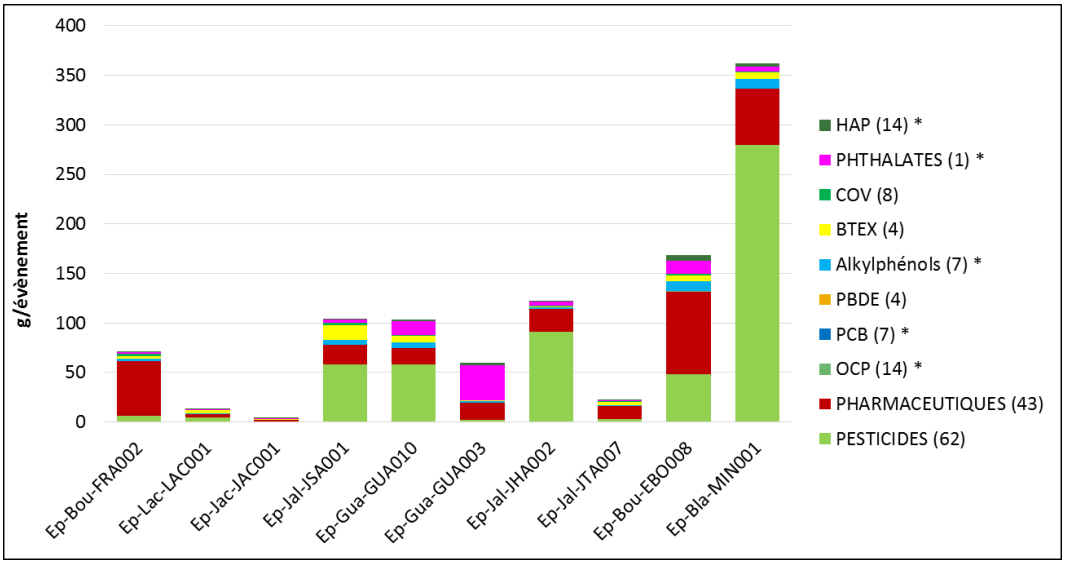


Figure 91. Flux cumulés (g/évènement) pour les grandes classes de composés organiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

Tableau 30. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les exutoires pluviaux

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	2	50	4,5
PESTICIDES	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	8	50	5,4
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	50	2,2
PESTICIDES	Acrinathrine	2	50	2,6
PESTICIDES	Alachlore	0	50	4,1
PESTICIDES	AMPA	50	50	34,0
PESTICIDES	Atrazine	23	50	1,1
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	40	50	1,1
PESTICIDES	Atrazine-déisopropyl (DIA)	14	50	4,3
PESTICIDES	Atrazine-déséthyl (DEA)	14	50	4,2
PESTICIDES	Azoxystrobine	26	50	1,1
PESTICIDES	Bifenthrine	1	50	1,4
PESTICIDES	Carbendazime	45	50	2,0
PESTICIDES	Chlorfenvinphos	2	50	1,0
PESTICIDES	Chlorotoluron	3	50	2,0
PESTICIDES	Chlorpyrifos-éthyl	0	50	1,0
PESTICIDES	Cyfluthrine	1	50	7,3
PESTICIDES	Cyperméthrine	0	50	4,9
PESTICIDES	DCPMU	38	50	2,5
PESTICIDES	Diazinon	7	50	1,0
PESTICIDES	Dichlorvos	0	50	7,5
PESTICIDES	Difénoconazole A B	2	50	6,5
PESTICIDES	Diflufénican	44	50	1,0
PESTICIDES	Dimétachlore	0	50	1,2
PESTICIDES	Diuron	50	50	1,1
PESTICIDES	DMSA	43	50	1,0
PESTICIDES	DMST	16	50	1,0
PESTICIDES	Endosulfan	0	50	3,3
PESTICIDES	Epoxiconazole	13	50	1,7
PESTICIDES	Esfenvalérate + fenvalérate	3	50	3,2
PESTICIDES	Famoxadone	4	50	7,9
PESTICIDES	Fenbuconazole	4	50	3,8
PESTICIDES	Fipronil	18	50	1,6
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	5	50	0,7
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	15	50	0,6
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	9	50	1,0
PESTICIDES	Flazasulfuron	14	50	2,6
PESTICIDES	Fluquinconazole	1	50	4,6
PESTICIDES	Flutriafol	0	50	21,8
PESTICIDES	Glyphosate	50	50	18,2
PESTICIDES	Hexazinone	10	50	1,0
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	20	50	2,0
PESTICIDES	Imidaclopride	17	50	2,0
PESTICIDES	Isoproturon	12	50	1,0
PESTICIDES	Lambda-cyhalothrine	1	50	3,2
PESTICIDES	Linuron	2	50	2,5
PESTICIDES	Métolachlore	33	50	1,2
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	50	5,4
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	50	3,3
PESTICIDES	Ométhoate	0	50	1,0
PESTICIDES	Perméthrine	8	50	4,8
PESTICIDES	Propiconazole	23	50	2,0
PESTICIDES	Simazine	17	50	2,6
PESTICIDES	Spiroxamine	12	50	1,0
PESTICIDES	Tau-fluvalinate	0	50	6,4
PESTICIDES	Tebuconazole	16	50	6,0
PESTICIDES	Terbuthylazine	18	50	1,0
PESTICIDES	Terbuthylazine-déséthyl	18	50	2,0
PESTICIDES	Terbutryne	50	50	1,0
PESTICIDES	Tétraconazole	8	50	2,6
PESTICIDES	Trifloxystrobine	10	50	1,0
PESTICIDES	Trifluraline	0	50	0,9
PHARMACEUTIQUES	Abacavir	3	50	7,2
PHARMACEUTIQUES	Acébutolol	21	50	10,4
PHARMACEUTIQUES	Acide 4-chlorobenzoïque	18	50	21,4
PHARMACEUTIQUES	Acide clofibrique	4	50	6,8
PHARMACEUTIQUES	Acide fénofibrique	35	50	5,1
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	46	50	11,9
PHARMACEUTIQUES	Amitriptyline	2	50	8,1
PHARMACEUTIQUES	Aspirine	0	50	35,7
PHARMACEUTIQUES	Aténolol	7	50	24,0
PHARMACEUTIQUES	Atorvastatine	6	50	46,7
PHARMACEUTIQUES	Bézafibrate	7	50	10,4
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	27	50	4,0
PHARMACEUTIQUES	Caféine	50	50	41,2
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	18	50	6,7
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	27	50	6,1
PHARMACEUTIQUES	Clopidogrel	7	50	5,4
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	45	50	6,5
PHARMACEUTIQUES	Disopyramide	8	50	3,2
PHARMACEUTIQUES	Fluoxétine	0	50	6,5
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	7	50	35,0
PHARMACEUTIQUES	Gemfibrozil	7	50	5,0
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	37	50	20,9
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	29	50	28,4
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	26	50	16,0
PHARMACEUTIQUES	Lamivudine	2	50	21,0
PHARMACEUTIQUES	Lévétiracétam	3	50	239,3
PHARMACEUTIQUES	Lorazépam	2	50	7,0
PHARMACEUTIQUES	Losartan	11	50	15,1
PHARMACEUTIQUES	Méprobamate	9	50	11,0
PHARMACEUTIQUES	Métoprolol	8	50	9,2
PHARMACEUTIQUES	Naproxène	17	50	10,2
PHARMACEUTIQUES	Névirapine	2	50	9,9
PHARMACEUTIQUES	Nordazépam	3	50	6,2
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	27	50	5,3
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	46	50	56,4
PHARMACEUTIQUES	Pravastatine	7	50	44,2
PHARMACEUTIQUES	Primidone	4	50	15,1
PHARMACEUTIQUES	Propranolol	15	50	6,2
PHARMACEUTIQUES	Ranitidine	1	50	23,9
PHARMACEUTIQUES	Ritonavir	9	50	8,8
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	28	50	9,6
PHARMACEUTIQUES	Théophylline	49	50	28,2
PHARMACEUTIQUES	Zidovudine	0	50	37,0

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
OCP	2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	0	50	5,0	20	40	0,3
OCP	2,4'-DDE	0	50	0,5	10	40	0,5
OCP	2,4'-DDT	0	50	0,5	30	40	0,3
OCP	4,4'-DDD	0	50	3,0	30	40	0,5
OCP	4,4'-DDE + Dieldrine	9	50	1,1	29	40	0,3
OCP	4,4'-DDT	0	50	0,5	29	40	0,5
OCP	Aldrine	0	50	1,0			
OCP	Chlordécone	0	50	5,0			
OCP	CIS-Chlordane	0	50	0,5	11	40	0,4
OCP	Endrine	0	50	3,5			
OCP	Heptachlore	0	50	0,5	1	40	0,4
OCP	Isodrine	0	50	1,0			
OCP	Lindane	6	50	6,2	32	40	2,7
OCP	Mirex	0	50	0,5	0	40	0,4
PCB	PCB 28 + 50	1	50	0,9	40	40	0,4
PCB	PCB 101	9	50	0,9	40	40	1,6
PCB	PCB 118	14	50	0,8	40	40	1,2
PCB	PCB 138	8	50	0,8	40	40	1,2
PCB	PCB 153	5	50	0,8	40	40	0,8
PCB	PCB 180	1	50	0,8	40	40	0,6
PCB	PCB 52	5	50	0,9	33	40	1,9
PBDE	BDE 47	0	50	0,8			
PBDE	BDE 100	0	50	0,8			
PBDE	BDE 153	0	50	0,9			
PBDE	BDE 99	0	50	0,9			
AKP	Octylphénol	35	50	5,6	20	40	186
AKP	Nonylphénol	49	50	19,0	26	40	871
AKP	NP1EC	50	50	3,0	32	40	17,3
AKP	NP1EO	46	50	7,8	18	40	501
AKP	NP2EO	47	50	3,0	27	40	125
AKP	OP1EO	29	50	5,0	20	40	25,0
AKP	OP2EO	33	50	4,0	3	40	29,9
BTEX	Benzène	14	50	35,6			
BTEX	Ethylbenzène	40	50	4,0			
BTEX	Toluène	48	50	22,0			
BTEX	Xylènes	42	50	10,2			
COV	1,2-dichloroéthane	0	50	70,6			
COV	Chlorure de vinyle	4	50	84,8			
COV	Dichlorométhane	0	50	50,0			
COV	Hexachlorobutadiène	0	50	0,7			
COV	Tétrachloroéthylène	30	50	3,2			
COV	Tétrachlorure de carbone	0	50	22,5			
COV	Trichloroéthylène	11	50	15,1			
COV	Trichlorométhane	25	50	38,6			
PHTALATES	DEHP	46	50	15,0	35	40	2913
HAP	Anthracène	36	50	0,4	37	40	4,9
HAP	Benzo[a]anthracène	21	50	0,4	40	40	4,6
HAP	Benzo[a]pyrène	7	50	0,5	39	40	12,3
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	17	50	0,4	40	40	14,5
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	10	50	0,4	40	40	8,1
HAP	Chrysène + Triphénylène	46	50	0,3	40	40	4,5
HAP	Fluoranthène	50	50	0,3	40	40	9,3
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	6	50	0,4	39	40	11,0
HAP	Naphtalène	45	50	3,5	28	40	23,4
HAP	Phénanthrène	50	50	0,3	39	40	23,9
HAP	Pyrène	50	50	0,3	40	40	9,7

La Figure 90 présente les concentrations moyennes obtenues pour les 5 campagnes pour les 10 exutoires pluviaux, cumulées par grande classe de composés organiques et ce pour la phase totale (dissoute + particulaire). Les données inférieures à la LQ ont été remplacées par LQ/2 à condition que la molécule ait été quantifiée au moins une fois. Les particules de la campagne 1 n'ont pas pu être traitées ce qui minimise les concentrations obtenues pour cette campagne, en particulier pour les composés essentiellement présents en phase particulaire comme par exemple les HAP ou les PCB. Néanmoins la charge particulaire des exutoires pluviaux est le plus souvent faible (moins de 50 mg/L) et n'a donc que peu d'impact sur les concentrations globales.

Les concentrations totales cumulées pour les micropolluants organiques dans les exutoires pluviaux sont très variables d'un exutoire à un autre et sont comprises entre 7 et 75 µg/L. Les profils de contamination des différents exutoires sont différents et les classes majoritairement retrouvées sont les pesticides, les médicaments et le phtalate DEHP. Les concentrations les plus importantes sont obtenues pour les exutoires FR002, JAC001, GUA003 et JHA002. Les concentrations les plus faibles sont obtenues pour LAC001, JSA001 et JTA007. L'une des particularités des exutoires pluviaux est la grande variabilité intra exutoire. Par exemple, pour l'exutoire FRA002 les concentrations cumulées en médicaments varient de 15 à 90 µg/L entre les 5 campagnes, et celles en pesticides de 0,5 à 82 µg/L pour l'exutoire JHA002. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 91.

2. Pesticides

Les concentrations cumulées en pesticides sont très variables d'un exutoire à un autre et sont comprises entre 1 et 20 µg/L avec les concentrations maximales obtenues pour les exutoires JHA002, EBO008 et MIN001 (Figure 92). Les composés majoritairement quantifiés sont le glyphosate et son métabolite l'AMPA. Retrouver ces deux composés dans les exutoires pluviaux semble cohérent puisque le glyphosate est largement utilisé par les professionnels et les particuliers pour le désherbage, et peut être lessivé par la pluie suite à son application. L'exutoires EBO008 présente de fortes concentrations en diuron et son métabolite le 1(3,4 dichlorodiphenyl)urée, et en carbendazime. Il s'agit respectivement d'un herbicide et d'un fongicide dont l'application est interdite mais qui sont contenus dans des produits biocides de protection des matériaux. Ainsi par temps de pluie certains de ces exutoires pluviaux peuvent être vecteurs de contamination en pesticides pour les milieux récepteurs. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 93.

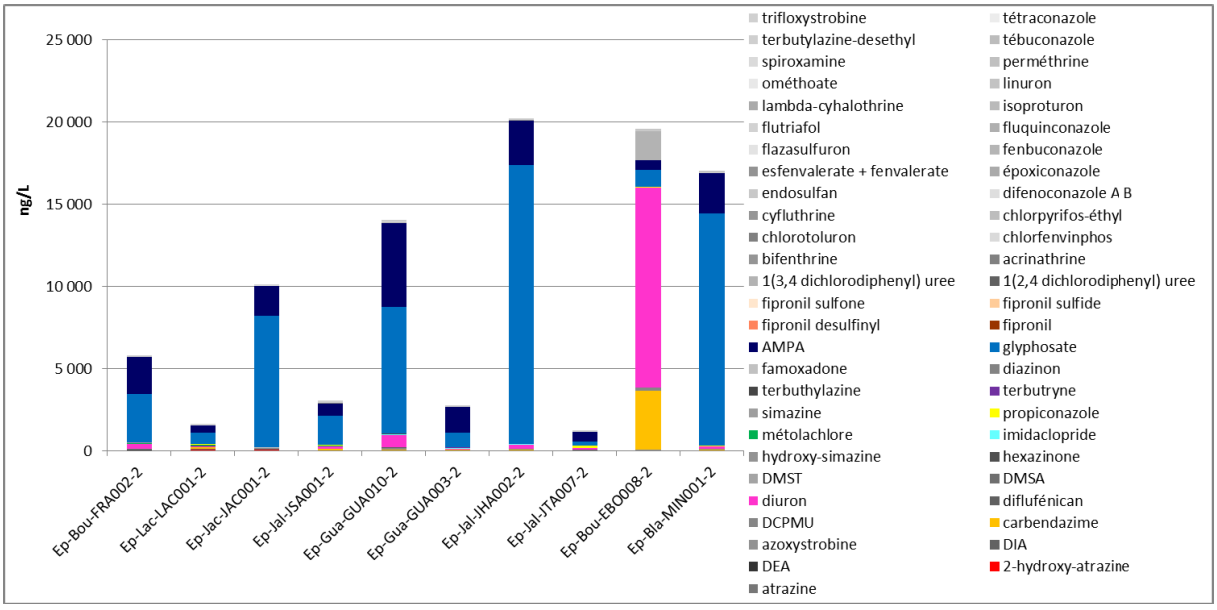


Figure 92. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute

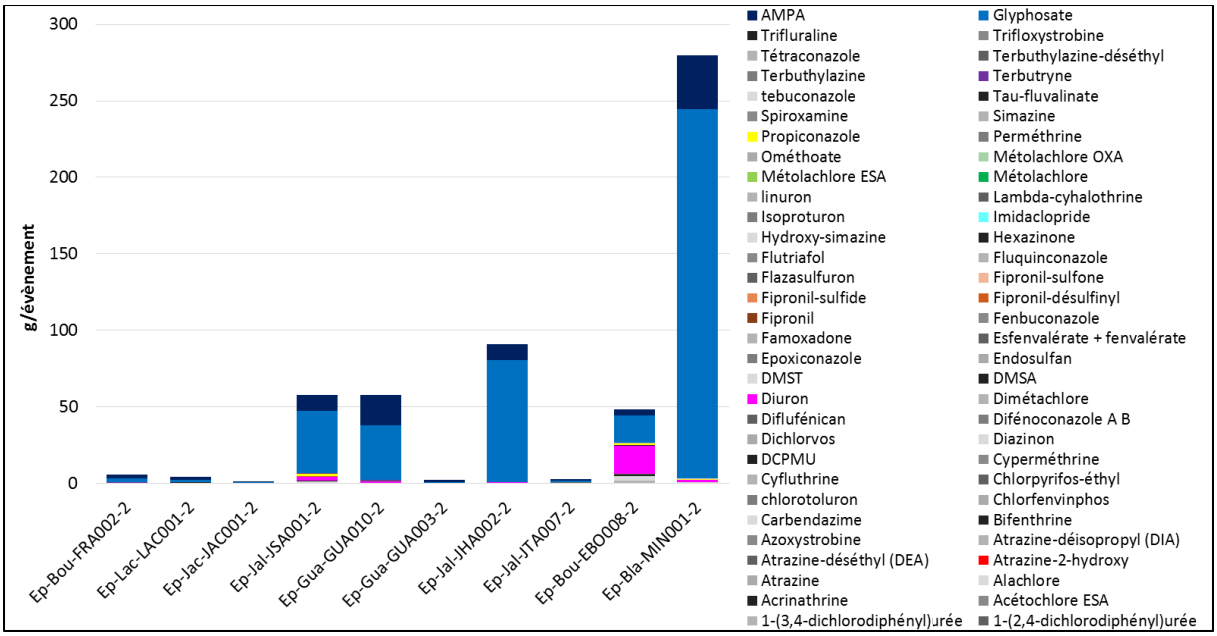


Figure 93. Flux cumulés (g/évènement) en pesticides pour les exutoires pluviaux obtenus par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute

3. Pharmaceutiques

Les concentrations cumulées en pharmaceutiques sont très variables d'un exutoire à un autre et sont comprises entre 2 et 47 µg/L avec une concentration maximale obtenue pour l'exutoire FRA002 (Figure 94). En revanche, les exutoires LAC001 et JSA001 présentent des concentrations particulièrement faibles. La présence de ces composés dans les exutoires est étonnante, puisqu'il s'agit d'exutoires pluviaux qui ne sont sensés transporter que de l'eau de pluie ayant ruisselée. Les profils de contamination diffèrent d'un exutoire à un autre. Parmi les molécules quantifiées aux plus fortes concentrations, on peut citer le paracétamol, la caféine, la théophylline, l'ibuprofène et son métabolite l'hydroxy-ibuprofène. Une des sections précédentes portant sur les STEU a montré que ces pharmaceutiques étaient ceux typiquement présents en fortes concentration dans les eaux en entrée de STEU. Ceci indiquerait donc la présence d'eaux usées non traitées dans les exutoires pluviaux, ce qui peut être le cas de mauvais raccordements ou de déversements illicites. Ainsi par temps de pluie certains de ces exutoires pluviaux peuvent être vecteurs de contamination en médicaments pour les milieux récepteurs. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 95.

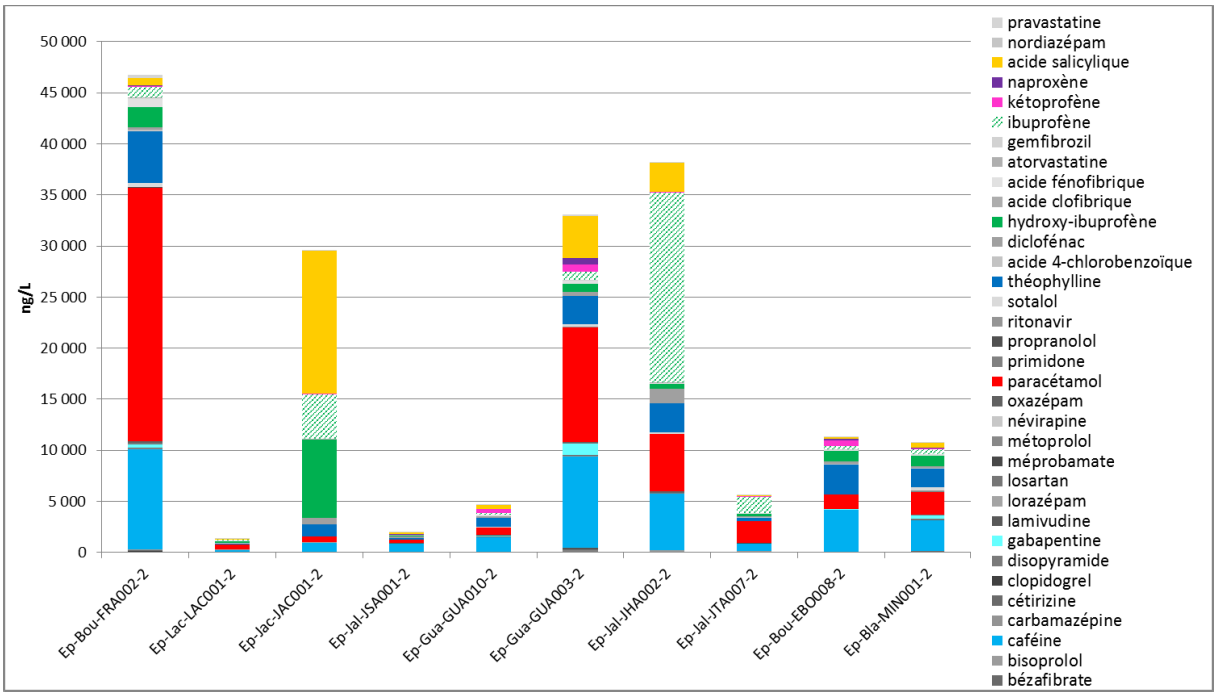


Figure 94. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute

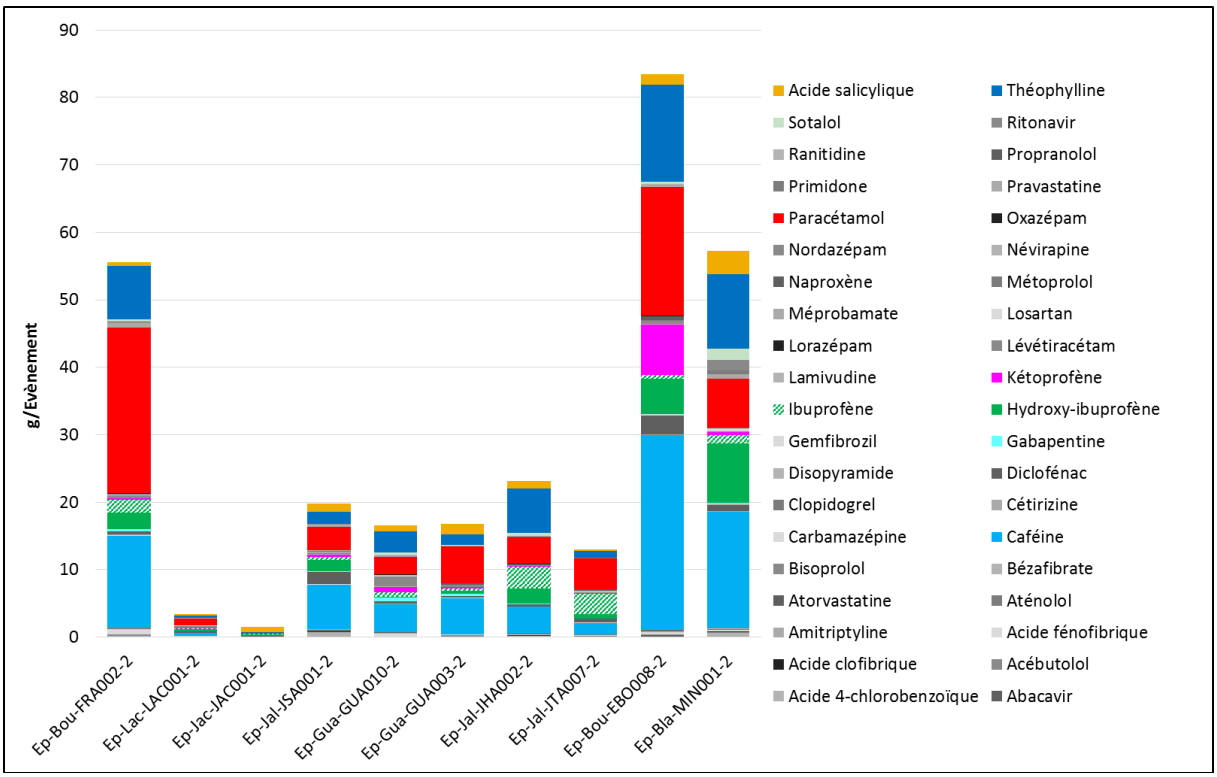


Figure 95. Flux cumulés (g/évènement) en pharmaceutiques pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute

4. Pesticides organochlorés

Les concentrations totales cumulées en pesticides organochlorés sont faibles et globalement peu variables, comprises entre 10 et 35 ng/L (Figure 96). Ces composés ont été recherchés dans la phase dissoute et particulaire à l'exception de l'endrine, l'isodrine, l'aldrine et la chlordécone. Le

composé majoritairement identifié est le lindane, qui est plus fréquemment retrouvé sur la phase particulaire mais dont la proportion est plus importante pour la phase dissoute. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 97.

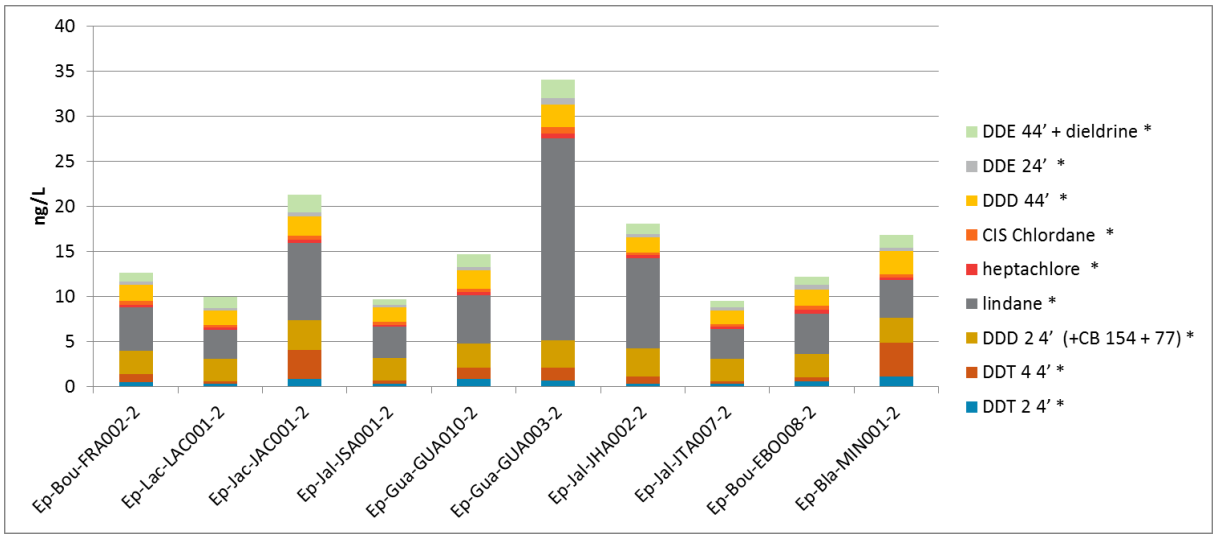


Figure 96. Concentrations totales cumulées (ng/L) en OCP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

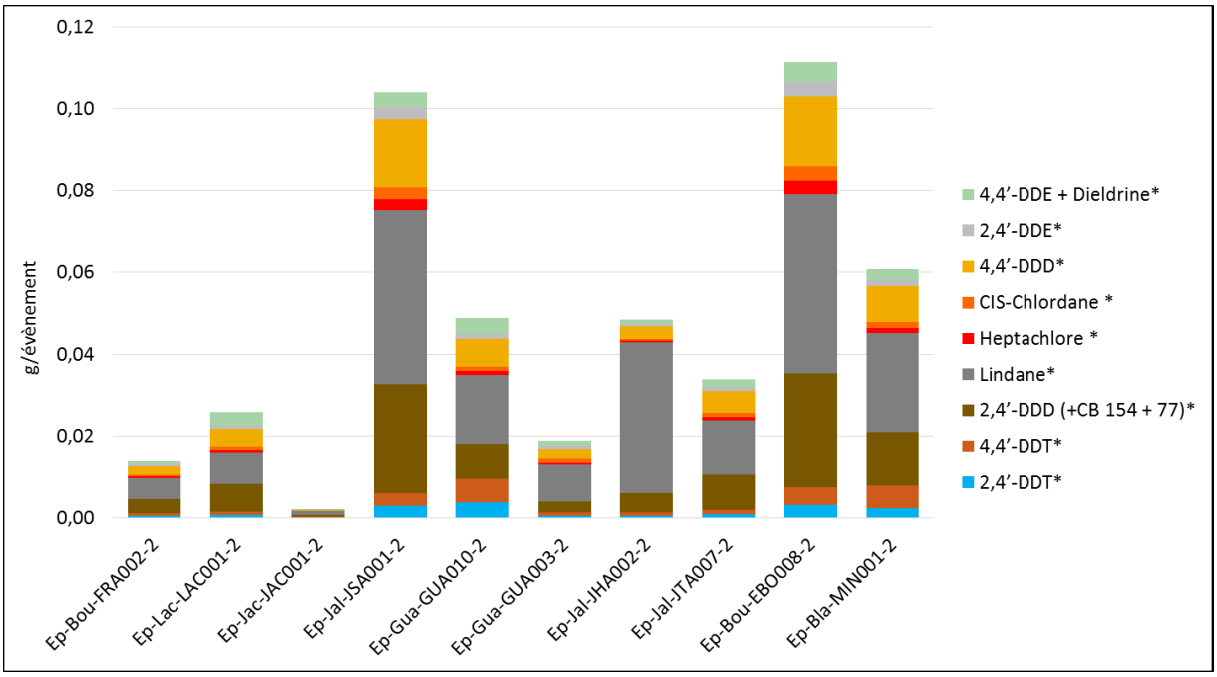


Figure 97. Flux cumulés (g/évènement) en OCP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

5. PCB

Les concentrations totales cumulées en PCB sont globalement faibles et comprises entre 5 et 45 ng/L, avec un maximum obtenu pour les exutoires JAC001 et GUA003 (Figure 98). Les profils de contamination sont comparables entre les différents exutoires et les différents PCB sont présents en proportions équivalentes. Ils sont plus fréquemment et en plus grande proportion retrouvés sur la phase particulaire. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 99.

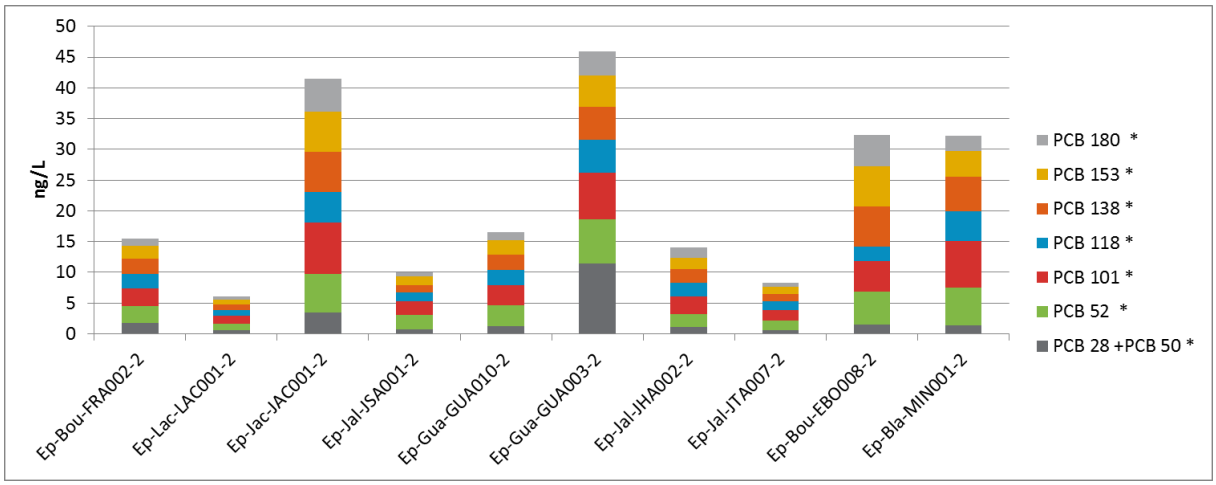


Figure 98. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

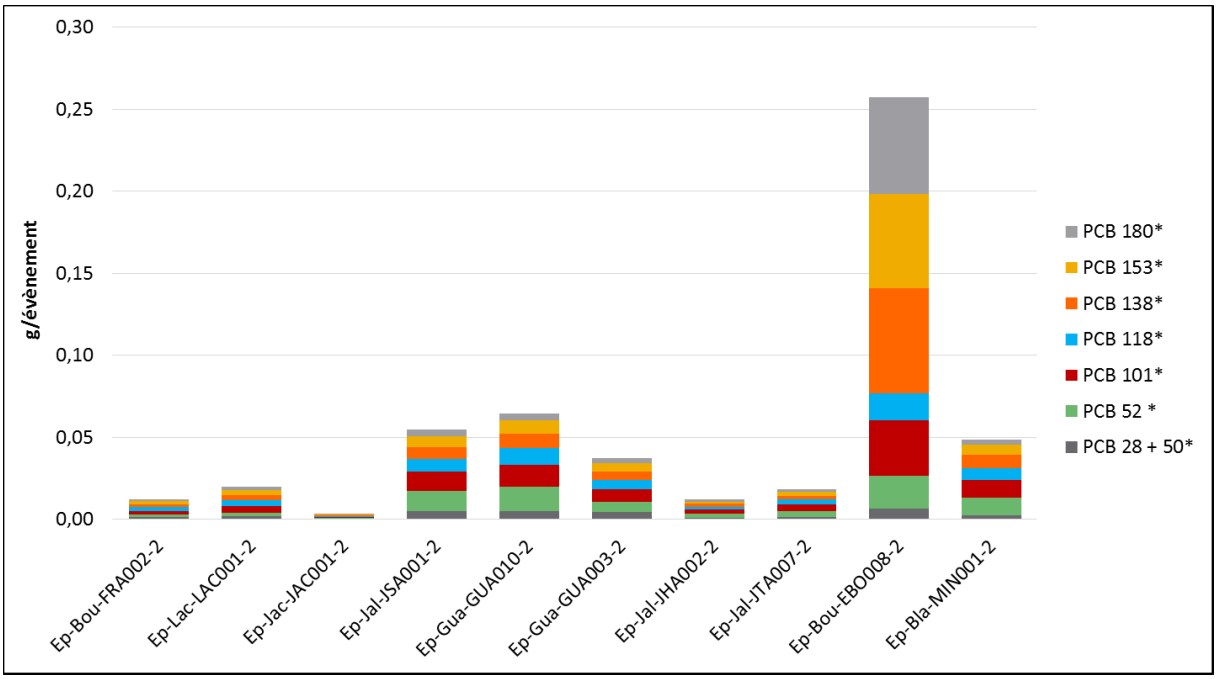


Figure 99. Flux cumulés (g/évènement) en PCB pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

6. PBDE

Les concentrations cumulées en PBDE ne sont pas représentées car ces composés n'ont jamais été quantifiés.

7. Alkylphénols

Les concentrations totales cumulées en alkylphénols sont variables d'un exutoire à un autre et comprises entre 500 et 2 500 ng/L, avec un maximum obtenu pour l'exutoire MIN001 (Figure 100). Les profils de contamination sont comparables d'un exutoire à un autre avec la prédominance du 4-nonylphénols. Cet alkylphénol est plus fréquemment et en plus grande proportion retrouvé dans la phase dissoute. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 101.

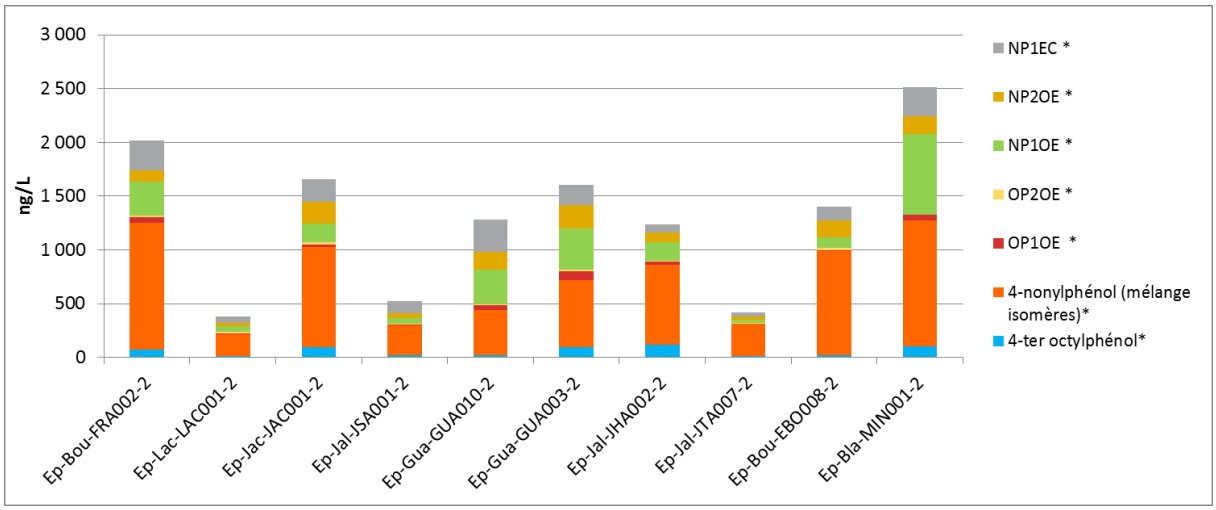


Figure 100. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

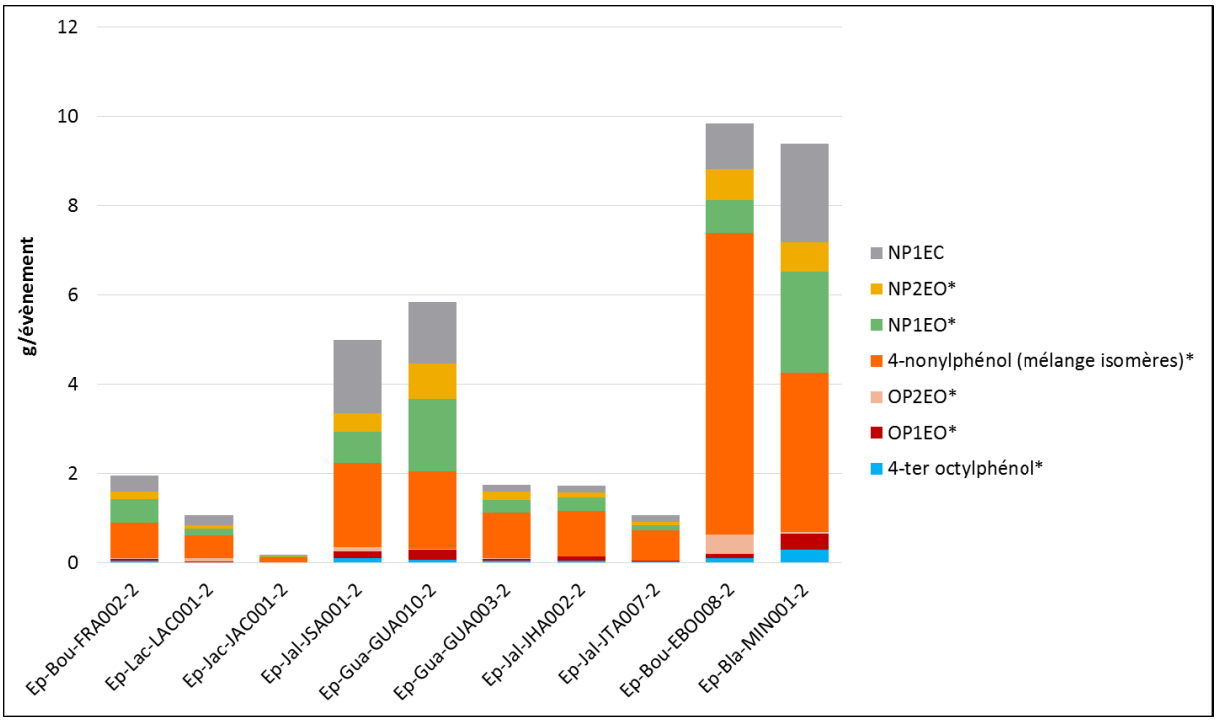


Figure 101. Flux cumulés (g/évènement) en alkylphénols pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

8. COV

Les concentrations cumulées en COV (dont BTEX) sont comprises entre 600 et 2 500 ng/L, avec un maximum obtenu pour l'exutoire FRA002 (Figure 102). Les profils de contamination sont comparables entre la plupart des exutoires, avec la prédominance du toluène. Pour l'exutoire FRA002 c'est cependant le tétrachloroéthylène (en lien avec de fortes concentrations lors de la 3ème campagne) qui est fortement quantifié, et pour l'exutoire JAC001 le xylène et l'ethylbenzène (en lien avec de fortes concentrations obtenues lors de la 1ère campagne). Ainsi par temps de pluie certains de ces exutoires pluviaux peuvent être vecteurs de contamination en COV pour les milieux récepteurs. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 103.

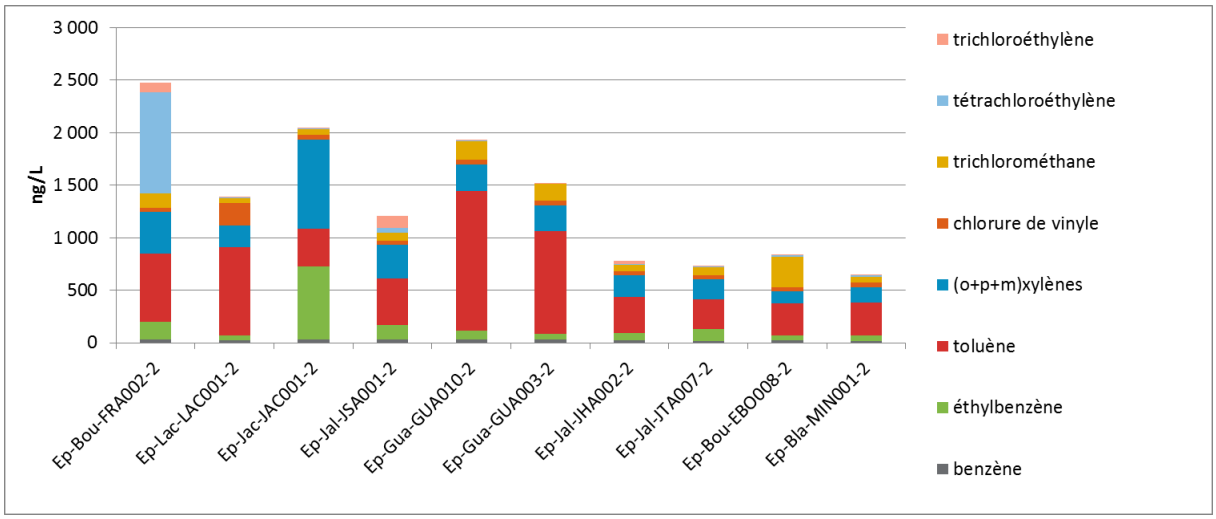


Figure 102. Concentrations cumulées (ng/L) en VOC (dont BTEX) pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute

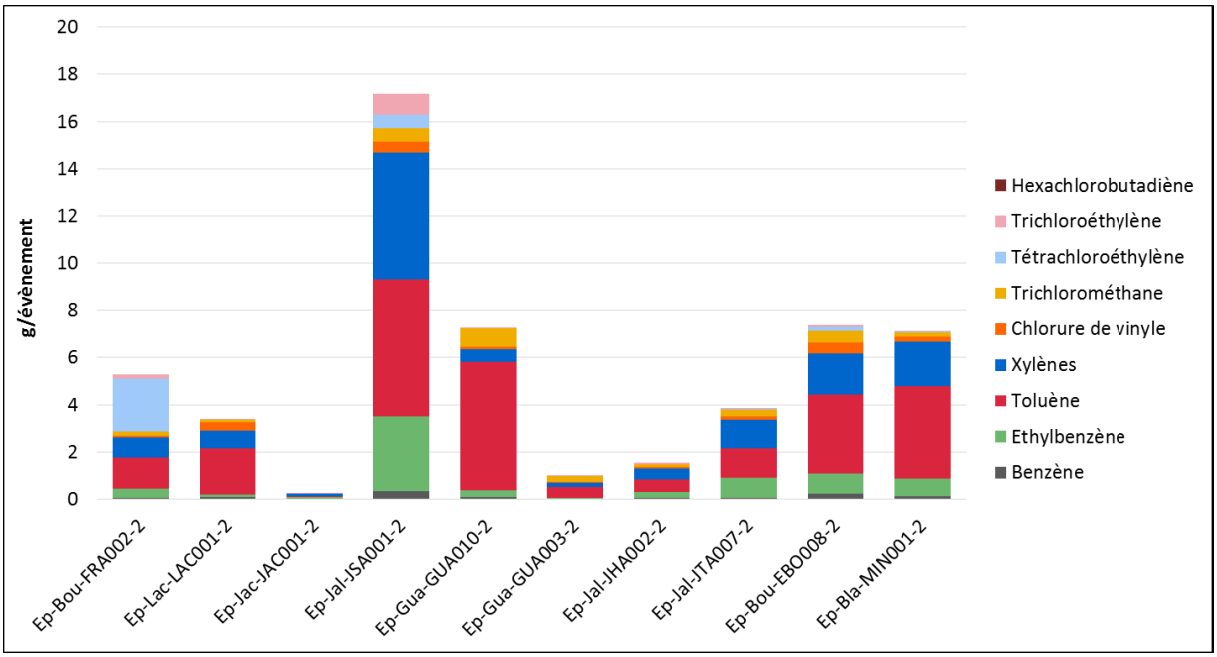


Figure 103. Flux cumulés (g/évènement) en VOC (dont BTEX) pour les exutoires pluviaux obtenus par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute

9. Phtalates

Les concentrations totales en DEHP sont très variable d'un exutoire à un autre et comprises entre 200 et 35 000 ng/L, avec un maximum obtenu pour l'exutoire GUA003 (Figure 104). Ce maximum est en lien avec un pic obtenu lors de la 2ème campagne pour la phase particulaire, ce phtalate étant d'ailleurs majoritairement présent en phase particulaire. Ainsi par temps de pluie certains de ces exutoires pluviaux peuvent être vecteurs de contamination en DEHP pour les milieux récepteurs. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 105.

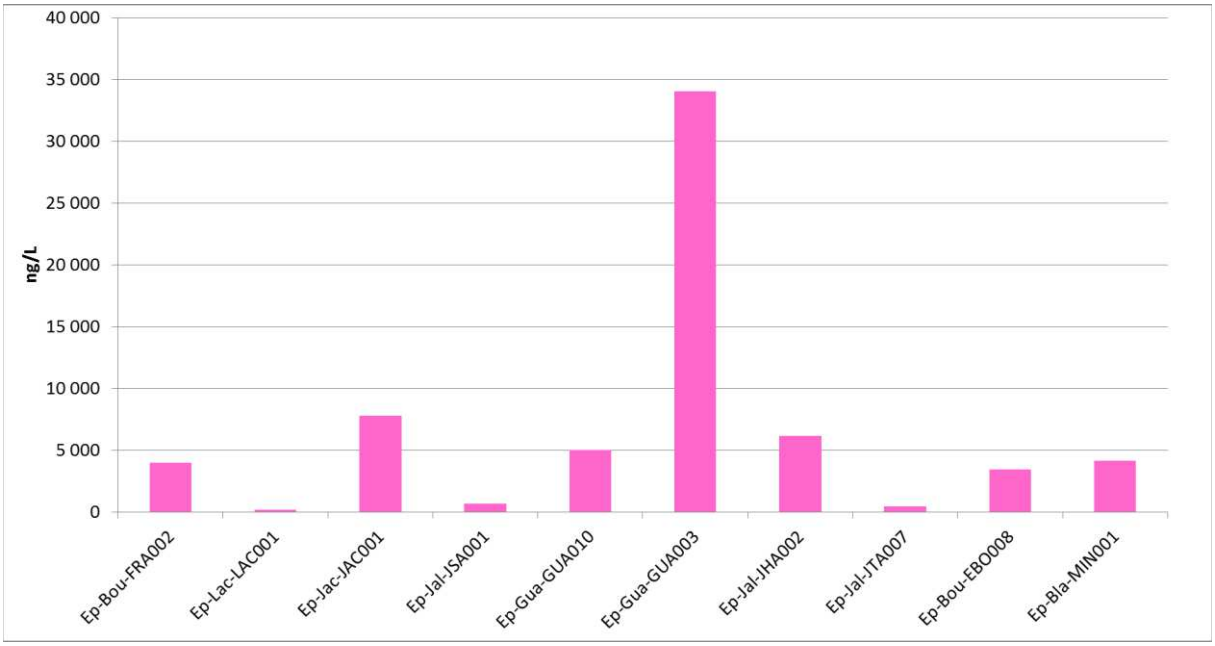


Figure 104. Concentrations totales cumulées (ng/L) en DEHP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

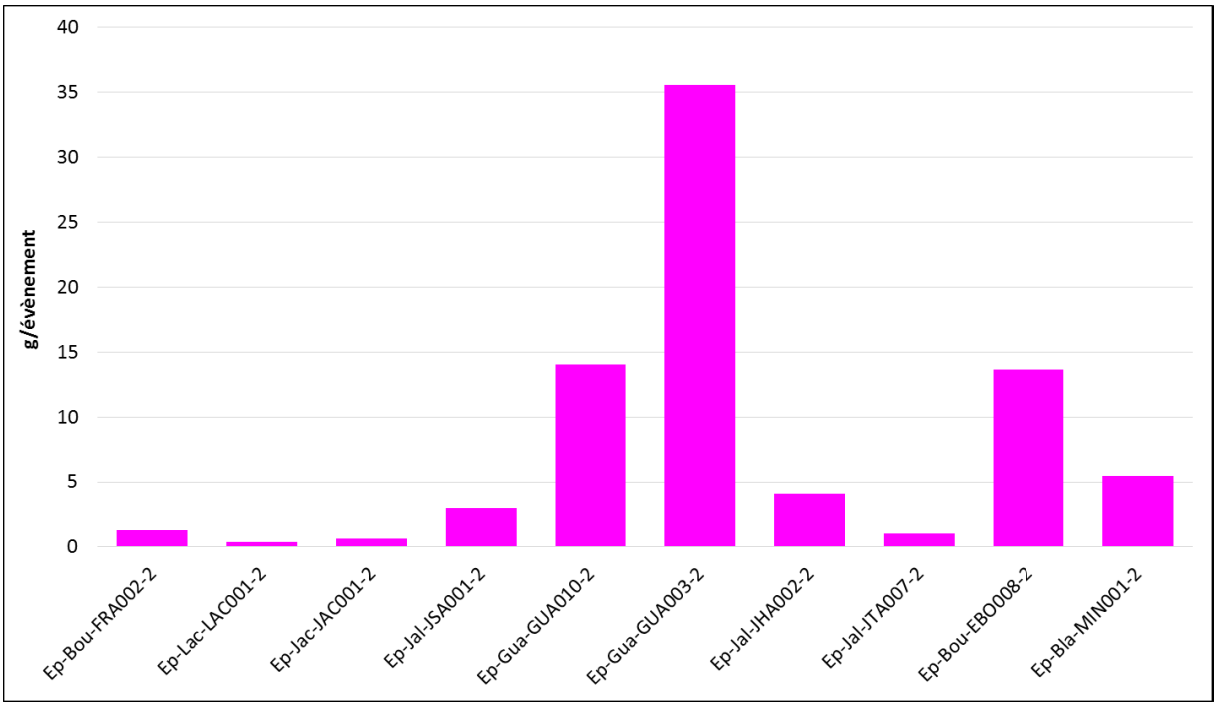


Figure 105. Flux cumulés (g/évènement) en DEHP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

10. HAP

Les concentrations totales cumulées en HAP sont variables d'un exutoire à un autre et comprises entre 60 et 3 800 ng/L, avec un maximum obtenu pour l'exutoire JAC001 (Figure 106). Les exutoires LAC001, JSA001 et JTA007 présentent des concentrations particulièrement faibles. Les profils de contamination entre les différents exutoires sont comparables, et l'ensemble des HAP sont retrouvés en proportions équivalentes. Ainsi par temps de pluie certains de ces exutoires pluviaux peuvent être vecteurs de contamination en HAP pour les milieux récepteurs. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 107.

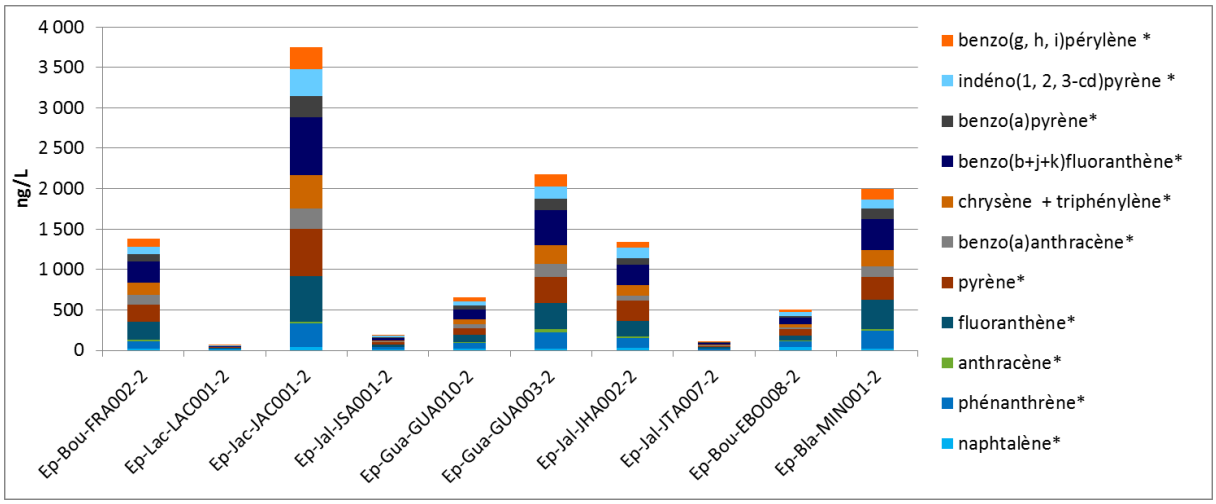


Figure 106. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

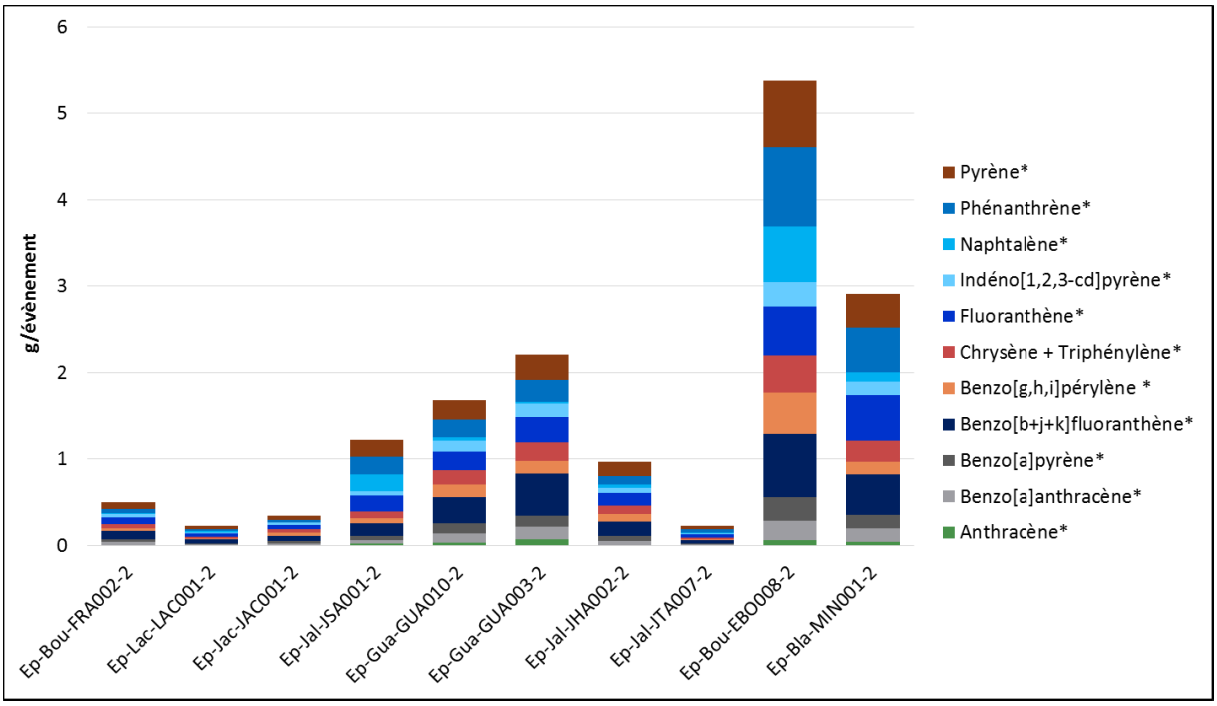


Figure 107. Flux cumulés (g/évènement) en HAP pour les exutoires pluviaux obtenues par la moyenne des campagnes (n=5) pour la phase dissoute + particulaire

11. Conclusion

En conclusion, les exutoires pluviaux sont très différents tant par leurs niveaux de concentration total que par leurs empreintes moléculaires. De plus, les concentrations d'un évènement à l'autre au sein d'un même exutoire peuvent être très différentes. De même, les débits sont très différents, pour un même exutoire d'un évènement à un autre mais aussi d'un exutoire à l'autre car intrinsèquement liés à l'étendue des bassins versants collectés ainsi qu'aux précipitations. En moyenne, les débits par évènement vont de 104 m^3 pour JAC001 à 11 022 m^3 pour EBO008. Ceci se traduit par des flux moyens par évènement pour la somme des 162 composés organiques également très variables, de 4 g pour JAC001 à 170 g pour EBO008. Pour tous les exutoires (hormis GUA003), les pesticides et les médicaments sont les classes les plus rejetées (Figure 91). Il faut cependant nuancer

car il s'agit aussi des classes pour lesquelles le plus de composés ont été recherchés. Les flux les plus importants sont donc dans le même ordre de grandeur que ceux observés pour des STEU à faible débit. Dans le cadre de cette étude, les mesures sur le milieu naturel n'ont été effectuées que par temps sec et sont à compléter avec des échantillons prélevés par temps de pluie.

b. Eaux Pluviales du collecteur rocade nord (EP Rocade)

Les différentes classes de molécules recherchées dans les eaux pluviales du collecteur de la rocade nord sont les pharmaceutiques (12 molécules), les pesticides (24 molécules), les alkylphénols (2 molécules), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (14 molécules) et les composés perfluorés (17 molécules). Ces molécules sont répertoriées dans le Tableau 31. Les caractéristiques des échantillons prélevés sont répertoriées dans le Tableau 32.

Tableau 31. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les eaux pluviales du collecteur rocade nord

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	25	2,9
PESTICIDES	AMPA	26	26	16,8
PESTICIDES	Atrazine	0	25	2,4
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	25	25	0,5
PESTICIDES	Azoxystrobine	10	25	0,9
PESTICIDES	Carbendazime	24	25	0,6
PESTICIDES	DCPMU	21	25	5,2
PESTICIDES	Diflufénican	18	25	0,9
PESTICIDES	Diuron	25	25	2,2
PESTICIDES	DMSA	24	25	0,9
PESTICIDES	Fipronil	14	25	0,4
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	7	25	0,3
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	1	25	0,2
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	0	25	0,7
PESTICIDES	Glyphosate	25	26	9,0
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	19	25	2,3
PESTICIDES	Imidaclopride	1	25	2,6
PESTICIDES	Métolachlore	5	25	1,5
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	25	14,5
PESTICIDES	Métolachlore OXA	1	25	3,1
PESTICIDES	Propiconazole	25	25	5,6
PESTICIDES	Simazine	15	25	4,3
PESTICIDES	Terbuthylazine	17	25	0,8
PESTICIDES	Terbutryne	24	25	0,6
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	24	25	22,6
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	4	25	3,0
PHARMACEUTIQUES	Caféine	25	25	35,6
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	2	25	5,3
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	1	25	14,4
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	1	25	15,4
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	1	25	20,6
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	10	25	21,5
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	14	25	34,8
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	6	25	15,8
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	4	25	5,0
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	24	25	26,4
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	2	25	9,5

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
AKP	Nonylphénol	7	7	23,6	5	9	VARIABLE
AKP	Octylphénol	7	7	4,7	4	9	187,0
HAP	Anthracène	24	26	0,2	25	25	3,3
HAP	Acénaphthène	24	26	0,8	25	25	7,6
HAP	Acénaphthylène	24	26	0,5	25	25	3,6
HAP	Benzo[a]anthracène	22	26	0,2	25	25	2,1
HAP	Benzo[a]pyrène	2	26	0,5	25	25	2,6
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	22	26	0,5	25	25	3,8
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	0	26	0,5	25	25	2,6
HAP	Chrysène + Triphénylène	23	26	0,2	25	25	2,0
HAP	Fluoranthène	26	26	0,2	25	25	8,1
HAP	Fluorène	26	26	0,4	25	25	5,4
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0	26	0,5	25	25	2,6
HAP	Naphtalène	23	26	3,4	20	25	80,0
HAP	Phénanthrène	26	26	0,4	25	25	34,5
HAP	Pyrène	26	26	0,1	25	25	12,4
PFAS	6:2 FTSA	25	25	0,1	22	22	0,02
PFAS	8:2 FTSA	25	25	0,01	22	22	0,004
PFAS	EtFOSAA	15	25	0,01	14	22	0,04
PFAS	FOSA	19	25	0,06	22	22	0,03
PFAS	FOSAA	1	25	0,08	1	22	0,01
PFAS	MeFOSAA	5	25	0,04	5	22	0,02
PFAS	PFBA	25	25	1,2	0	22	12,1
PFAS	PFBS	25	25	0,1	3	22	0,04
PFAS	PFDA	21	25	0,4	22	22	0,2
PFAS	PFHpA	25	25	0,4	22	22	0,04
PFAS	PFHpS	22	25	0,05	6	22	0,08
PFAS	PFHxA	25	25	0,5	4	22	5,5
PFAS	PFHxS	25	25	0,1	14	22	0,005
PFAS	PFNA	25	25	0,5	17	22	0,2
PFAS	PFOA	25	25	0,7	22	22	0,1
PFAS	PFOS	25	25	0,1	22	22	0,07
PFAS	PFPeA	25	25	0,8	3	22	2,8

1. Bois Gramond

A. PROFIL GENERAL DE CONTAMINATION

Les concentrations totales (phase dissoute + phase particulaire) cumulées pour les grandes classes de composés organiques sur le site de Bois Gramond sont présentées dans la Figure 108. Les prélèvements ont été réalisés par temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-1-sec, EP-Jal-roc-BG-Ea-2sec, EP-Jal-roc-BG-S-7sec) et par temps de pluie (EP-Jal-roc-BG-S-3, EP-Jal-roc-BG-S-4 EP-Jal-roc-BG-S-5, EP-Jal-roc-BG-S-6). Les analyses alkylphénols n'ont été réalisées que sur un temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-1) et un temps de pluie (EP-Jal-roc-BG-S-3) conformément au Tableau 31.

De plus, les prélèvements par temps sec et par temps de pluie n'ont pas été réalisés dans les mêmes conditions. En effet, les prélèvements par temps sec sont des échantillons moyennés sur 24h alors que par temps de pluie, il s'agit d'échantillons moyennés sur la durée de l'évènement (entre 1h30 et 5h). Dans les deux cas les calculs des flux ont été réalisés en tenant compte du débit durant toute la durée du prélèvement. Dans le cas des prélèvements par temps sec il s'agit de flux journaliers témoignant d'un apport continu en contaminants organiques, contrairement aux flux calculés par temps de pluie qui témoignent d'un apport ponctuel. Les débits, les durées de prélèvement mais également les teneurs en MES (mesurées lors des prélèvements) sont détaillés dans le Tableau 32. Lorsque cela a été possible, le LyRe a fourni les valeurs de MES mesurées durant le prélèvement afin que tous les partenaires travaillent avec des données homogènes. En l'absence d'information, les valeurs de MES utilisées sont celles obtenues par le LPTC au moment de la filtration.

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Description	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/Evènement)	Teneur en MES (g/L)	Provenance données MES
Collecteur rocade nord	**EP-Jal-roc-BG-S-1sec**	04/12/2015	sortie bois gramond temps sec	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 6 min.)	24h	395 000	0,01	LyRe
	EP-Jal-roc-BG-Ea-2sec	18/12/2015	entrée bois gramond temps sec, arrivée rocade + aéroport	asservi au débit entre 14h et 19h (100 mL tous les 18 m^3 puis 100 mL tous les 12 m^3 puis 500 mL tous les 6 m^3) puis poncutel à 7h30	24h (en 2 temps)	480 000	0,01	LyRe
	EP-Jal-roc-BG-S-3	03/02/2016	sortie bois gramond temps de pluie	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 143 m^3)	1h30	6 572 671	0,08	LyRe
	EP-Jal-roc-BG-Ea-4	07/02/2016	entrée bois gramond temps sec, arrivée rocade + aéroport - continuum	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 108 m^3)	5h	20 447 104	0,03	LyRe
	EP-Jal-roc-BG-El-4	07/02/2016	entrée bois gramond temps sec, arrivée Limancet - continuum	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 40 m^3)	5h	173 408	0,05	LyRe
	EP-Jal-roc-BG-S-4	07/02/2016	sortie bois gramond temps de pluie - continuum	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 198 m^3)	5h	20 695 698	0,03	LyRe
	EP-Jal-roc-BG-S-5	22/05/2016	sortie bois gramond temps de pluie	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 418 m^3)	10h	24 960 350	0,08	LPTC
	EP-Jal-roc-BG-S-6	05/11/2016	sortie bois gramond temps de pluie	moyen, asservi au débit	11h30	5 679 027	0,16	LPTC
	EP-Jal-roc-BG-S-7sec	13/12/2016	sortie bois gramond temps sec	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 6 min.)	24h	2 980 765	0,03	LPTC
	EP-Jal-roc-aeroport-1	14/09/2016	sortie bassin pluvial	ponctuel, asservi à la hauteur d'eau (augmentation de 5 cm)	-	3 267 236	0,25	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-1	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel à 19h16 (début) et fin à 19h20	5 minutes	549 154	0,75	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-2	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 19h25	5 minutes	587 144	0,54	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-3	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 19h29	4 minutes	608 350	0,91	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-4	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 19h35	6 minutes	1 149 686	0,81	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-5	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 19h42	7 minutes	1 845 622	0,37	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-6	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 19h50	8 minutes	1 997 700	0,29	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-7	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 19h55	5 minutes	1 197 458	0,33	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-8	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 20h08	13 minutes	2 466 942	0,64	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-9	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 20h21	13 minutes	1 550 326	0,21	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-10	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 20h30	9 minutes	763 652	0,17	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-11	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 20h49	19 minutes	1 381 861	0,12	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-12	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 21h11	22 minutes	1 718 291	0,08	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-13	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 21h40	29 minutes	2 268 004	0,05	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-14	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 22h18	38 minutes	2 138 521	0,10	LPTC
	EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-15	13/09/2016	pollutogramme, sortie bois gramond temps de pluie	ponctuel, fin à 23h16	58 minutes	2 955 641	0,04	LPTC
Milieu naturel	**Mn-Jal-ROC5-7P**	07/02/2016	amont exutoire pluvial rocade nord	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	5h	-	0,03	LyRe
	Mn-Jal-RES6-7P	07/02/2016	au niveau de la réserve naturelle de Bruges, aval exutoire pluvial rocade nord	moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	5h	-	0,03	LyRe

Tableau 32. Caractéristiques des prélèvements d'eaux pluviales rocade nord

Selon les conditions, temps sec ou temps de pluie, les profils de contamination diffèrent. Les temps secs sont en effet caractérisés par une forte proportion de pharmaceutiques (80% en moyenne), alors que les temps de pluie sont caractérisés par une augmentation de la concentration en HAP (57% de la contamination pour EP-Jal-roc-BG-S-3) et une dilution des pharmaceutiques.

L'approche par flux contraste les données (Figure 109). En effet, si l'on compare un temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-1sec) et un temps de pluie (EP-Jal-roc-BG-S-5) les concentrations en contaminants organiques passent respectivement de 4 à 44 g/évènement.

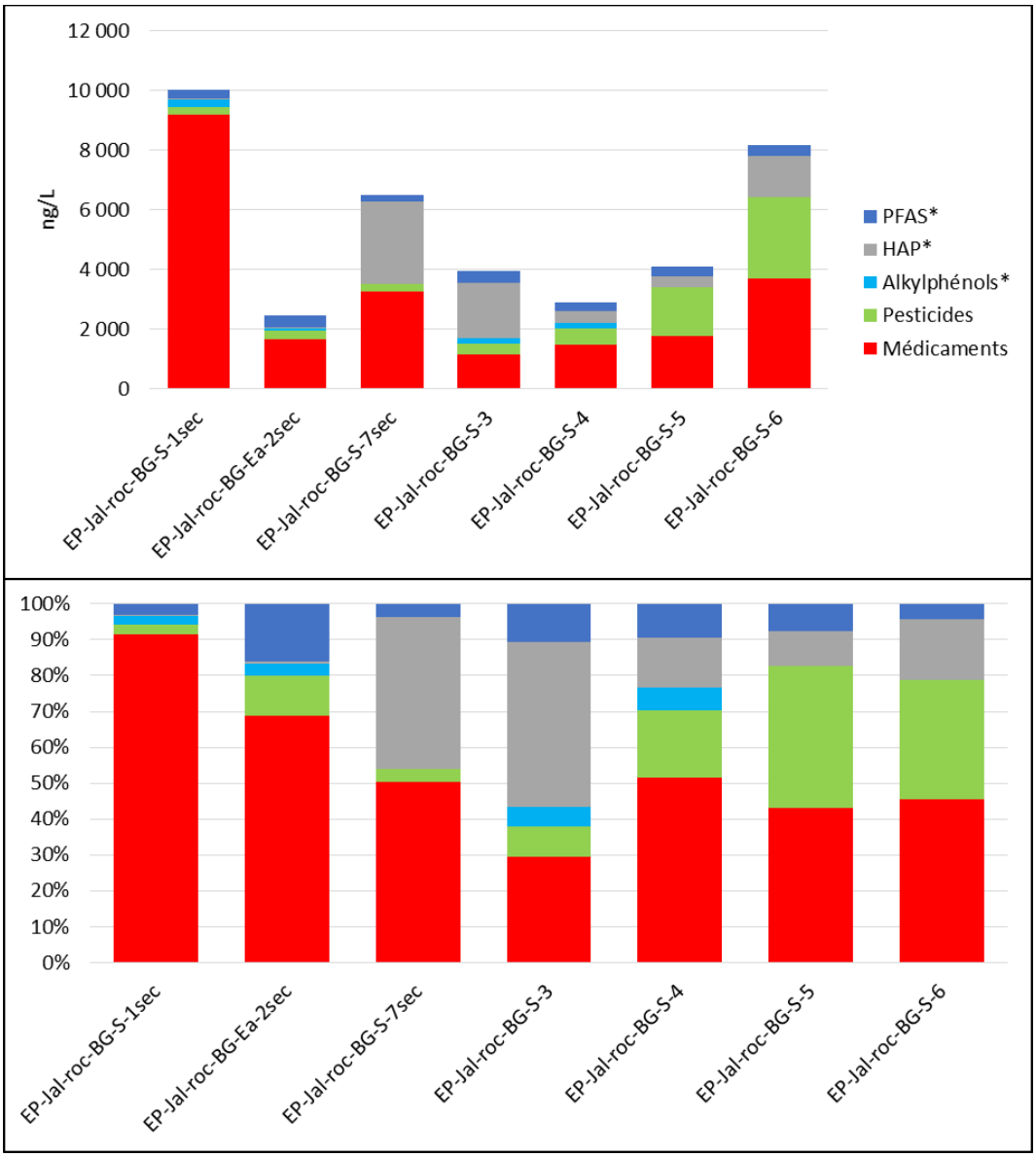


Figure 108. Profil général de contamination (ng/L) de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

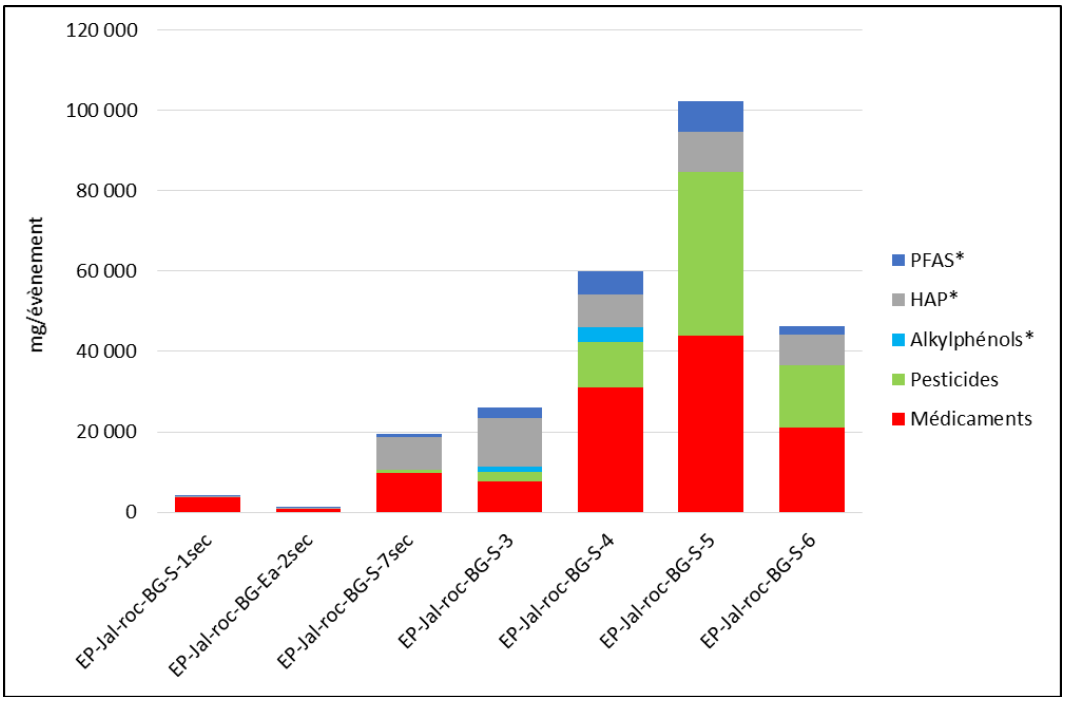


Figure 109. Flux totaux (mg/évènement) sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie - Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

B. PHARMACEUTIQUES

Contrairement à ce qui pourrait être attendu, des composés pharmaceutiques ont été mis en évidence dans l'exutoire pluvial de la rocade (au niveau du site de Bois Gramond), par temps sec et par temps de pluie, en concentrations totales comprises entre 1 200 et 9 100 ng/L (Figure 110). Les 13 molécules recherchées ont toutes été quantifiées au moins une fois sur l'ensemble des échantillons et 3 ont été quantifiées dans l'ensemble des échantillons (caféine, ibuprofène et hydroxy-ibuprofène). La carbamazépine, la cétérizine et le sotalol n'ont en revanche été quantifiés qu'une seule fois, dans le dernier échantillon de temps sec, et en faible concentration (<6 ng/L).

La molécule majoritairement quantifiée est la caféine, suivie par le paracétamol (mais qui n'est pas quantifié dans l'échantillon prélevé pour le 2ème temps sec) et l'hydroxy-ibuprofène. Ces molécules font partie des molécules majoritairement identifiées dans les eaux usées domestiques, ce qui démontre la présence d'eaux usées non traitées dans l'exutoire pluvial. Les concentrations obtenues pour les temps secs sont très différentes : elles sont 5 fois supérieures pour le premier temps sec. L'échantillon prélevé pour le 2ème temps sec présente quelques spécificités par rapport au profil des autres échantillons, avec la non quantification du paracétamol mais la quantification de la gabapentine.

En ce qui concerne les temps de pluie, les niveaux de concentration sont comparables pour les 3 premiers échantillons (1 169 - 1 762 ng/L) mais sont supérieurs pour le dernier (3 709 ng/L), en raison de niveaux plus importants de caféine.

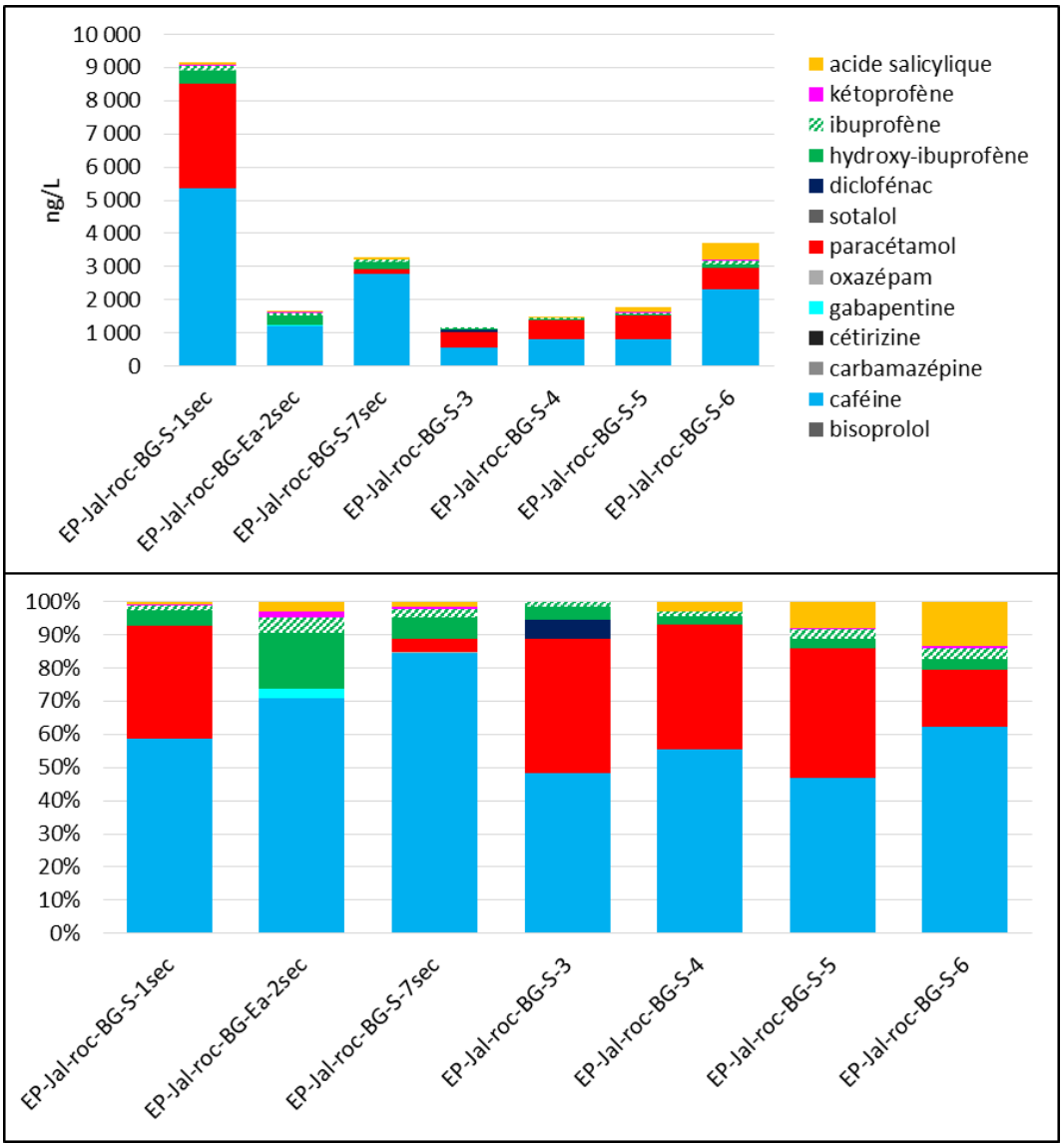


Figure 110. Concentrations (ng/L) de pharmaceutiques sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie

Cet exutoire pluvial a déjà été suivi, à raison de 5 prélèvements réalisés entre 2013 et 2015, uniquement par temps de pluie (dans la section précédente, résultats de Ep-Jal-JSA001). Pendant cette période, la carbamazépine, la cétérizine, le sotalol et le bisoprolol n'ont jamais été identifiés. La caféine avait également été quantifiée dans tous les échantillons, en revanche l'ibuprofène et l'hydoxy-ibuprofène n'avaient pas été systématiquement quantifiés. Les concentrations totales varient entre 1 000 et 2 500 ng/L, ce qui est bien en accord avec les concentrations obtenues dans cette étude par temps de pluie.

L'approche par flux (Figure 111) modifie le profil des données. Pour le temps sec, les deux premiers débits sont comparables (395 000 et 480 000 L/évènement) alors que le troisième débit est largement supérieur (2 980 765 L/évènement). Ceci se traduit par des apports très différents entre les différents temps secs, 3,6 g/évènement pour le premier, 0,8 g/évènement pour le second et 10 g/évènement pour le troisième.

Pour les 4 temps de pluie, les débits sont soit de l'ordre de 6 000 000 L/évènement (1er et dernier temps de pluie), soit de l'ordre de 20 000 000 L/évènement (2ème et 3ème temps de pluie) ce qui démontre bien de la variabilité des évènements pluvieux (Krein et al., 2007). Ainsi les apports par

temps de pluie sont compris entre 7 et 45 g/évènement, avec des apports plus importants lors des débits plus importants. Néanmoins l'augmentation des apports par temps de pluie par rapport à ceux relevés par temps sec est étonnante (une dilution des rejets pourrait être attendue) et il pourrait s'agir de remobilisation de certains composés dans les conduits (Launay et al., 2016).

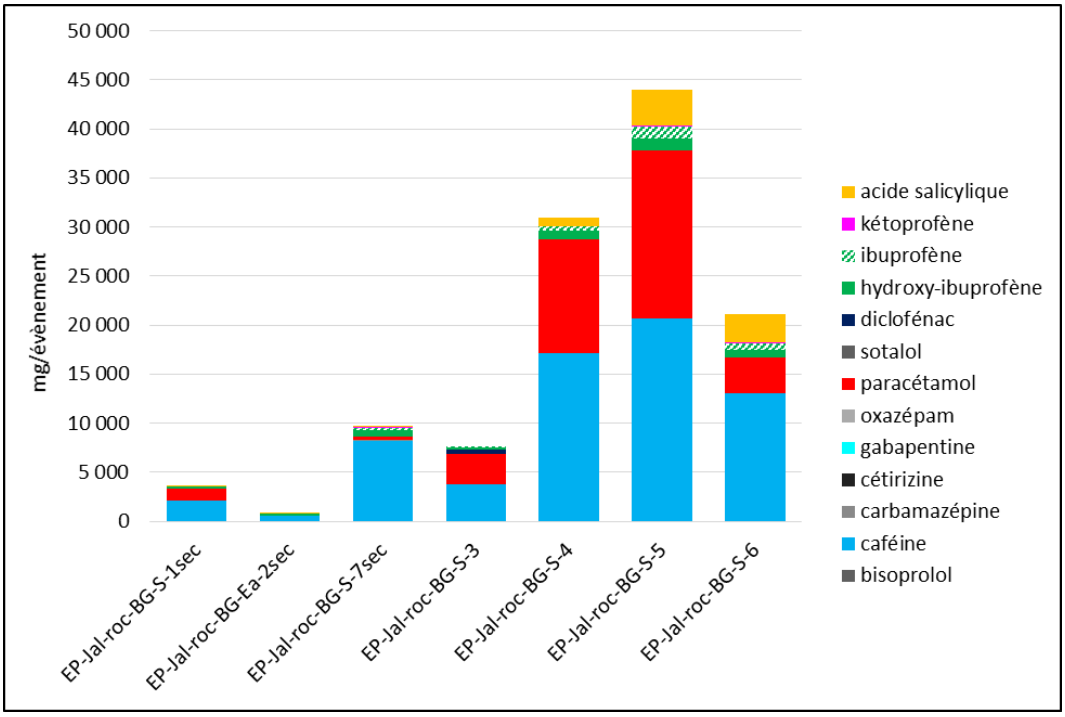


Figure 111. Flux (mg/jour) de composés pharmaceutiques sur le site de bois Gramond par temps sec et par temps de pluie

Ainsi, par fort temps de pluie, l'exutoire pluvial peut fortement contribuer à la contamination du milieu avec des apports proches de la cinquantaine de g par évènement. S'il a déjà été démontré que les exutoires pluviaux pouvaient détériorer la qualité du milieu récepteur par rapport à la pollution d'origine carbonée et azotée, aux métaux ou aux HAP, moins d'études s'intéressent aux polluants organiques d'intérêt plus émergent (Gasperi et al., 2014). Ceci est d'autant plus vrai pour les médicaments, puisque par essence ils ne sont pas attendus dans les exutoires pluviaux (qui ne sont sensés transporter que de l'eau de pluie ayant ruisselé sur les surfaces urbaines).

Ainsi si certaines études s'intéressent à la présence de pesticides et particulièrement les biocides utilisés dans les traitements de surface (Burkhardt et al., 2007), peu s'intéressent à la présence de composés pharmaceutiques. Barbosa et al. (2012) passent par exemple en revue les problématiques liées aux exutoires pluviaux sans y faire référence. Plus récemment en revanche, (Panasiuk et al., 2015) indiquent que la caféine peut être un bon traceur de présence d'eaux usées dans les exutoires pluviaux (ainsi que d'autres indicateurs comme par exemple la présence de bactéries fécales). Sauvé et al. (2012) ont par exemple quantifié la caféine dans les exutoires pluviaux de Montréal en concentrations allant de 8 à 53 000 ng/L. Ils indiquent d'ailleurs qu'au-delà de 400 ng/L des bactéries fécales confirmant la présence d'eaux usées humaines non traitées étaient systématiquement quantifiées. Dans la présente étude cette valeur est systématiquement dépassée pour la caféine. Ils indiquent également que la carbamazépine ne leur semble pas être un bon indicateur, car elle est retrouvée en concentrations trop faibles (0,1-161 ng/L). Dans la présente étude, la carbamazépine n'est d'ailleurs quantifiée qu'une seule fois dans l'exutoire pluvial de Bois Gramond. De la caféine (0,01-5,20 µg/L), du paracétamol (0,02-0,2 µg/L) et de l'acide salicylique (0,1-0,6 µg/L)

ont également été mis en évidence dans des exutoires pluviaux d'Australie (Sidhu et al., 2013). Ces niveaux de concentration sont du même ordre de grandeur que ceux observés dans cette étude. (Sidhu et al., 2013) font également un lien entre la présence de ces composés chimiques et celle de virus humains. De plus, dans une étude plus ancienne, la présence d'ibuprofène a également été montrée dans des canaux pluviaux à la Nouvelle Orléans à des concentrations variant entre 0 et 674 ng/L (Boyd et al., 2004).

Finalement, la présence de ces eaux usées non traitées dans l'exutoire pluvial de la rocade (au niveau du site de Bois Gramond) peut être liée à des débordements du réseau en cas de forte pluie mais aussi à de mauvaises connections du réseau ou encore à des rejets illicites (Panasiuk et al., 2015; Sidhu et al., 2013).

La partie portant sur l'étude des eaux usées domestiques montre que la caféine était un bon traceur de vie humaine et que l'utilisation des données (consommation, excrétion) pouvait permettre de calculer des apports « attendus ». Dans le cas des eaux pluviales il peut être intéressant de faire le raisonnement inverse et de calculer un nombre de personnes pouvant être en lien avec les apports en caféine observés. Pour rappel, en considérant en moyenne 2 tasses de café par jour et par personne, que la teneur moyenne en caféine est de 80 mg par tasse et des taux d'excrétion sous forme inchangé de 0,5 et 10 %, les apports en caféine par une personne sont de l'ordre de 0,8-16 mg par jour. Les apports mesurés à Bois Gramond par temps sec (pour limiter le facteur potentiel de « remobilisation » lors des évènements pluviaux) étant de 572 et 10 000 mg/évènement, cela correspondrait à 715 – 12 500 personnes en utilisant le taux d'excrétion le plus faible et 35 - 625 personnes en utilisant le taux d'excrétion le plus fort. Cependant, comme pour l'étude des eaux usées domestiques, la première hypothèse semble moins probable que la seconde.

C. PESTICIDES

Parmi les 24 molécules recherchées sur l'exutoire pluvial, 10 ont été quantifiées (2-hydroxy-atrazine, AMPA, carbendazime, DCPMU, diuron, DMSA, glyphosate, hydroxy-simazine, propiconazole, et terbutryne). Les concentrations totales en pesticides sont assez stables par temps sec et par temps de pluie : elles varient entre 270 et 340 ng/L (Figure 112). Les molécules quantifiées sont soit (1) des usages mixtes (phytopharmaceutique et biocide comme le propiconazole), soit (2) des usages biocides stricts comme le diuron par exemple, (3) soit sont des produits de dégradation de molécules aujourd'hui interdites d'utilisation, comme c'est le cas pour la 2-hydroxy-atrazine. Le glyphosate (4) est le seul représentant des phytopharmaceutiques à être quantifié systématiquement avec l'AMPA. Les profils de contamination entre temps sec et temps de pluie sont très proches en termes de molécules retrouvées et de leurs proportions relatives.

Les composés majoritairement détectés sont le glyphosate et l'AMPA qui expliquent plus de 50% de la contamination en pesticides observée avec des concentrations moyennes respectives de 23 et 155 ng/L. Le glyphosate est l'herbicide le plus utilisé au niveau de l'Aquitaine et peut se dégrader dans les sols pour générer de l'AMPA. Ces deux composés ont déjà été retrouvés dans des exutoires pluviaux par temps de pluie (Botta et al., 2009), avec une mise en évidence d'une forte variabilité.

Les concentrations en AMPA sont relativement stables entre le temps sec et le temps de pluie (150 ng/L) ce qui semble indiquer une source constante, donc potentiellement un lessivage. La concentration en glyphosate passe d'environ 15 ng/L en temps sec à 40 ng/L en temps de pluie sur la première campagne et à plus de 1 000 ng/L sur la seconde campagne. Cette augmentation de concentration dans les eaux de ruissellement laisse penser que ce composé est lessivé par les précipitations à partir d'un site traité sur le bassin versant de l'exutoire, entrainant une augmentation des rejets. De plus, le glyphosate est 3 fois plus concentré que l'AMPA au cours de la seconde campagne en temps de pluie, ce qui tranche avec les profils observés jusqu'alors. Cela semble indiquer une plus grande proximité avec la source en glyphosate : soit temporellement (date du traitement proche donc peu de dégradation), soit physique (le traitement aurait été effectué plus proche de

l'exutoire que pour dans le cadre de la première campagne donc la dégradation en AMPA serait plus faible faute de temps de transit suffisant).

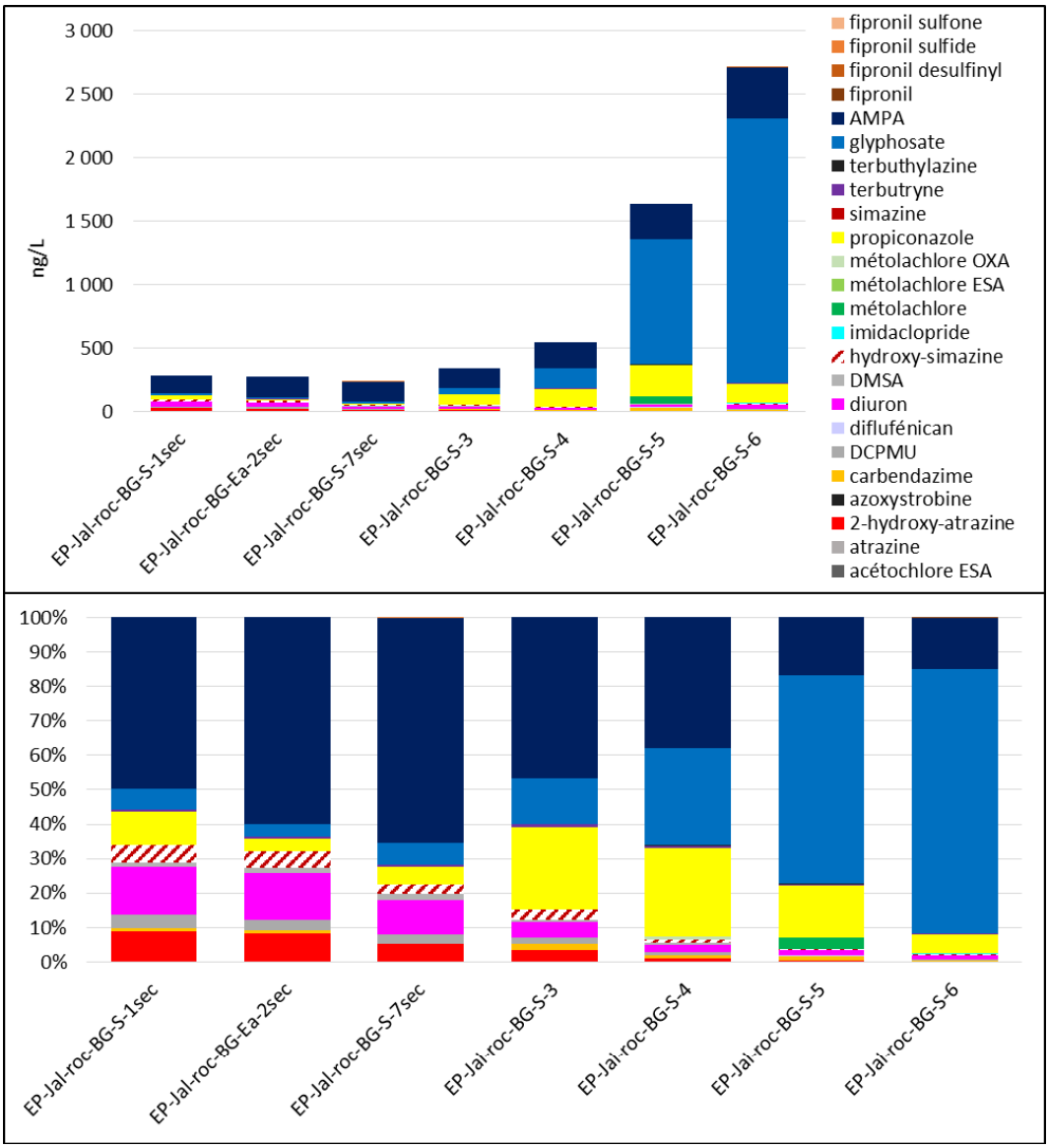


Figure 112. Concentrations (ng/L) de pesticides sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie

Trois autres molécules marquent également ces échantillons: la carbendazime, le diuron, et le propiconazole. Ces différentes molécules ont également été identifiées par plusieurs études prenant en compte les apports vers le milieu induits par les précipitations (Bollmann et al., 2014; Wittmer et al., 2010; Zgheib et al., 2012).

Le propiconazole est un fongicide utilisé à la fois en tant que phytopharmaceutique pour la protection des parties aériennes des cultures céréalières, mais aussi en tant que biocide (TP8/TP9) pour la protection du bois et des matériaux fibreux ou polymérisés (cuir, caoutchouc, papier, textiles, etc.). En temps sec, les concentrations retrouvées sont respectivement de 28 et 10 ng/L pour la première et deuxième campagne de prélèvements, et en temps de pluie les concentrations atteignent plus de 80 ng/L. Cette molécule se retrouve donc plus concentrée dans les eaux de ruissellement ce

qui laisse à penser qu'à l'instar du glyphosate, elle serait lessivée au contact des précipitations sur les surfaces traitées.

Le même comportement peut être observé pour la carbendazime, avec des concentrations de l'ordre de 3 ng/L en temps sec contre plus de 6 ng/L. Il s'agit d'un fongicide utilisé en tant que biocide BT7/9/10, utilisé en tant qu'agent protecteur dans des peintures, cuirs, caoutchoucs, papiers, textiles, ou matériaux de construction autres que le bois. Il est donc également susceptible d'être lessivé par les précipitations suite à son application sur des surfaces exposées aux éléments, et de rejoindre le réseau de collecte des eaux pluviales.

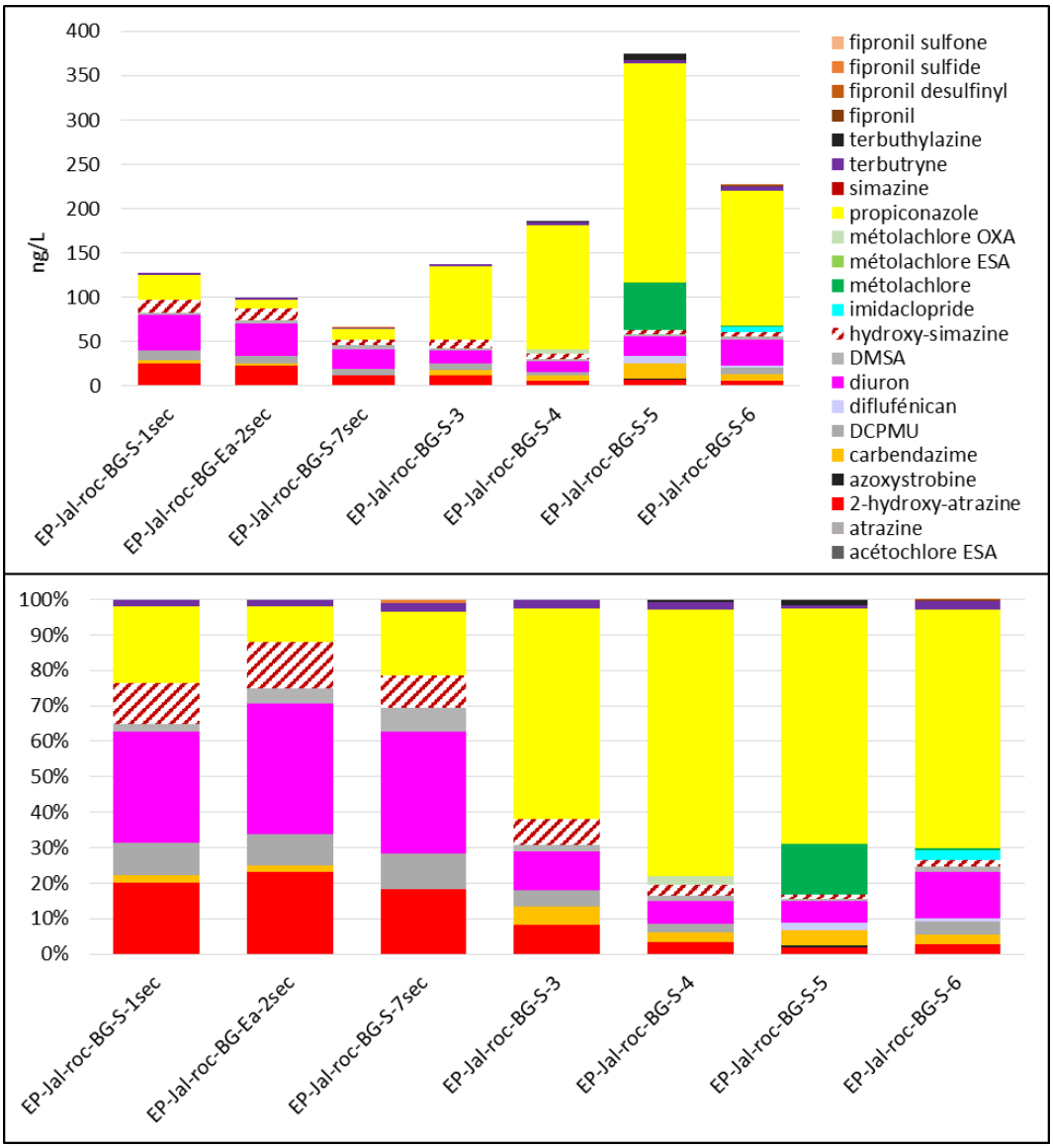


Figure 113. Concentrations (ng/L) de pesticides sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie sans l'influence glyphosate/AMPA

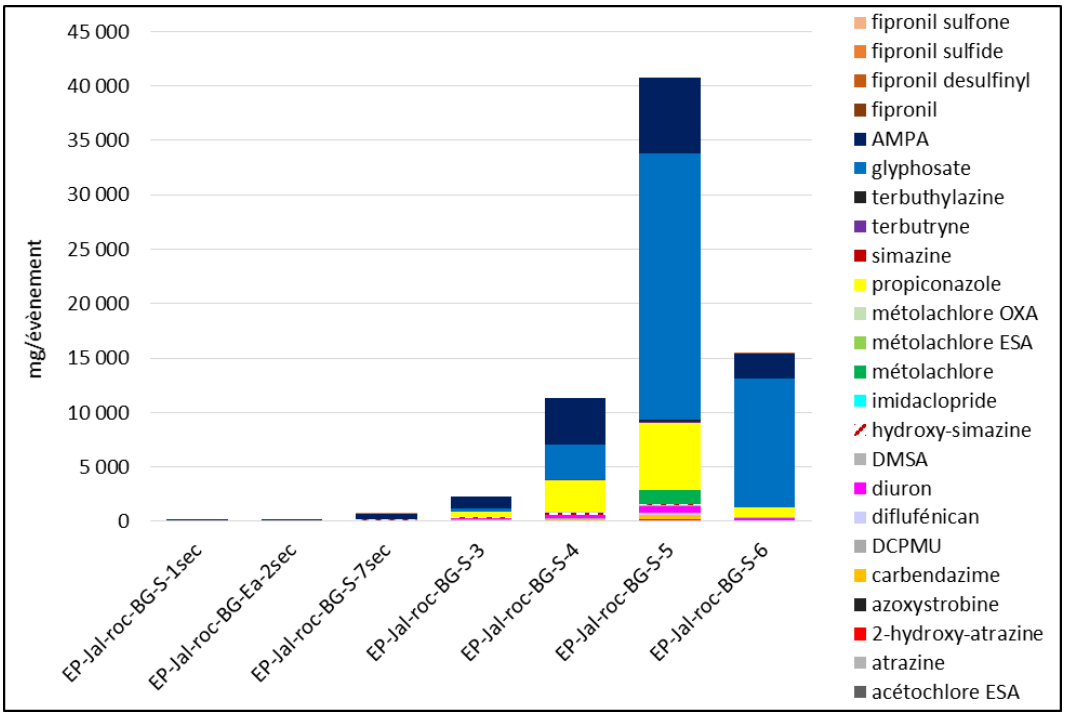


Figure 114. Flux (mg/évènement) de pesticides sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie

Le diuron est retrouvé à des concentrations de l'ordre de 30 ng/L en temps sec et la moitié moins en temps de pluie. Ce principe actif est un herbicide à usage biocide (TP10) utilisé pour la protection des matériaux de construction / maçonnerie autres que le bois contre les microorganismes et les algues. Il est principalement retrouvé dans les peintures protectrices de façades. Cela se traduit encore une fois par un apport vers le milieu naturel en temps de pluie qui doit être confirmé par le calcul de flux de molécules actives rejetées dans le milieu (Birch et al., 2011; Bollmann et al., 2014).

La 2-hydroxy-atrazine est un métabolite de l'atrazine, une molécule interdite d'usage au niveau européen depuis 2003. Les concentrations pour cette molécule sont de l'ordre de 25 ng/L en temps sec et de 11 – 6 ng/L en temps de pluie. Sa présence dans l'exutoire peut trouver sa source dans la dégradation progressive de la molécule mère qui aurait été introduire dans le bassin de collecte suite à des usages antérieurs à 2003. L'absence d'atrazine écarte la piste d'un usage frauduleux actuel.

Enfin, du métolachlore est quantifié dans l'échantillon EP-Jal-roc-BG-S-5 à 53 ng/L, et plus faiblement (1 ng/L) dans l'échantillon EP-Jal-roc-BG-S-6. Le S-métolachlore est une substance phytopharmaceutique largement utilisée à l'échelle locale puisqu'il est le second herbicide le plus employé sur la région aquitaine, notamment en maïsiculture et quelquefois sur des cultures de tournesol. Il est normalement apporté vers le milieu naturel en période d'épandage (généralement de mars à juillet) via des retombées atmosphérique ou le lessivage par les précipitations de sols traités avec cette substance active. La présence de ce composé dans un exutoire pluvial peut faire suite à une pulvérisation de S-métolachlore sur des cultures maraichères ou de maïs, puisque les 2 échantillons marqués en métolachlore ont été respectivement réalisés en mai 2016, soit en pleine période classique d'utilisation, et en juillet 2016, 1 mois après la période classique d'utilisation. L'absence de quantification des métabolites du métolachlore dans ces mêmes échantillons, le métolachlore ESA et le métolachlore OXA, semblent indiquer que la période de contact entre la substance active et le sol a été trop courte pour que le métolachlore soit dégradé.

Il est possible de constater que comme pour le glyphosate et l'AMPA, il existe 2 types de profils de contamination (Figure 112), selon que le prélèvement ait été réalisé en temps sec ou en temps de pluie, et qui semble surtout provenir de l'augmentation de concentration en propiconazole en période de pluie.

Les charges globales en pesticides correspondent en temps sec à des flux de matières actives de l'ordre de 0,3 g/évènement apportés au milieu sans traitement (Figure 114). Les flux en temps de pluie sont près de 10 fois plus importants pour la première campagne, avec des flux en temps de pluie respectivement estimés à 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 1,1 g/évènement pour la carbendazime, le diuron, le glyphosate, le propiconazole et l'AMPA. Ils sont encore plus importants pour les trois autres campagnes de temps de pluie avec des flux atteignant 24 g/évènement pour le glyphosate et près de 7 g/évènement pour le propiconazole au cours de la troisième campagne. Au final, il y a un facteur 18 entre les flux totaux des différents prélèvements réalisés en temps de pluie, ce qui met en évidence une forte variabilité intra-exutoire concernant les charges en pesticides. Ces résultats sont cohérents avec ceux des campagnes de prélèvement réalisées en 2013 et 2015 puisque les flux totaux estimés pour cet exutoire étaient compris entre 2 et 200 g/évènement, avec des flux en glyphosate entre 0,6 et 190 mg/évènement, et entre 0,2 et 2,3 g/évènement pour le propiconazole. Plusieurs études évoquent la variabilité de la charge contaminante des eaux pluviales (Birch et al., 2011; Bollmann et al., 2014; Botta et al., 2009; Wittmer et al., 2010; Zgheib et al., 2012), qui est liée aux périodes d'application des substances recherchées, à la période de dépôt, à l'intensité de la précipitation, à la durée de la précipitation et à la stabilité des molécules. Les flux en diuron sont plus importants d'un facteur 5 en temps de pluie que par temps sec, probablement en lien avec le lessivage de surfaces traitées à l'instar des autres molécules majoritairement retrouvées dans ces eaux de ruissellement.

Finalement, et au vu de leurs usages, l'apport en AMPA, carbendazime, diuron, glyphosate et propiconazole semble effectivement provenir du ruissellement des précipitations sur des sufaces / toitures / façades traitées avec ces matières actives qui peuvent être présentes dans des peintures de protection ou dans les matériaux de constructions eux même, ce qui a déjà été mis en évidence par le passé (Bollmann et al., 2014; Wittmer et al., 2010). Il y a donc globalement des apports vers le milieu naturel plus importants en temps de pluie pour l'ensemble des composés considérés. Ces flux non négligeables de matières actives peuvent entrainer une augmentation locale des concentrations dans le milieu naturel et potentiellement impacter l'écosystème autour du point de rejet.

D. ALKYLPHENOLS

Les alkylphénols ont été dosés dans les prélèvements par temps sec et par temps de pluie sur le site de Bois Gramond, et ce, dans la phase dissoute et la phase particulaire. Les deux composés analysés, le 4-nonylphénol (NP) et le 4-ter octylphénol (OP), sont systématiquement retrouvés dans les échantillons. Cependant le composé majoritaire est NP, et ce, aussi bien dans la phase dissoute que dans la phase particulaire.

Dans la phase dissoute, les concentrations cumulées en alkylphénols sont de 200 ng/L par temps sec et de 70 ng/L par temps de pluie (Figure 115), ce qui, en termes de flux correspond à des apports respectifs de 41 mg/jourg/jour et de 429 mg/évènement (Figure 116). Dans la phase particulaire, les concentrations sont de 2 410 ng/g par temps sec et varient de 1 791 ng/g à 2 587 ng/g par temps de pluie (Figure 117). Lorsque l'on considère la phase totale (phase dissoute + phase particulaire) les concentrations totales obtenues par temps sec et par temps de pluie varient entre 224 et 207 ng/L, ce qui en termes de flux correspond à des apports compris entre 88 mg/jour et 3 740 mg/évènement (Figure 118). Par temps sec la contamination provient essentiellement de la phase dissoute alors que par temps de pluie elle est majoritairement apportée par la phase particulaire (Figure 119).

Cet exutoire pluvial avait été suivi entre 2013 et 2015 (cf section précédente, Ep-Jal-JSA001) et les flux observés étaient du même ordre de grandeur (500 mg/évènement en moyenne). Ainsi par temps de pluie, le site de Bois Gramond peut être un vecteur de contamination en alkylphénols pour le milieu récepteur. Cette contamination provient essentiellement de la phase particulaire (Figure 119).

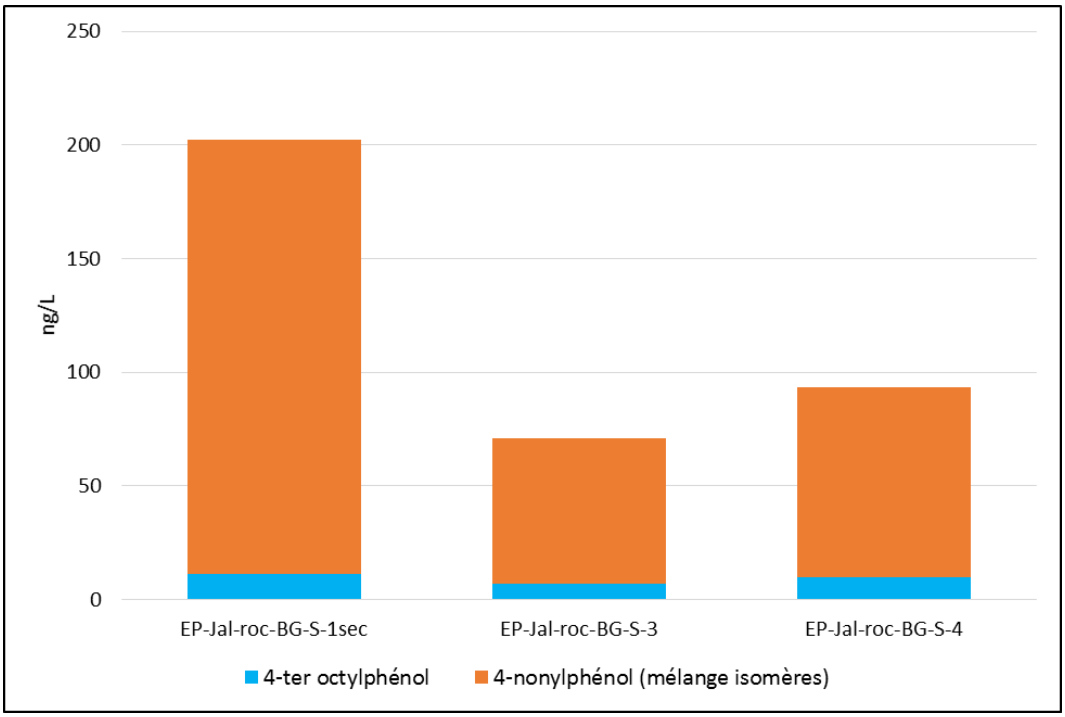


Figure 115. Concentrations (ng/L) en alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute)

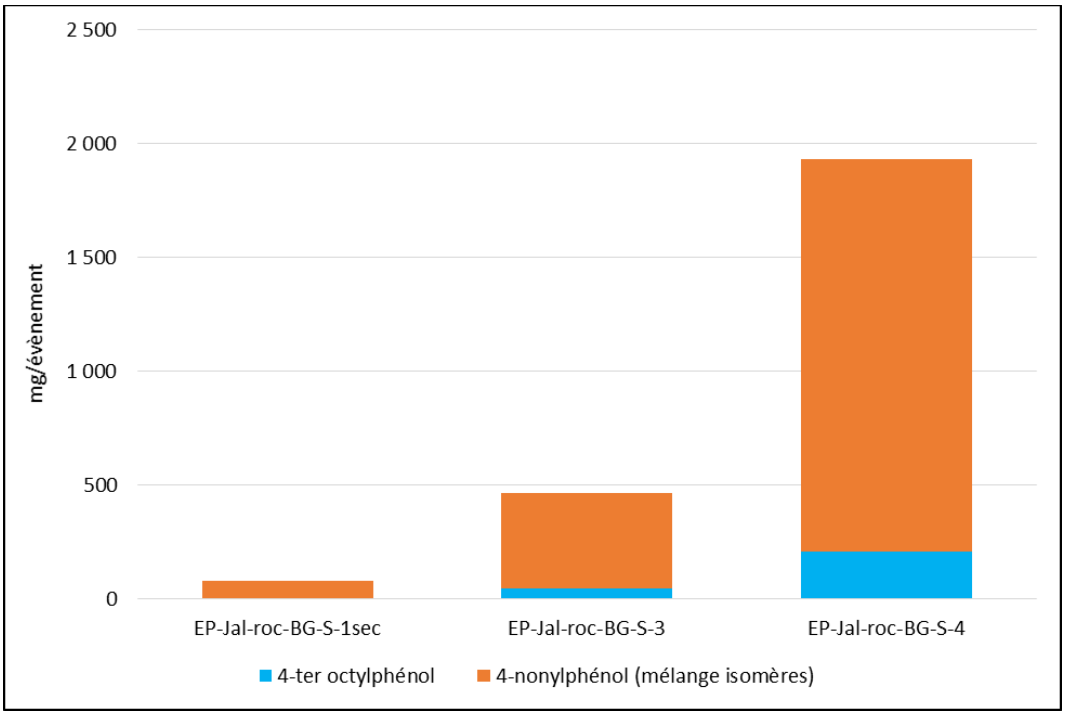


Figure 116. Flux (mg/évènement) d'alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute)

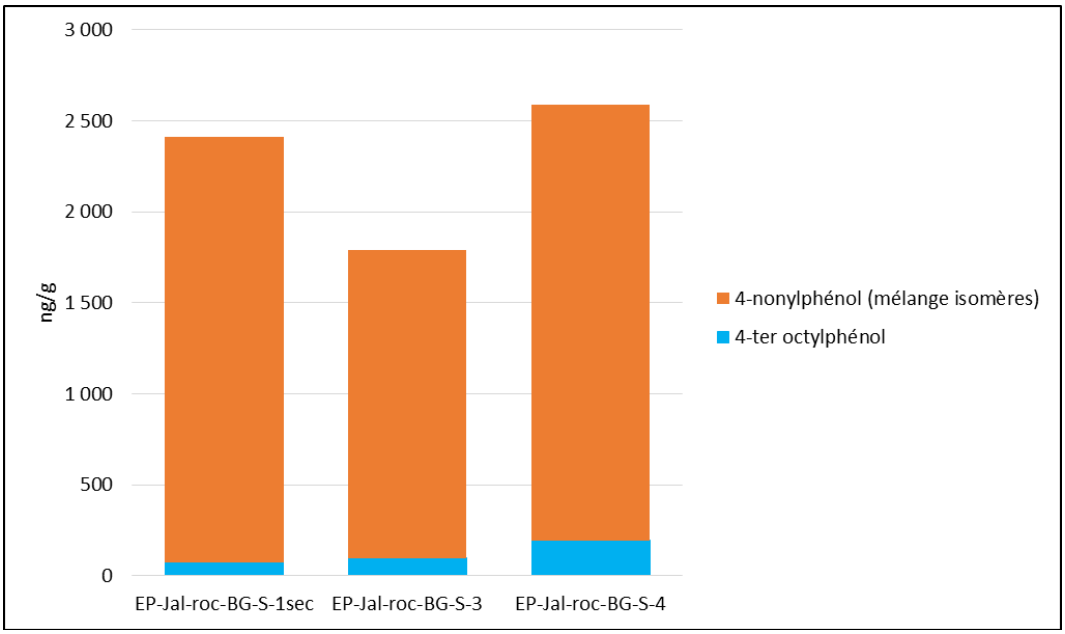


Figure 117. Concentrations (ng/g) en alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire)

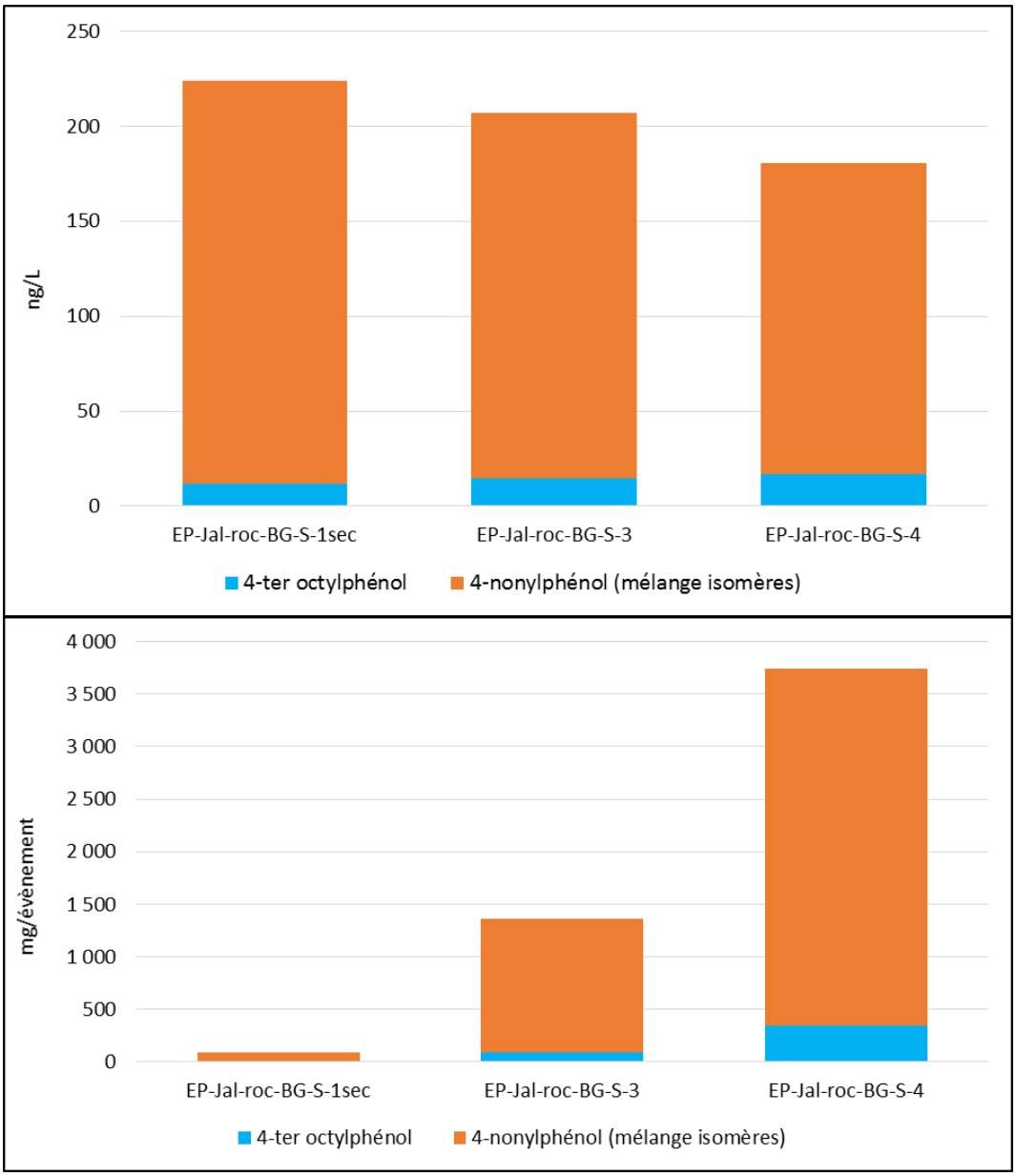


Figure 118. Concentration totale (ng/L) et flux totaux en mg/évènement (phase dissoute + phase particulaire) des alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie

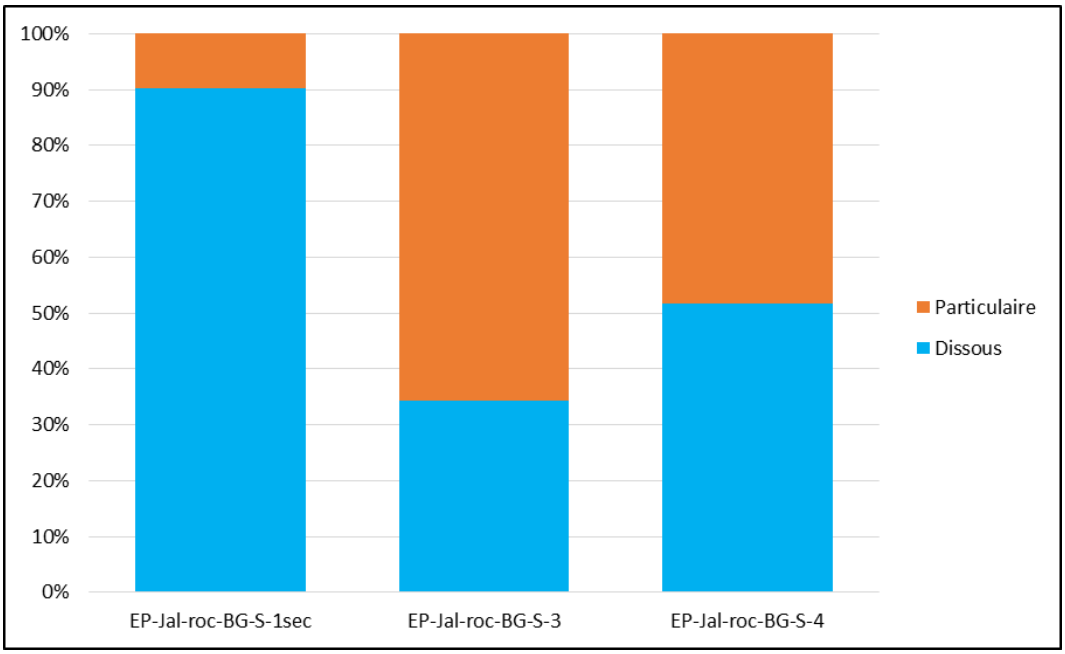


Figure 119. Partition phase dissoute/phase particulaire pour les alkylphénols sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire + phase dissoute)

E. HAP

Sur les 14 molécules analysées dans la phase dissoute, 2 n'ont jamais été détectées (indéno(1,2,3-cd)pyrène, benzo(g,h,i)pyrène), 3 n'ont été détectées que par temps de pluie et lors du dernier prélèvement temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-7sec) (benzo(a)anthracène, chrysène + triphénilène, benzo(b+j+k)fluoranthène), le benzo(a)pyrène n'a été détectée que dans EP-Jal-roc-BG-S-7sec et 7 ont été systématiquement détectées (naphtalène, acénaphtalène, acénaphthylène, florène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène).

Parmi les prélèvements réalisés par temps sec, deux profils se dégagent. En effet les deux premiers prélèvements (EP-Jal-roc-BG-S-1sec et EP-Jal-roc-BG-S-2sec) ont des empreintes similaires alors que le dernier prélèvement (EP-Jal-roc-BG-S-7sec) présente un profil différent. Pour le premier groupe, les molécules majoritairement détectées dans la phase dissoute sont le naphtalène (8,1 ng/L), le phénanthrène (6,8 ng/L) et le pyrène (4,3 ng/L). Pour le dernier prélèvement par temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-7sec) les composés majoritairement détectés sont le fluoranthène (151 ng/L), le pyrène (126 ng/L) mais également les HAP lourds non détectés dans le premier groupe (benzo(a)anthracène à 20 ng/L, chrysène + triphénylène à 21 ng/L, benzo(b+j+k)fluoranthène à 5,5 ng/L et benzo(a)pyrène à 2,6 ng/L). Par temps de pluie les deux composés les plus détectés sont l'acénaphthène (255,5 ng/L) et le fluorène (97,1 ng/L) (Figure 120).

Dans la phase particulaire, toutes les molécules analysées ont été détectées, et ce par temps sec et par temps de pluie. Les concentrations pour les deux premiers temps secs varient entre 587 ng/g et 1 440 ng/g alors que par temps de pluie elles atteignent quasiment 18 000 ng/g. Là encore, le dernier prélèvement par temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-7sec) présente un profil atypique avec des concentrations en HAP cumulées sur la phase particulaire atteignant 76 595 ng/g.

Pour le groupe des 2 premiers temps secs, les molécules majoritairement détectées dans la phase particulaire sont le phénanthrène (164,1 ng/g), le fluoranthène (133,1 ng/g) et le pyrène (246,3 ng/g). Pour le dernier prélèvement par temps sec (EP-Jal-roc-BG-S-7sec) les molécules majoritairement détectées sont le pyrène (7 720 ng/g), le chrysène + triphénylène (8 454 ng/g), le benzo(b+j+k)fluoranthène (18 102 ng/g) et le benzo(a)pyrène (8 643 ng/g). Par temps de pluie, les molécules majoritairement détectées sont le fluoranthène (de 641 à 3 140 ng/g), le pyrène (de 766 à 3 063 ng/g) et le benzo(b+j+k)fluoranthène (de 655 à 2 639 ng/g). L'empreinte de contamination est la même que ce soit par temps sec ou par temps de pluie excepté pour le point EP-Jal-roc-BG-S-7sec

(Figure 121). L'exutoire pluvial de la rocade a déjà été suivi entre 2013 et 2015 par temps de pluie et les trois principaux composés détectés sur la phase particulaire étaient le fluoranthène, le pyrène et le benzo(b+j+k)fluoranthène. Les concentrations s'échelonnaient entre 512,8 et 1 402,3 ng/g pour le fluoranthène, 561,9 et 1597,3 ng/g pour le pyrène, 631 et 2928,8 ng/g pour le benzo(b+j+k)fluoranthène. Les résultats obtenus dans REGARD concordent donc avec les précédentes études réalisées.

Les concentrations en HAP varient en fonction des conditions météorologiques, et ce, aussi bien dans la phase dissoute (Figure 120) que la phase particulaire (Figure 121). Les concentrations totales cumulées (phase dissoute + phase particulaire) passent de 16 ng/L par temps sec à 1 825 ng/L par temps de pluie (Figure 122). En termes de flux cela correspond à des apports en HAP allant jusqu'à 12 g/évènement (Figure 122). Seul le point EP-Jal-roc-BG-S-7sec présente une concentration totale en HAP de 2 750 ng/L ce qui représente un apport de 8 g dans le milieu. Ce résultat semble cohérent avec le fait que l'exutoire pluvial rocade nord collecte les eaux de voirie du nord de la rocade et également une partie des eaux pluviales en provenance de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac.

Par temps sec, la contamination provient essentiellement de la phase dissoute alors que par temps pluie (et pour le point EP-Jal-roc-BG-S-7sec) elle provient majoritairement de la phase particulaire (Figure 123).

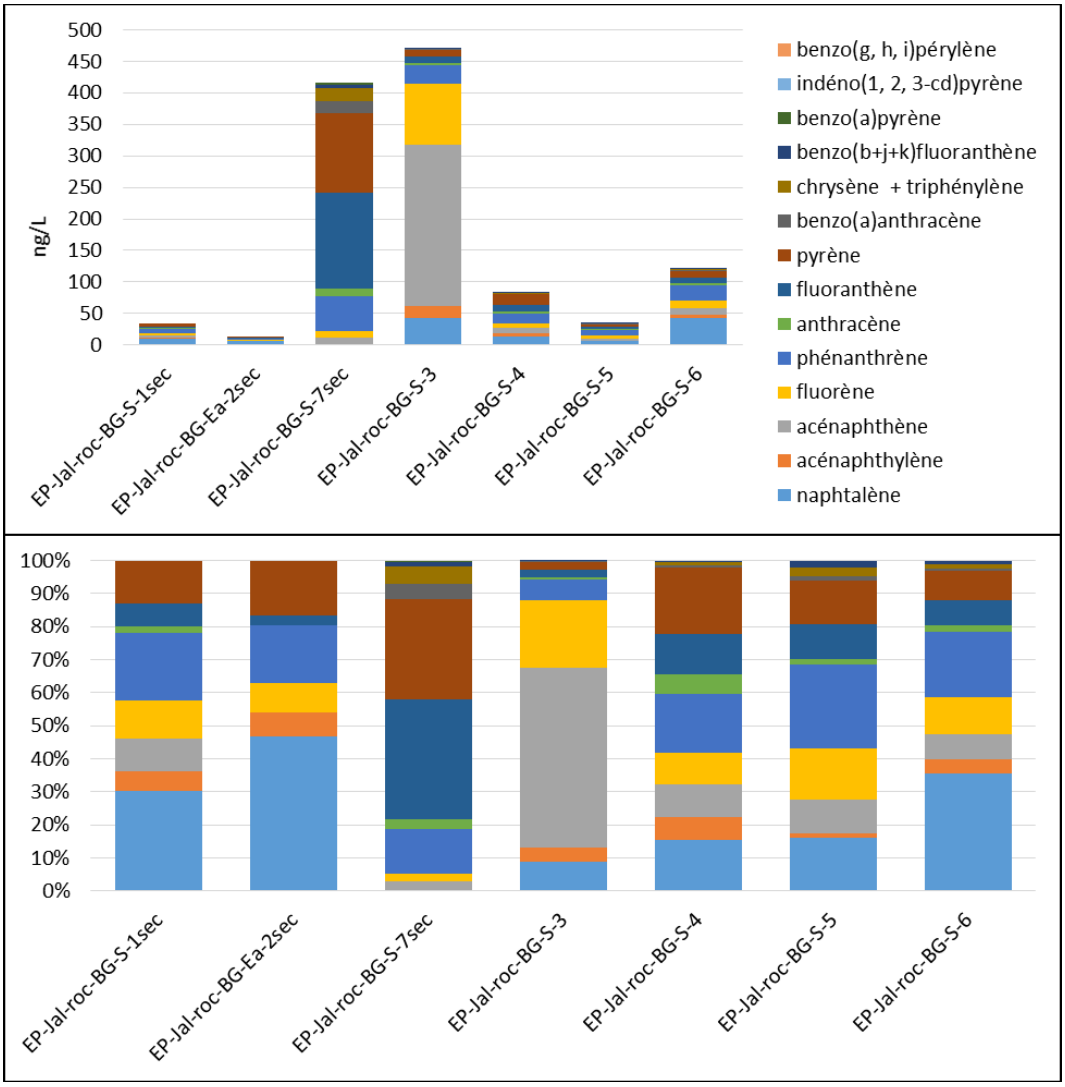


Figure 120. Concentrations (ng/L) en HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute)

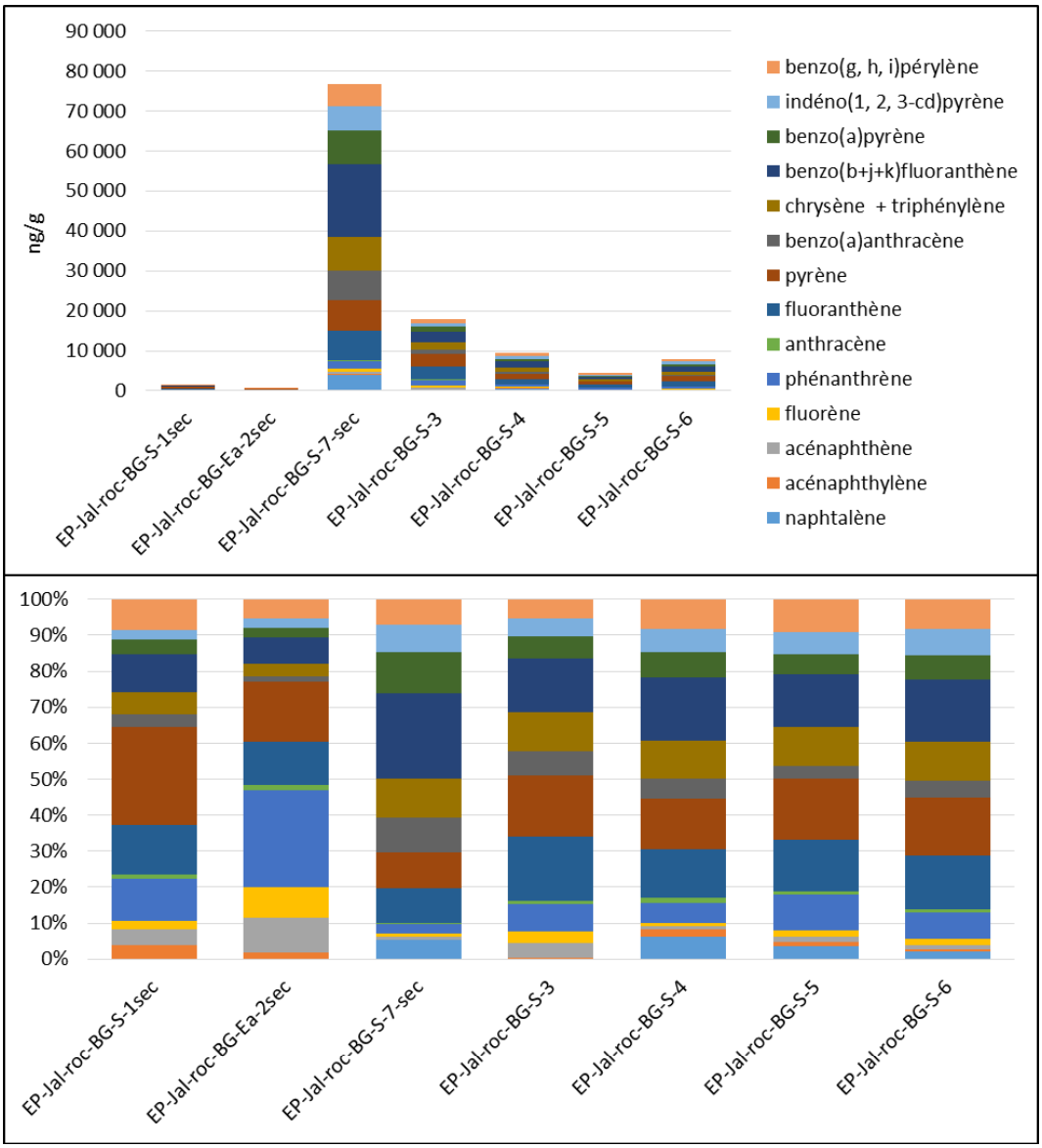


Figure 121. Concentrations (ng/g) en HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire)

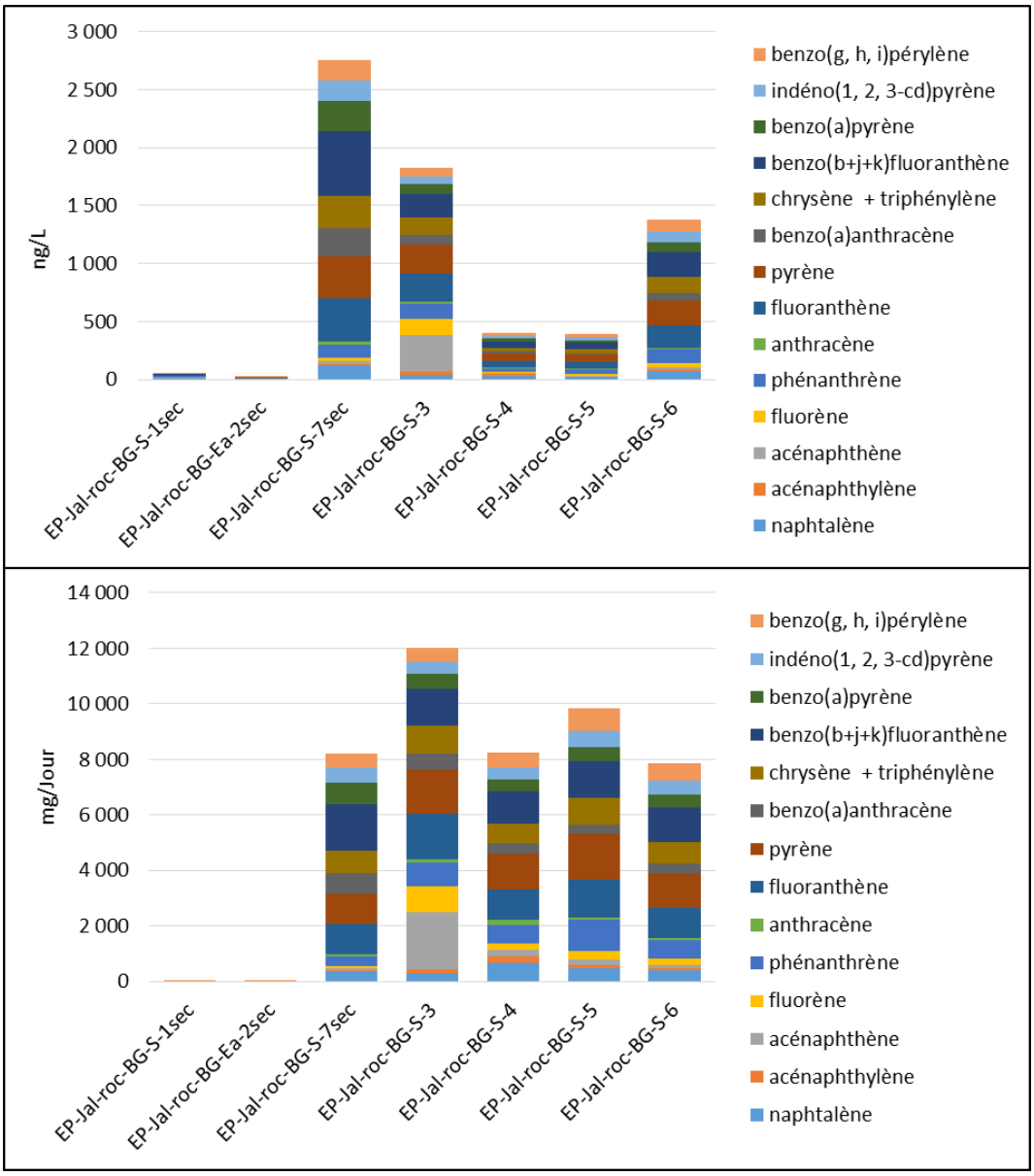


Figure 122. Concentration totale (ng/L) et flux totaux (mg/évènement) (Phase dissoute + Phase particulaire) des HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie

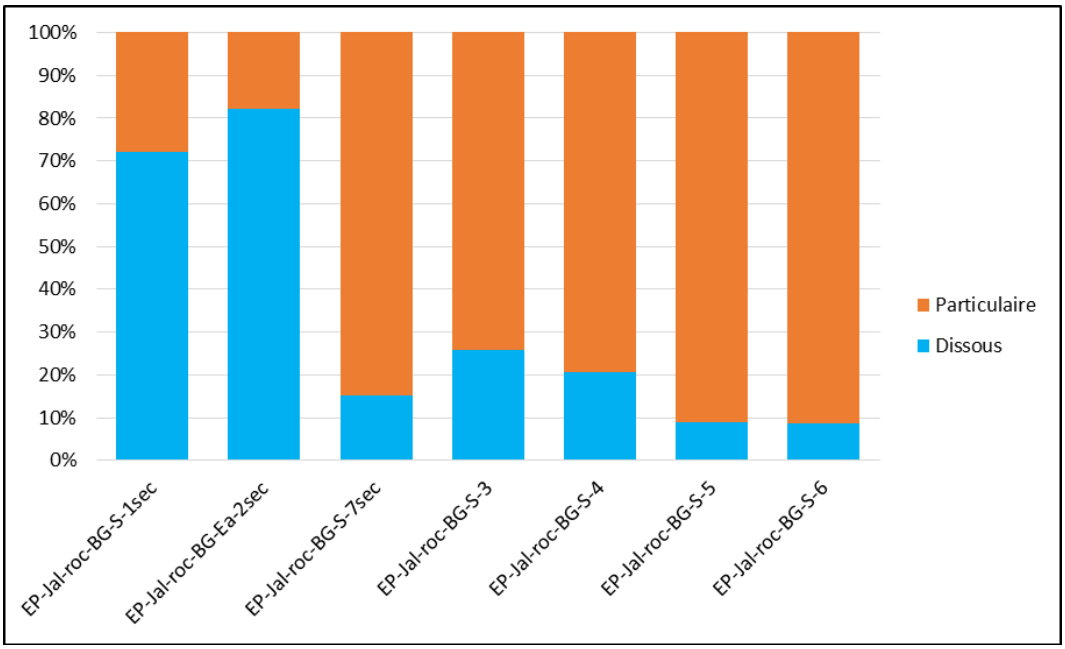


Figure 123. Partition dissous/particulaire des HAP sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire + phase dissoute)

F. PFAS

Dans la phase dissoute, sur les 17 PFAS recherchés, seulement 2 n'ont jamais été détectés (FOSAA et MeFOSAA). Les concentrations cumulées varient entre 247 ng/L et 421 ng/L (Figure 124) et aucune influence claire de la pluviométrie n'est observée. La phase dissoute est marquée par la prédominance du 6:2 FTSA et du PFOS représentant à eux deux entre 50 et 65 % du niveau global, mais ils sont retrouvés chacun dans des proportions variables en fonction de la période d'échantillonnage (abondance relative allant de 8 à 52 % pour le PFOS et de 14 à 56 % pour le 6:2 FTSA). Les perfluorooalkyl carboxylates (PFCA) représentent entre 22 et 41 % de la ΣPFAS, et parmi ceux-ci, on retrouve majoritairement les chaînes courtes : PFPeA (4,5 à 16 % du profil global) et PFHxA (8,5 à 13 % de la ΣPFAS).

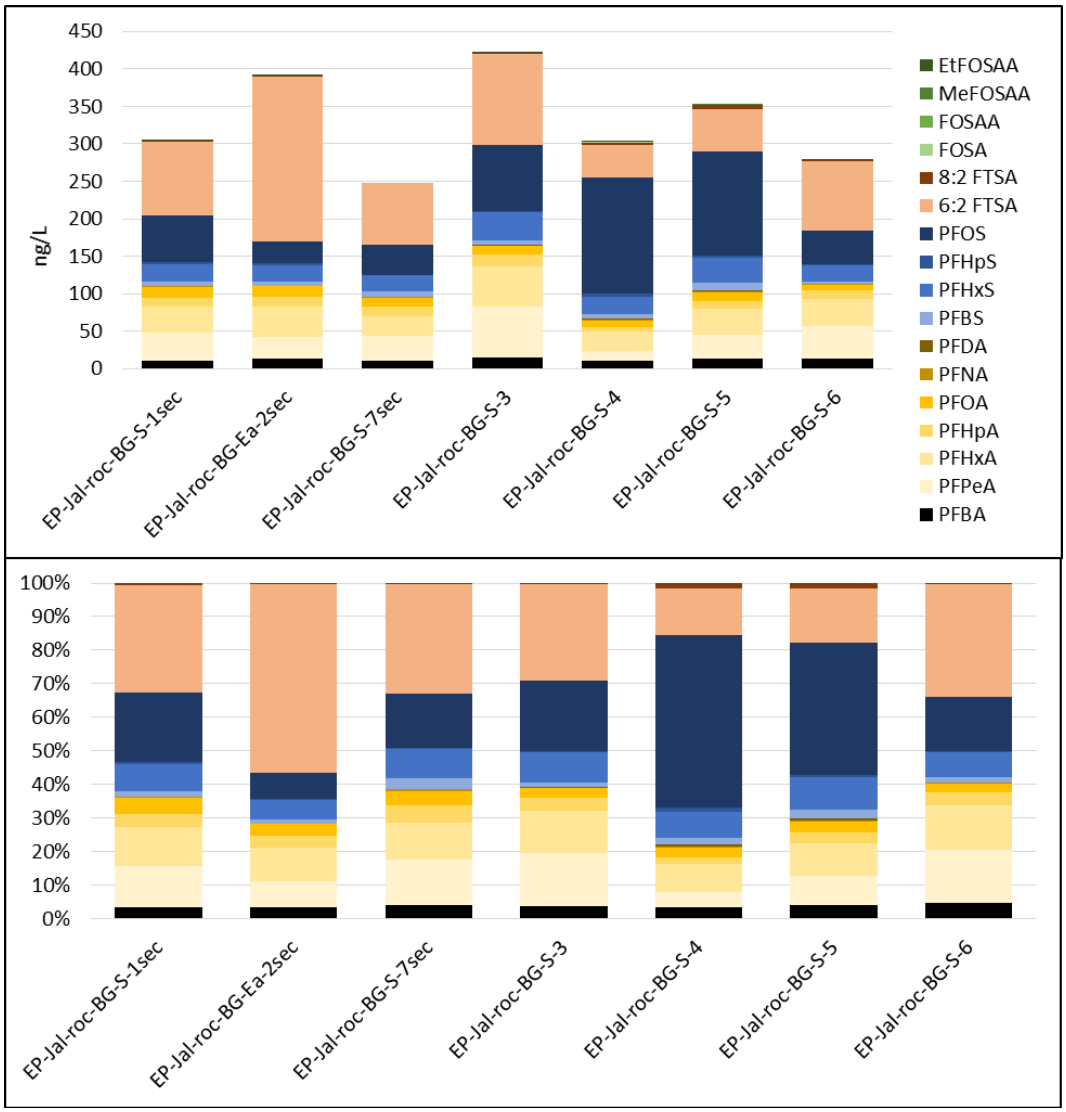


Figure 124. Concentrations (ng/L) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase dissoute)

Dans la phase particulaire, le niveau global observé (Figure 125) semble influencé par la période d'échantillonnage. En effet, la ΣPFAS est plus élevée par temps sec (ΣPFAS = 143-187 ng/g) que par temps de pluie (ΣPFAS = 56-90 ng/g). Les composés quantifiés sont similaires à ceux quantifiés dans la phase dissoute, avec une prédominance encore plus marquée du PFOS (≈ 56 % par temps sec et 78 % par temps de pluie) et du 6:2 FTSA (25 % par temps sec et 8 % par temps de pluie). La somme des carboxylates représente moins de 10 % du profil global, et le rapport d'abondance entre les chaînes longues et chaînes courtes est davantage équilibré que dans le dissous, au profit des chaînes longues. Ces différences entre les phases particulaires et dissoutes peuvent s'expliquer par des valeurs de K_D et K_{OC} croissantes avec la longueur de la chaîne perfluorée et souvent plus élevées pour les PFSA que les PFCA (Labadie and Chevreuil, 2011; Munoz, 2015).

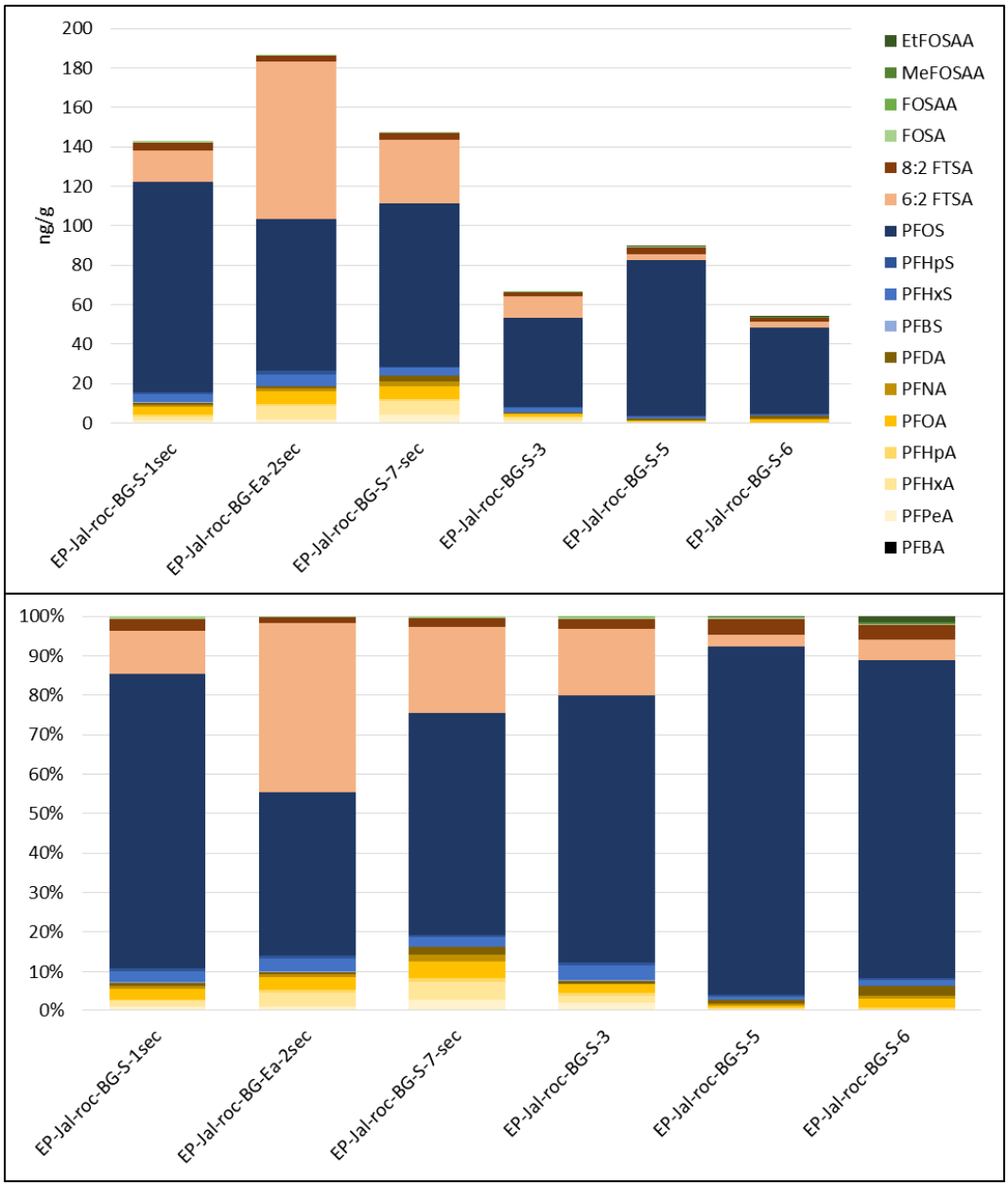


Figure 125. Concentrations (ng/g) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire)

Les concentrations totales (dissous + particulaire) obtenues sur la base des résultats des deux premiers temps secs et deux premiers temps de pluie, varient de 247 à 426 ng/L. Plus de 98 % de la contamination en PFAS des eaux pluviales du Bois Gramond sont apportés via la phase dissoute (Figure 126). Ces résultats s'expliquent d'une part par de faibles teneurs en MES. D'autre part, la liste des PFAS recherchés ciblait principalement des composés à chaîne poly- ou perfluorée de petite ou moyenne longueur, c'est-à-dire, les plus solubles et susceptibles d'être déversés vers les eaux de surface. Le profil général est donc similaire à celui observé en phase dissoute. La présence majoritaire de 6:2 FTSA, PFOS et PFHxA pourrait correspondre à une empreinte spécifique de l'utilisation ancienne de mousses anti-incendie (le PFOS n'étant plus utilisé pour ce type d'application depuis 2002). Ce profil de contamination a été mis en évidence dans des échantillons d'entrée de STEU recevant des eaux pluviales de l'aéroport de San Jose/Santa Clara où des tests anti-incendies sont régulièrement mis en œuvre (Houtz et al., 2016). Les PFAS représentent une vaste classe d'agents de surface utilisés dans

une multitude de produits à applications domestiques ou industrielles. Le manque de connaissances précises sur leurs utilisations complique l'association contaminant-origine. Les PFCAs et PFSAs sont rarement utilisés en tant que tels dans les produits finis. Cependant, l'utilisation du 6:2 FTSA ainsi que celle d'autres précurseurs de PFCAs et PFSAs dans des produits d'entretien de tous types de surface (vernis, peintures, textiles…) ou dans la formulation de pesticides, pourrait également expliquer la présence de ceux-ci dans les eaux de ruissellement (Buck et al., 2011). Plusieurs études ont également mis en évidence la présence directe de fluorotélomères et de leurs produits de dégradation (PFCAs de 3 à 7 carbones perfluorés) dans les retombées atmosphériques (Dreyer et al., 2010).

La Figure 127 illustre les flux totaux en PFAS exprimés en mg par évènement, excepté pour les points BG-S4, BG-S6 et BG-S7-sec pour lesquels seule la phase dissoute a été analysée à ce jour. Mais au regard des résultats précédents, la phase particulaire peut être considérée comme négligeable en termes d'apports. Cette approche permet de mettre en évidence une influence claire de la période d'échantillonnage. Par temps sec, des apports continus en PFAS allant de 0,1 à 0,7 g/jour (échantillonnage moyenné 24h) seraient déversés vers le milieu naturel au niveau du collecteur rocade. Par temps de pluie, des apports de 2,7 - 7,7 g/ évènement seraient déversés en fonction de l'intensité de l'épisode pluvieux (flux étroitement corrélés au débit).

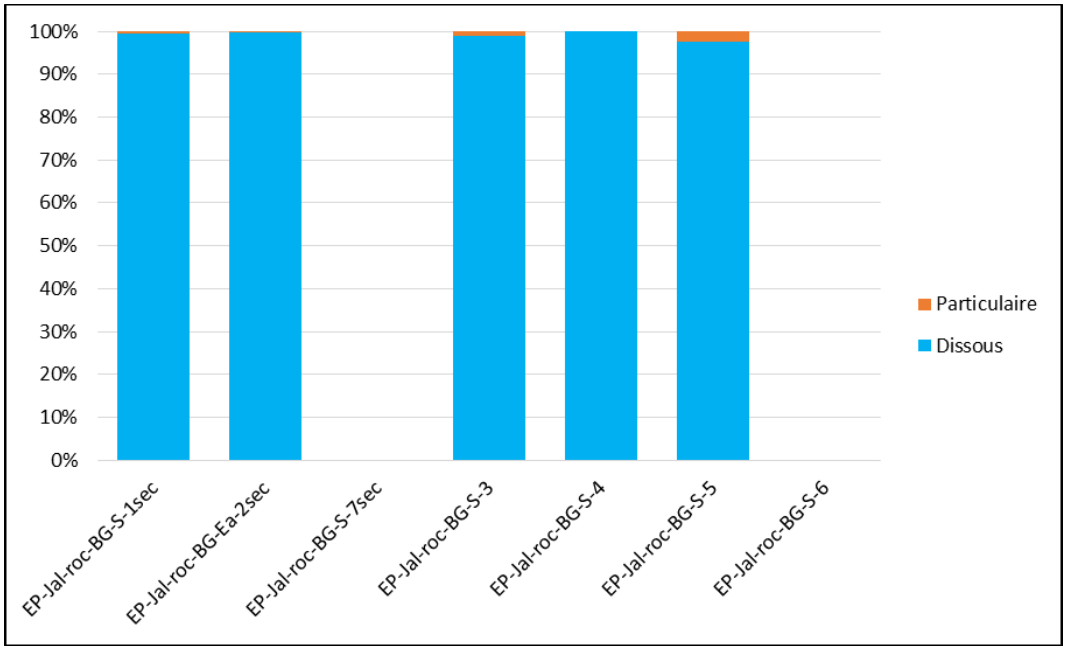


Figure 126. Concentrations totales (ng/L) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (phase particulaire + phase dissoute)

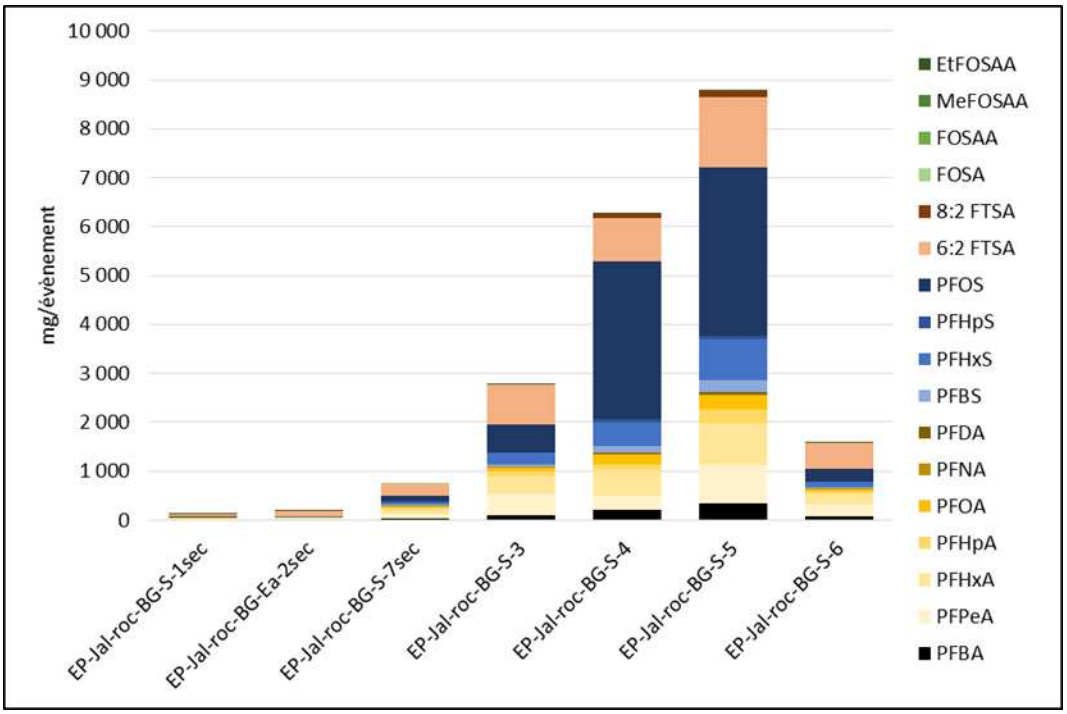


Figure 127. Flux (mg/évènement) de PFAS sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (Phase dissoute)

2. Action Continuum

A. PROFIL GENERAL DE CONTAMINATION

L'action continuum a été réalisée par temps de pluie afin de vérifier l'impact de l'exutoire pluvial de la rocade sur la contamination du milieu naturel. Les prélèvements sont moyennés sur la durée de la pluie. Les détails (durée des prélèvements, débits, teneurs en MES) sont donnés dans le Tableau 32. Les flux ont été calculés en prenant compte de la concentration moyenne (ng/L) et du débit mesuré durant la durée du prélèvement (L/évènement).

Les faibles quantités de MES n'ont pas permis de réaliser les analyses particulaires des PFAS (Tableau 32).

Dans les différents points de prélèvement de l'action « continuum » la contamination provient majoritairement de la phase dissoute (Figure 129), et plus précisément des pesticides. Seule l'entrée dite « aéroport » et la sortie de Bois Gramond ont une empreinte différente avec une concentration en pharmaceutiques représentant plus de 50% de la contamination totale (Figure 128).

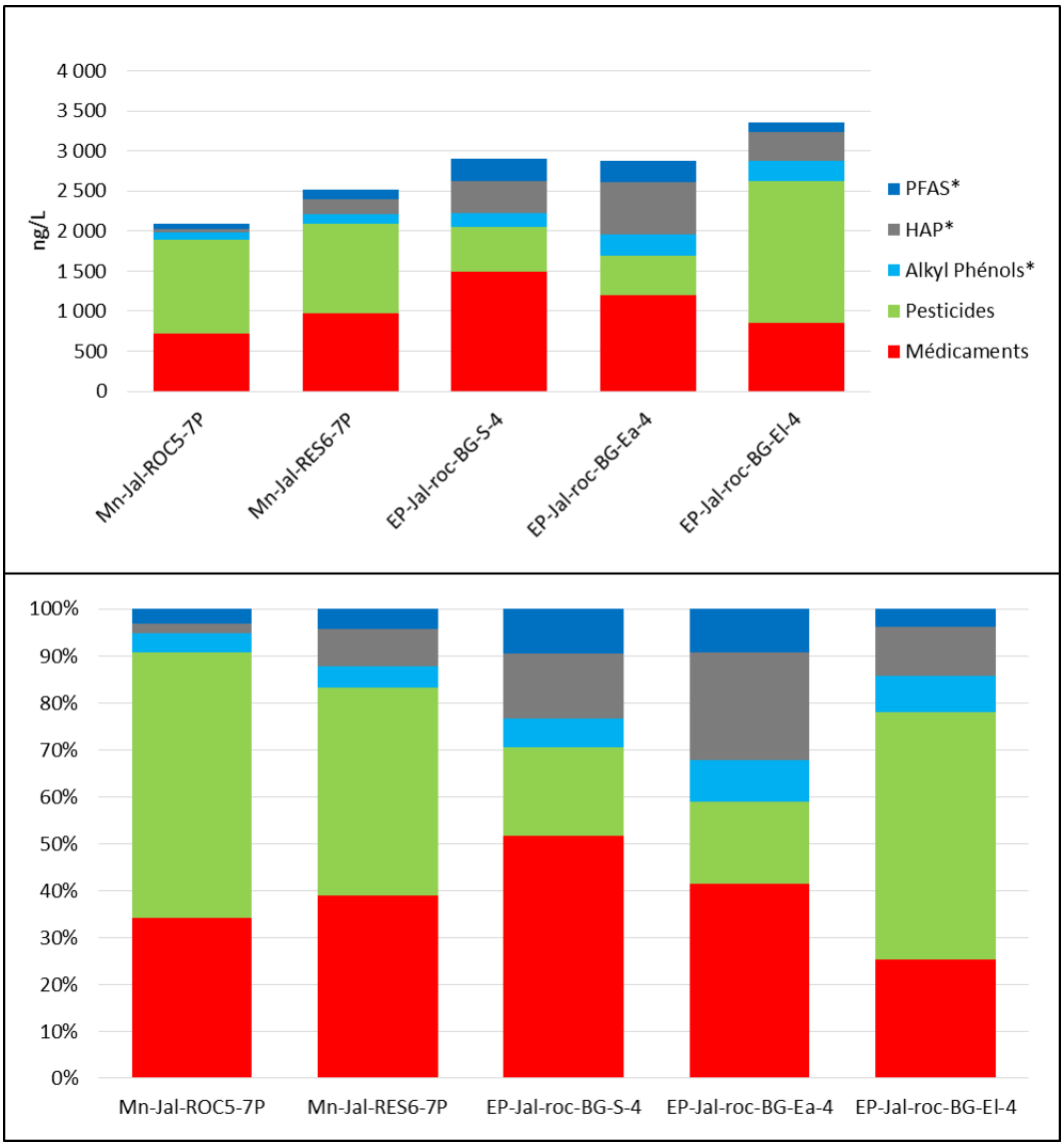


Figure 128. Profil général de contamination (ng/L) durant l'action continuum – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

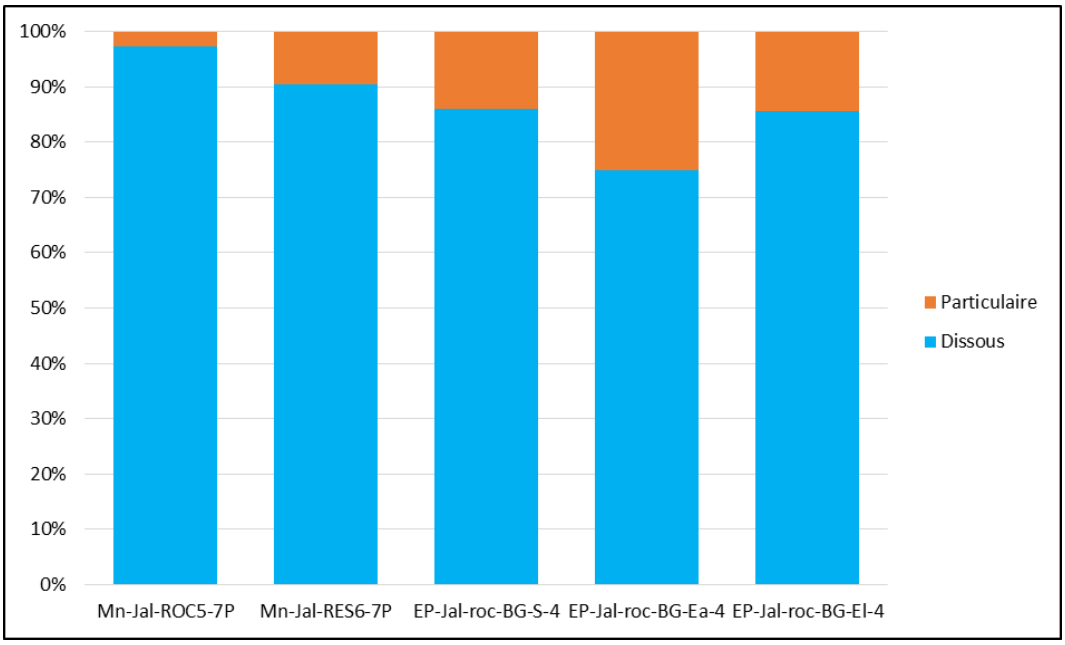


Figure 129. Partition phase dissoute/Phase particulaire durant l'action continuum

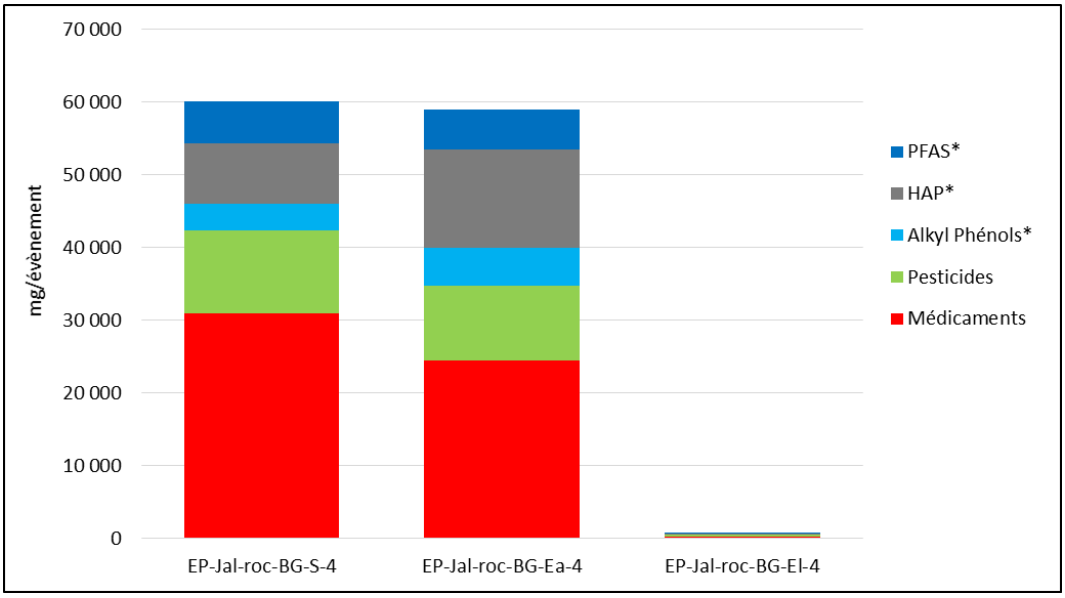


Figure 130. Flux totaux (mg/évènement) durant l'action continuum - Phase dissoute + Phase particulaire

B. PHARMACEUTIQUES

De nouveaux, des composés pharmaceutiques ont été mis en évidence dans la sortie de Bois Gramond par temps de pluie (Figure 131). La concentration totale est de 1 497 ng/L, ce qui est en accord avec les concentrations obtenues pour l'exutoire pluvial de la rocade (au niveau du site de Bois Gramond) par temps de pluie (1 169 et 1 762 ng/L), ainsi qu'avec les concentrations obtenues pour JAS001 dans le cadre du Plan Micropolluants Bordeaux Métropole pour les mêmes molécules (pouvant atteindre 1 360 ng/L, avec en moyenne 739 ± 507 ng/L). Sur les 13 composés recherchés, 6 sont quantifiés dans la sortie de Bois Gramond. Ces 6 composés sont également quantifiés au niveau des deux entrées (aéroport et limancet). L'ibuprofène n'est cependant pas quantifié dans l'entrée limancet. Les concentrations totales y sont d'ailleurs plus faibles : 849 ng/L contre 1 192 ng/L pour l'entrée aéroport.

Les principaux composés pharmaceutiques retrouvés dans les eaux pluviales de la rocade durant l'action continuum sont le paracétamol et la caféine, qui marquent de nouveau la présence d'eaux usées non traitées.

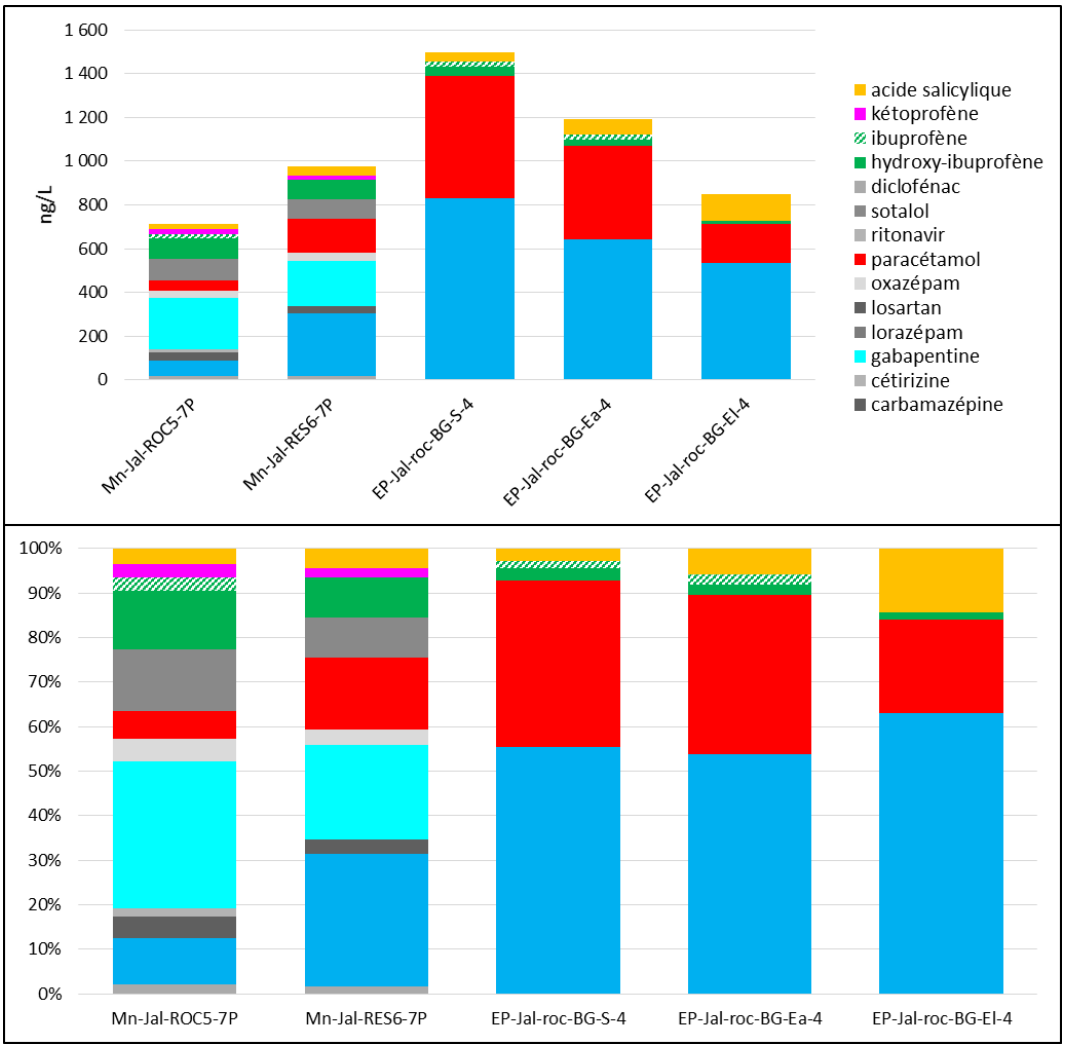


Figure 131. Concentrations (ng/L) de pharmaceutiques durant l'action continuum

Afin de déterminer la contribution de chaque entrée dans la contamination de la sortie de Bois Gramond, les flux ont été calculés (Figure 132). Malgré des concentrations du même ordre de grandeur entre les deux entrées, l'apport en composés pharmaceutiques de l'entrée « Limancet » est négligeable (0,1 g/évènement) par rapport à l'apport de l'entrée aéroport (103 g/évènement) ce qui est normal puisque le Limancet ne contribue qu'à 0,2 % du débit de la sortie.

Lors du même évènement pluvieux, le milieu naturel (la Jalle de Blanquefort) a également été étudié en amont et en aval du rejet de l'exutoire pluvial de la rocade. Sur les 13 molécules étudiées, seule une (diclofénac) n'a jamais été quantifiée dans le milieu naturel, ce qui montre une plus grande diversité des molécules dans le milieu naturel. Le bisoprolol, la carbamazépine, la cétérizine, la gabapentine, le sotalol et le kétoprofène y sont par exemple quantifiés alors qu'ils ne sont jamais quantifiés dans l'exutoire pluvial (Figure 131). Cette présence dans le milieu naturel est donc en lien avec les apports de l'amont de l'exutoire. Globalement, une augmentation des concentrations est observée entre l'amont et l'aval de l'exutoire qui passent de 714 à 978 ng/L. Cette augmentation est particulièrement liée à l'augmentation des concentrations en caféine et paracétamol, qui passent de

73 à 291 ng/L et de 44 à 158 ng/L. Or il s'agit des deux molécules apportées en plus grandes quantités au milieu par l'exutoire pluvial (68 et 48 g/évènement, respectivement) ce qui démontre bien sa contribution. Il a d'ailleurs déjà été montré que les exutoires pluviaux pouvaient avoir un impact sur la qualité du milieu récepteur d'où l'intérêt de contrôler au mieux ces rejets (Barbosa et al., 2012; Panasiuk et al., 2015).

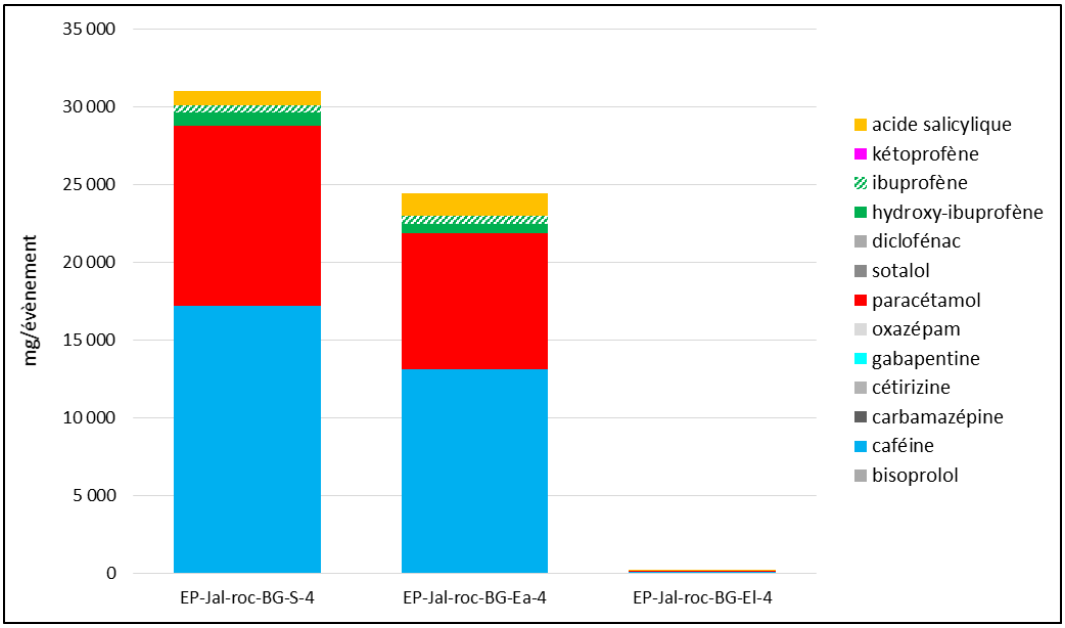


Figure 132. Contribution des entrées "aéroport" et "Limancet" dans l'apport de pharmaceutiques durant l'action continuum

C. PESTICIDES

Sur les 24 molécules recherchées, 15 pesticides ont été quantifiés dans le milieu récepteur (2-hydroxy-atrazine, acétochlore ESA, AMPA, carbendazime, diuron, DMSA, fipronil, glyphosate, hydroxy-simazine, imidaclorpide, métolachlore, métolachlore ESA, métolachlore OA, propiconazole, et terbutryne), et 14 ont été quantifiées dans l'exutoire pluvial (2-hydroxy-atrazine, AMPA, azoxystrobine, carbendazime, DCPMU, diflufenican, diuron, DMSA, glyphosate, hydroxy-simazine, imidaclopride, métolachlore OA, propiconazole, terbutryne, et terbutylazine).

Comme discuté dans la partie Bois Gramond, les eaux pluviales de la rocade nord sont principalement marquées par la présence de glyphosate et d'AMPA (Figure 133). Les concentrations en glyphosate sont plus importantes pour l'entrée Limancet EP-Jal-roc-BG-El-4 (1 100 ng/L) que pour l'entrée rocade+aéroportEP-Jal-roc-BG-Ea-4 (146 ng/L) et la sortie EP-Jal-roc-BG-S-4 (154 ng/L). Il en est de même pour les concentrations en AMPA, respectivement de 407, 181, et 207 ng/L. Le ratio AMPA/glyphosate est inversé pour cette entrée Limancet par rapport à la seconde entrée de l'ouvrage (rocade+aéroport) et la sortie, avec une concentration en glyphosate deux fois supérieure à celle de l'APMA, ce qui semble signifier que le glyphosate n'a pas été dégradé, donc que le site d'échantillonnage se situe plus près des sources. La présence de ces molécules peut être expliquée par un usage agricole mais aussi par un usage des particuliers. La métropole bordelaise n'utilise quasiment plus de phytopharmaceutiques afin de désherber son territoire suite au Plan Ecophyto (usages persistants dans les cimetières, stades et carrefours routiers dangereux), les usages par les collectivités sont donc limités. L'apport d'AMPA via les lessives du fait de particuliers mal raccordés ne peut cependant pas être écarté du fait de la présence de paracétamol dans l'effluent, qui est un traceur de rejets non traités et semble indiquer un mauvais raccordement aux eaux usées pour certaines habitations.

Le propiconazole est encore une fois fortement présent dans les eaux de ruissellement. Il y a une concentration équivalente entre les 2 entrées et la sortie du système, environ 200 ng/L, mais ces concentrations sont plus de 2 fois supérieures à celle estimées en temps de pluie dans le cadre de l'étude « Bois Grammont » de la partie précédente. De telles différences mettent en évidence une variabilité intra ouvrage pour les pesticides, surement dépendantes de l'intensité de la pluie, des périodes de traitement, de la période de dépôts secs avant l'évènement, etc. (Birch et al., 2011; Botta et al., 2009).

Des flux peuvent être calculés sur le site de Bois Grammont de l'exutoire pluvial de la rocade (Figure 134). Le point d'entrée EP-Jal-roc-BG-El-4 qui présentait les plus fortes concentrations contribue peu aux flux sortants du système là ou l'entrée EP-Jal-roc-BG-Ea-4 y contribue à environ 95%. Le flux total sortant en pesticides est estimé à plus de 45 g/évènement.

Le milieu naturel étudié pendant ce même évènement pluvieux possède un profil de contamination très différent des eaux de ruissèlement de la rocade, notamment caractérisé par le métolachlore (10 ng/L) et deux de ses métabolites : le métolachlore ESA (300 ng/L) et le métolachlore OA (400 ng/L), alors qu'aucune trace de ces composés n'est retrouvé dans les eaux de l'exutoire pluvial. Le S-métolachlore est un herbicide à usage agricole strict, plus particulièrement utilisé dans la culture du maïs. Il est rapidement dégradé dans les sols et les métabolites générés sont progressivement lessivés jusqu'aux eaux de surfaces. La présence de ces molécules est ici en lien avec la maïsiculture ancrée plus en amont sur le cours d'eau. La présence de métolachlore et de ses métabolites dans la Jalle a déjà été rapporté (Cruz, 2015; Dufour et al., 2015), à des concentrations du même ordre de grandeur que celles actuellement observées, avec une variabilité due aux périodes d'application du composé (début printemps), comme cela a pu être mis en évidence dans le cadre du suivi de la Jalle de Blanquefort (cf. partie Milieu Naturel).

La rivière est également marquée par le biocide imidaclopride (5 ng/L) qui provient vraisemblablement du rejet de station de traitement des eaux usées plus en amont sur le cours d'eau et qui rejette en moyenne 1,7 g/jour d'imidaclopride dans le milieu , puisque ce composé n'est pas dégradé par les station de traitement des eaux usées (Campo et al., 2013; Sadaria et al., 2016).

Un métabolite de l'atrazine, l'atrazine-2-hydroxy, est retrouvée dans les eaux de la rivière à des concentrations de l'ordre de 30 ng/L. L'atrazine est un herbicide employé jusqu'en 2003, année à partir de laquelle son usage devient illégal en France. La présence d'un de ses métabolites dans les eaux naturelles peut résulter de la dégradation de la molécule mère et à son lessivage suite à d'anciens usages. L'absence de la molécule mère écarte la piste d'un usage frauduleux actuel.

Enfin, les concentrations en AMPA sont sensiblement identiques à celles en sortie de l'exutoire pluvial (environ 200 ng/L), alors que le glyphosate est 2 à 4 fois moins concentré (40-77 ng/L).

La comparaison de l'amont et de l'aval du rejet de l'exutoire pluvial met en relief l'augmentation de concentration de certains composés après le rejet pour l'AMPA, le glyphosate, et le propiconazole avec des augmentations respectives de +14%, +90% et +440%. Ces composés sont également présents en forte proportion dans l'effluent de sortie de l'exutoire. Cela mène à l'hypothèse que cet ouvrage contribue à la contamination au cours d'eau et peut en modifier le profil de contamination. La génération de flux pour l'ensemble des points permettra dans un second temps de confirmer cette hypothèse en comparant l'amont du rejet, le rejet et l'aval du rejet, et d'évaluer si l'exutoire pluvial peut impacter le cours d'eau à une échelle locale.

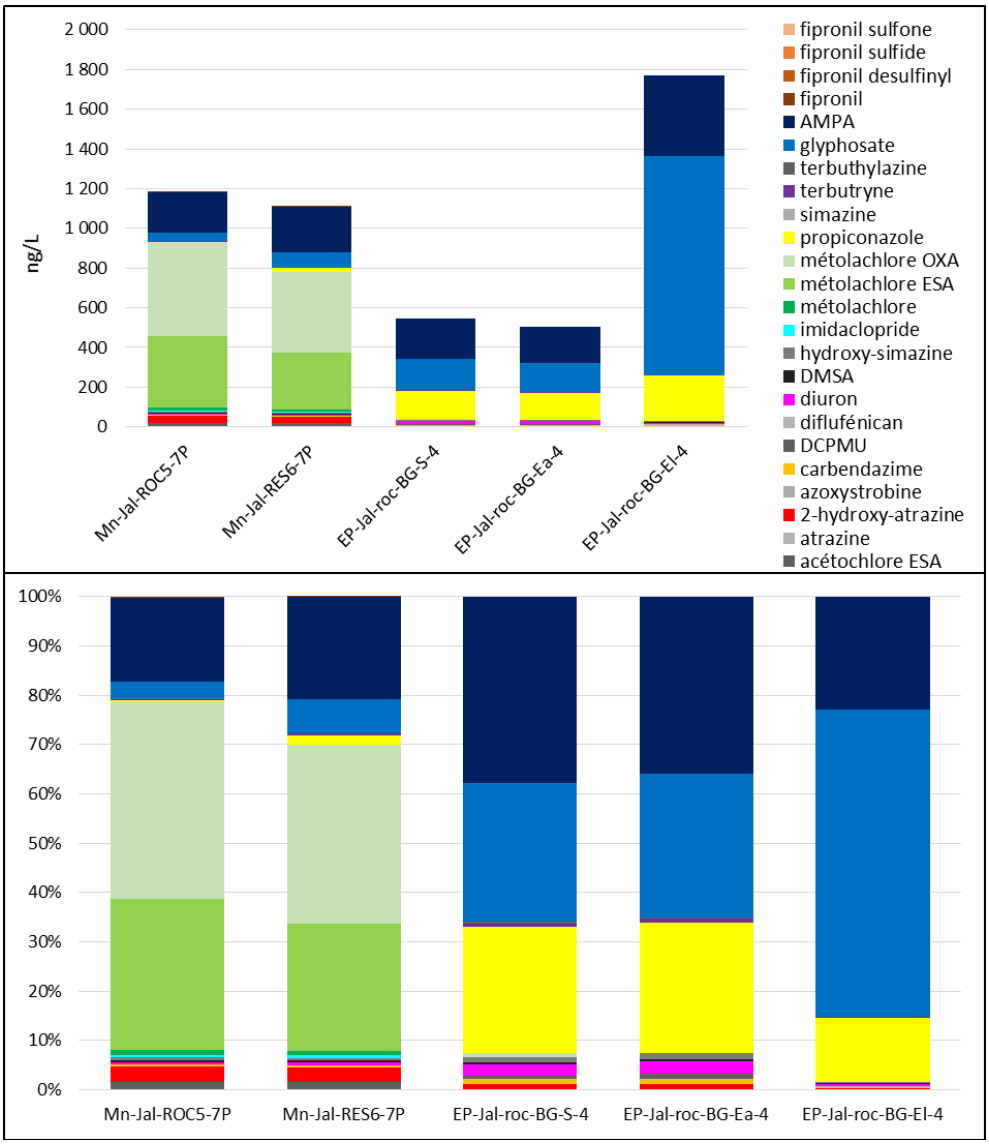


Figure 133. Concentrations (ng/L) de pesticides durant l'action continuum

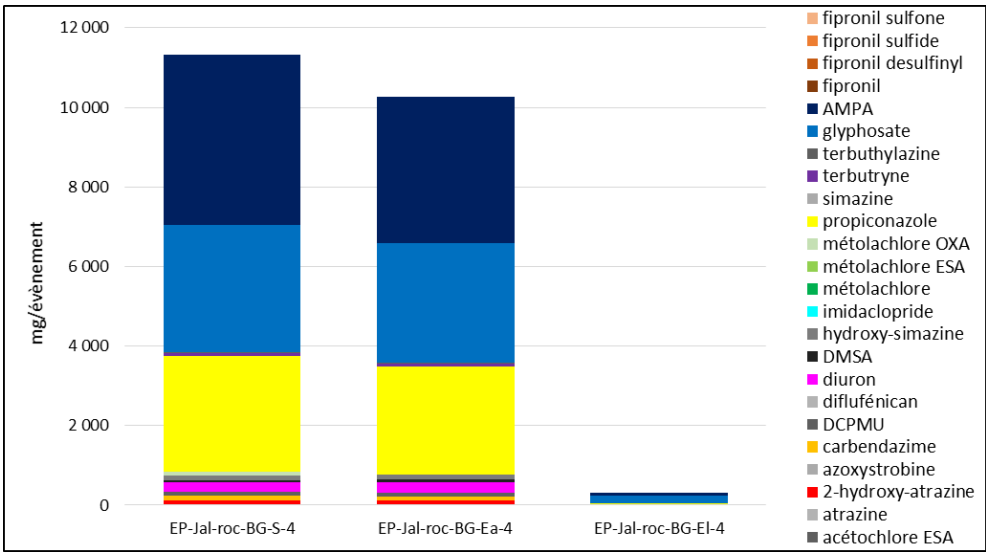


Figure 134. Apport en pesticides (mg/évènement) des entrées "aéroport" et "Limancet"

D. ALKYLPHENOLS

Les concentrations en alkylphénols dans la phase dissoute durant la campagne continuum varient entre 60 et 105 ng/L (Figure 135). Comme cela a été observé dans les prélèvements de Bois Gramond par temps de pluie, la contamination provient essentiellement de la présence de 4-nonylphénol. Les concentrations des deux entrées, aéroport et limancet, sont quasiment équivalentes. Cependant le calcul des flux montre que les apports en alkylphénols sont dus à l'entrée aéroport avec 22,1 g/évènement contre 0,035 g/évènement pour l'entrée limancet. Ce résultat est cohérent compte tenu du fait que le débit d'entrée limancet ne représente que 0,2% du débit en sortie de Bois Gramond.

Les concentrations obtenues pour la phase particulaire varient entre 900 et 5 000 ng/g (Figure 136). Les concentrations totales obtenues (phase dissoute + phase particulaire) varient entre 80 et 260 ng/L (Figure 137Figure 138). Seul le point milieu naturel en amont de l'exutoire pluvial (MA-Jal-ROC5-7P) présente un apport en alkylphénols majoritairement dû à la phase dissoute. Les entrées et la sortie de Bois Gramond ainsi que la réserve de Bruges ont une contamination en alkylphénols en grande partie due à l'apport de la phase particulaire (Figure 138).

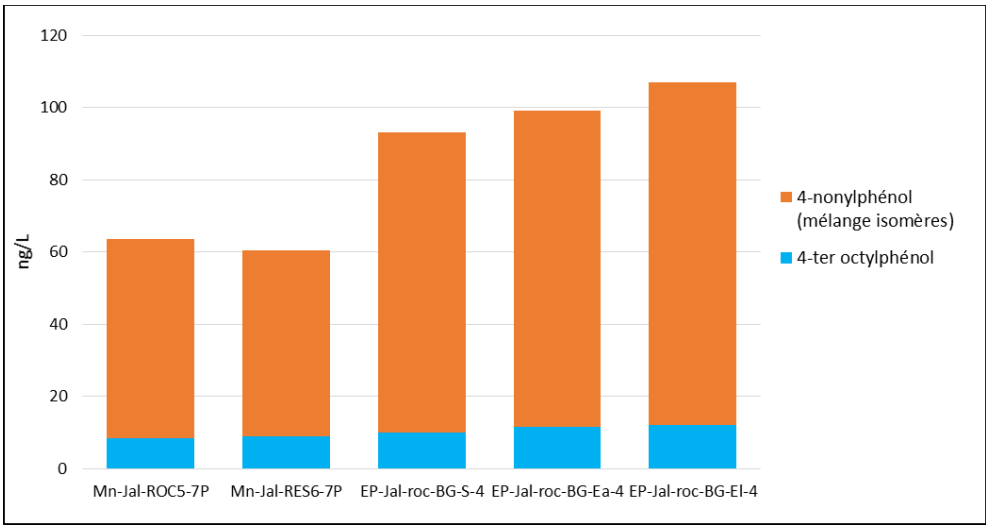


Figure 135. Concentrations (ng/L) en alkylphénols durant l'action continuum (phase dissoute)

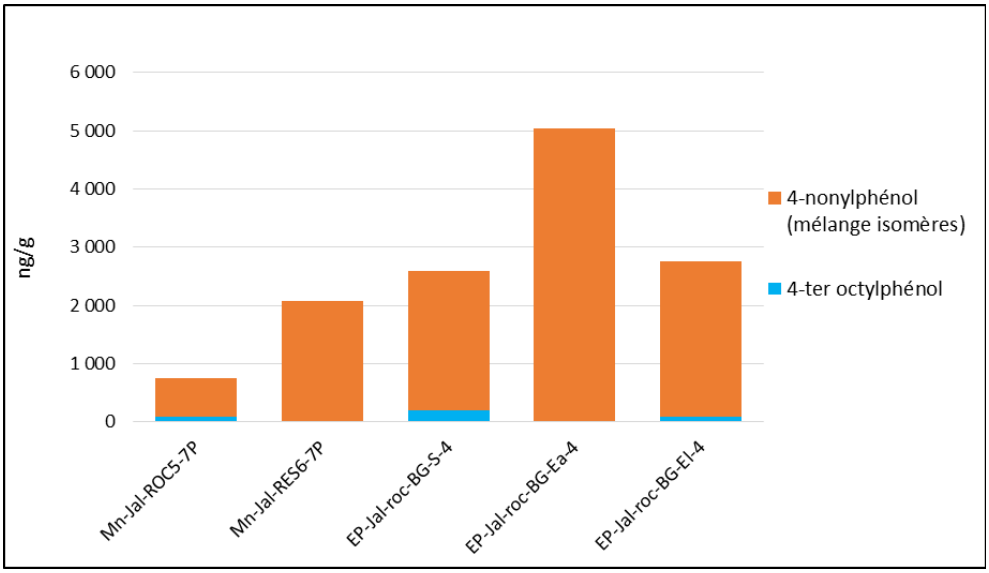


Figure 136. Concentrations (ng/g) en alkylphénols durant l'action continuum (phase particulaire)

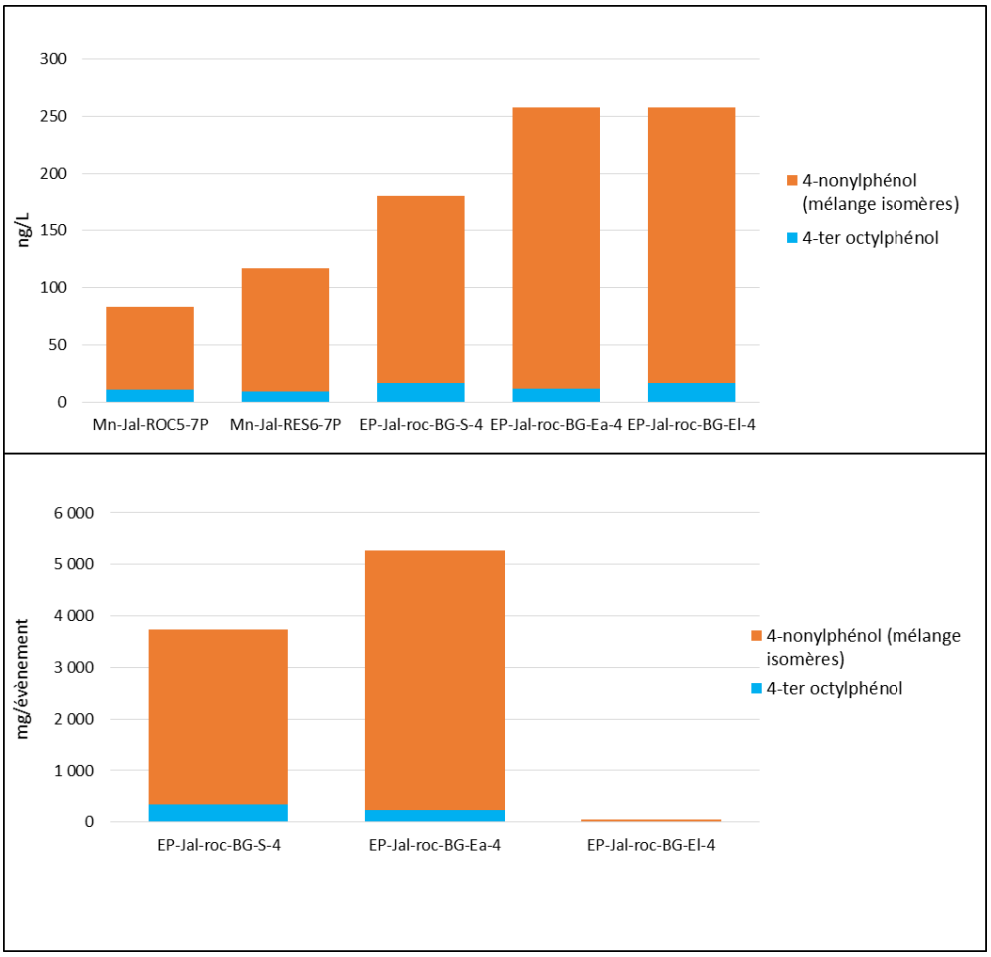


Figure 137. Concentration totale (ng/L) et flux totaux (mg/évènement) (Phase dissoute + phase particulaire) en alkylphénols durant l'action continuum

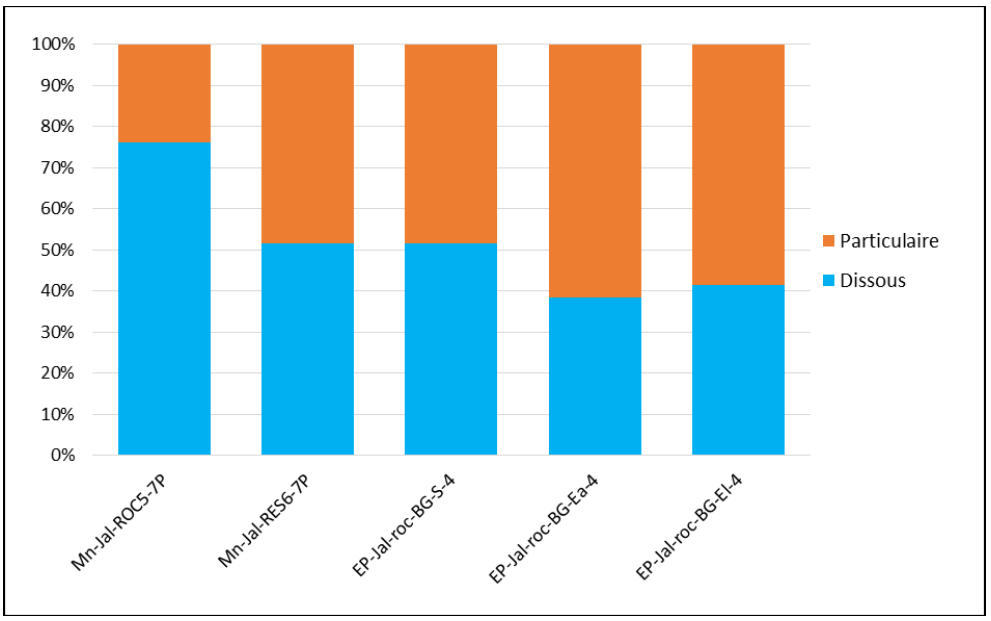


Figure 138. Partition dissous/particulaire des alkylphénols durant l'action continuum (phase dissoute + phase particulaire)

E. HAP

Sur les 14 molécules analysées dans la phase dissoute, 3 n'ont jamais été détectées (benz(a)pyrène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, benzo(g,h,i)pyrène) et 3 n'ont été détectées qu'en sortie de Bois Gramond et dans l'entrée « aéroport » : le benzo(a)anthracène à une concentration moyenne de 0,5 ng/L, le naphtalène à une concentration moyenne de 13 ng/L et le benzo(b+j+k)fluoranthène à une concentration moyenne de 0,5 ng/L.

Les taux de HAP cumulés, en phase dissoute, des échantillons de l'action continuum varient entre 5 et 90 ng/L (Figure 139). La sortie de Bois Gramond (EP-Jal-roc-BG-S-4) et l'entrée « Aéroport » (EP-Jal-roc-BG-Ea-4) sont caractérisées par la présence de naphtalène (15%). Les concentrations dans l'entrée limancet (EP-Jal-roc-BG-El-4) sont plus faibles que celles détectées dans l'entrée aéroport (EP-Jal-roc-BG-Ea-4), respectivement 21,6 ng/L et 96,6 ng/L ce qui laisse penser que l'apport en HAP vient principalement de l'entrée aéroport. Le calcul des flux confirme ce résultat. En effet, les apports de HAP de l'entrée limancet (3 mg/évènement) sont négligeables par rapport à celles de l'aéroport (8301 mg/évènement).

L'action continuum avait également pour but d'analyser deux points de milieu naturel sur la Jalle pendant le même évènement pluvieux, l'amont du collecteur rocade (Mn-Jal-ROC5-7P) et l'aval du collecteur (Mn-Jal-RES6-7P). Les molécules quantifiées aux plus fortes concentrations dans la phase dissoutes sont le pyrène et le phénanthrène. A l'amont du collecteur les concentrations respectives du pyrène et du phénanthrène sont de 1,1 et 1,4 ng/L. Concernant le point aval du collecteur ces concentrations sont de 4,5 et 2,5 ng/L. Ces résultats correspondent à ceux obtenus pour le milieu naturel en temps sec (présentés dans la section A). En effet les concentrations moyennes obtenues en Amont/Aval du collecteur pour le pyrène et le phénanthrène étaient respectivement de 0,95 (amont)/2 (aval) ng/L et 1,7 (amont)/2,4 (aval) ng/L. Les profils de contamination de ces deux points diffèrent cependant. Dans le point en amont de l'exutoire (Mn-Jal-ROC5-7P), l'anthracène et l'acénaphtylène n'étaient pas détectés. Par contre, le point en aval de l'exutoire pluvial (Mn-Jal-RES6-7P) est marqué par la présence d'anthracène (0,4 ng/L) et d'acénaphtylène (0,6 ng/L). L'apport de ces molécules pourrait provenir de l'exutoire pluvial de la rocade nord. De manière générale, l'exutoire pluvial semble constituer une source de contamination aux HAP car la concentration totale cumulée (phase dissoute + phase particulaire) (Figure 141) passe de 43 ng/L pour l'amont du collecteur à 195 ng/l pour l'aval.

Les profils de contamination obtenus sur la phase particulaire sont identiques entre les différents points de prélèvements et présentent des concentrations cumulées variant entre 1 800 ng/g et 18 000 ng/g (Figure 140). Les 3 molécules majoritaires sont le fluoranthène, le pyrène et le benzo(b+j+k)fluoranthène avec des concentrations respectives s'échelonnant entre 223-2 742 ng/g, 212-2 798 ng/g et 310-3 194 ng/g, les concentrations maximales étant mesurées dans l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et les plus faibles dans les deux points de milieu naturel (Mn-Jal-ROC5-7P et Mn-Jal-RES6-7P). Les points du milieu naturel avaient été suivis en temps sec (cf section A) et les concentrations moyennes obtenues sont cohérentes avec celles observées dans le continuum. En effet les concentrations moyennes précédemment obtenues sur le milieu naturel pour le fluoranthène, le pyrène et le benzo(b+j+k)fluoranthène étaient respectivement de l'ordre de 339 ng/g, 330 ng/g et 280 ng/g.

Les concentrations totales en HAP (phase dissoute + phase particulaire) varient entre 43 et 650 ng/L (Figure 142), l'apport provenant essentiellement de la phase particulaire. Le point présentant la plus forte teneur en HAP est l'entrée de Bois Gramond « aéroport ». Ce résultat n'est pas surprenant car cette entrée draine les eaux pluviales de la rocade nord et une partie des eaux de lessivage de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac. Le trafic routier important est par conséquent une des principales sources de contamination par les HAP.

Les flux ont été calculés afin de mesurer l'apport exact en HAP lors d'une forte pluie (Figure 141). Les apports pour l'entrée limancet, l'entrée aéroport et la sortie de Bois Gramond sont respectivement de 49, 56 632 et 33 030 mg/évènement. On peut ainsi confirmer la très faible contribution de l'entrée limancet dans la contamination aux HAP. On peut également noter l'impact du dégrilleur/dessableur sur l'apport en HAP. En effet, la concentration en HAP sur la phase particulaire et donc la contamination globale est moins importante en sortie de Bois Gramond que dans l'entrée. Ceci peut être dû à l'effet du dégrilleur/dessableur ou à une floculation naturelle des particules entre l'entrée et la sortie.

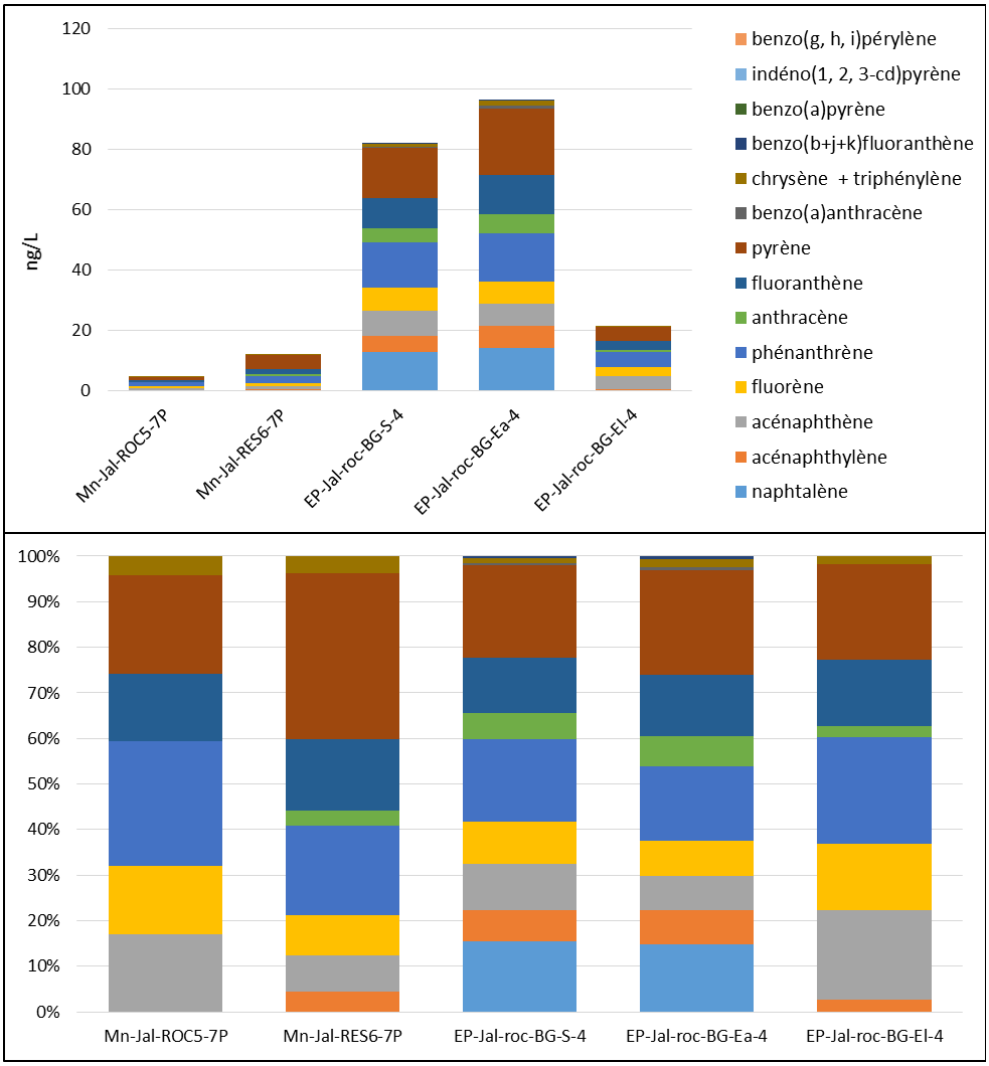


Figure 139. Concentrations (ng/L) en HAP durant l'action continuum (phase dissoute)

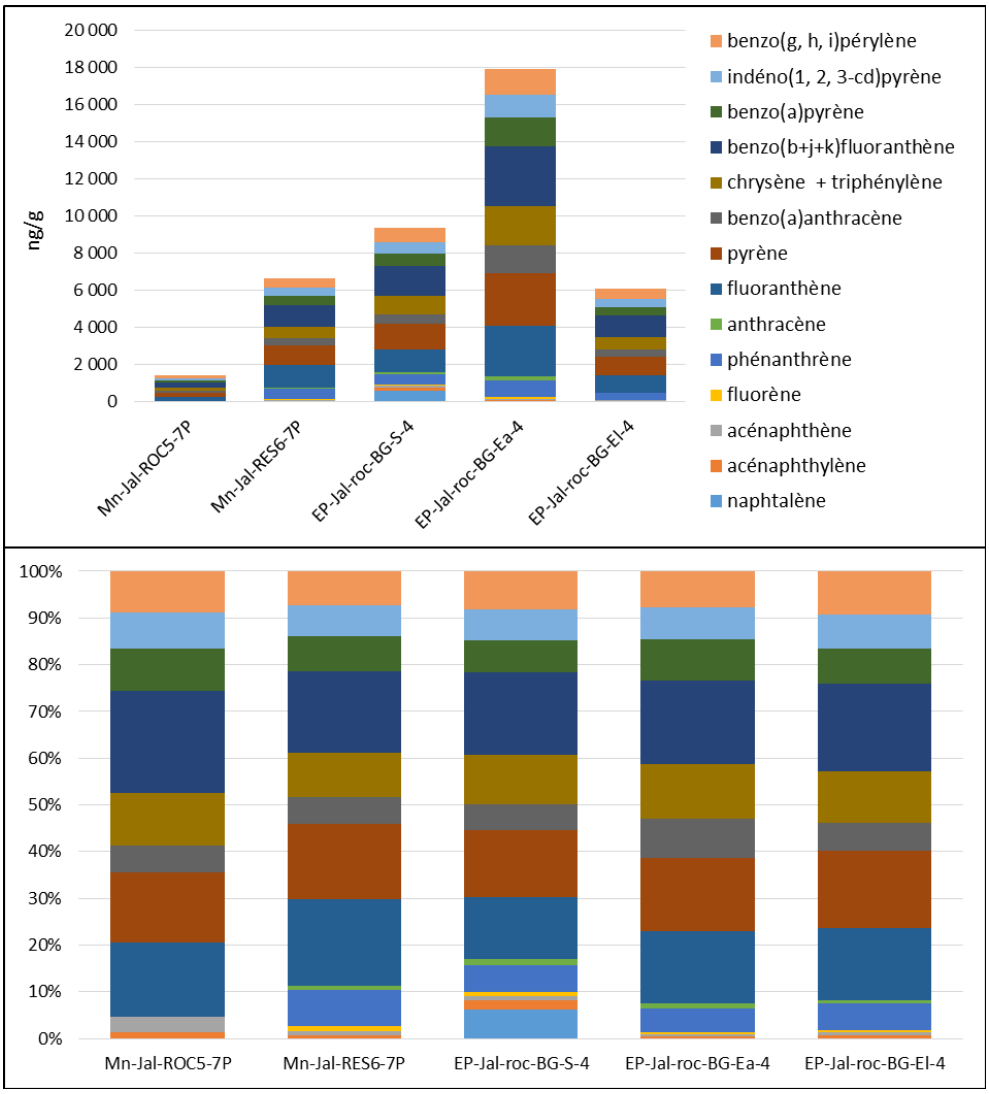


Figure 140. Concentrations (ng/g) en HAP durant l'action continuum (phase particulaire)

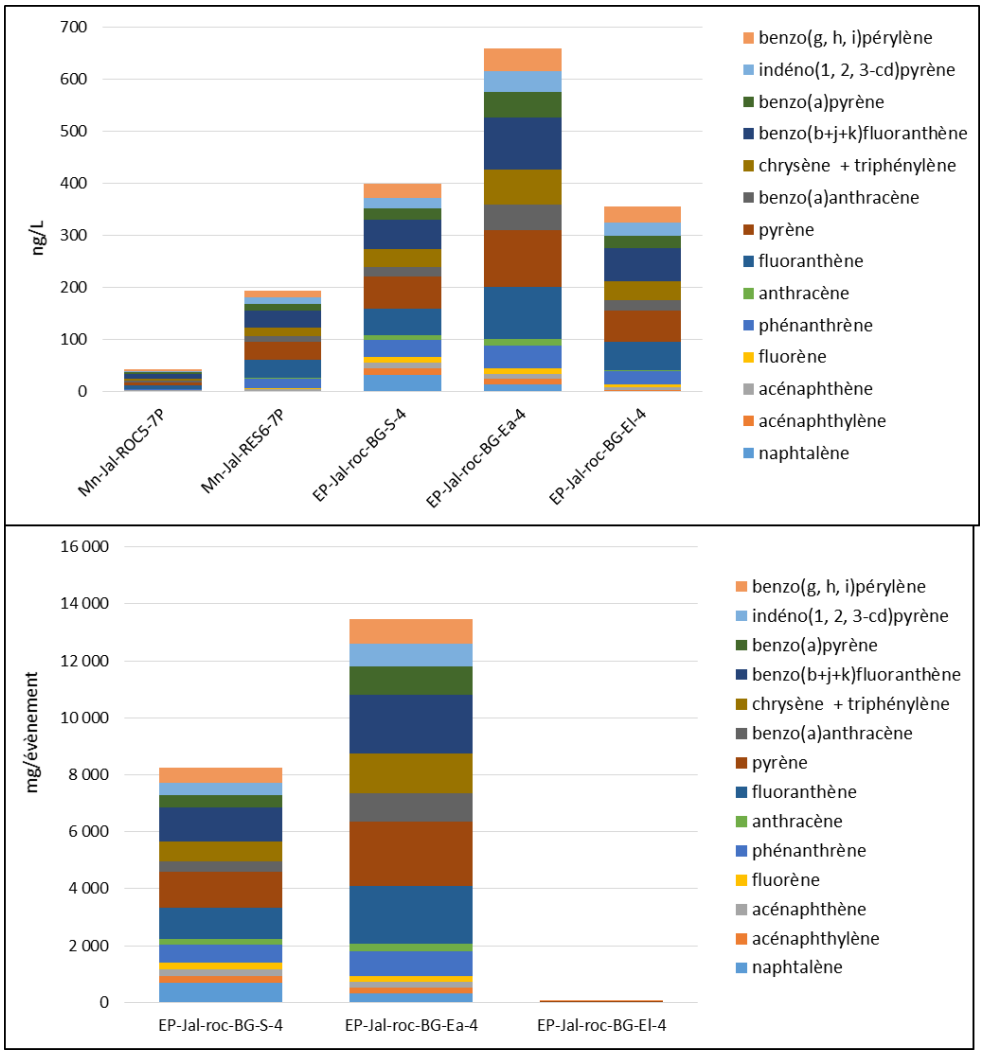


Figure 141. Concentration totale (ng/L) et Flux totaux (mg/évènement) (Phase dissoute + Phase particulaire) de HAP durant l'action continuum

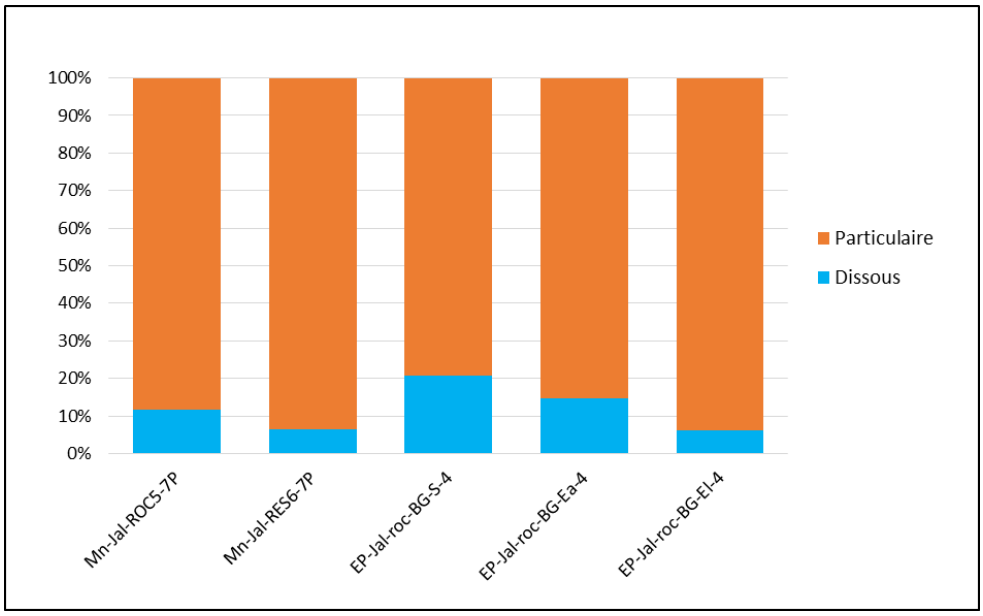


Figure 142. Partition dissous/particulaire des HAP durant l'action continuum (phase dissoute + phase particulaire)

F. PFAS

Seule la phase dissoute a pu être analysée dans cette partie en raison des faibles teneurs en particules dans les eaux. Néanmoins, au regard des résultats obtenus au niveau du bois Gramond, les apports en PFAS via la phase particulaire peuvent être considérés négligeables comparés aux apports via la phase dissoute.

Sur les 17 PFAS analysés, 3 n'ont jamais été détectés (FOSAA, MeFOSAA et FOSA), aussi bien dans le milieu naturel qu'en entrée et sortie du bois Gramond.

La concentration (Σ PFAS = 278 ng/L) et le profil moléculaire obtenu en sortie de Bois Gramond sur cette campagne d'échantillonnage (BG-S4) sont comparables à ceux obtenus sur les autres périodes d'échantillonnage sur ce site (cf. Bois Gramond/PFAS) (Figure 143). Les mêmes niveaux (Σ PFAS = 269 ng/L) et profils moléculaires sont observés pour l'entrée « aéroport » (présence majoritaire du 6:2 FTSA, PFOS puis des PFCA et PFSA à chaîne courte). Quant à l'entrée « Limancet », les niveaux cumulés sont deux fois plus faibles (Σ PFAS = 127 ng/L) et le rapport PFSA / 6:2 FTSA est multiplié par 3 comparé aux deux sites précédemment mentionnés. En termes de flux (Figure 144), les apports en sortie de Bois Gramond (5,7 g/évènement) sont expliqués dans la quasi-totalité par les apports de l'entrée « Aéroport » sur cet épisode pluvieux (5,5 g contre 0,02 g pour l'entrée Limancet), le débit mesuré en entrée « limancet » étant 6 000 fois plus faible qu'en entrée « aéroport ».

En milieu naturel, la somme des PFAS varie de 66 ng/L en amont du collecteur à 109 ng/L en aval. Les apports du collecteur rocade sembleraient donc bien impacter les niveaux mesurés en milieu naturel par temps de pluie (résultats à confirmer). Néanmoins, les profils de contamination en amont et aval sont quasiment inchangés et sont similaires à ceux observés au niveau du bois Gramond. Seule la présence d'EtFOSAA en aval, non quantifié en amont, peut témoigner de l'apport des rejets du collecteur sur le profil de contamination (ce composé étant également quantifié en entrées et sortie du bois Gramond).

La présence de PFAS, dans le milieu, en amont du collecteur rocade montre qu'il existe d'autres apports. Des résultats préliminaires (analyse a posteriori de quelques échantillons collectés en juillet 2013 dans le cadre du programme ETIAGE) confirment en effet la présence de PFAS de l'amont de la STEU de Cantinolle jusqu'à la confluence avec la Garonne à des niveaux compris entre 16 ng/L (pour l'amont) et 42 ng/L (pour l'aval) pour la somme des PFAS (même liste que pour REGARD). Ces niveaux étaient jusqu'à deux fois plus faibles que ceux retrouvés dans REGARD mais les périodes d'échantillonnage n'étaient pas les mêmes : temps sec pour ETIAGE et temps de pluie pour REGARD. Or, cette étude tend bien à montrer l'influence des eaux de ruissellements sur les niveaux mesurés en milieu naturel. Dans le cadre d'ETIAGE, l'effluent de la STEU Cantinolle a pu être également identifié comme une source de PFAS vers le milieu naturel, avec un niveau global de 54 ng/L mesuré dans la phase dissoute pour la même période d'échantillonnage que le milieu naturel. En estimant un débit moyen en sortie de cette station d'épuration à 10000 m^3/j (Cruz, 2015), ce niveau correspondrait à un flux journalier de 540 mg en PFAS soit jusqu'à 45 fois plus élevé qu'en sortie du Bois Gramond par temps sec (cf section Bois Gramond).

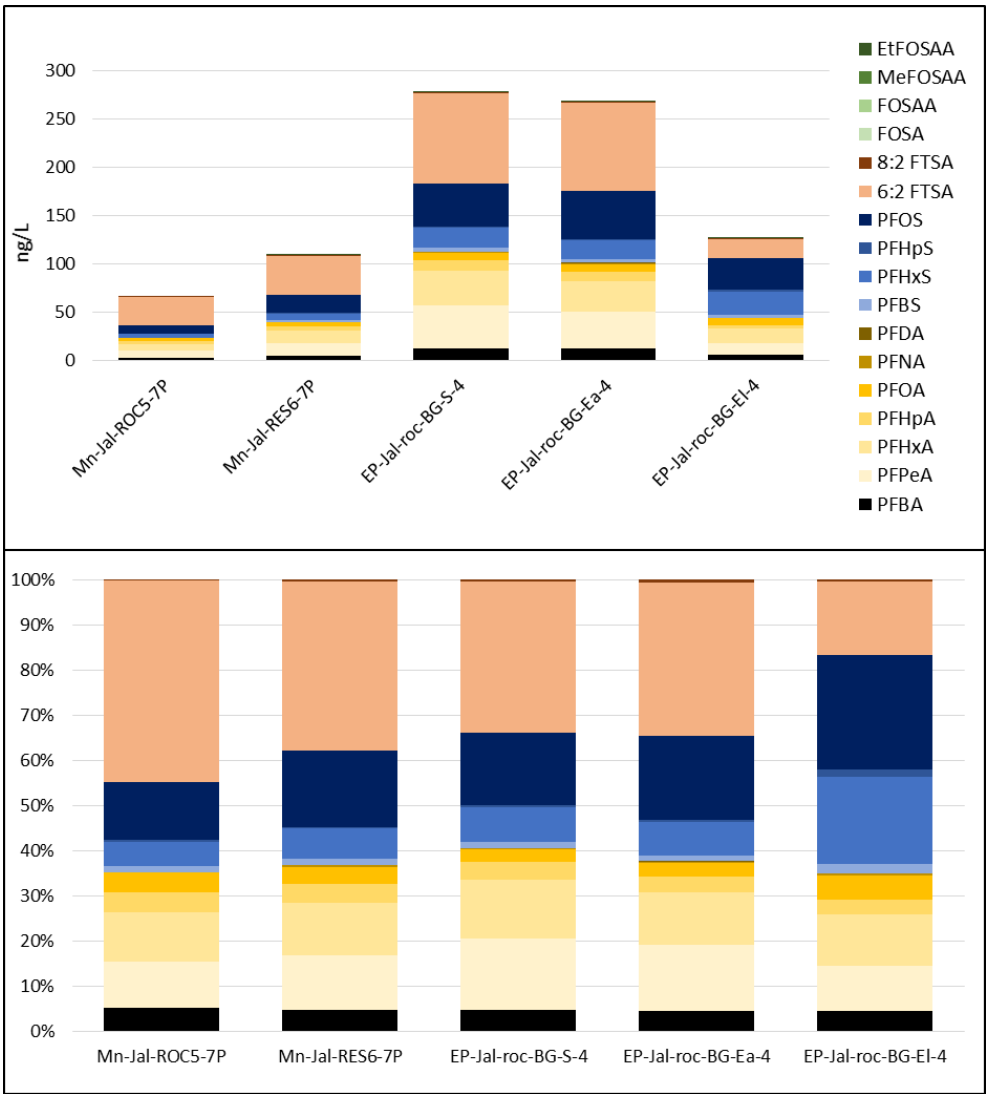


Figure 143. Concentrations (ng/L) de PFAS durant l'action continuum (phase dissoute)

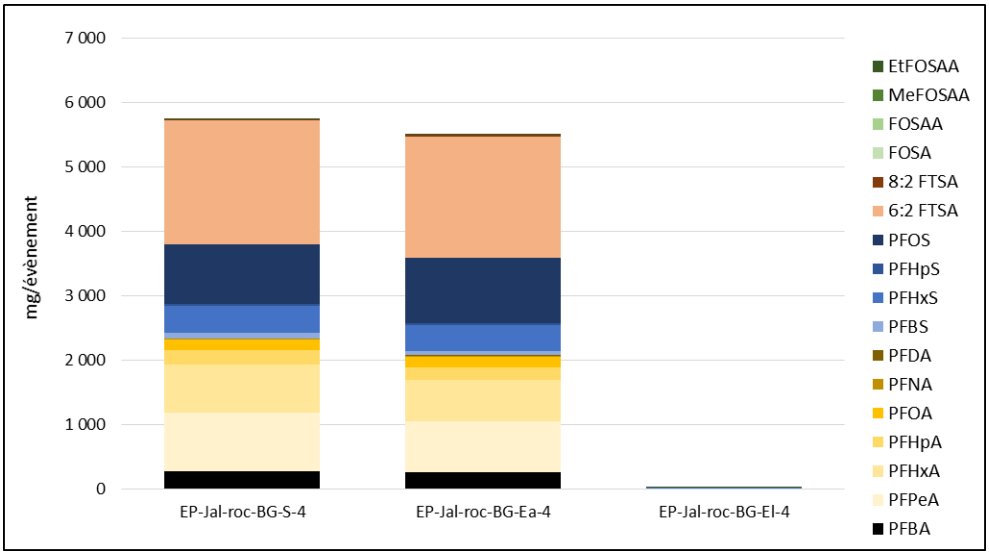


Figure 144. Flux (mg/évènement) de PFAS (Phase Dissoute) durant l'action continuum

3. Action haute fréquence : Pollutogramme

L'action « pollutogramme » consiste en la réalisation d'une campagne de prélèvements à haute fréquence par temps de pluie afin de connaitre l'arrivée, au niveau du site de Bois Gramond, du pic de pollution par rapport au pic hydrographique (pic du débit d'eau). Les caractéristiques des prélèvements sont détaillées dans le Tableau 32 et la liste des molécules analysées dans le Tableau 31.

Les calculs de flux ont été réalisés en tenant compte des débits mesurés et des durées d'attente entre deux prélèvements successifs (Tableau 33). Cette méthode a permis de normaliser les flux en les exprimant en mg/min.

heure de début du prélèvement 19h16			
n° échantillon	**heure réelle de fin du prélèvement**	**Δt réel (min)**	**ΣΔt réel (min)**
1	19h20		0
		5	
2	19h25		5
		4	
3	19h29		9
		6	
4	19h35		15
		7	
5	19h42		22
		8	
6	19h50		30
		5	
7	19h55		35
		13	
8	20h08		48
		13	
9	20h21		61
		9	
10	20h30		70
		19	
11	20h49		89
		22	
12	21h11		111
		29	
13	21h40		140
		38	
14	22h18		178
		58	
15	23h16		236

Tableau 33. Timing des prélèvements en sortie de Bois Gramond durant l'action pollutogramme

A. PROFIL GENERAL DE CONTAMINATION

La Figure 145 présente les concentrations moyennes obtenues lors de l'action pollutogramme cumulées par grande classe de composés organiques, et ce, pour la phase totale (dissoute + particulaire). La concentration totale cumulée varie entre 5 000 ng/L et 20 000 ng/L en fonction des points de prélèvement avec un maximum atteint pour le point n°6. L'essentiel de la contamination provient de la présence de pesticides. En termes de flux, l'apport en contaminants varie entre 287 mg/min (point 15) et 4 961 mg/min (point 6) (Figure 146). Le pic de contamination est donc détecté 30 min après le début de la pluie (Tableau 33).

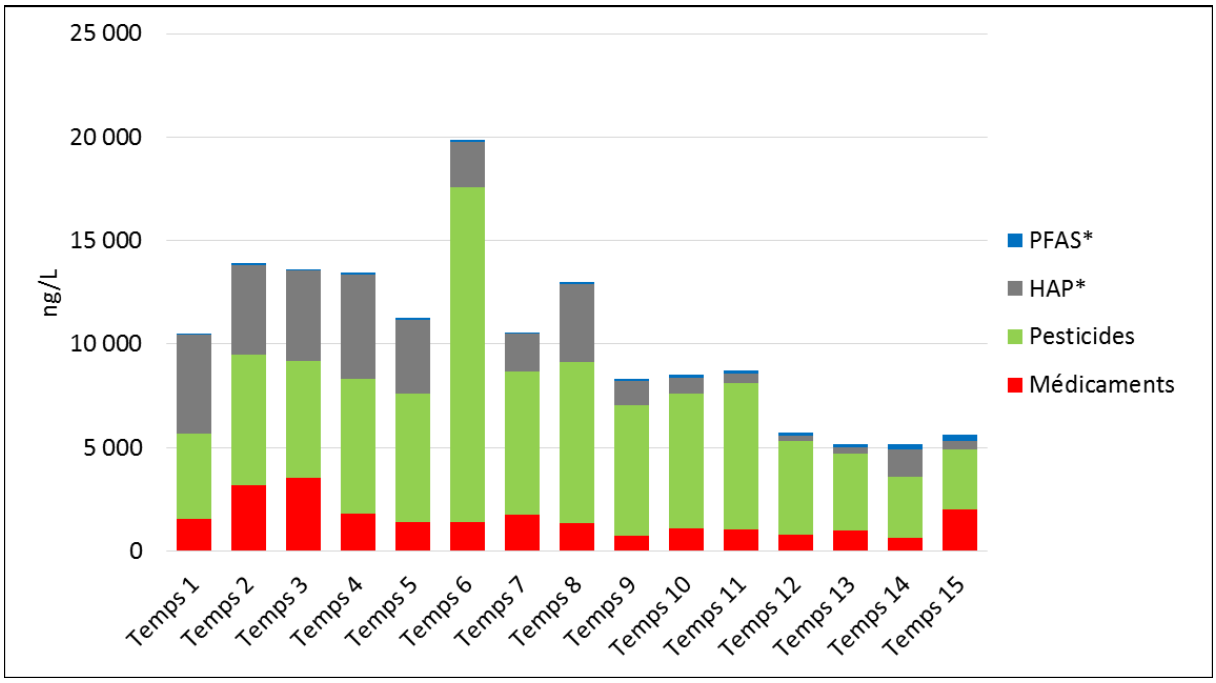


Figure 145. Profil de contamination général, sortie de Bois Gramond - Action Pollutogramme (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

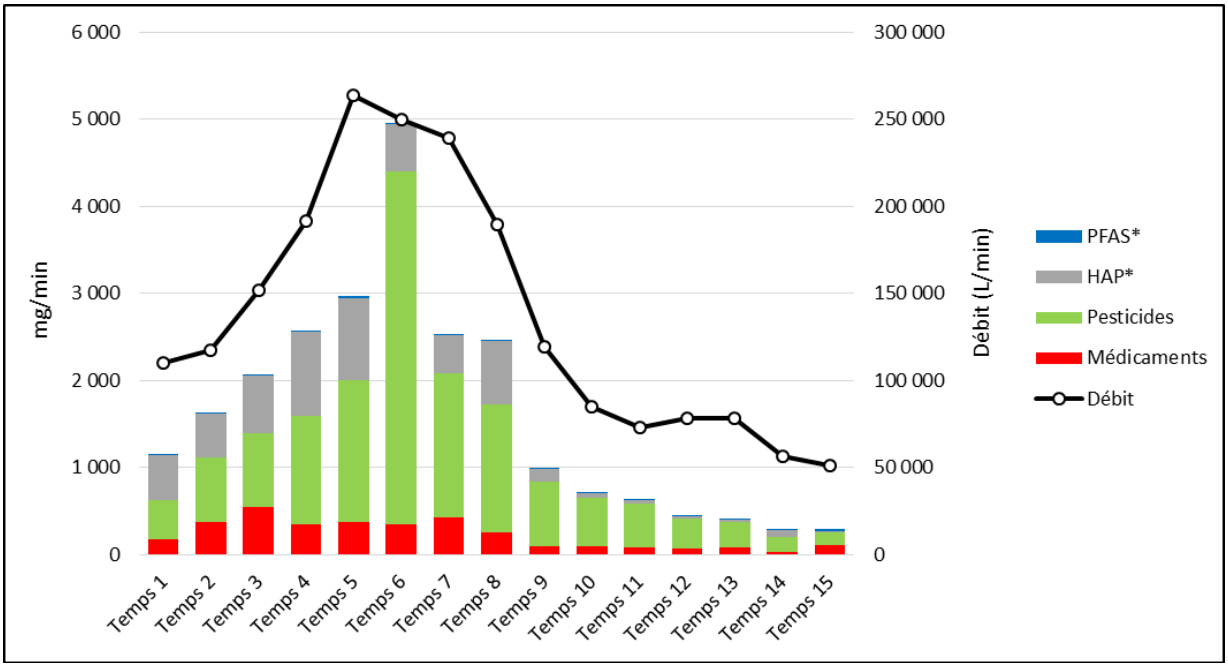


Figure 146. Flux totaux de contaminants (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action Pollutogramme (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

B. PHARMACEUTIQUES

Sur les 13 molécules recherchées, seuls la cétirizine, la gabapentine et le diclofénac n'ont jamais été détectés. A noter que les résultats pour l'hydroxy-ibuprofène n'ont pas pu être obtenus, en raison d'une trop forte interférence matricielle. Le paracétamol, la caféine et l'acide salicylique sont quantifiés dans l'ensemble des échantillons et aux plus fortes concentrations, ce qui est en accord avec

les précédents prélèvements effectués au Bois Gramond par temps de pluie. Au contraire le bisoprolol, la carbamazépine, l'oxazépam, le sotalol et le kétoprofène ne sont quantifiés que dans 1 ou 2 échantillons. La carbamazépine, l'oxazépam et le sotalol n'avaient jamais été quantifiés dans les échantillons moyennés de temps de pluie, ce qui peut être logique étant donné les faibles concentrations mesurées, qui seraient trop diluées dans un échantillon moyenné sur l'ensemble de la pluie.

Les concentrations totales varient entre 611 et 3 552 ng/L, avec une concentration moyenne de 1 555 ng/L (Figure 147). Cette valeur est en accord avec les concentrations obtenues pour les échantillons moyennés précédemment prélevés par temps de pluie, comprises entre 1 000 et 4 000 ng/L. Les concentrations les plus fortes sont obtenues pour les temps 2 et 3 (soit 10 et 15 minutes après le début de la pluie) ainsi que pour le dernier prélèvement. En termes de flux, les apports les plus importants (>300 mg/min) sont obtenus entre le temps 2 et 7 (Figure 148). Contrairement aux pesticides ou aux HAP, les précédents résultats ont montré que la source des pharmaceutiques dans l'exutoire pluvial n'était pas liée au ruissellement, mais plutôt à des mauvais raccordements. L'augmentation des apports pourrait donc s'expliquer par une remobilisation de certains composés dans les conduits (Launay et al., 2016).

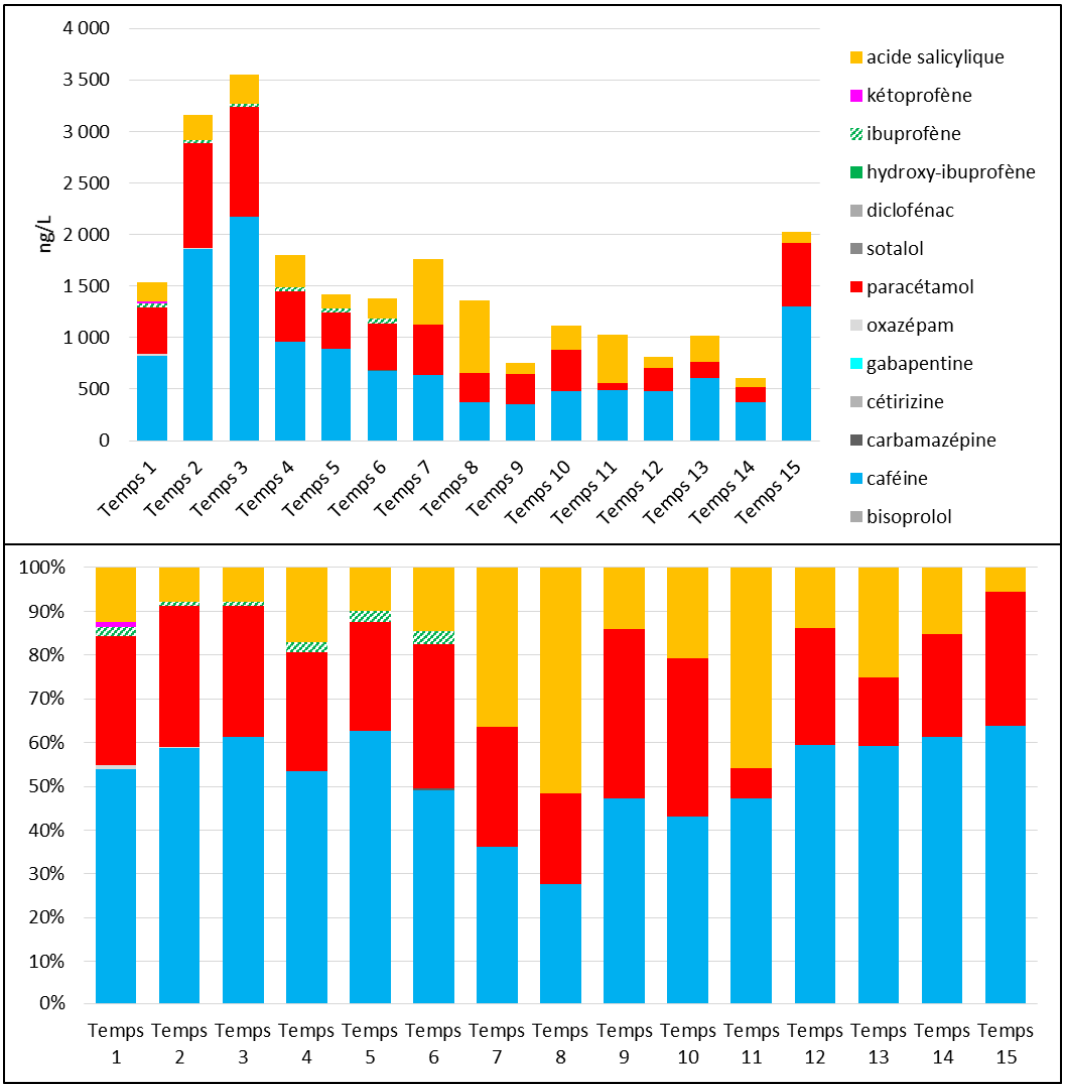


Figure 147. Concentration en pharmaceutiques (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme

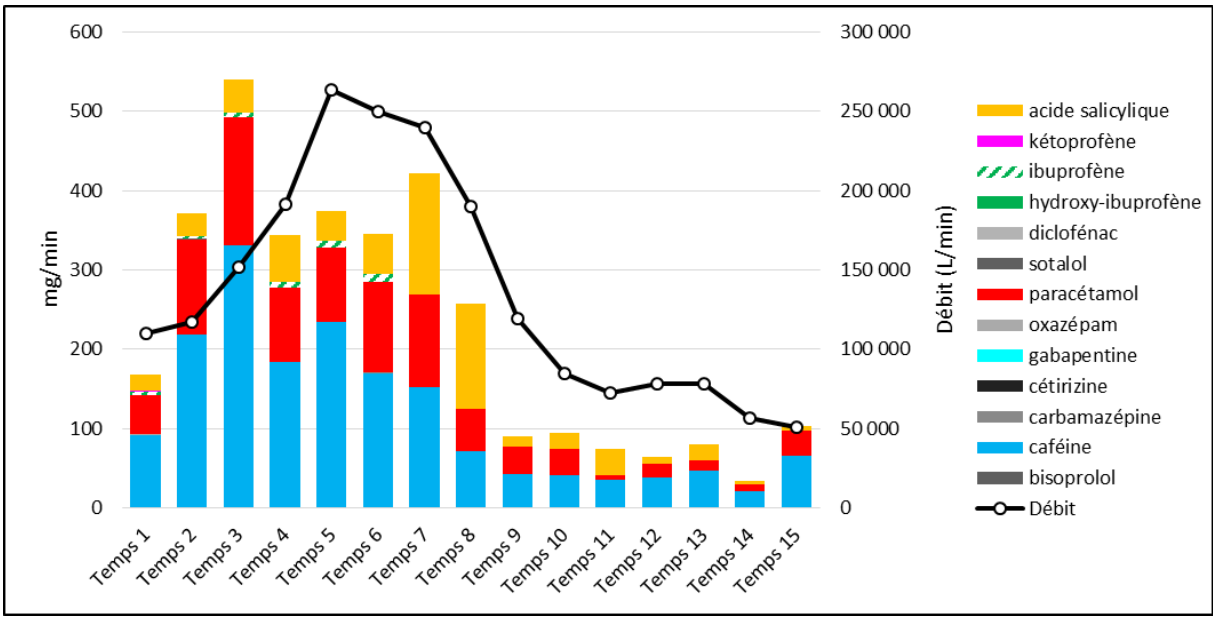


Figure 148. Flux de pharmaceutiques (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme

C. PESTICIDES

Sur les 24 pesticides recherchés, 17 sont quantifiées dont : 2 insecticides (fipronil, fipronil désulfinyl), 4 fongicides (azoxystrobine, carbendazime, DMSA, propiconazole), et 11 herbicides (hydroxyatrazine, diflufénican, glyphosate, AMPA, diuron, DCPMU, métolachlore, simazine, hydroxysimazine, terbutryne, terbuthylazine). Les concentrations cumulées vont de 2 898 ng/L pour le temps T15 à 16 220 ng/L pour le temps T6 comme présenté en Figure 149. Les concentrations observées sont majoritairement expliquées par le glyphosate qui explique de 30 à 76% de la contamination observée, l'AMPA (3 à 23%) et le propiconazole (8 à 72%). A elles seules, ces molécules expliquent de 94 à 99% de la contamination totale selon le temps considéré.

Alors que les concentrations en AMPA sont décroissantes tout au long de la période étudiée (933 ng/L au temps 1 et 542 ng/L au temps 15), le glyphosate et le propiconazole vont progressivement atteindre une concentration maximale avant de décroitre. La concentration maximale est observée au temps 2 pour le glyphosate avec 4 681 ng/L, et la valeur minimale est atteinte au temps 15 pour 1 534 ng/L. Concernant le propiconazole, le pic de contamination est observable au temps 6 avec 11 728 ng/L, pour une concentration finale de 759 ng/L au temps 15.

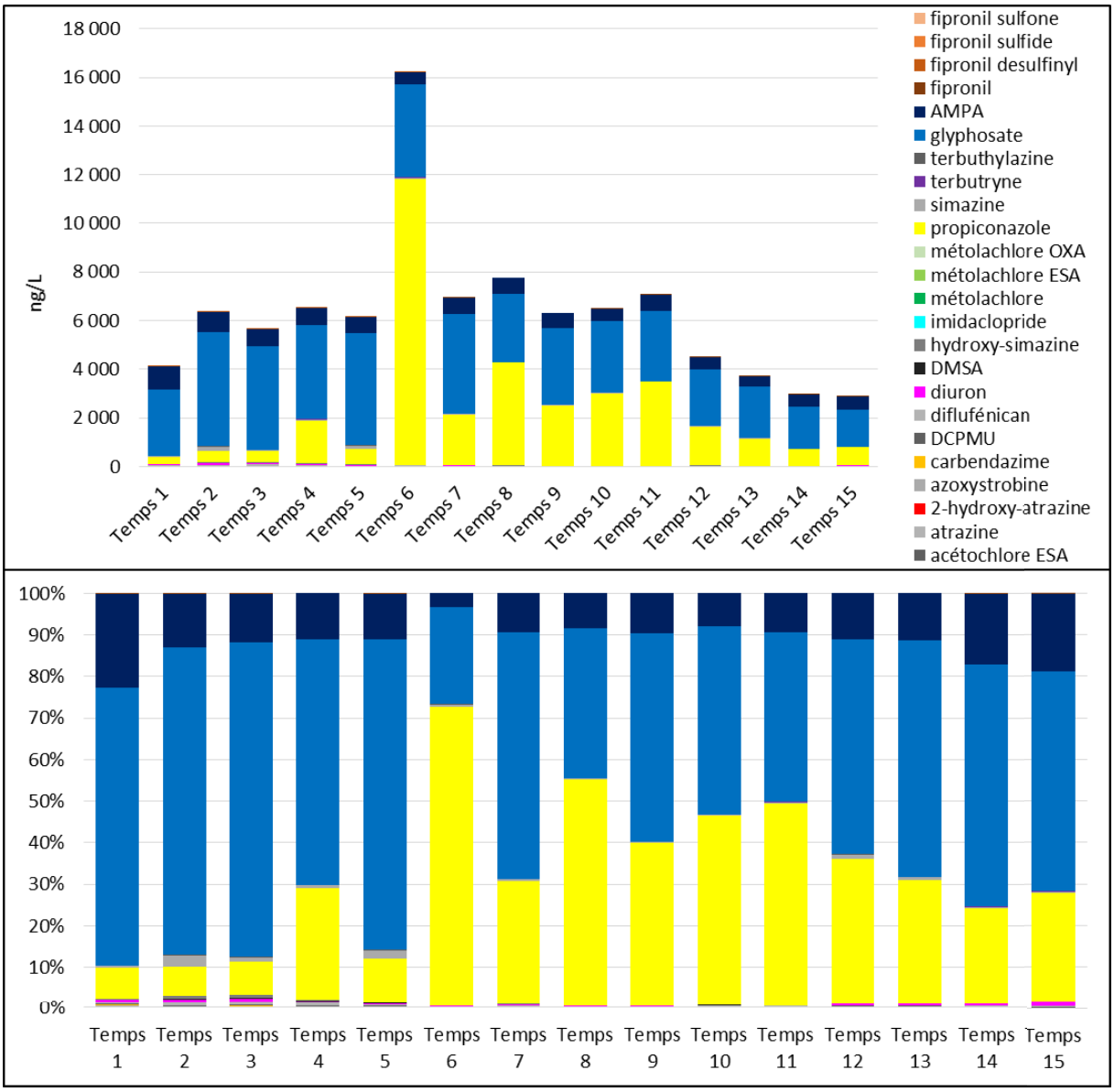


Figure 149. Concentration en pesticides (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme

La transformation des concentrations en flux (Figure 150) permet de visualiser un profil homogène : ces molécules sont apportés en quantités de plus en plus importantes dans l'exutoire jusqu'à l'atteinte d'un flux maximal au temps 6 à partir duquel il va y avoir une décroissance progressive jusqu'au dernier temps observé. Ce phénomène n'était pas visible précédemment car il est principalement dirigé par le débit qui atteint sa valeur maximale au temps 5 (263 000 L/min) pour décroitre de façon importante à partir du temps 7 avant d'atteindre 51 000 L/min au temps 15.

La majorité des autres composés retrouvés ont un comportement cohérent avec celui observé pour le glyphosate, l'AMPA et le propiconazole : une augmentation progressive des quantités apportées jusqu'à l'atteinte d'un maximum à partir duquel les flux vont de nouveau décroitre. Les principales différences portent sur le flux maximal observé et le temps auquel il est observable, mais généralement proche du temps 6. Cela est probablement en lien avec la capacité de chacune des substances à être lessivée par les précipitations, ainsi qu'avec les usages et la proximité de l'utilisation

de chacune des substances (temporel et physique) comme cela a été évoqué dans les parties précédentes.

Les molécules retrouvées correspondent avec celles retrouvées lors de l'étude du continuum ou de bois Grammont. Ce sont majoritairement des molécules à usage biocide et utilisées pour la protection de surfaces, notamment présentes dans des peintures de revêtement extérieur. Ces usages les soumettent donc au lessivage induit par les précipitations et peut expliquer leur apport jusque dans l'exutoire pluvial.

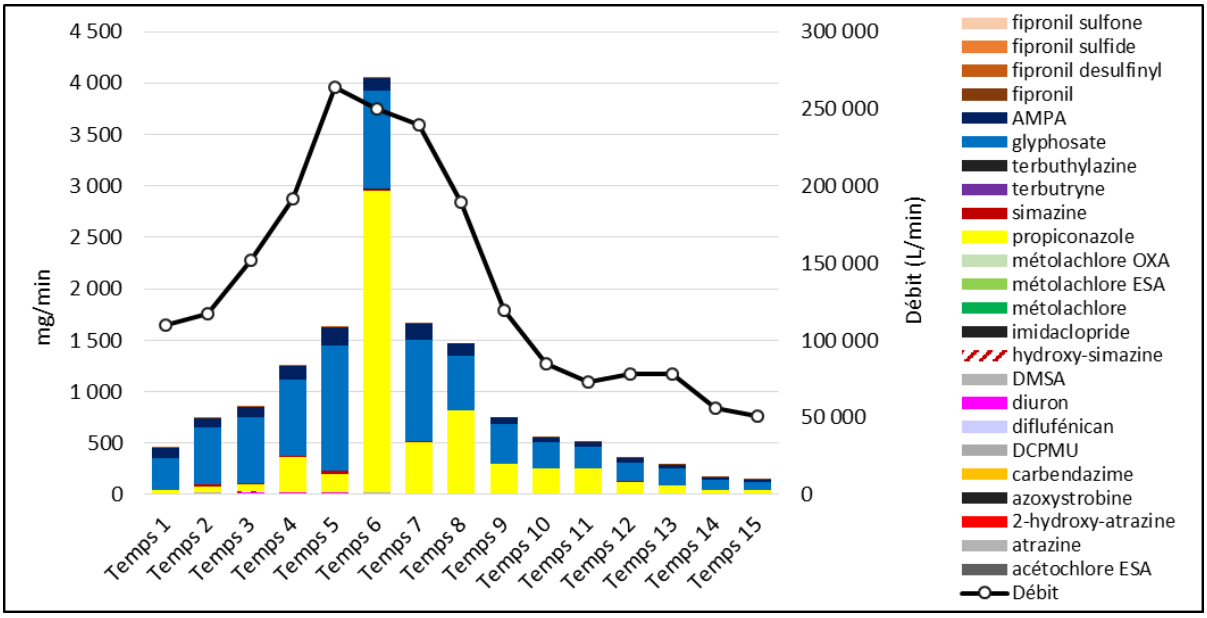


Figure 150. Flux de pesticides (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme

D. HAP

Sur les 14 molécules analysées dans la phase dissoute, 11 ont été systématiquement détectées, 2 n'ont jamais été détectées (indéno(1,2,3-cd)pyrène et benzo(g,h,i)pérylène) et 1 n'a été détectée qu'une seule fois (benzo(a)pyrène). L'empreinte de contamination en HAP dans la phase dissoute est globalement la même sur toute la durée du pollutogramme (Figure 151). La concentration cumulée en HAP varie entre 55 et 430 ng/L, le maximum étant atteint pour le point n°3. Le composé majoritairement détecté est le naphtalène (380 ng/L pour le point n°3).

Concernant la phase particulaire, toutes les molécules analysées ont systématiquement été détectées, et ce, sur tous les points de prélèvement (Figure 152). Les concentrations cumulées en HAP sur la phase particulaire varient entre 3 169 et 12 640 ng/g. Néanmoins, la Figure 152 montre deux pics de concentration, le premier au temps n°5 (9 309 ng/g) et le second au temps n°14 (12 640 ng/g). Cependant, de la même façon que pour la phase dissoute, l'empreinte générale reste la même pour tous les points de prélèvement.

Concernant la phase totale, les concentrations s'échelonnent entre 303 ng/L et 5 031 ng/L (Figure 153). En termes de flux, cela correspond à un apport variant de 20 mg/min (point n°15) à 964 mg/min (point n°4) (Figure 155). Les apports en HAP les plus importants sont observés en début de pluie, entre les temps 1 et 8 soit les 48 premières minutes (Tableau 33). Ce résultat s'explique par un taux de MES très élevé en début de pluie qui décroit fortement après le point n°8 (Tableau 32) et une contamination en HAP provenant essentiellement de la phase particulaire (Figure 154).

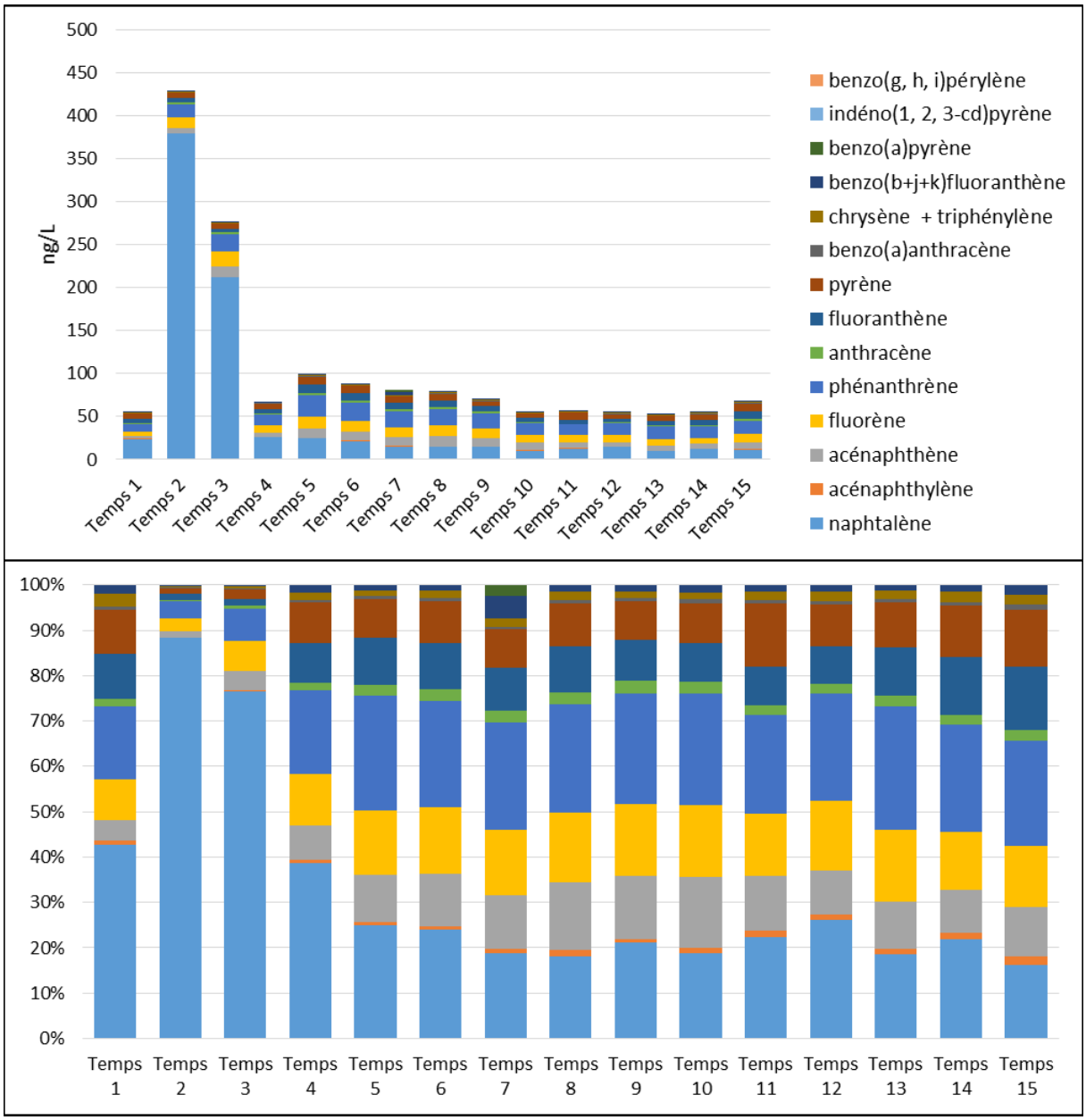


Figure 151. Concentration en HAP (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute)

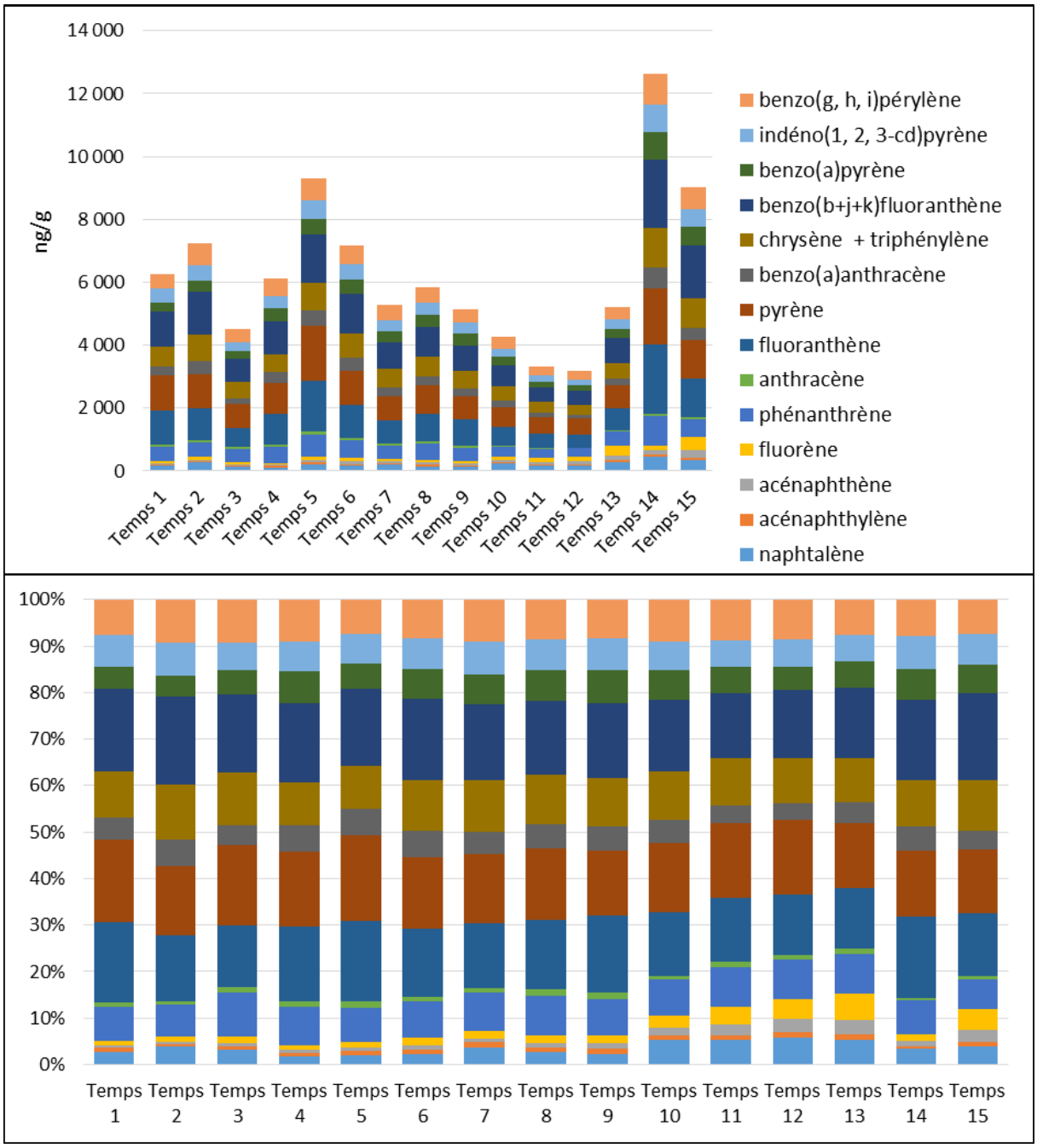


Figure 152. Concentration en HAP (ng/g) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase particulaire)

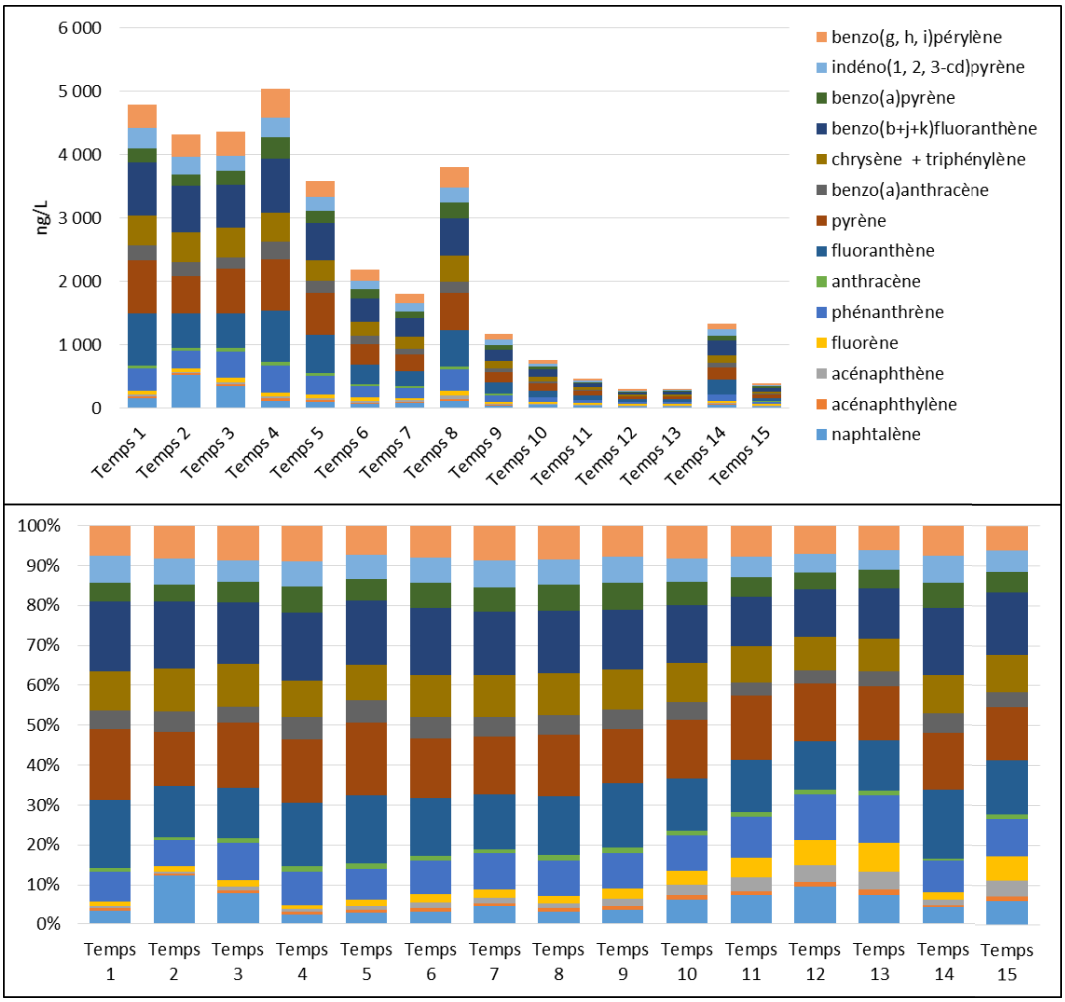


Figure 153. Concentration en HAP (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire)

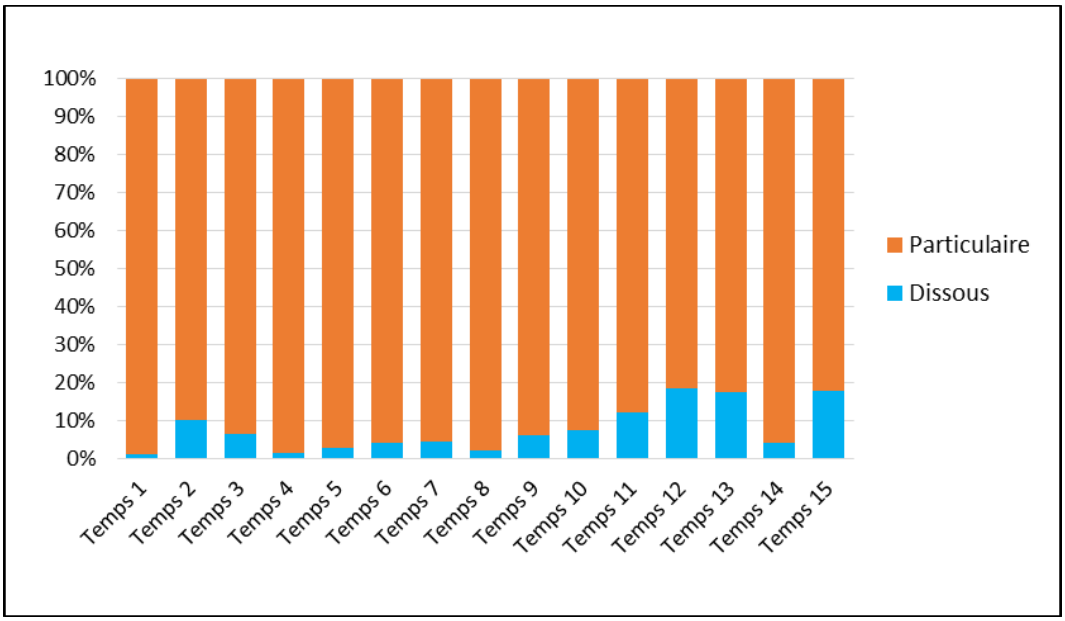


Figure 154. Partition des HAP Phase dissoute/Phase particulaire dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme

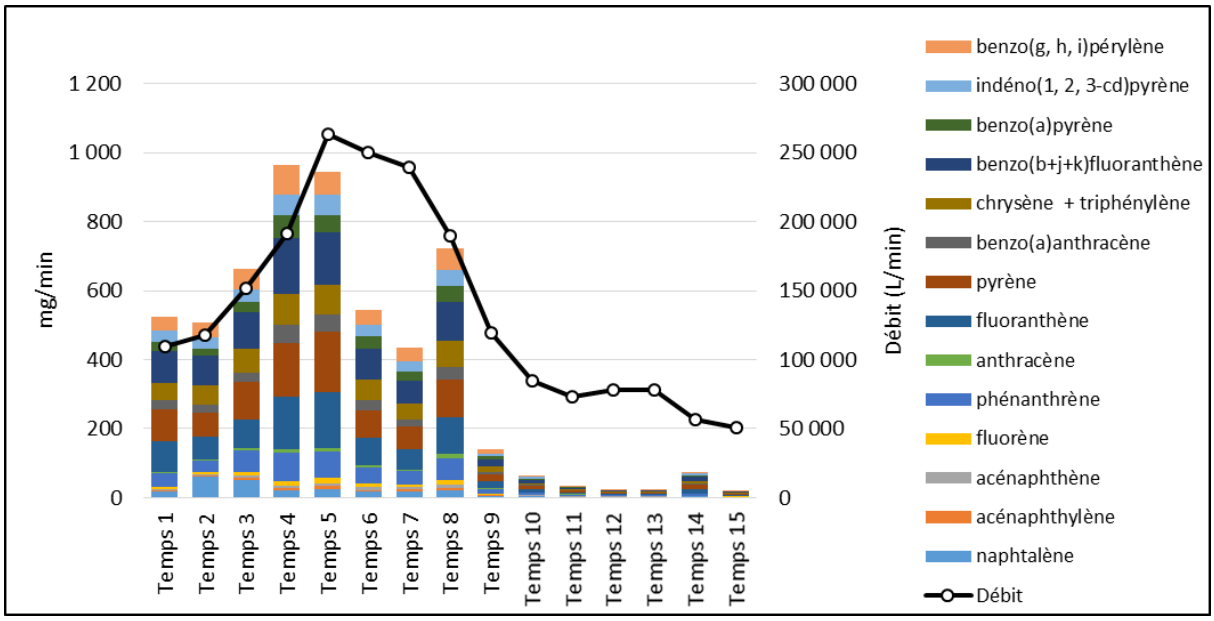


Figure 155. Flux de HAP (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire)

E. PFAS

Puisque la répartition dissous/particulaire des PFAS (≈ 98/2) reste stable et est équivalente à celle observée précédemment pour le Bois Gramond, seules les concentrations totales cumulées et moyennées sur chaque période sont présentées dans cette partie (Figure 156). Elles sont comprises entre 71 et 315 ng/L, et les profils globaux, dominés par le 6 :2 FTSA, le PFOS et les PFCA à chaînes courtes, sont similaires à ceux précédemment obtenus pour le Bois Gramond (cf. paragraphe IV.C.b.3e). L'évolution de Σ PFAS au cours du temps montre une première phase (Temps 1 à Temps 8) durant laquelle celle-ci reste constante (Σ PFAS = 70-89 ng/L), suivie d'une légère élévation entre les temps 9 et 13 (Σ PFAS = 99-139 ng/L). Un pic de contamination tardif est finalement observé à partir du temps 14 (maximum de Σ PFAS = 312 ng/L au temps 15).

Le flux total varie entre 9 mg/min et 21 mg/min en fonction du temps (Figure 157). Le profil d'évolution sur toute la période d'échantillonnage diffère de celui des concentrations. En effet, le flux total croit sur une première période jusqu'à atteindre un maximum au temps 6, puis décroit jusqu'au temps 13 avant une seconde augmentation à partir du temps 14.

De manière plus détaillée, 3 profils se distinguent en fonction des composés :

- Les PFCA comprenant 4 à 7 carbones (PFBA, PFPeA, PFHxA et PFHpA) et le 6 :2 FTSA dont les flux (mg/min) sont constants jusqu'à une augmentation soudaine au temps 14. Cet apport élevé et tardif indiquerait la présence d'une source lointaine importante (Aéroport ?).
- Les PFSA, PFCA comprenant 8 à 10 carbones, le 8 :2 FTSA et le FOSA pour lesquels le flux augmente soudainement entre le temps 4 et 5 (débit qui augmente) et diminue progressivement (débit diminue).

Pour ces deux cas, les résultats montrent des apports continus tout au long de l'évènement pluvieux (lessivage d'une vaste zone contaminée ?).

- Pour les acides acétiques sulfonamides (FOSAA, MeFOSAA et EtFOSAA), un pic est observé au temps 7 alors qu'ils ne sont pas ou que rarement quantifiés pour les autres périodes. Ceci montrerait un apport plus ponctuel pour ces composés.

Ainsi, ces résultats tendent à montrer la présence de sources de PFAS multiples sur le bassin versant du collecteur rocade et probablement à des distances variables du Bois Gramond.

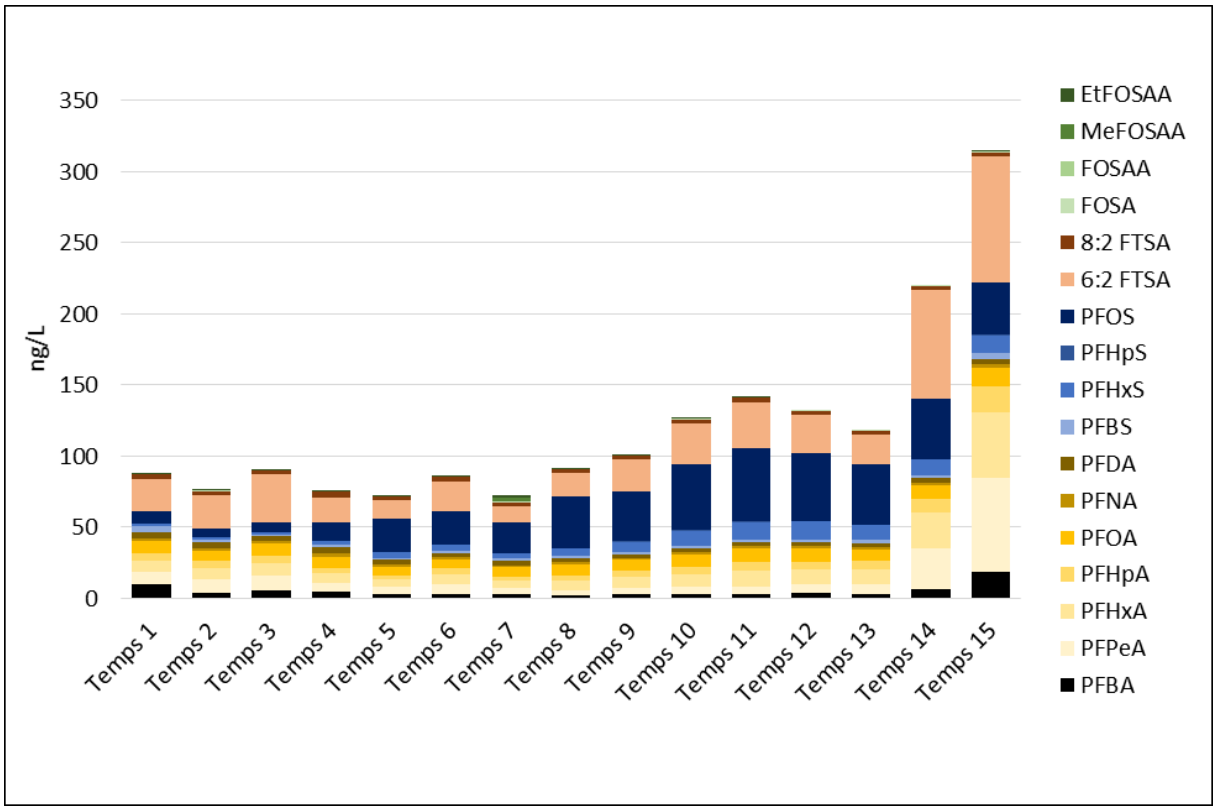


Figure 156. Concentration en PFAS (ng/L) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire)

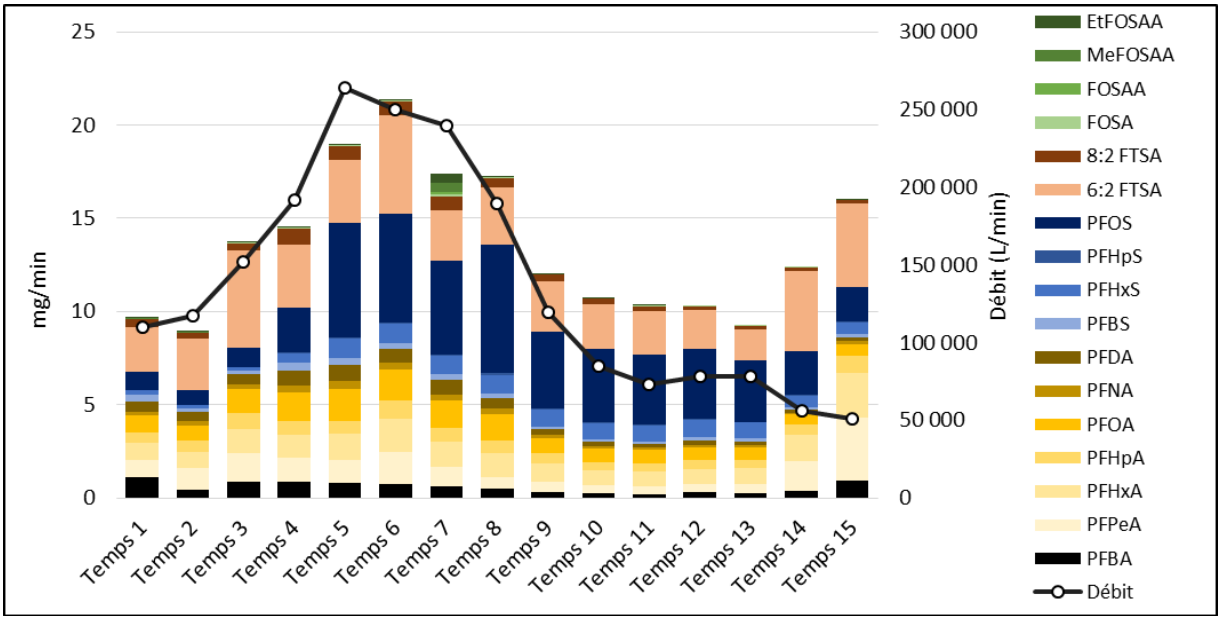


Figure 157. Flux de PFAS (mg/min) dans la sortie de Bois Gramond - Action pollutogramme (Phase dissoute + Phase particulaire)

4. Aéroport

Le prélèvement a été réalisé par temps de pluie, en aval de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac à la sortie du bassin de récupération des eaux de pluie. Le but de ce prélèvement était d'évaluer le type de pollution qui pouvait être apporté par une telle structure. Les détails (durée des prélèvements, débits, teneurs en MES) sont donnés dans le Tableau 32. Les flux ont été calculés en prenant compte de la concentration moyenne (ng/L) et du débit mesuré durant la durée du prélèvement (L/évènement). La sortie du bassin de récupération des eaux pluviales de l'aéroport a été comparée à l'entrée « aéroport » de Bois Gramond. Cependant la comparaison ne peut pas se faire précisément en raison des différences de prélèvement. En effet, pour l'entrée de Bois Gramond il s'agit d'un prélèvement moyen réalisé sur toute la durée de l'évènement pluvieux alors que pour la sortie de l'aéroport il s'agit d'un prélèvement ponctuel.

A. PROFIL GENERAL DE CONTAMINATION

Les différentes classes de molécules recherchées dans les eaux pluviales du collecteur de la rocade nord sont les pharmaceutiques (12 molécules), les pesticides (24 molécules), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (14 molécules) et les composés perfluorés (17 molécules). Ces molécules sont répertoriées dans le Tableau 31.

La concentration totale (phase dissoute + phase particulaire) cumulée pour les grandes classes de composés organiques en sortie de bassin de récupération des eaux pluviales de l'aéroport est égale à 5 704 ng/L (Figure 158). En termes de flux cela correspond à un apport de 18 g lors d'un évènement pluvieux (Figure 159).

Contrairement au profil de contamination de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond, majoritairement marqué par la présence de pharmaceutiques et de pesticides, la contamination de l'aéroport est essentiellement due à la présence de HAP. Ce résultat n'est pas surprenant pour des eaux de ruissellement en provenance d'un aéroport.

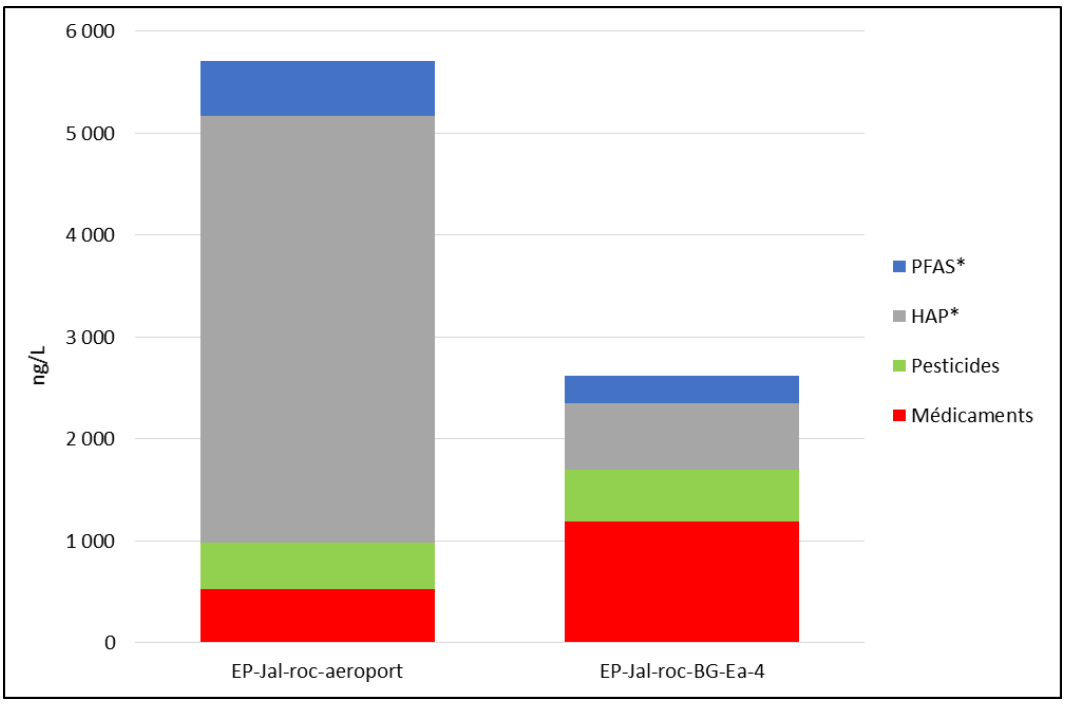


Figure 158. Profil général de contamination (en ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

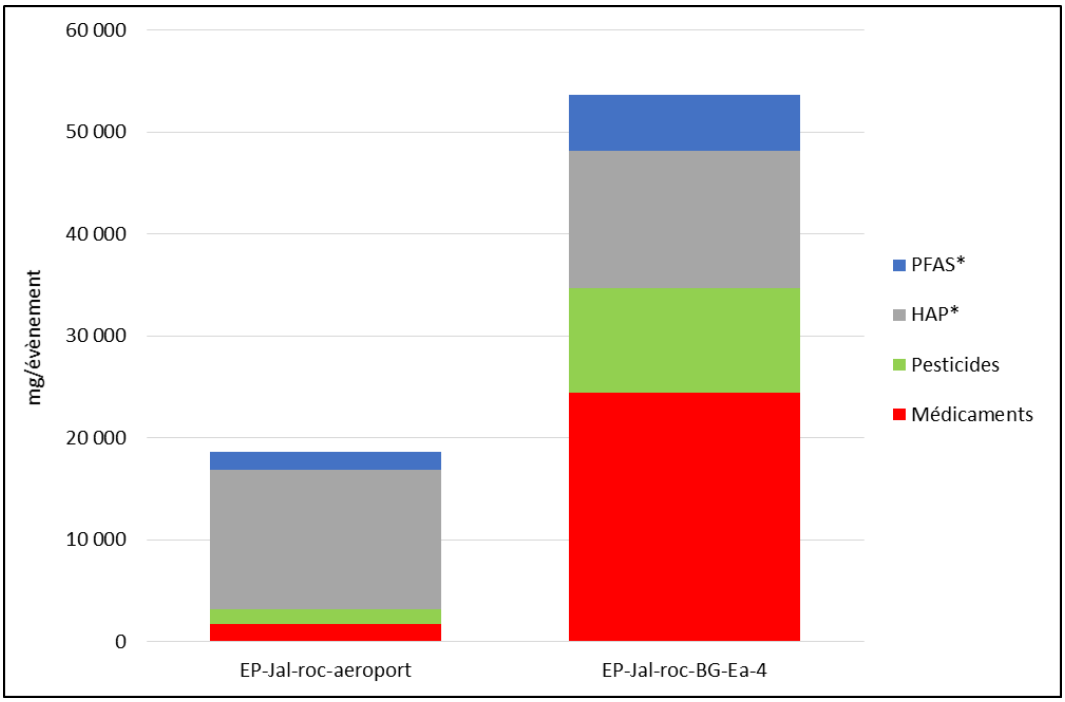


Figure 159. Flux de contaminants (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

B. PHARMACEUTIQUES

Sur les 13 molécules recherchées, l'acide salicylique, l'hydroxy-ibuprofène, le paracétamol et la caféine ont été quantifiés, la concentration totale étant de 528 ng/L (Figure 160). Ces résultats sont en accord avec ceux préalablement obtenus pour le point « entrée aéroport de Bois Gramond » (BG-Ea-4). L'ibuprofène n'a pas été quantifié, en raison sûrement d'une LQ plus élevée que pour l'échantillon précédent (LQ = 100 ng/L). De plus, les 2 échantillons ne sont pas strictement comparables puisque le point « aéroport » a été effectué en sortie du bassin de récupération des eaux pluviales tandis que le point « entrée aéroport de Bois Gramond » est prélevé plus en aval, après mélange avec les eaux pluviales de la rocade.

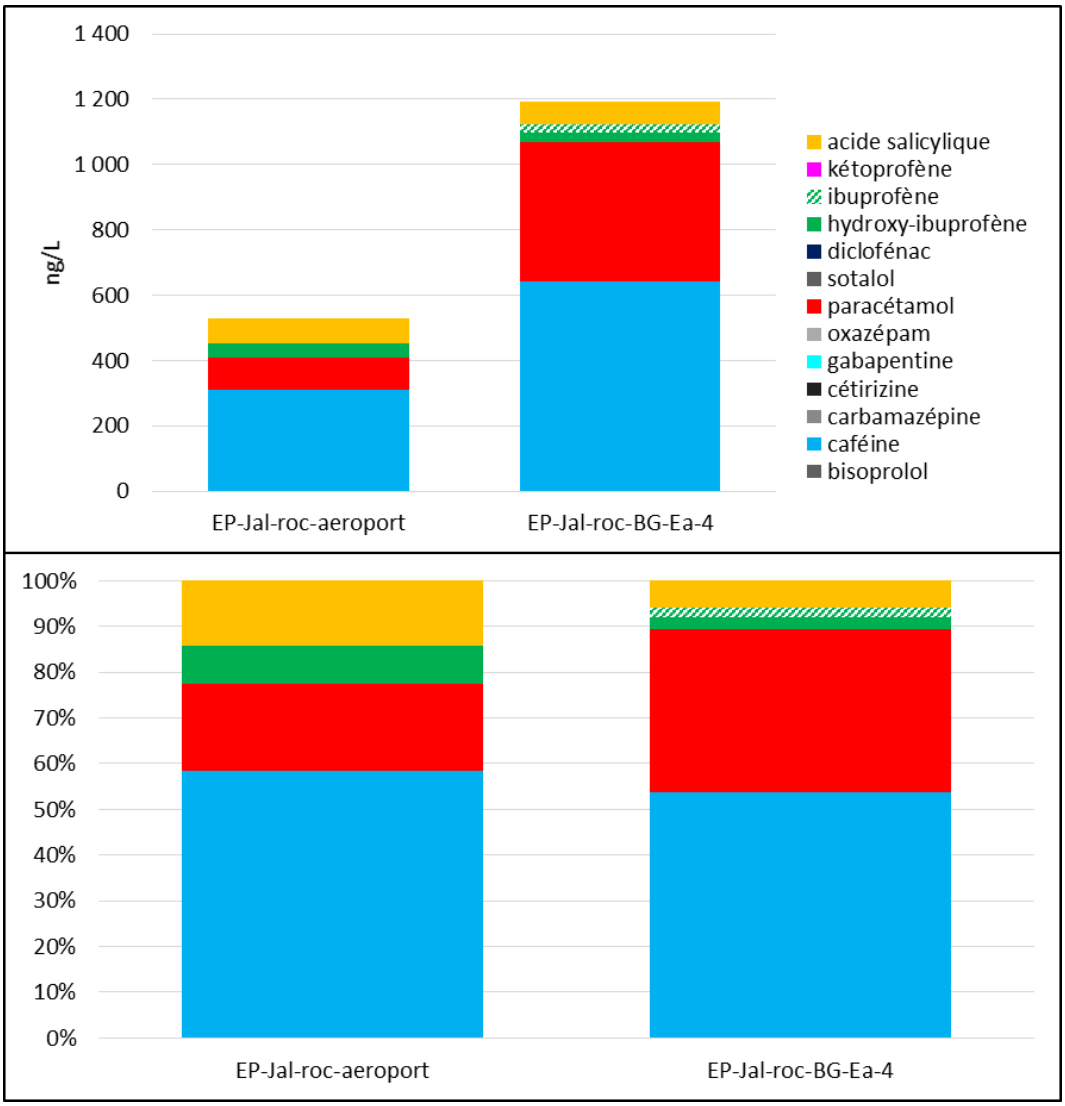


Figure 160. Concentration en pharmaceutiques (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute

Les flux mesurés sont très différents (2 000 contre 25 000 mg/évènement) ce qui est en lien avec le faible débit mesuré (3 267 236 L/évènement) pour le 2ème prélèvement contre 20 447 104 L/évènement pour le premier (Figure 161). Il n'est cependant pas possible de conclure entre : soit des conditions pluviométriques très différentes, soit un apport d'eaux usées entre les deux points de prélèvements.

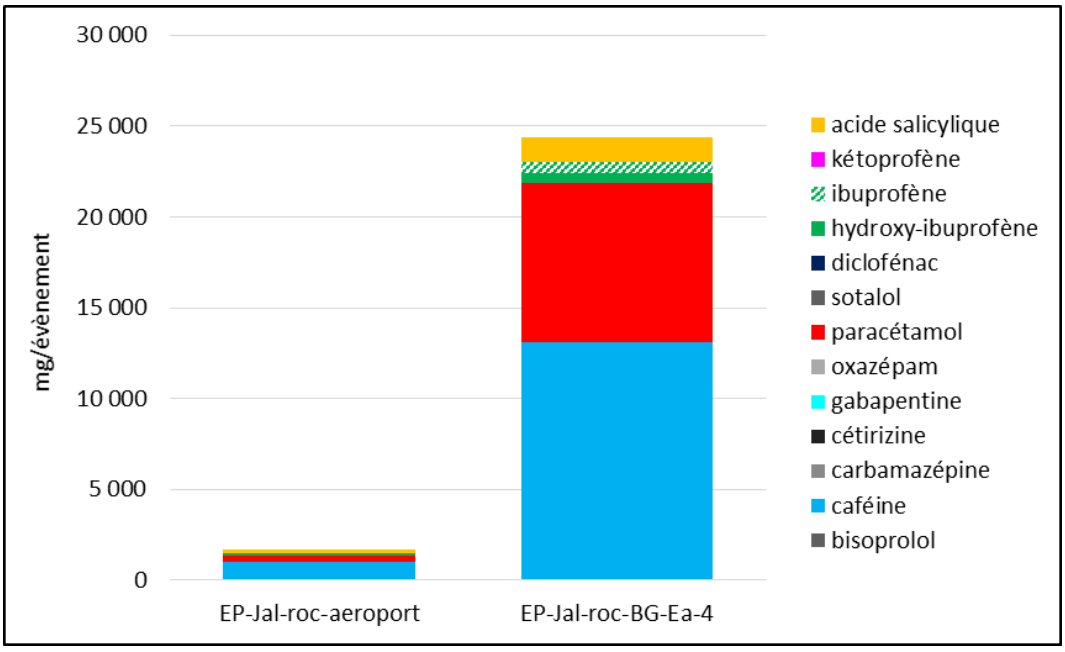


Figure 161. Flux de pharmaceutiques (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute

C. PESTICIDES

Sur les 19 pesticides recherchés dans l'effluent pluvial de l'aéroport 9 ont été quantifié dont 2 fongicides (carbendazime, propiconazole) et 7 herbicides (AMPA, DCPMU, diuron, glyphosate, hydroxyatrazine, hydroxysimazine, métolachlore). La concentration totale de cet effluent est de 450 ng/L (Figure 162). Le glyphosate et l'AMPA représentent plus de la moitié de la contamination observée. Cependant le diuron est aussi fortement représenté puisque les concentrations respectives pour ces trois substances sont de 71 ng/L, 170 ng/L et 126 ng/L, expliquant plus de 80% de la contamination observée.

Comme expliqué précédemment, le diuron est un herbicide à usage biocide (TP10) utilisé pour la protection des matériaux de construction / maçonnerie autres que le bois contre les microorganismes et les algues. Il est principalement retrouvé dans les peintures protectrices de façades ce qui pourrait expliquer sa présence dans cet effluent suite au lessivage de surface traitées par les précipitations.

La présence de glyphosate et d'AMPA pourrait provenir d'un désherbage sur le territoire de l'aéroport puis à nouveau de phénomènes de lessivages. La présence d'AMPA en plus grande quantité que le glyphosate indiquerait que ce dernier a pu être dégradé dans les sols, donc que le traitement est ancien par rapport au prélèvement.

Le profil de contamination général est différent de celui observable pour l'échantillon EP¬Jal¬roc¬BG¬Ea¬4 avec notamment une plus forte proportion de diuron (126 ng/L contre 12 ng/L) pour une moins forte proportion de glyphosate (71 ng/L contre 146 ng/l) et de propiconazole (5 ng/L contre 133 ng/L). Les concentrations totales sont cependant du même ordre de grandeur comme en atteste la Figure 162. Ces dissimilitudes peuvent probablement être imputées à différence temporelle entre les échantillons (respectivement prélevés en septembre 2016 et février 2016), à la variabilité induite par les précipitations, aux différences de prélèvement ou encore par le fait que le point

EP¬Jal¬roc¬aeroport se situe en amont su point EP¬Jal¬roc¬BG¬Ea¬4 (certains rejets ponctuels ou phénomènes de dissipations peuvent ne pas être pris en compte entre les deux sites).

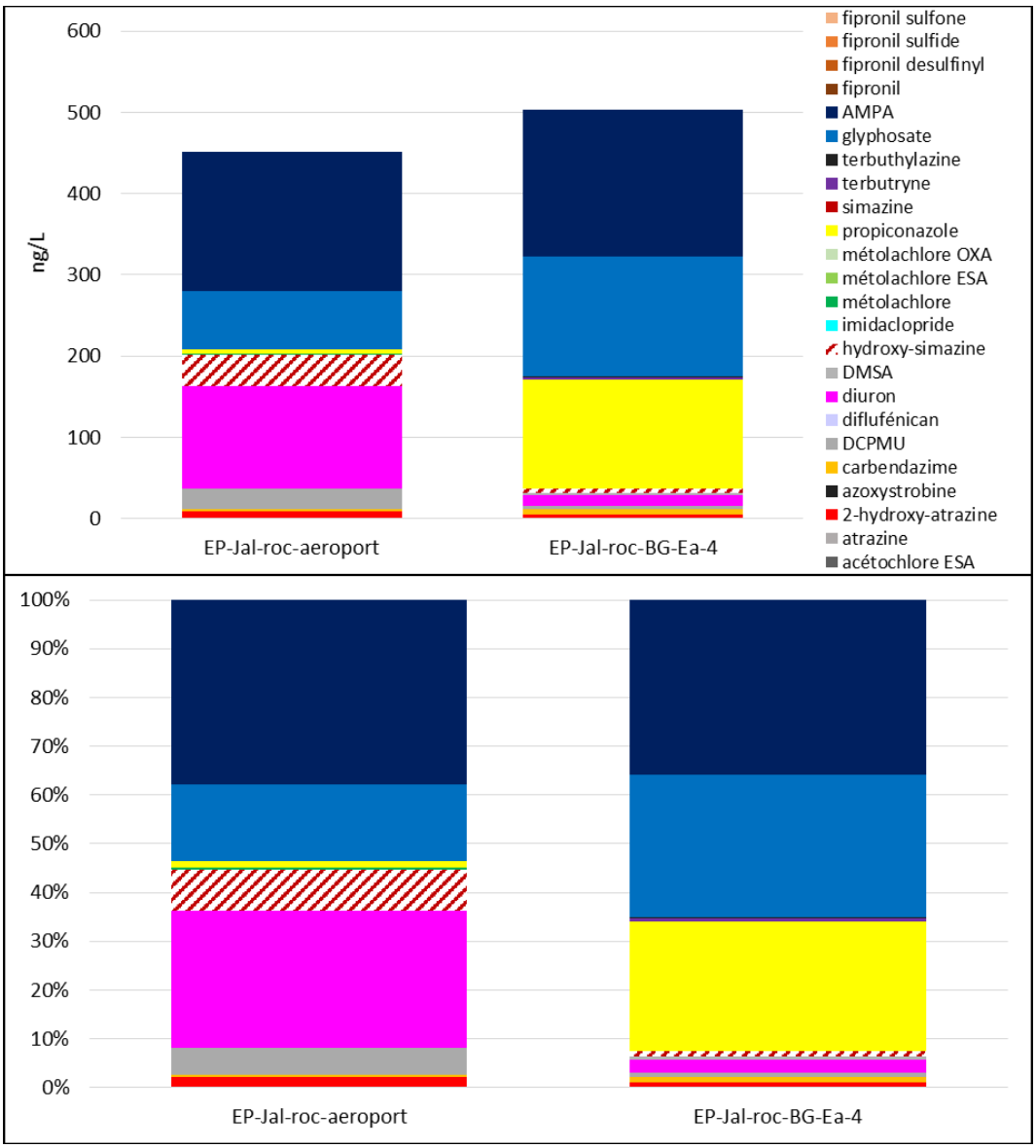


Figure 162. Concentration en pesticides (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute

Le calcul de flux met en évidence de fortes différences entre les 2 évènements avec un total de 1,4 g de substances actives rejetées pour le point EP¬Jal¬roc¬aeroport contre plus de 10 g pour le site EP¬Jal¬roc¬BG¬Ea¬4 (Figure 163). Encore une fois, cela peut être dû à l'aspect hypervariable des précipitations.

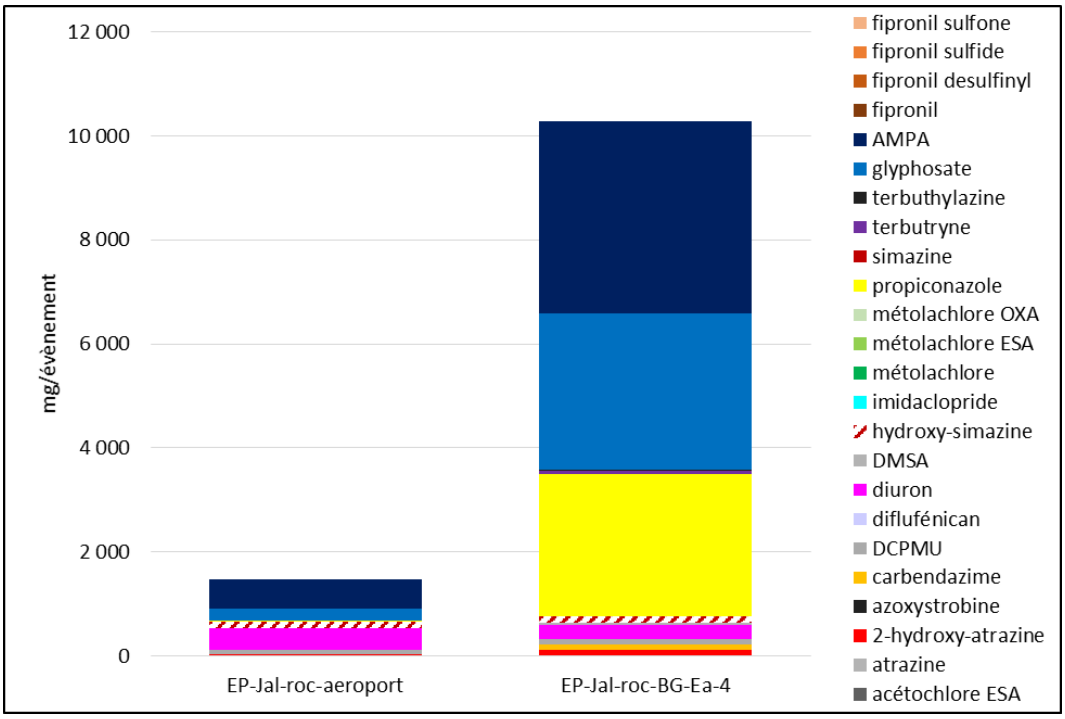


Figure 163. Flux de pesticides (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute

D. HAP

Sur les 14 molécules analysées dans la phase dissoute du bassin de récupération des eaux pluviales de l'aéroport, 4 n'ont pas été détectées (acénaphthylène, benzo(a)pyrène, indéno(1,2,3-cd)pyrène et benzo(g,h,i)pérylène. La concentration totale en HAP dans la phase dissoute est de 60 ng/L (Figure 164). A titre de comparaison, la concentration dans l'entrée aéroport de Bois Gramond est de 97 ng/L. Les molécules majoritairement présentes sont le naphtalène (11,9 ng/L), le fluoranthène (10,2 ng/L) et le pyrène (9,9 ng/L).

Dans la phase particulaire, toutes les molécules analysées ont été détectées. La concentration en HAP est de 16 523 ng/g (Figure 165). Les molécules présentant les plus fortes concentrations sont le benzo(b+j+k)fluoranthène (3 300 ng/g), le fluoranthène (2 607 ng/g) et le pyrène (2 517 ng/g). Ce résultat est équivalent à celui obtenu au niveau de l'entrée aéroport de Bois Gramond durant l'action continuum. En effet les concentrations sur la phase particulaires étaient de 17 905 ng/g.

Concernant la phase totale (phase dissoute + phase particulaire), la concentration en HAP en sortie du bassin de récupération des eaux de pluie de l'aéroport est de 4 191 ng/L. A l'entrée de Bois Gramond (entrée aéroport) la concentration totale en HAP est de 659 ng/L (Figure 166). Même si les empreintes de contamination sont identiques entre ces deux points de prélèvement, les concentrations totales obtenues varient quasiment d'un facteur 10. La contamination totale venant en majeure partie de la phase particulaire (Figure 167), les écarts de concentrations s'expliquent essentiellement par des différents taux de MES des échantillons (0,03 g/L pour l'entrée aéroport de Bois Gramond et 0,25 g/L pour la sortie du bassin de récupération).

Lors de fortes pluies, une structure telle que l'aéroport peut entrainer un apport de 13,5 g de HAP (Figure 168). Il est cependant impossible de comparer la quantité de HAP en sortie du bassin de

récupération à celle mesurée en entrée de Bois Gramond car les méthodologies de prélèvement n'étaient pas les mêmes.

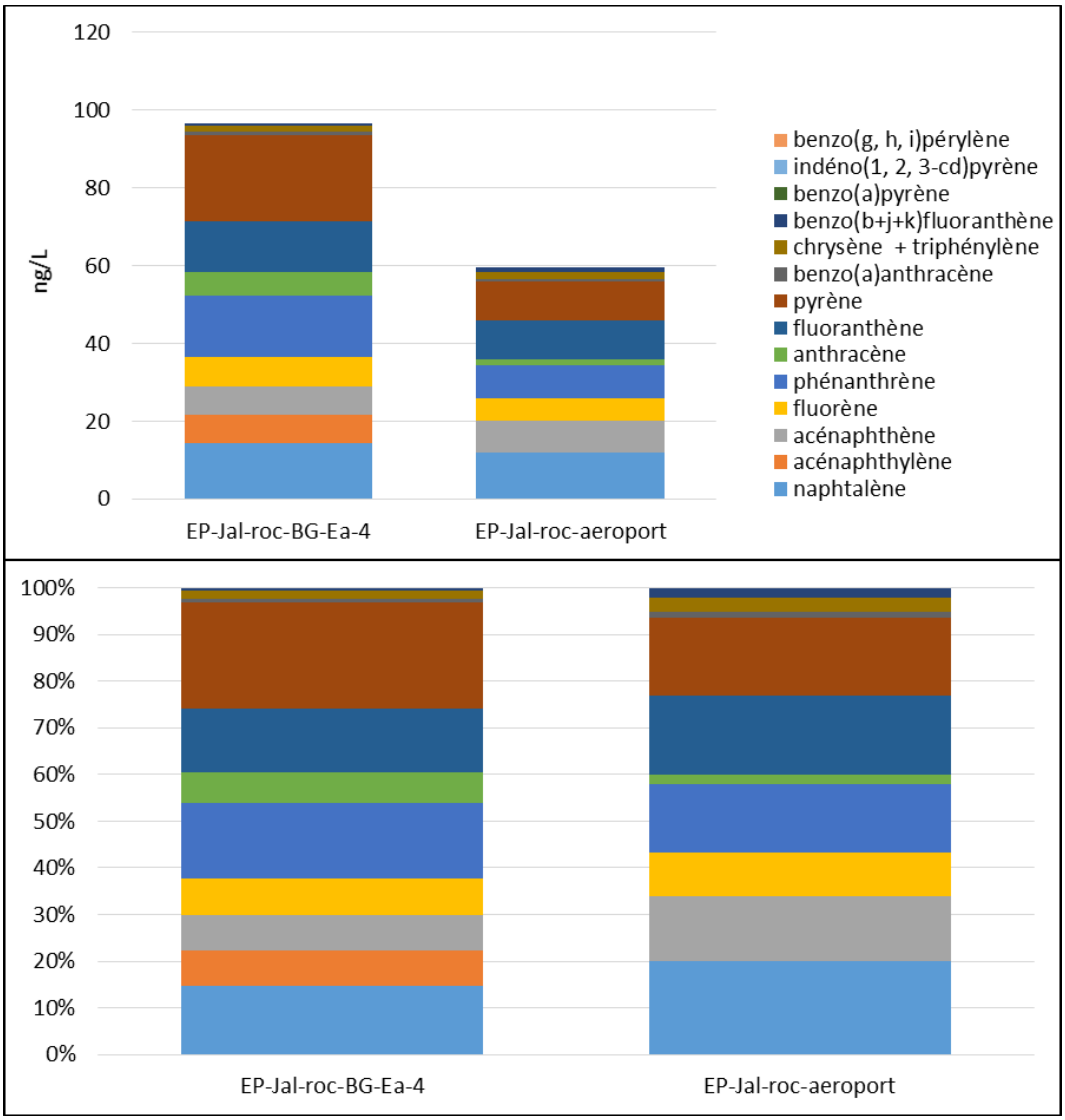


Figure 164. Concentration en HAP (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute

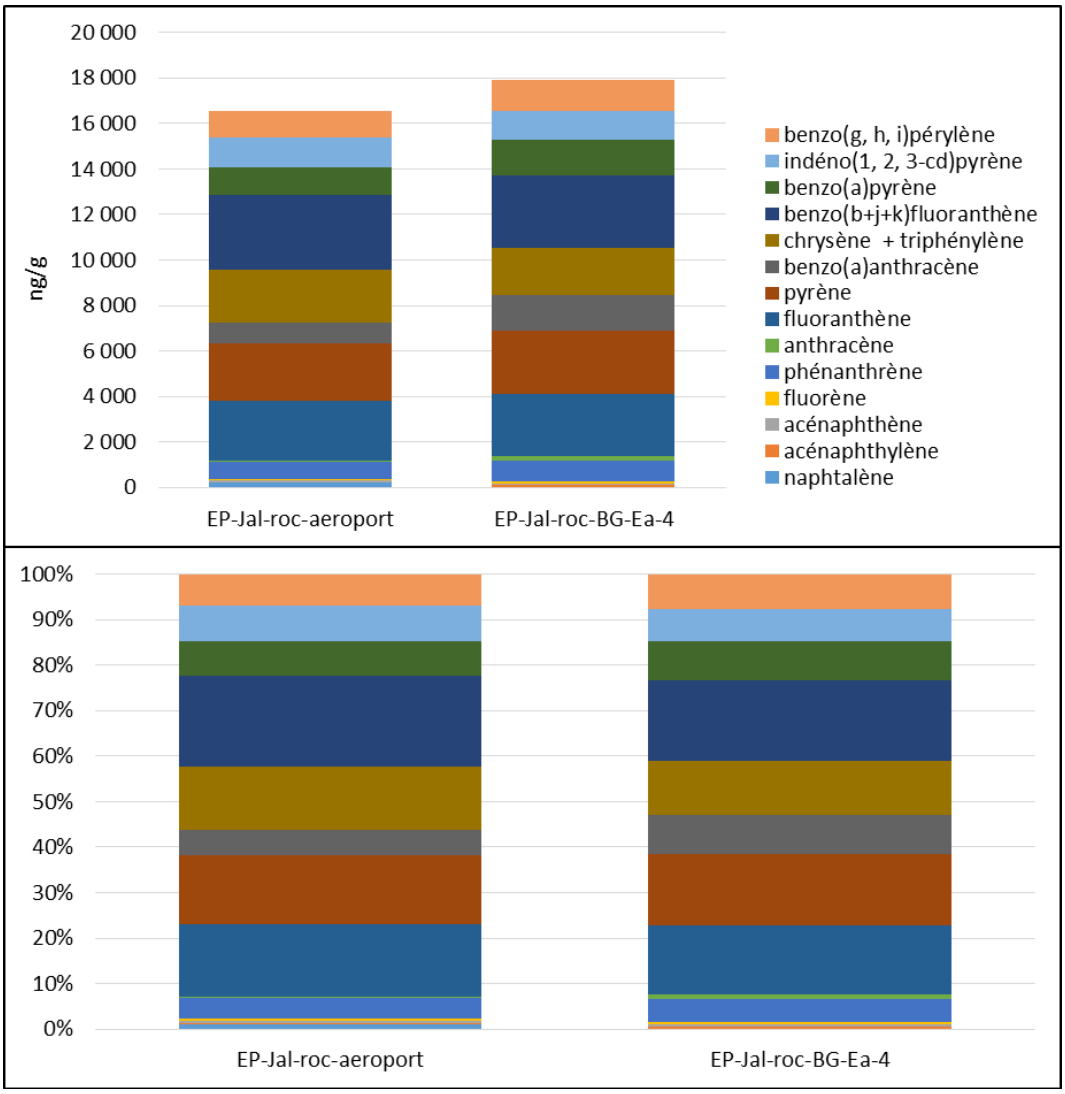


Figure 165. Concentration en HAP (ng/g) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase particulaire

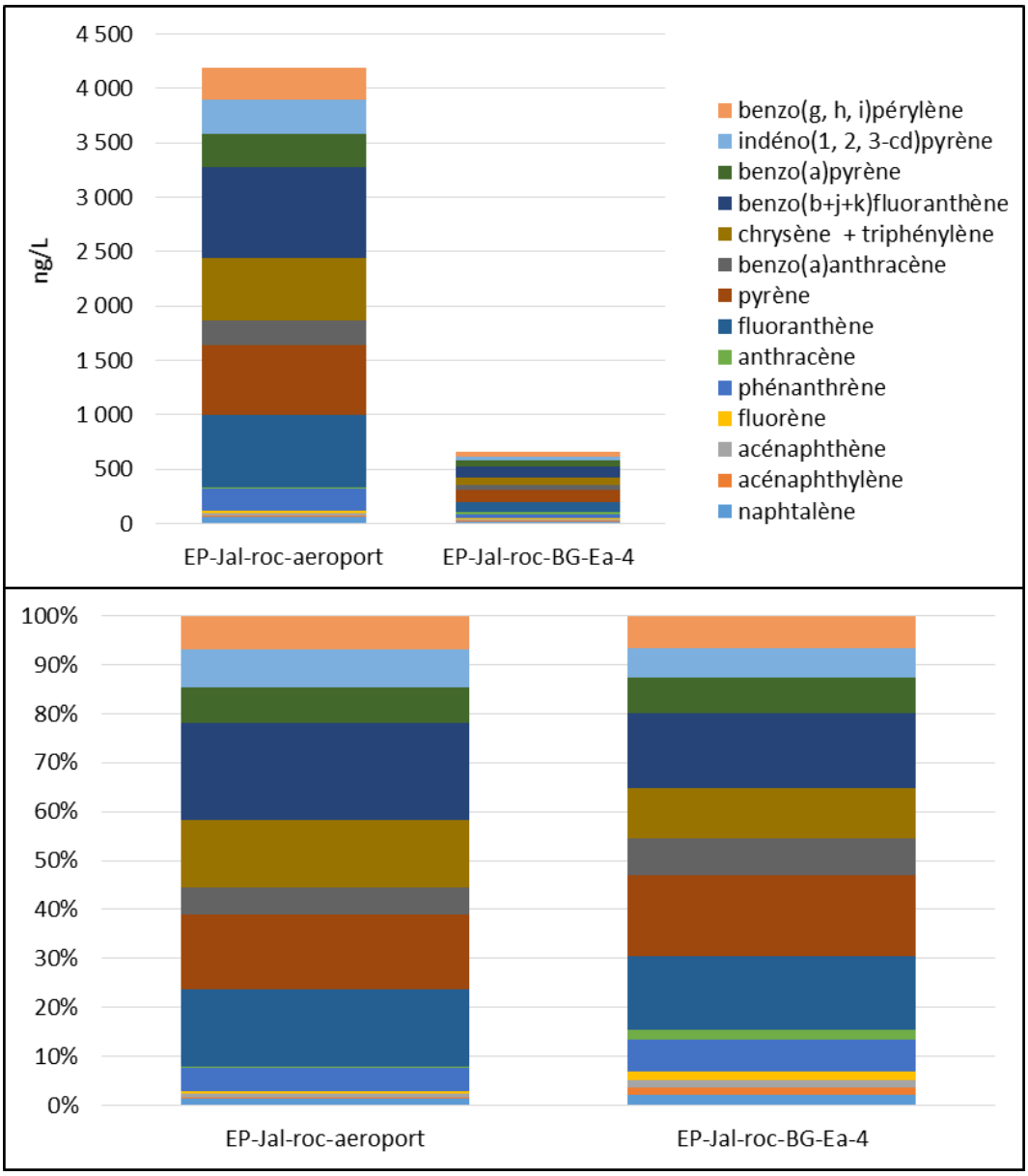


Figure 166. Concentration totale en HAP (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire

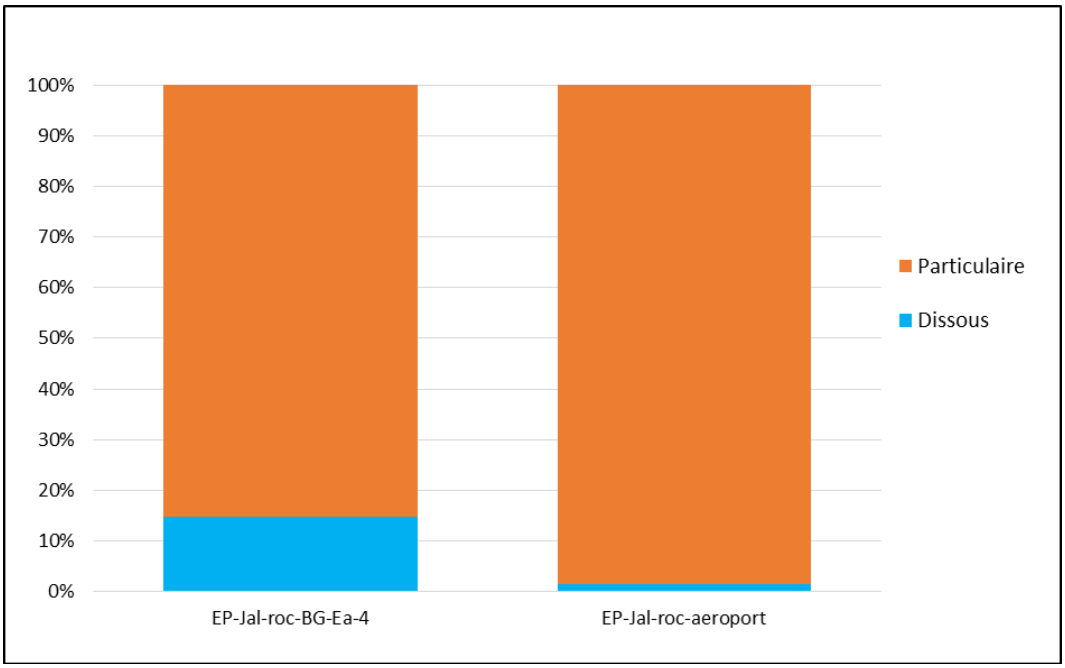


Figure 167. Partition Phase dissoute/Phase particulaire des HAP de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie

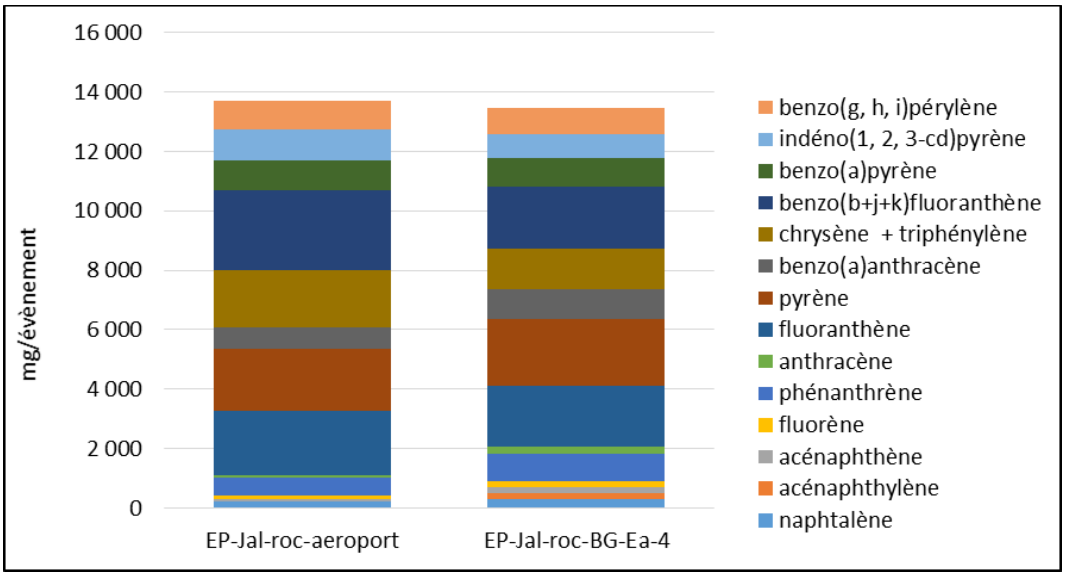


Figure 168. Flux de HAP (mg/évènement) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire

E. PFAS

La concentration totale en PFAS (phase dissoute + particulaire) dans les eaux pluviales du bassin de récupération de l'aéroport est de 540 ng/L, soit presque 2 fois plus élevée que celle mesurée au niveau de l'entrée « Aéroport » du bois Gramond lors de l'action continuum, et également plus élevée que celles mesurées par temps secs et temps de pluie en sortie du Bois Gramond (Figure 169).

Les mêmes composés ont été quantifiés mais en proportions différentes (excepté pour le 6:2 FTSA). L'abondance relative des PFCA atteint 57% (contre au maximum 40 % en sortie du Bois Gramond) alors que celle du PFOS est de seulement 3% (contre 8 à 51% au niveau du bois Gramond). Ce profil moléculaire pourrait être associé à l'utilisation de mousses anti-incendie lors d'essais pratiqués sur la zone aéroportuaire mais également à la présence de PFAS dans des fluides hydrauliques (Buck et al., 2011 ; Houtz et al., 2016).

Ces résultats tendent à appuyer l'hypothèse de la zone aéroportuaire comme « source lointaine » en PFCA à chaîne courte et 6:2 FTSA, responsable d'un pic de contamination tardif observé au niveau du Bois Gramond lors de l'action haute fréquence. Néanmoins, les dates ne coïncident pas entre les différentes campagnes d'échantillonnage et ces hypothèses restent à confirmer sur un nombre plus important d'échantillons afin de considérer la variabilité temporelle des niveaux et profils de contamination.

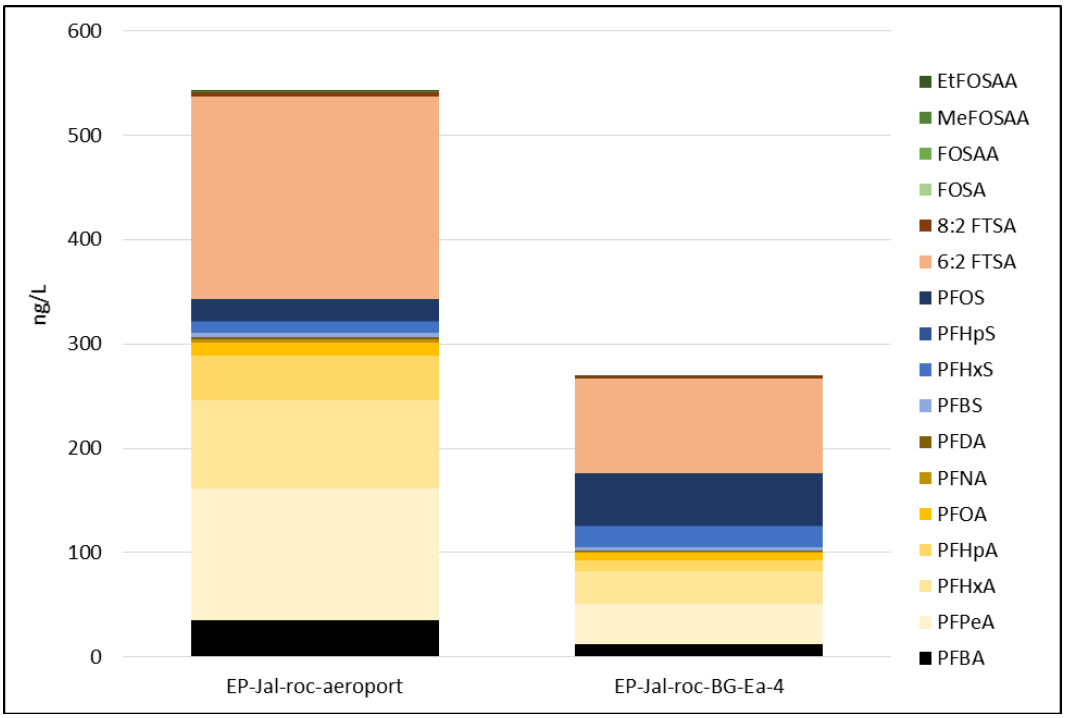


Figure 169. Concentration en PFAS (ng/L) de l'entrée « aéroport » de Bois Gramond et de la sortie du bassin de récupération des eaux de pluviales de l'aéroport par temps de pluie – Phase dissoute + Phase particulaire

5. Conclusions

D'une façon générale, les grandes familles de composés majoritairement présentes les exutoires pluviaux sont les pharmaceutiques, les pesticides, les alkylphénols, le DEHP et les HAP. Si l'on s'intéresse aux eaux pluviales du collecteur rocade nord, et plus particulièrement au site de Bois Gramond, des composés se démarquent :

- Pour les pharmaceutiques, l'empreinte est caractéristique de la présence d'eaux usées non traitées (paracétamol, caféine, acide salicylique).

- Pour les pesticides, on observe une prédominance du glyphosate et de de son métabolite l'AMPA, puis de pesticides caractéristiques du lessivage de façades (terbutryne, diuron, propiconazole).

- Pour les alkylphénols, le composé majoritairement détecté dans le milieu est le 4-nonylphénol.

- Pour les PFAS, le collecteur rocade nord est marqué par la présence majoritaire de PFOS et de 6:2FTSA.

c. Eaux Pluviales Zones Urbaines (EPZU)

1. Profil général de contamination

Les différentes classes de molécules recherchées dans les eaux pluviales zones urbaines sont les pharmaceutiques (12 molécules), les pesticides (24 molécules), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (14 molécules) et les composés perfluorés (17 molécules). Ces molécules sont répertoriées dans le Tableau 35.

Les prélèvements sont des prélèvements moyens asservis au débit réalisés au début de l'évènement de pluie. Les détails (débit, durée, teneur en MES) sont présentés dans le Tableau 34. Lorsque cela a été possible, le LyRe a fourni les valeurs de MES mesurées durant le prélèvement afin que tous les partenaires travaillent avec des données homogènes. En l'absence d'information, les valeurs de MES utilisées sont celles obtenues par le LPTC au moment de la filtration. Le calcul des flux a été réalisé en prenant en compte de la concentration moyenne de chaque composé (ng/L) et du débit enregistré pendant l'évènement (L/évènement).

Tableau 34. Caractéristiques des échantillons d'eaux pluviales zones urbaines

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/Evènement))	Teneur en MES (g/L)	Provenance données MES
EP zones urbaines	EPZU-Hil-LAVI-1	07/02/2016	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 0,5 m3)	9h	45 300	0,02	LyRE
	EPZU-Jac-ASCOT-1	07/02/2016	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 2,3 m3)	4h	89 400	0,05	LyRE
	EPZU-Fargue-NEUV-1	07/02/2016	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 1 m3)	2h41	10 980	0,35	LyRE
	EPZU-Fargue-SOLEIL-1	07/02/2016	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 33,2 m3)	3h	1 407 000	0,02	LyRE
	EPZU-Fargue-LESSEPS-1	07/02/2016	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 5,2 m3)	4h	617 400	0,03	LyRE
	EPZU-Garonne-CASTERA-1	07/02/2016	moyen, asservi au débit (200 mL tous les 0,1 m3)	6h	400	0,98	LyRE

Tableau 35. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les eaux pluviales de zones urbaines

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	6	2,0
PESTICIDES	AMPA	6	6	35,0
PESTICIDES	Atrazine	0	6	2,0
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	4	6	2,0
PESTICIDES	Azoxystrobine	2	6	1,0
PESTICIDES	Carbendazime	6	6	2,0
PESTICIDES	DCPMU	2	6	7,0
PESTICIDES	Diflufénican	1	6	1,0
PESTICIDES	Diuron	6	6	2,0
PESTICIDES	DMSA	5	6	1,0
PESTICIDES	Fipronil	0	6	1,0
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	0	6	0,5
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	1	6	0,5
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	2	6	0,5
PESTICIDES	Glyphosate	6	6	5,0
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	5	6	2,0
PESTICIDES	Imidaclopride	3	6	2,0
PESTICIDES	Métolachlore	0	6	2,0
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	6	13,0
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	6	4,0
PESTICIDES	Propiconazole	3	6	7,0
PESTICIDES	Simazine	0	6	8,0
PESTICIDES	Terbuthylazine	1	6	2,0
PESTICIDES	Terbutryne	5	6	1,0
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	6	6	15,0
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	1	6	5,0
PHARMACEUTIQUES	Caféine	5	6	20,0
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	0	6	7,0
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	1	6	5,0
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	0	6	25,0
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	1	6	25,0
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	3	6	10,0
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	1	6	20,0
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	3	6	15,0
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	1	6	5,0
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	4	6	9,0
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	0	6	20,0

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
HAP	Anthracène	6	6	0,2	6	6	8,0
HAP	Acénaphthène	6	6	0,3	6	6	25,0
HAP	Acénaphthylène	6	6	0,3	6	6	10,0
HAP	Benzo[a]anthracène	4	6	0,2	6	6	5,0
HAP	Benzo[a]pyrène	0	6	0,3	6	6	5,0
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	4	6	0,3	6	6	10,0
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	1	6	0,3	6	6	5,0
HAP	Chrysène + Triphénylène	6	6	0,2	6	6	5,0
HAP	Fluoranthène	6	6	0,2	6	6	10,0
HAP	Fluorène	6	6	0,3	6	6	25,0
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	1	6	0,3	5	6	5,0
HAP	Naphtalène	2	6	4,0	1	6	386
HAP	Phénanthrène	6	6	0,6	6	6	100
HAP	Pyrène	6	6	0,2	6	6	10,0
PFAS	6:2 FTSA	6	6	0,05	1	6	0,09
PFAS	8:2 FTSA	5	6	0,01	4	6	0,01
PFAS	EtFOSAA	2	6	0,01	1	6	0,2
PFAS	FOSA	1	6	0,2	3	6	0,04
PFAS	FOSAA	2	6	0,03	2	6	0,01
PFAS	MeFOSAA	1	6	0,04	1	6	0,09
PFAS	PFBA	4	6	1,8	0	6	15,3
PFAS	PFBS	4	6	0,09	0	6	0,1
PFAS	PFDA	3	6	0,6	4	6	0,4
PFAS	PFHpA	5	6	0,6	3	6	0,09
PFAS	PFHpS	4	6	0,03	0	6	0,4
PFAS	PFHxA	5	6	0,6	3	6	0,2
PFAS	PFHxS	6	6	0,05	3	6	0,02
PFAS	PFNA	4	6	0,3	2	6	0,3
PFAS	PFOA	6	6	0,6	4	6	0,1
PFAS	PFOS	6	6	0,3	4	6	0,2
PFAS	PFPeA	5	6	0,5	2	6	0,2

La Figure 170 présente les concentrations moyennes obtenues dans les eaux pluviales de zones urbaines cumulées par grande classe de composés organiques, et ce, pour la phase totale (dissoute + particulaire). Les niveaux de contamination sont équivalents mis à part pour le point EPZU-Fargue-NEUV-1 qui présente des concentrations très élevées (180 000 ng/L au lieu 1 500 ng/L pour les autres points), en lien avec sa nature de réseau unitaire. La contamination de ce point provient donc pour partie d'eaux usées domestiques, ce qui explique les fortes concentrations en composés pharmaceutiques.

Si l'on ne prend pas en compte le point du réseau unitaire (EPZU-Fargue-NEUV-1), on remarque que les profils de contaminations sont quasiment identiques pour tous les points de prélèvement (Figure 171). En effet, la contamination provient majoritairement des pesticides, puis des pharmaceutiques et enfin des PFAS. Le point EPZU-Garonne-CASTERA-1 présente également un profil particulier avec des concentrations cumulées en HAP atteignant 5151 ng/L. Cette forte concentration en HAP (provenant essentiellement de la phase particulaire) place le point EPZU-Garonne-CASTERA-1 parmi les plus concentrés.

Cependant, l'approche par flux modifie le profil des résultats obtenus. En effet, les apports varient entre 2,25 et 2286,68 mg/évènement pour les points EPZU-Garonne-CASTERA-1 et EPZU-Fargue-SOLEIL respectivement (Figure 173).

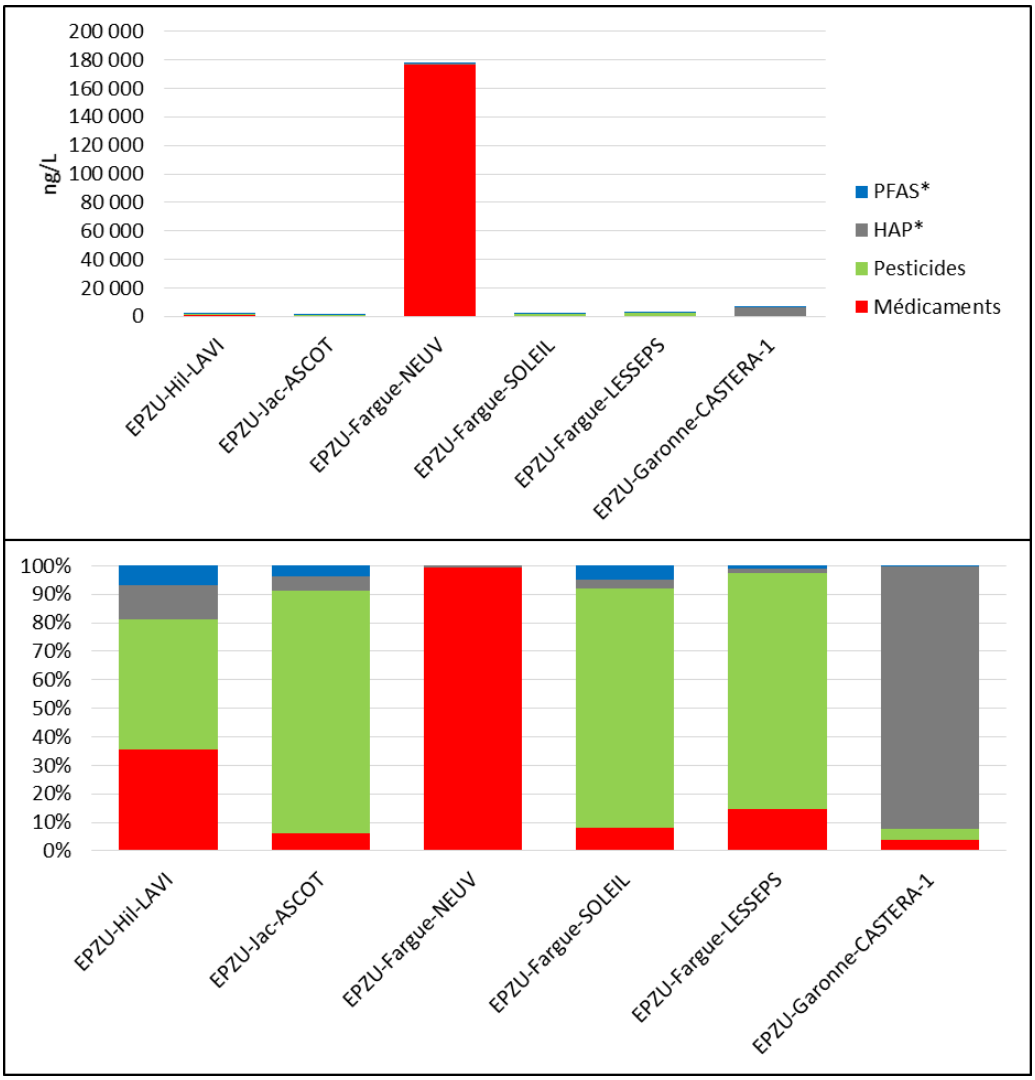


Figure 170. Profil de contamination général des Eaux Pluviales Zones Urbaines (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

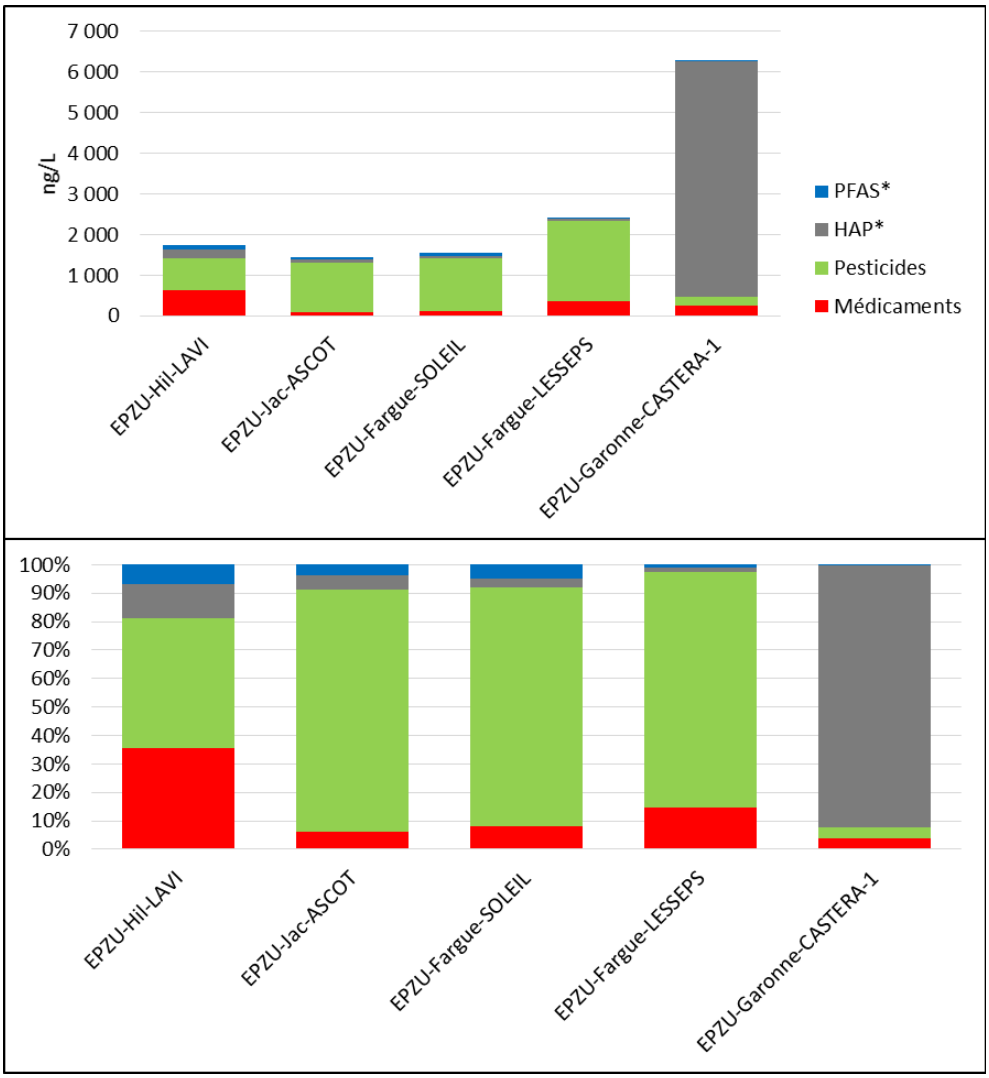


Figure 171. Profil de contamination général des Eaux Pluviales Zones Urbaines (ng/L) sans la prise en compte du point EPZU-Fargue-NEUV-1 (réseau unitaire) – Phase dissoute + phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

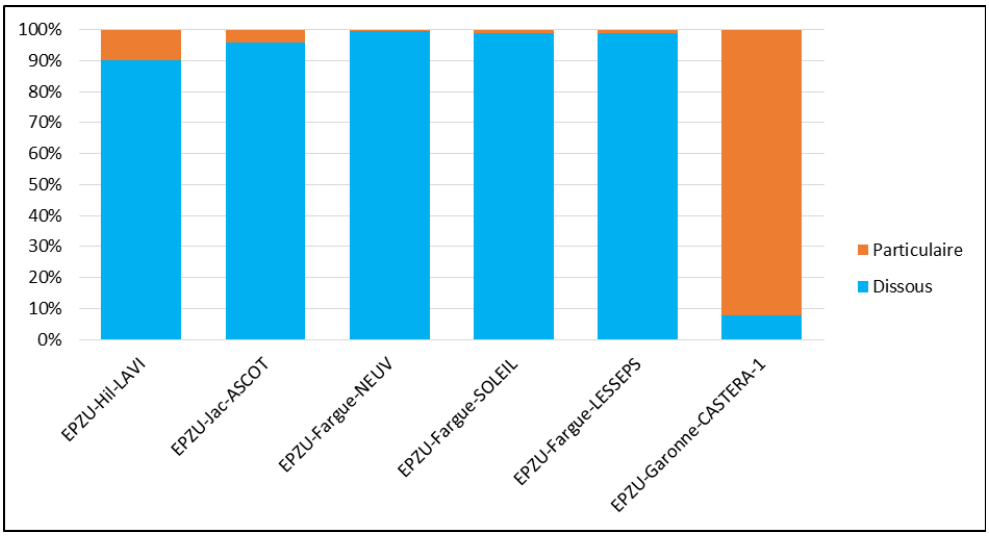


Figure 172. Partition phase dissoute/Phase particulaire de la contamination des Eaux Pluviales Zones Urbaines

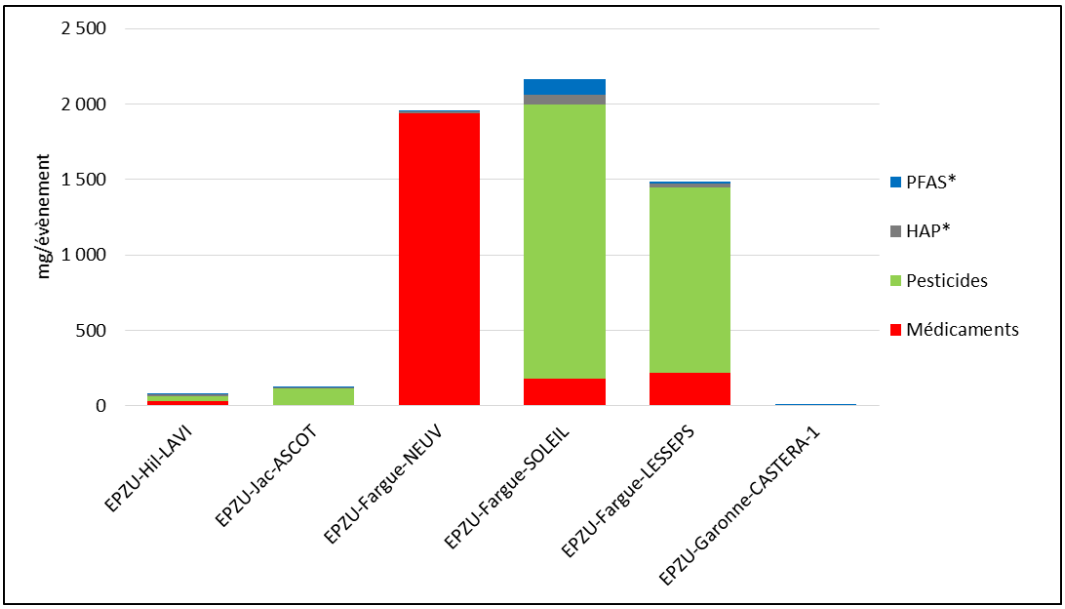


Figure 173. Flux totaux (mg/évènement) de contaminants dans les Eaux Pluviales Zones Urbaines - Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

2. Pharmaceutiques

L'étude des eaux pluviales zones urbaines discrimine clairement le point EPZU-Fargue-NEUV-1 des autres. La concentration totale en pharmaceutiques est de 176 587 ng/L contre moins de 625 ng/L pour les autres. Sur les 13 molécules recherchées, seules 3 (carbamazépine, sotalol et diclofénac) ne sont pas retrouvées alors qu'au contraire pour les autres points 4 molécules sont au maximum retrouvées (site EPZU-Hil-LAVI-1). Il s'agit cependant du seul point unitaire (mélange d'eau de pluie avec les eaux usées), il n'est donc pas étonnant de retrouver de fortes concentrations en paracétamol et en caféine. A titre de comparaison, les concentrations sont du même de grandeur que celles retrouvées dans les eaux usées domestiques les moins concentrées.

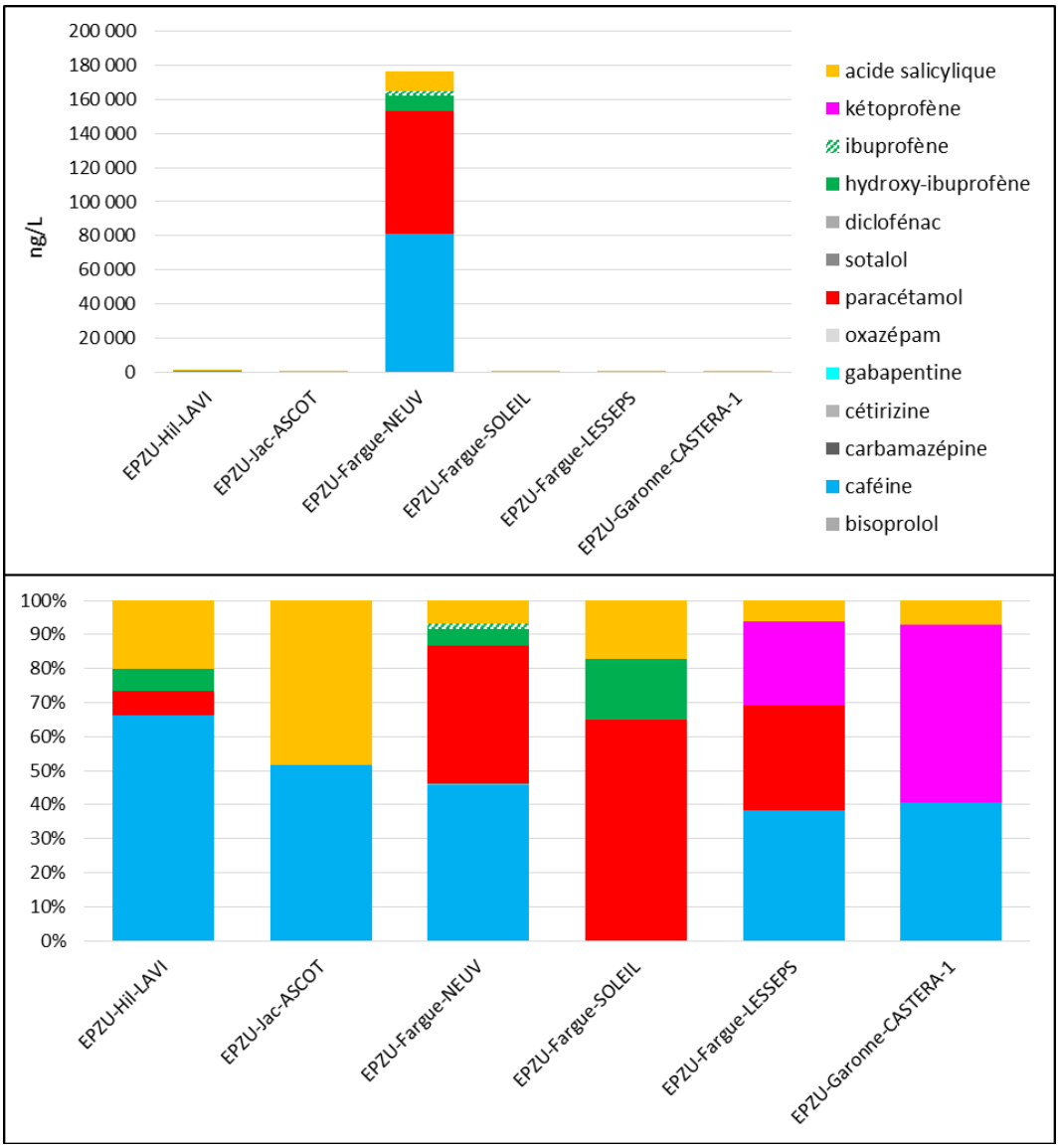


Figure 174. Concentration (ng/L) des pharmaceutiques dans les EPZU

Pour les points strictement pluviaux, la seule molécule retrouvée dans l'ensemble des échantillons est l'acide salicylique. Les concentrations totales sont comprises entre 87 ng/L (EPZU-Jac-ASCOT-1) et 621 ng/L (EPZU-Hil-LAVI-1) (Figure 175). Les profils de contamination diffèrent entre les différents échantillons ce qui peut être dû au fait que les concentrations étant particulièrement faibles, les concentrations déterminées sont proches des limites de quantification. Ainsi, ces exutoires pluviaux urbains semblent moins impactés par les eaux usées non traitées que l'exutoire pluvial de la rocade, ce qui peut être lié au fait que les prélèvements ont été effectués en tête de réseau et qu'il est moins probable que de mauvais raccordements soient présents.

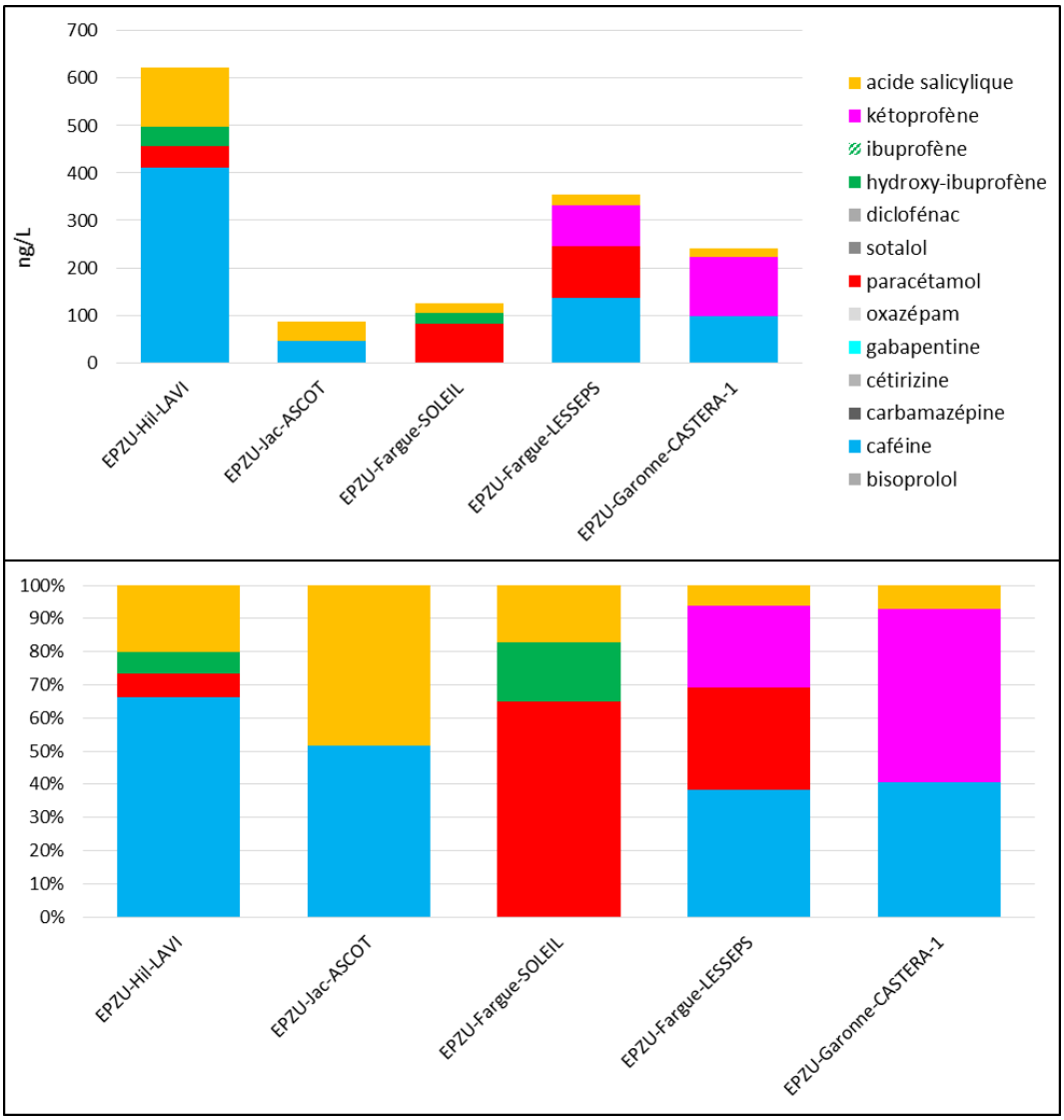


Figure 175. Concentration (ng/L) des pharmaceutiques dans les EPZU sans la participation du point EPZU-Fargue-NEUV-1 (réseau unitaire)

En termes de flux (Figure 176) c'est le point du réseau unitaire qui engendre le plus d'apports (1 939 mg/évènement) ce qui est logique étant donné les concentrations déterminées et le débit de ce point. Les points EPZU-Fargue-SOLEIL-1 et EPZU-Fargue-LESSEPS-1 sont ensuite les points qui ont des apports les plus importants (177 et 219 mg/évènement) et ce en raison de leur débit plus important (1 407 000 et 617 400 L/évènement, respectivement). En raison de leur faible débit, les points EPZU-Hil-LAVI-1 et EPZU-Jac-ASCOT-1 contribuent à moins de 30 mg/évènement. Le point EPZU-Garonne-CASTERA-1 contribue à moins de 1 mg/évènement (débit de 400 L/évènement). De même que pour l'exutoire pluvial de la rocade, il peut être intéressant de calculer un nombre de personnes en lien avec les quantités retrouvées en caféine. Pour le point unitaire EPZU-Fargue-NEUV-1, le nombre de personnes calculé est entre 55 et 1 110, ce qui n'est pas incohérent.

Pour les points EPZU-Hil-LAVI-1, EPZU-Jac-ASCOT-1 et EPZU-Fargue-LESSEPS-1 le nombre de personnes est compris entre 5 et 105 en considérant le plus petit facteur d'excrétion et moins d'une à 5 pour le plus grand. Pour EPZU-Fargue-SOLEIL-1 et EPZU-Garonne-CASTERA-1 le nombre de personnes n'a pas pu être extrapolé : dans le premier cas la caféine n'a pas été quantifiée et dans le second le débit étant trop faible les apports sont trop peu importants. Ceci démontre que la présence des composés pharmaceutiques dans les eaux pluviales de zones urbaines ne semble pas liée à la présence

d'eaux usées en tant que telles. La valeur limite de 400 ng/L évoquée par (Sauvé et al., 2012) n'est d'ailleurs dépassée que pour EPZU-Hil-LAVI-1 (411,1 ng/L). Des apports plus « sporadiques » *via* les déjections urinaires humaines en ville pourraient être une piste. Cet aspect semble ne pas être anecdotique, puisque des grandes villes comme Bordeaux testent des peintures hydrophobes afin de limiter les gênes liées à cette pratique (en « renvoyant le liquide à l'envoyeur ») (Ouest France, 2016).

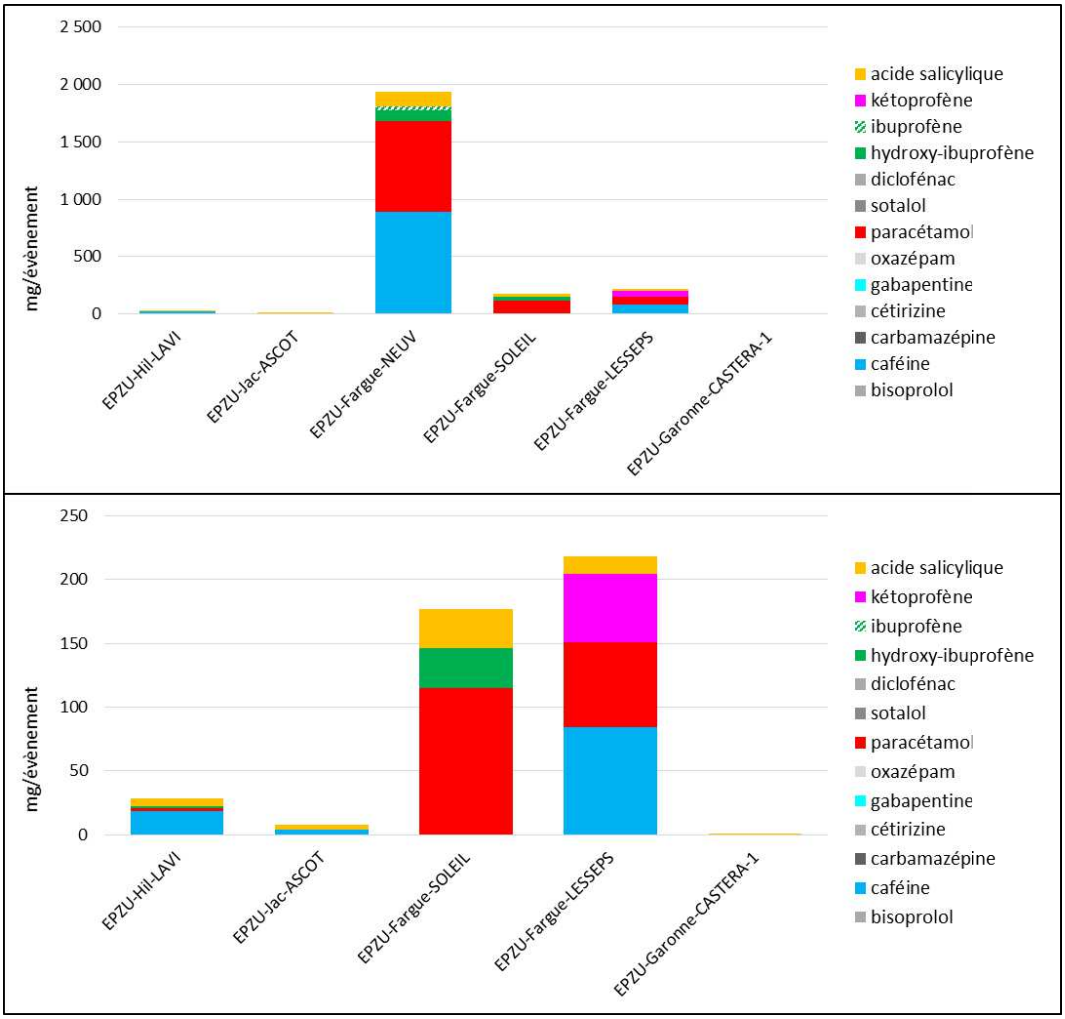


Figure 176. Flux de pharmaceutiques (en mg/évènement) dans les eaux pluviales zones urbaines

3. Pesticides

Sur les 24 molécules recherchées, 16 sont quantifiées au moins une fois dans les différents exutoires pluviaux de zones urbaines (2-hydroxy-atrazine, AMPA, azoxystrobine, carbendazime, DCPMU, diflufénican, diuron, DMSA, fipronil sulfide, fipronil sulfone, glyphosate, hydroxy-simazine, imidaclopride, propiconazole, terbuthylazine, et terbutryne).

Les concentrations cumulées en pesticides des différents exutoires fluctuent entre 200 (EPZU-Fargue-NEUV-1 et EPZU-Garonne-CASTERA-1) et 2 000 ng/L (EPZU-Fargue-LESSEPS-1), avec des profils de contamination très différents d'un exutoire à l'autre (Figure 177). Cette observation vient compléter la tendance soulevée précédemment : en plus d'une forte variabilité intra ouvrage des concentrations en pesticides (Birch et al., 2011; Botta et al., 2009), il apparait une variabilité inter ouvrage, due au fait que les bassins versants des exutoires sont différents en terme d'usages, de surface, de temps de réponse, etc.

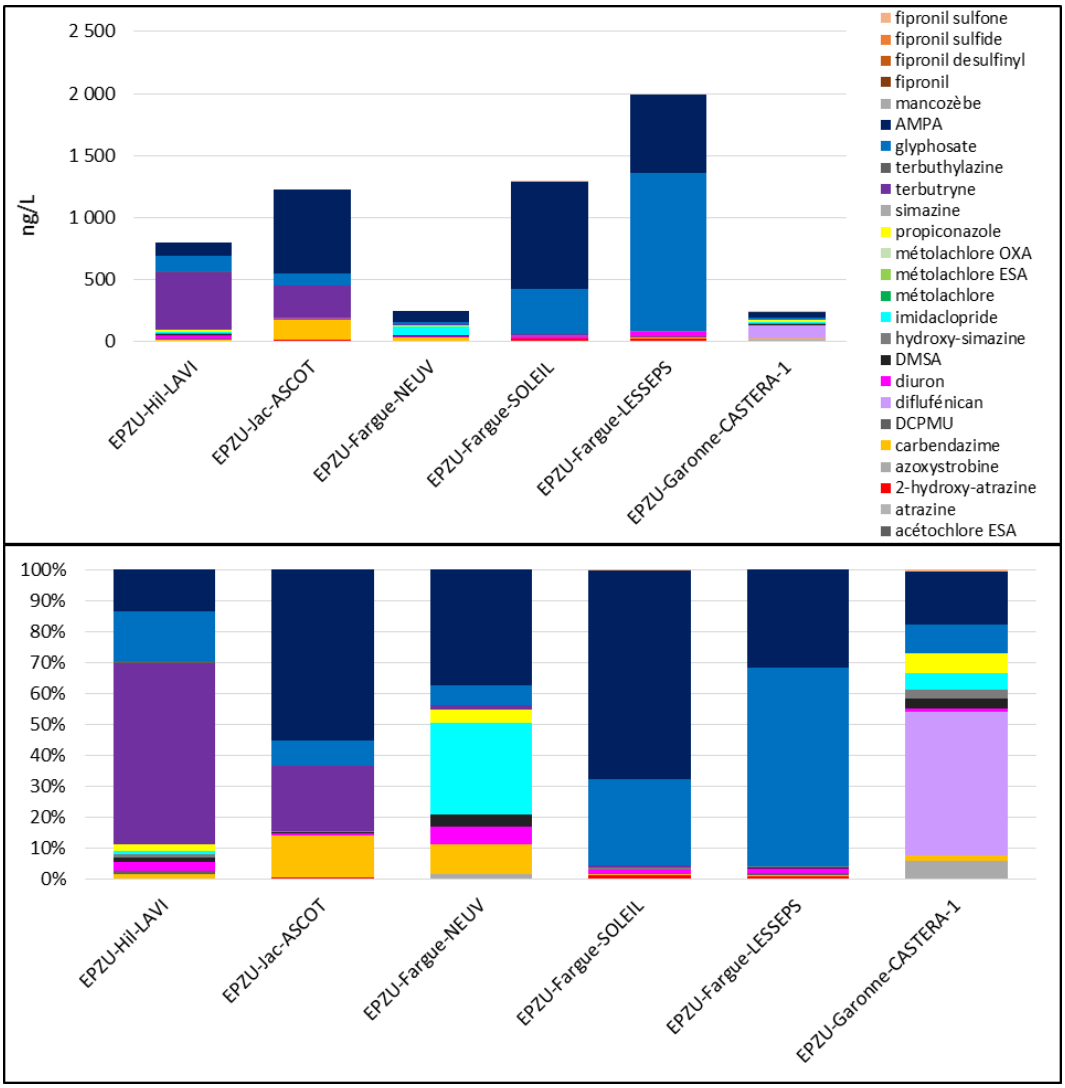


Figure 177. Concentration (ng/L) des pesticides dans les EPZU

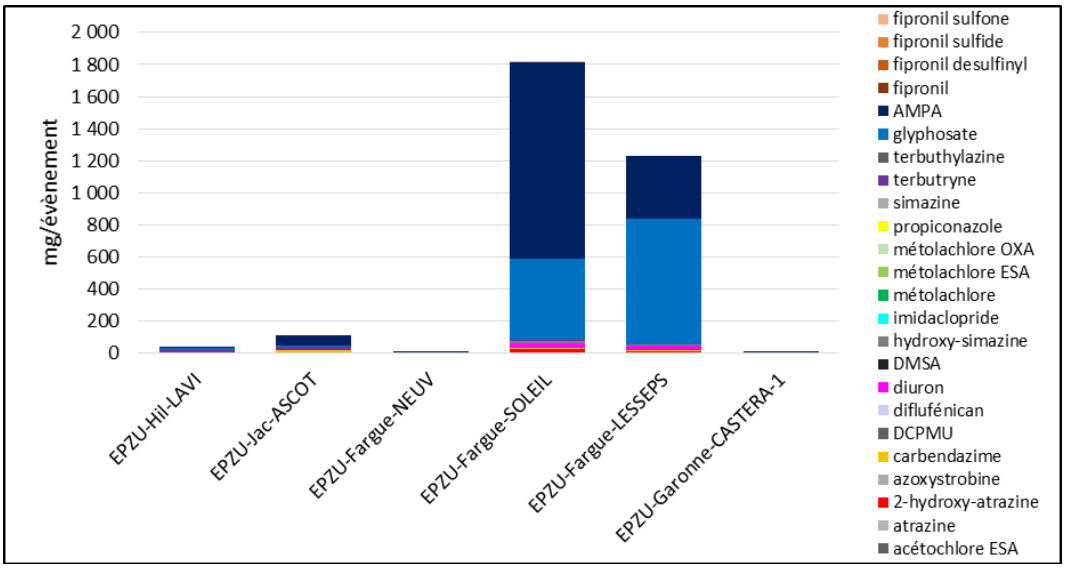


Figure 178. Flux (mg/évènement) des pesticides dans les EPZU

Le glyphosate et l'AMPA expliquent généralement plus de 50% de la contamination observée, avec une concentration maximale pour le glyphosate de 1 270 ng/L pour l'EPZU-Fargue-LESSEPS-1, et une concentration maximale pour l'AMPA de 869 ng/L pour l'EPZU-Fargue-SOLEIL-1. Les concentrations en AMPA sont systématiquement plus importantes que les concentrations en glyphosate sauf pour les sites EPZU-Hil-LAVI-1 et EPZU-Fargue-LESSEPS-1 pour lequel les concentrations en glyphosate sont respectivement 1 et 2 fois plus grandes, et sont donc certainement plus proches des sites d'application soit en termes de distance soit en termes de proximité temporelle.

Les exutoires EPZU-Hil-LAVI-1 et EPZU-Jac-ASCOT-1 sont caractérisés par de fortes concentrations en terbutryne, respectivement de 468 et 265 ng/L, contre moins de 10 ng/L pour les autres ouvrages. Cette molécule est un herbicide interdit à l'usage agricole sur le territoire français depuis 2003, mais classé en tant que biocide TP 7, 9 et 10. Elle est donc autorisée dans le cadre de la protection de surfaces (peintures), la protection de cuirs, fibres ou polymères, ou pour la protection de matériaux de construction et retrouvées dans les eaux de lessivage (Birch et al., 2011; Bollmann et al., 2014). Cette substance active est donc susceptible de se retrouver dans des eaux de lessivages ayant été en contact avec des surfaces traitées.

Du diuron est retrouvé dans l'ensemble des exutoires, à des concentrations allant de 2 ng/L (EPZU-Garonne-CASTERA-1) à plus de 30 ng/L (EPZU-Fargue-LESSEPS-1). Comme pour la terbutryne et comme dit précédemment, cette molécule est susceptible de rejoindre les eaux pluviales suite au ruissellement des précipitations sur des surfaces traitées (Birch et al., 2011; Bollmann et al., 2014).

De l'imidaclopride est retrouvé dans les exutoires EPZU-Fargue-NEUV-1 (71 ng/L) et EPZU-Garonne-CASTERA-1 (13 ng/L). Cette molécule, peut être commercialisée pour traiter les insectes nuisibles (biocide TP18), notamment dans des formulations accessibles aux particuliers. De même, EPZU-Garonne-CASTERA-1 est également marqué par la présence de diflufénican (110 ng/L). Cet herbicide est autorisé en agriculture, mais se retrouve également dans des formulations accessibles aux particuliers (herbicide spécial gazon). A l'instar du diuron, le diflufenican et l'imidaclopride peuvent se retrouver dans les eaux de ruissellement urbaines si les précipitations entrent en contact avec des zones, bâtiments ou jardins traités.

Les flux globaux peuvent être calculés pour l'ensemble des EPZU (Figure 178), ils vont de 0,09 mg/jour pour EPZU-Garonne-CASTERA-1 à plus de 1,8 mg/jour pour EPZU-Fargue-SOLEIL-1. Les concentrations retrouvées dans les différents ouvrages varient tout au plus d'un facteur 10, et c'est surtout les débits des exutoires qui vont jouer sur les quantités rejetées au milieu puisque qu'il y a un facteur 3 000 entre le débit le plus faible (EPZU-Garonne-CASTERA-1 : 0,4 m^3/évènement) et le débit le plus important (EPZU-Fargue-SOLEIL-1 : 1 407 m^3/évènement). Les flux globaux sont inférieurs à ceux estimés dans les exutoires pluviaux présentés en section « a » (49 – 1 400 g/évènement), principalement en lien encore une fois avec les débits (4 000 m^3/évènement en moyenne), mais aussi avec des concentrations plus importantes en matières actives (5 400 ng/L de glyphosate en moyenne).

Cette projection renforce la vision d'une forte variabilité entre les différents ouvrages avec la nécessité d'une prise en compte individuelle en termes d'impact car ces rejets non traités sont susceptibles d'augmenter localement la concentration en matières actives dans le milieu récepteur, et d'impacter les écosystèmes soumis à cette pression.

4. HAP

Sur les 14 HAP analysés dans la phase dissoute des eaux pluviales zones urbaines, 1 seul n'a jamais été détecté (benzo(a)pyrène).

Deux groupes de HAP se distinguent. Le premier groupe, constitué par le naphtalène, le acénaphthylène, l'acénaphthène, le fluorène, le phénanthrène, l'anthracène, le fluoranthène et le pyrène représente les HAP légers. Le second groupe, constitué par le benzo(a)anthracène, le chrysène + triphénylène et le benzo(b+j+k)fluoranthène représente les HAP lourds. Plus les HAP sont lourds et plus ils sont hydrophobes, il est donc normal de trouver d'avantages de HAP légers dans la phase dissoute et de HAP lourds dans la phase particulaire.

Les concentrations en HAP dans la phase dissoute des échantillons d'eaux pluviales zones urbaines varient entre 10 et 190 ng/L. Globalement le profil de contamination est le même quel que soit le point de prélèvement (Figure 179). Les composés majoritairement détectés appartiennent aux HAP légers et sont le pyrène, le fluoranthène et le phénanthrène avec des concentrations moyennes respectives de 7,4 ng/L, 8,3 ng/L et 16,6 ng/L. Ces molécules ont également été détectées dans le milieu naturel à des concentrations maximales de 1,8 ng/L (pyrène), 3,1 ng/L (phénanthrène) et 2,4 ng/L (Fluoranthène).

Globalement les rapports HAP légers/HAP lourds dans la phase dissoute sont proches de 50% ce qui laisse penser que la contamination a deux origines : pyrolytique (combustion, dépôts atmosphériques) et pétrogénique (déversement d'essence). Cette empreinte est spécifique des eaux pluviales urbaines, ceci a d'ailleurs été mis en évidence par Gasperi *et al* (Gasperi et al., 2014).

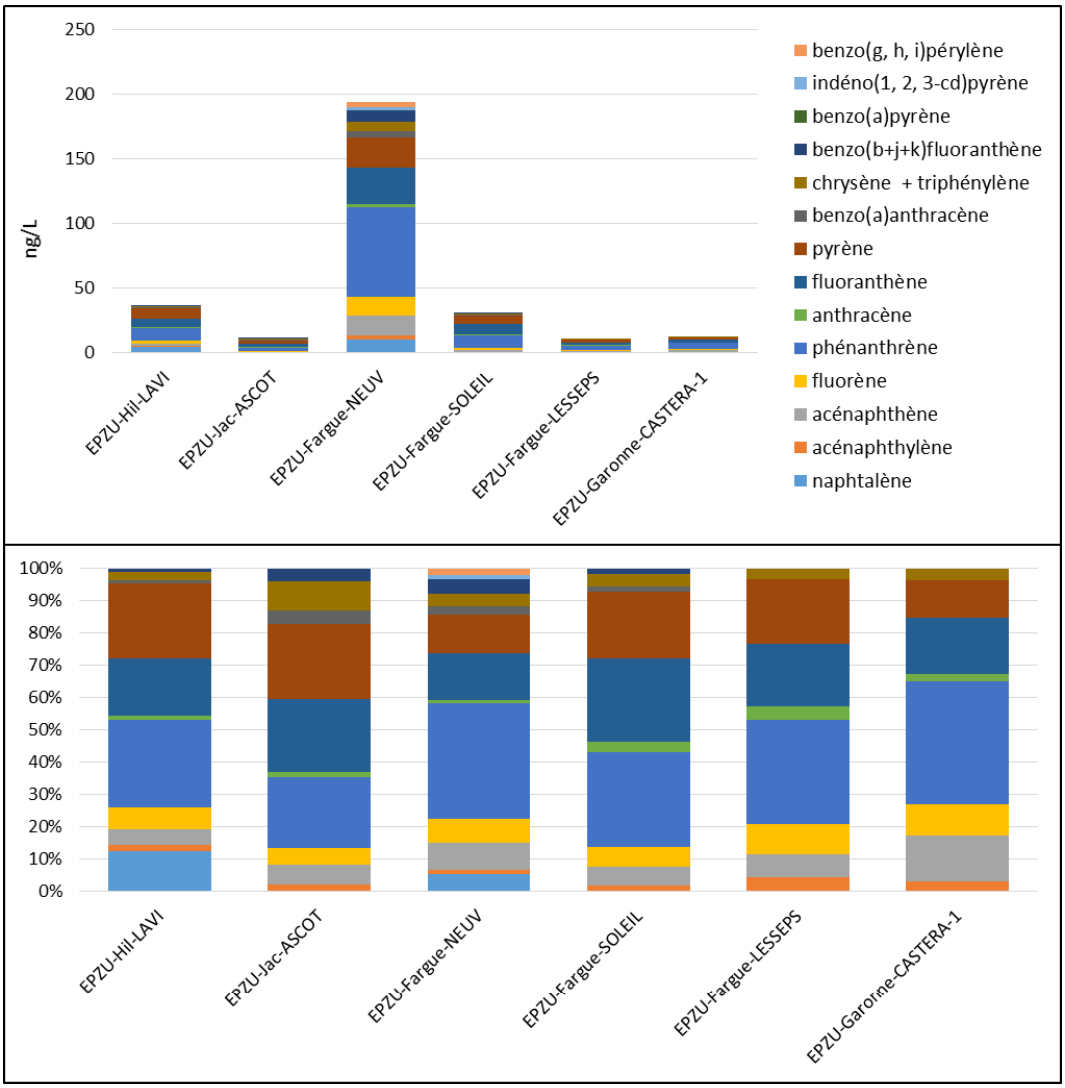


Figure 179. Concentrations (ng/L) en HAP présents dans la phase dissoute des EPZU

Le point EPZU-Fargue-NEUV-1 est le seul dans lequel a été détecté l'indénol(1,2,3-cd)pyrène et le benzo(g,h,i)pérylène à des concentrations respectives de 2,4 ng/L et 4,1 ng/L. Ce point est le seul faisant partie d'un réseau unitaire, il avait été analysé dans les eaux usées domestiques par temps sec (campagnes 1 et 2). Néanmoins ces composés n'avaient pas été détectés lors des prélèvements d'eaux usées (Figure 264), sa présence est donc due au drainage des eaux pluviales.

Sur les 14 HAP analysés dans la phase particulaire des eaux pluviales zones urbaines, tous ont été détectés au moins 1 fois. Les concentrations cumulées en HAP dans la phase particulaire varient entre 200 et 11 500 ng/g en fonction des points (Figure 180). Le composé majoritairement détecté est un HAP lourd, le benzo(b+j+k)fluoranthène avec des concentrations variant entre 10,9 ng/g (EPZU-Fargue-LESSEPS) et 1 058,8 ng/g (EPZU-Garonne-CASTERA-1). Le benzo(b+j+k)fluoranthène avait également été détecté dans le milieu naturel à des concentration s'échelonnant entre 18,3 et 1 017,4 ng/g. Les résultats obtenus sur les eaux pluviales en zones urbaines concordent donc avec le constat précédemment établi.

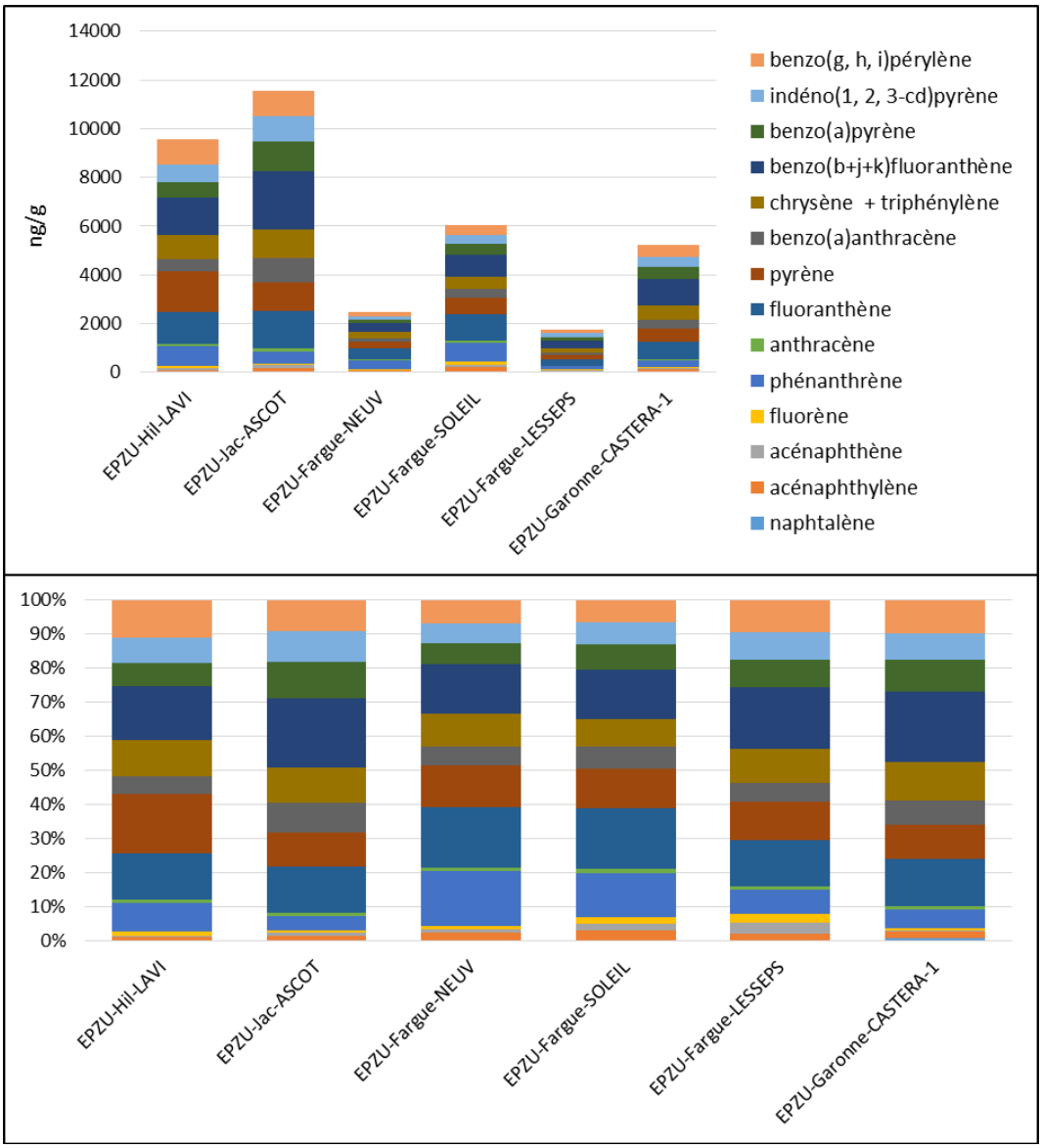


Figure 180.Concentrations (ng/g) en HAP présents dans la phase particulaire des EPZU

La contamination totale (phase dissoute + phase particulaire) est essentiellement due à l'apport par la phase particulaire (Figure 182) et varie entre 100 et 4 700 ng/L. Le point EPZU-Garonne-CASTERA-1 est celui présentant la plus forte teneur en particules (0,98 g/L), c'est pour cette raison qu'il présente la plus grande concentration totale en HAP. Cependant une approche par flux donne un schéma très différent (Figure 181). Les apports en HAP varient entre 2,1 et 190,6 mg/évènement pour les points EPZU-Garonne-CASTERA-1 et EPZU-Fargue-SOLEIL respectivement. Ceci peut s'expliquer par la forte différence de débit entre ces deux points. En effet le débit du point EPZU-Fargue-SOLEIL était environ 3 500 fois supérieur à celui mesuré sur le point EPZU-Garonne-CASTERA-1.

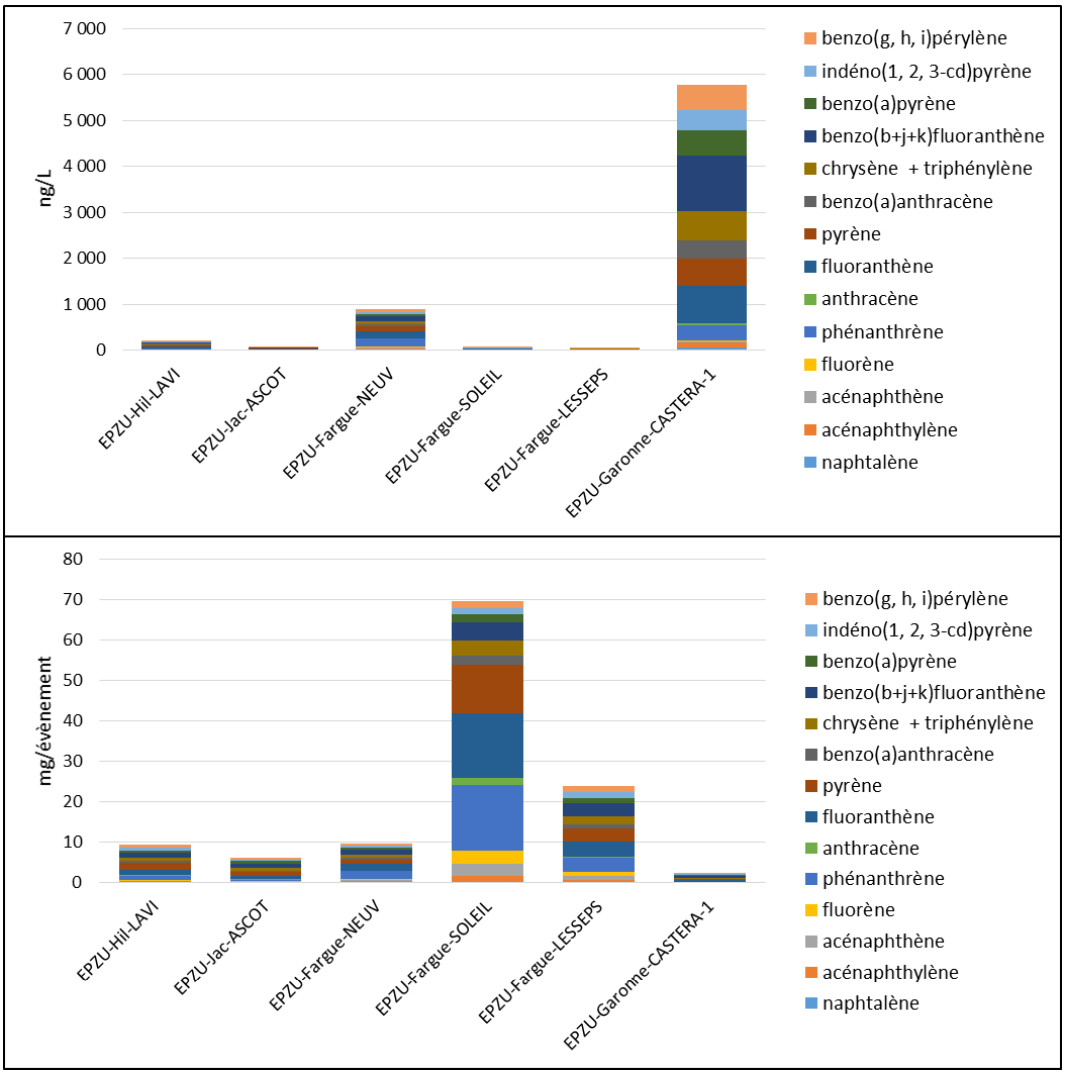


Figure 181. Concentration totale (ng/L) et Flux totaux en mg/évènement (phase dissoute + phase particulaire) en HAP dans les EPZU

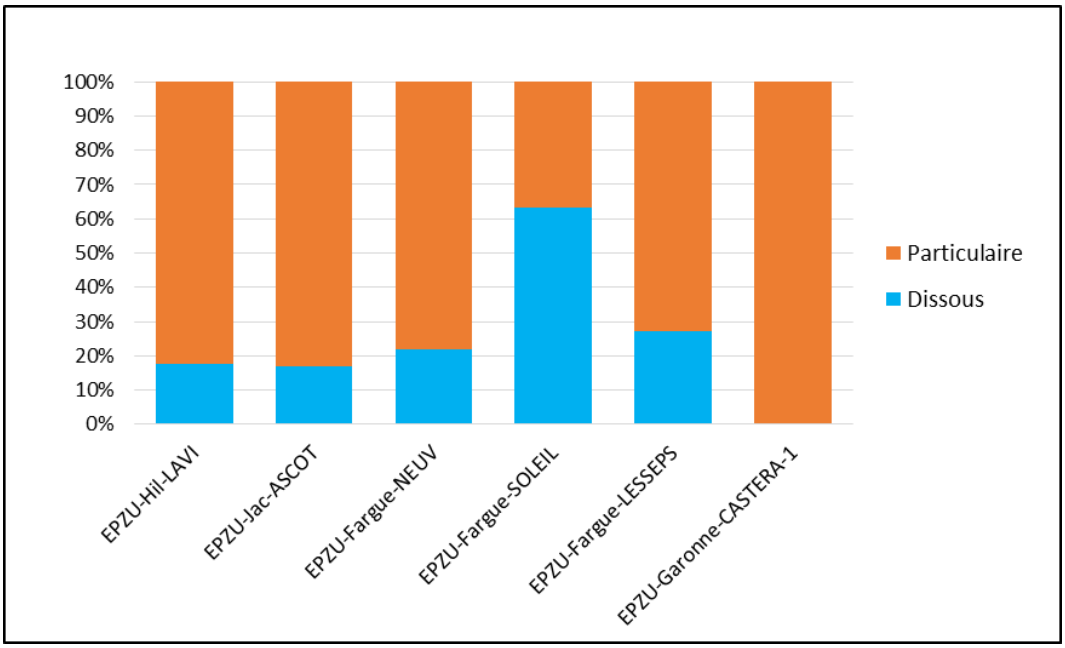


Figure 182. Partition Dissous/Particulaire des HAP dans les EPZU

5. PFAS

Sur les 17 PFAS analysés dans les eaux pluviales zones urbaines, tous ont été détectés au moins une fois. Les concentrations cumulées dans le dissous varient entre 2 et 115 ng/L (Figure 183). La variabilité spatiale est plus marquée et les niveaux moyens plus élevés que pour les eaux usées domestiques. Plusieurs profils de contamination se distinguent :

- Les points EPZU-Hil-LAVI-1 et EPZU-Jac-ASCOT-1 sont marqués par la présence majoritaire des perfluoroalkyl carboxylates (PFCAs) représentant respectivement sur les 2 sites 80 et 97 % du profil. Tous les carboxylates ont été quantifiés, le PFOA puis le PFDA étant majoritaires. Ces deux points représentent le même type de quartiers résidentiels : habitats collectifs ou individuels avec jardin.
- Les points EPZU-Fargue-SOLEIL-1 et EPZU-Fargue-LESSEPS-1 présentent un profil davantage équilibré entre les carboxylates (40-50 %) et sulfonates (48-60 %) et une faible présence des précurseurs de carboxylates ou sulfonates (<5%), relativement similaire à ce qui est observé sur le continuum rocade. Ces sites sont respectivement le parking d'un centre commercial et un site sportif, non représentatif d'activités domestiques. Les concentrations en PFAS sont plus élevées au site SOLEIL probablement en raison d'une plus forte activité humaine et d'une plus grande longueur de réseau en amont du point de prélèvement.
- Au point EPZU-Fargue-NEUV-1, le profil observé (absence de PFCA à chaîne courte PFBA et PFPeA) se rapproche de celui reporté dans les eaux usées du même quartier. le niveau global (11,2 ng/L) et le profil observé sont similaires à ceux reportés dans les eaux usées domestiques (cf. partie IV. D. c. 4) mais la présence de PFHxA et PFHpA témoignerait du profil unitaire de ce réseau (ces composés n'étant pas quantifiés dans les eaux usées domestiques de ce quartier).
- Le site de CASTERA, localisé au niveau d'un cimetière, présente un niveau de contamination faible (< 2 ng/L) principalement marqué par la présence de PFOA (45%), PFOS (22%) et FOSAA (10%).

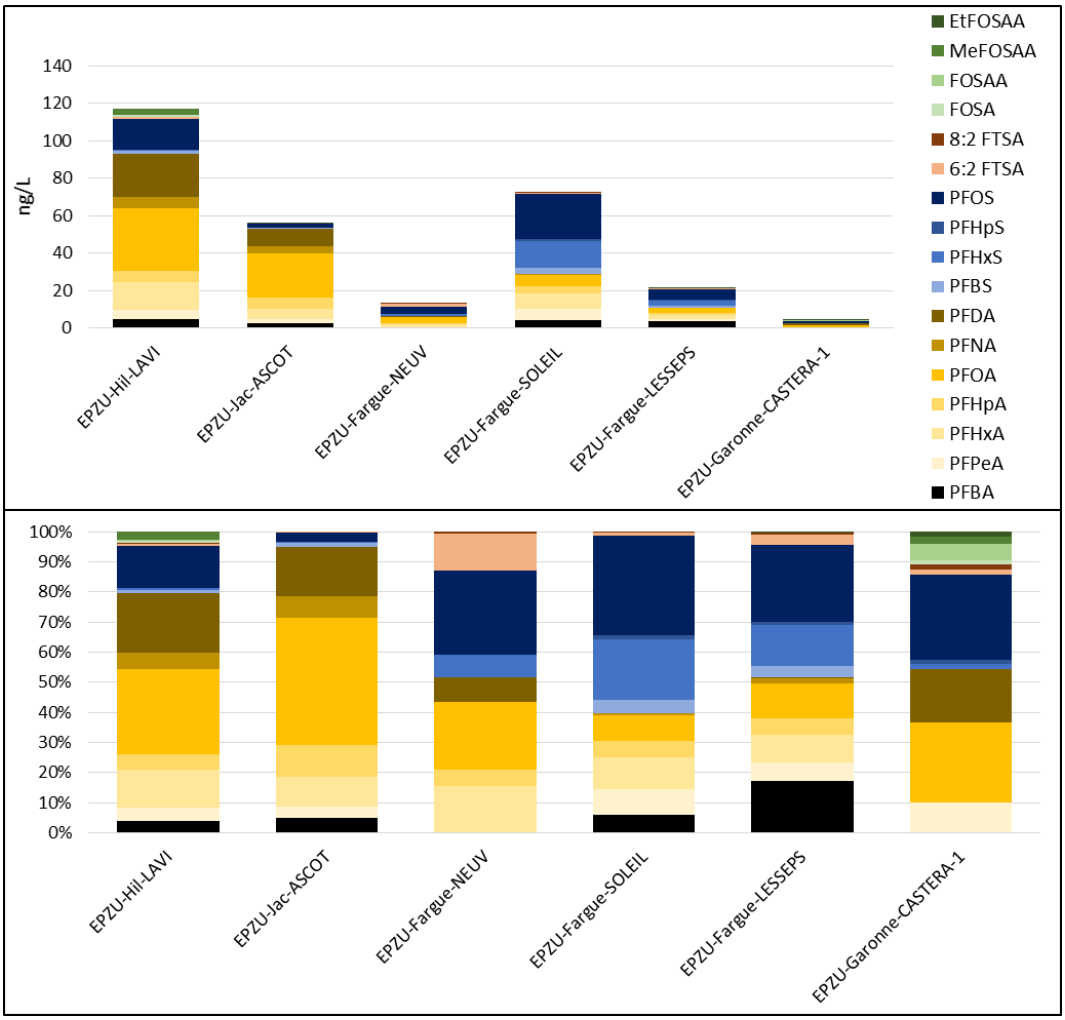


Figure 183. Concentrations (ng/L) des PFAS présents dans la phase dissoute des EPZU

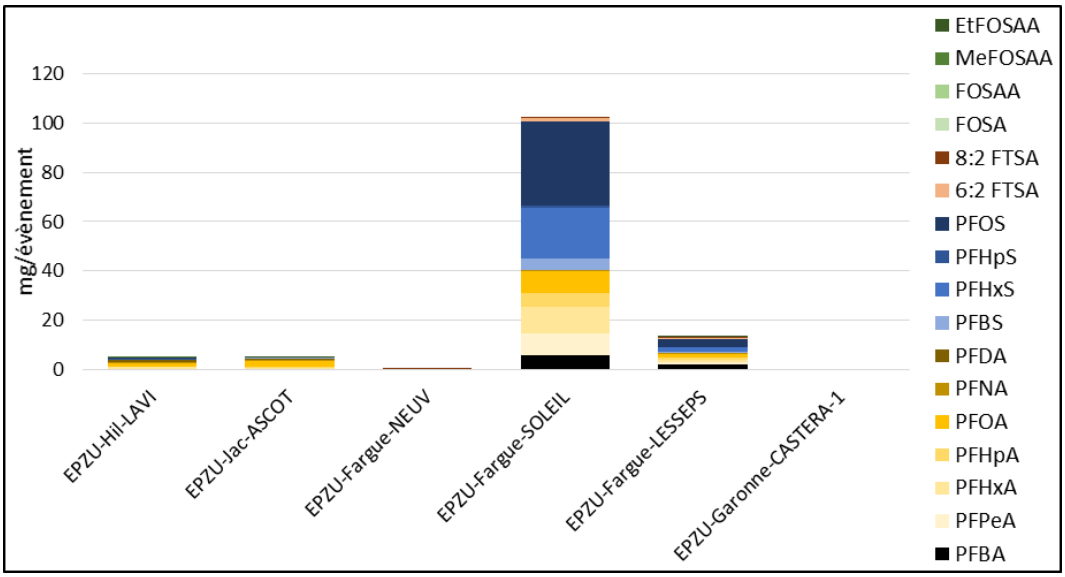


Figure 184. Flux (mg/évènement) de PFAS dans la phase dissoute des EPZU

Compte tenu de faibles teneurs en MES sur certains sites, les PFAS n'ont pu être analysés dans la phase particulaire que de 4 points sur 6 : ASCOT, NEUV, LESSEPS et CASTERA. Les concentrations totales dans cette phase sont comprises entre 1,9 ng/g et 33,7 ng/g et respectent l'ordre des niveaux de contamination observé en phase dissoute. Comme déjà observé pour les eaux pluviales du collecteur rocade, le profil moléculaire en phase particulaire est davantage marqué par les PFSAs qu'en phase dissoute. Et parmi les carboxylates, la proportion chaines longues (C9-C10)/chaînes moyennes et courtes (C4-C8) est inversée par rapport au dissous, en lien avec une augmentation des valeurs de Kd/Koc avec la chaîne perfluoroalkylée.

Pour les sites d'ASCOT, NEUV et LESSEPS, plus de 90 % de la teneur totale en PFAS est présente dans la phase dissoute, comme observé pour les eaux de ruissellement du collecteur rocade. Le rapport est plus équilibré sur le site de CASTERA (environ 50/50 entre les deux phases) probablement du fait des teneurs en MES plus élevées pour ce point (980 mg/L contre moins de 350 mg/L pour les autres points).

En termes de flux, en considérant uniquement la phase dissoute, les apports en PFAS par les EPZU ne dépassent pas les 15 mg / évènement excepté au point EPZU-Fargue-SOLEIL-1 où ils atteignent la centaine de mg/évènement. Plusieurs raisons peuvent expliquer l'importance de ce point : un réseau en amont beaucoup plus long et un diamètre de réseau plus élargi représentatif d'un bassin versant plus important ; et en conséquence un débit de 2 à 3 500 fois plus élevé que sur les autres sites. Sur l'ensemble des résultats, le débit mesuré en réseau détermine grandement l'importance des flux en PFAS (celui-ci étant fortement variable d'un réseau à l'autre tandis que les teneurs en PFAS sont du même ordre de grandeur). Par comparaison aux flux obtenus en sortie de Bois Gramond par temps de pluie, les apports des EPZU sont 1 000 fois plus faibles, en raison des débits beaucoup plus faibles également (jusqu'à un facteur de 200 000) et en lien certainement avec des surfaces drainées moins importantes.

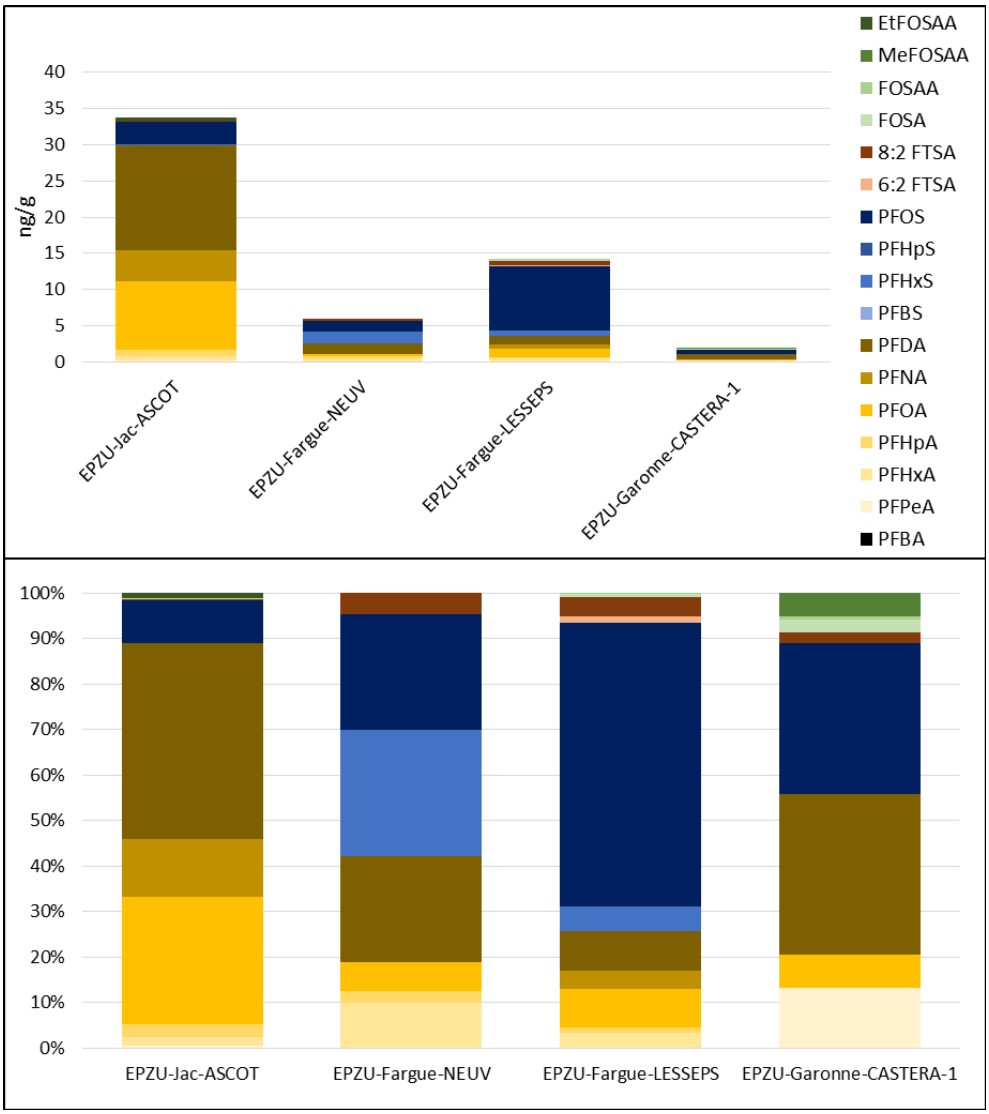


Figure 185. Concentrations (ng/g) des PFAS présents dans la phase particulaire des EPZU

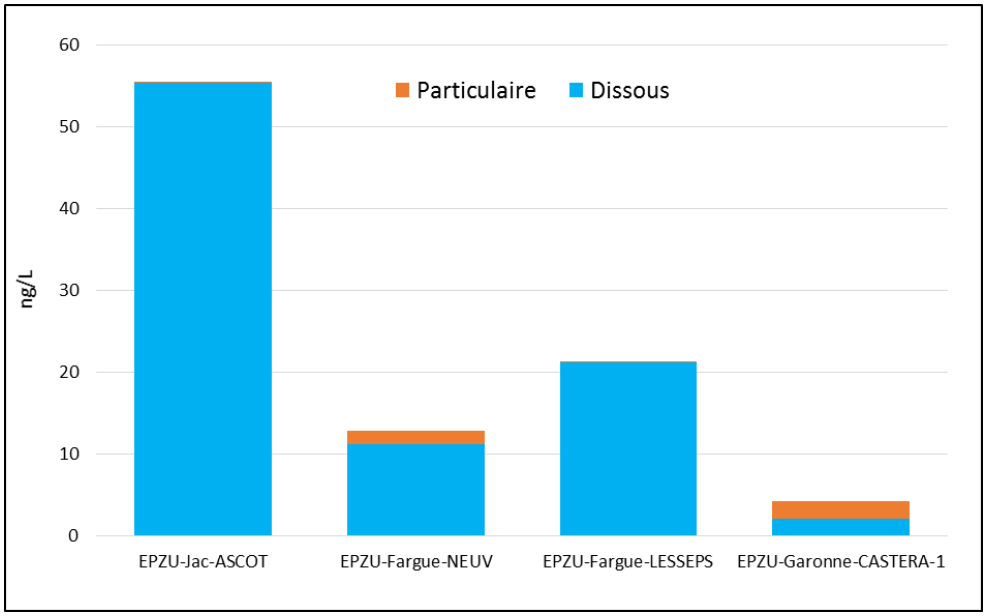


Figure 186. Concentrations totales (ng/L) des PFAS présents dans les EPZU

6. Conclusions

Les grandes familles de composés majoritairement présentes dans les eaux pluviales de zones urbaines sont les pesticides, les HAP et les pharmaceutiques. Au sein de chaque famille des composés se démarquent tout particulièrement.

- Pour les pharmaceutiques, l'empreinte est caractéristique de la présence d'eaux usées non traitées (paracétamol, caféine, acide salicylique).

- Pour les pesticides, on observe une prédominance du glyphosate et de de son métabolite l'AMPA, puis de biocides de protection, caractéristiques du lessivage extérieur de (diuron, propiconazole, terbutryne, diflufénican).

- Pour les PFAS, les eaux pluviales zones urbaines sont marquées par la présence majoritaire de PFOS, PFHxS, PFOA et PFDA.

d. Eaux Pluviales Techniques Alternatives (EPTA)

Les différentes classes de molécules recherchées dans les eaux pluviales du collecteur de la rocade nord sont les pharmaceutiques (12 molécules), les pesticides (24 molécules), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (14 molécules) et les composés perfluorés (17 molécules). Ces molécules sont répertoriées dans le Tableau 36. Les caractéristiques des échantillons prélevés (MES, débits, durée de prélèvement) sont répertoriées dans le Tableau 37. Lorsque cela a été possible, le LyRe a fourni les valeurs de MES mesurées durant le prélèvement afin que tous les partenaires travaillent avec des données homogènes. En l'absence d'information, les valeurs de MES utilisées sont celles obtenues par le LPTC au moment de la filtration.

Tableau 36. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les échantillons d'eaux pluviales des techniques alternatives

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	3	2,0
PESTICIDES	AMPA	8	8	4,9
PESTICIDES	Atrazine	0	3	2,0
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	0	3	1,0
PESTICIDES	Azoxystrobine	0	3	1,0
PESTICIDES	Carbendazime	3	3	1,0
PESTICIDES	DCPMU	3	3	3,0
PESTICIDES	Diflufénican	3	3	1,0
PESTICIDES	Diuron	3	3	1,0
PESTICIDES	DMSA	3	3	1,0
PESTICIDES	Fipronil	1	3	0,5
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	3	3	0,1
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	1	3	0,4
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	1	3	0,6
PESTICIDES	Glyphosate	8	8	4,1
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	0	3	1,0
PESTICIDES	Imidaclopride	3	3	2,0
PESTICIDES	Métolachlore	0	3	1,0
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	3	3,0
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	3	2,0
PESTICIDES	Propiconazole	3	3	2,0
PESTICIDES	Simazine	1	3	2,0
PESTICIDES	Terbuthylazine	0	3	1,0
PESTICIDES	Terbutryne	3	3	1,0
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	3	3	25,0
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	0	3	5,0
PHARMACEUTIQUES	Caféine	3	3	50,0
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	0	3	5,0
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	0	3	50,0
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	0	3	20,0
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	0	3	85,0
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	1	3	25,0
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	1	3	100
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	0	3	25,0
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	0	3	5,0
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	3	3	70,0
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	0	3	15,0

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
HAP	Acénaphthène	3	3	1,0	6	8	2,0
HAP	Acénaphthylène	3	3	1,0	6	8	1,0
HAP	Anthracène	3	3	0,2	6	8	2,0
HAP	Benzo[a]anthracène	3	3	0,3	6	8	1,0
HAP	Benzo[a]pyrène	0	3	0,5	6	8	2,0
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	3	3	0,5	6	8	2,0
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	0	3	0,5	6	8	2,0
HAP	Chrysène + Triphénylène	3	3	0,3	6	8	1,0
HAP	Fluoranthène	3	3	0,3	6	8	6,0
HAP	Fluorène	3	3	1,0	6	8	2,0
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0	3	0,5	6	8	2,0
HAP	Naphtalène	0	3	10,0	6	8	10
HAP	Phénanthrène	3	3	1,0	6	8	20
HAP	Pyrène	3	3	0,3	6	8	10,0
PFAS	6:2 FTSA	3	3	0,2	6	8	0
PFAS	8:2 FTSA	1	3	0,0	0	8	0
PFAS	EtFOSAA	1	3	0,0	6	8	0,0
PFAS	FOSA	3	3	0,0	4	8	0
PFAS	FOSAA	0	3	0,1	0	8	0
PFAS	MeFOSAA	1	3	0,0	4	8	0
PFAS	PFBA	2	3	1,0	0	8	12,2
PFAS	PFBS	3	3	0,1	0	8	0
PFAS	PFDA	3	3	0,3	6	8	0
PFAS	PFHpA	3	3	0,3	4	8	0
PFAS	PFHpS	0	3	0,1	0	8	0
PFAS	PFHxA	3	3	0,4	0	8	7
PFAS	PFHxS	2	3	0,2	0	8	0
PFAS	PFNA	2	3	0,7	2	8	0
PFAS	PFOA	3	3	0,8	4	8	0
PFAS	PFOS	3	3	0,1	4	8	0
PFAS	PFPeA	1	3	1,0	0	8	3

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Description	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/Evènement)	Teneur en MES (g/L)	Provenance données MES
Eaux Pluviales Techniques Alternatives	EPTA-infiltre-DORE-1	07/11/2016	amont du bassin d'infiltration du Bois de Germignan, point commun avec EP zones urbaines	-	-	-	0,10	LPTC
	EPTA-infiltre-lacaussadeE-1	07/11/2016	entrée de la noue du Clos lacaussade, point commun avec EP zones urbaines	-	-	-	0,10	LPTC
	EPTA-infiltre-lacaussadeS-1	07/11/2016	sortie de la noue du Clos lacaussade	-	-	-	0,03	LPTC

Tableau 37. Caractéristiques des prélèvements d'Eaux Pluviales Techniques Alternatives

1. Profil général de contamination

Les concentrations totales (phase dissoute + phase particulaire) cumulées pour les grandes classes de composés organiques recherchées sur deux sites de techniques alternatives sont présentées dans la Figure 187. Deux profils se dégagent :

- EPTA-infiltre-DORE-1 présente un profil proche des eaux usées domestiques avec une prédominance des composés pharmaceutiques
- EPTA-infiltre-lacaussadeE-1 et EPTA-infiltré-lacaussadeS-1 qui présentent un profil proche des eaux pluviales zones urbaines avec une majorité de pesticides.

Les concentrations varient entre 12 509 ng/L (EPTA-infiltre-DORE-1) et en moyenne 3 500 ng/L (EPTA-infiltre-lacaussadeE-1 et EPTA-infiltre-lacaussadeS-1). Les débits n'étant à l'heure actuelle pas disponibles, il n'a pas été possible de calculer les flux et donc d'évaluer la capacité épuratrice des ouvrages.

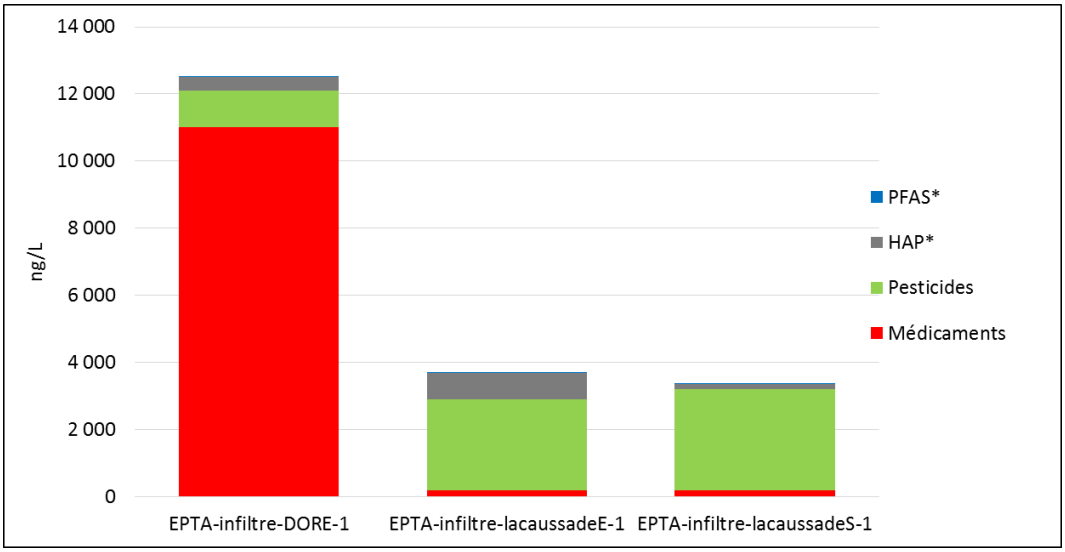


Figure 187. Profil de contamination général (ng/L) des Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase dissoute + Phase particulaire (* : molécules recherchées dans les deux phases)

2. Pharmaceutiques

Les concentrations et les profils de contamination obtenus sont très différents entre le bassin d'infiltration du Bois de Germignan (EPTA-infiltré-DORE) et la noue du clos de Lacaussade (Figure 188). Dans le premier, les concentrations atteignent la dizaine de µg/L et sont marquées par la présence de tous les traceurs d'eaux usées (paracétamol, caféine, acide salicylique, ibuprofène et son métabolite). Pour la noue du Clos de Lacaussade, les concentrations ne sont que de 135 ng/L et l'ibuprofène et son métabolite ne sont pas quantifiés. Aucune diminution des concentrations entre l'entrée et la sortie n'est observée. Ainsi il semblerait que dans le cas du bassin d'infiltration du bois de Germignan il y ait un mélange d'eaux pluviales et d'eaux usées (mauvais raccordements). En effet, les concentrations observées ne sont que 10 fois inférieures à celles relevées pour le point unitaire étudié dans la partie des eaux pluviales urbaines (point NEUV).

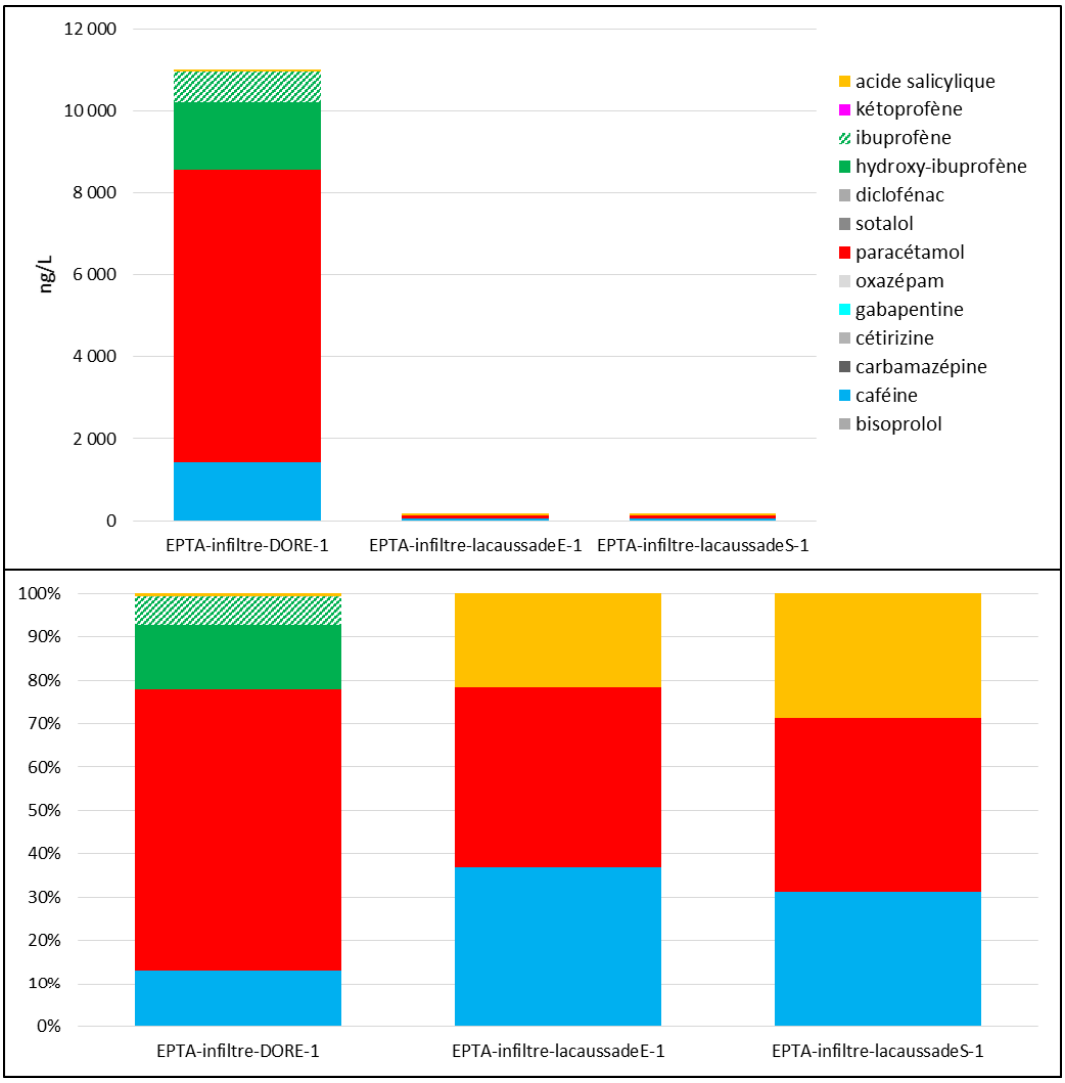


Figure 188. Concentration (ng/L) des pharmaceutiques dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives

3. Pesticides

Sur les 24 molécules recherchées dans ces échantillons, 15 sont quantifiées dont : 3 fongicides (azoxystrobine, carbendazime, propiconazole), 5 insecticides (fipronil, fipronil desulfinyl, fipronil sulfide, fipronil sulfone) et 7 herbicides (AMPA, DCPMU, difluénican, diuron, glyphosate, hydroxysimazine, simazine et terbutryne). Les concentrations totales observées dans EPTA-infiltre-DORE-1, EPTA-infiltré-lacaussadeE-1 et EPTA-infiltré-lacaussadeS-1 sont respectivement de 1 081, 2 722 et 3 000 ng/L (Figure 189). Les profils de contamination sont très proches de par leurs fortes proportions de glyphosate (respectivement 672, 1 856 et 2 130 ng/L) et d'AMPA (286, 747 et 782 ng/L) qui représentent à eux seuls plus de 88% de la contamination observée sur chacun des sites étudiés.

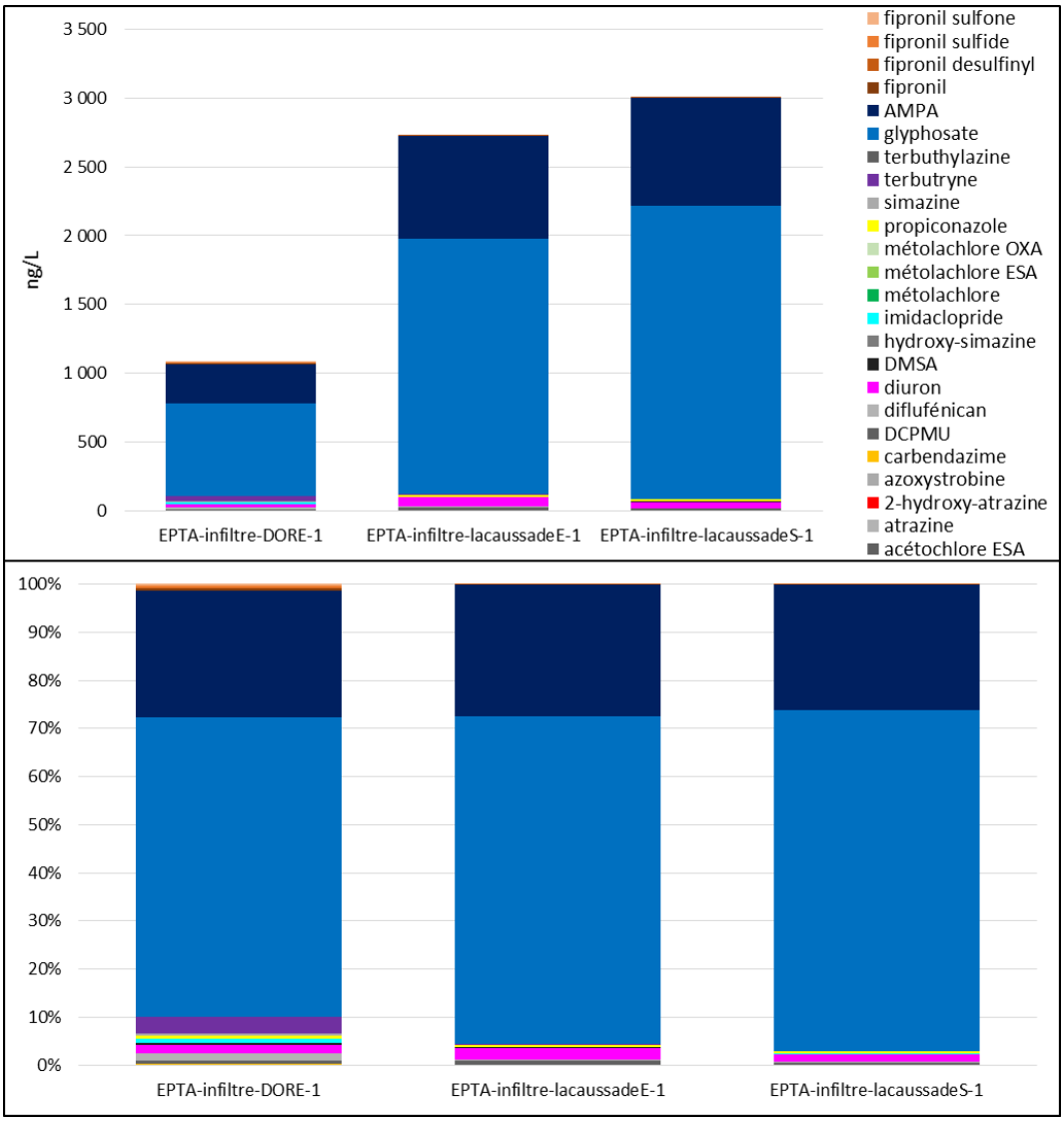


Figure 189. Concentration (ng/L) des pesticides dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives

Cependant, comme le présente la Figure 190, ces 2 molécules viennent masquer des différences de profils au sein des échantillons.

Les échantillons EPTA-infiltré-lacaussadeE-1 et EPTA-infiltré-lacaussadeS-1 ont un profil de contamination similaire entre eux, principalement marqué par la forte présence de diuron (respectivement 66 et 44 ng/L), et de propiconazole (environ 11 ng/L pour les deux échantillons). Cela les relie à leur nature d'eaux pluviales, comme discuté dans le cadre dans les parties pluviales précédentes de ce document.

L'échantillon EPTA-infiltre-DORE-1 partage des caractéristiques communes avec les échantillons EPTA-infiltré-lacaussadeE-1 et EPTA-infiltré-lacaussadeS-1 notamment de par la présence de diuron (17 ng/L), de propiconazole (6 ng/L) et de terbutryne (39 ng/L), cependant il présente un profil atypique : du fait de la quantification d'imidaclopride (9 ng/L) et de fipronil (3 ng/L), accompagné de ses métabolites que sont le fipronil désulfinyl (2,9 ng/L), le fipronil sulfide (5,3 ng/L), et le fipronil sulfone (2,7 ng/L). Ces caractéristiques (notamment la présence de fipronil et de ses métabolites) le rapprochent, en terme de profil de contamination, d'un effluent urbain tel que décrits plus haut dans ce document. Ces observations sont cohérentes avec la nature de l'échantillon qui est en réalité prélevé dans un réseau d'assainissement unitaire en période de pluie, donc constitué d'un mélange

d'eaux usées et d'eaux pluviales. Cela explique pourquoi deux profils très différents se côtoient pour ce point, et permet de confirmer qu'il est possible d'identifier l'origine d'un échantillon à partir de son profil de contamination.

Les sites EPTA-infiltré-lacaussadeE-1 et EPTA-infiltré-lacaussadeS-1 représentant respectivement l'entrée et la sortie d'une filière de traitement d'eaux pluviales, il est possible de calculer un abattement de concentration. Les pesticides étudiés semblent réfractaires à ce traitement puisque les concentrations sont relativement stables entre l'entrée et la sortie de la filière, les abattements les plus importants étant de 32% et 39%, respectivement pour le diuron et son métabolite le DCPMU.

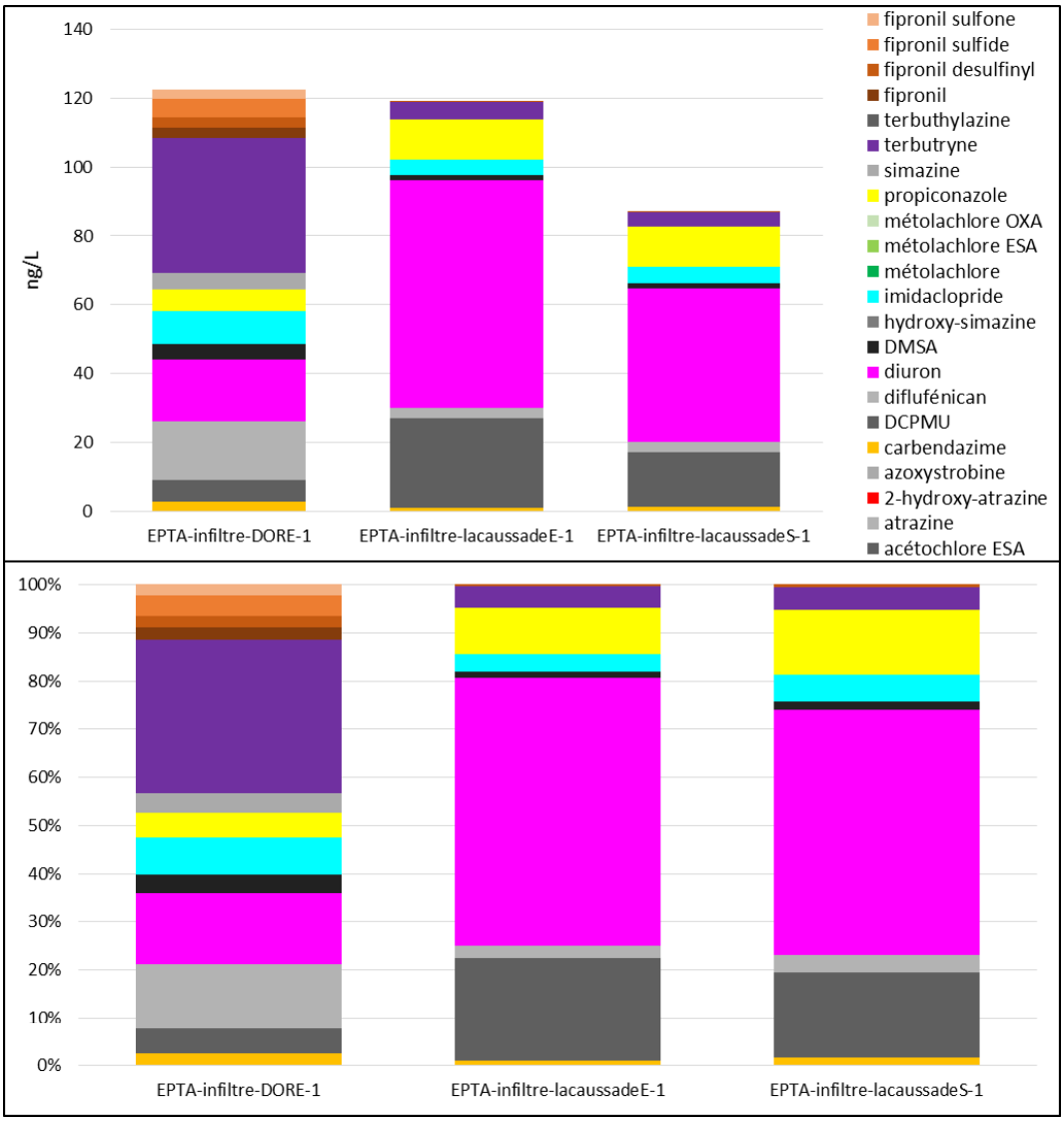


Figure 190. Concentration (ng/L) des pesticides sans l'influence du Glyphosate/AMPA dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives

4. HAP

Dans la phase dissoute, sur les 14 molécules recherchées, 4 n'ont jamais été détectées (naphtalène, benzo(a)pyrène, indéno(1,2,3-cd)pyrène et benzo(g,h,i)pérylène) et 10 ont été

systématiquement détectées. Les concentrations sont d'environ 25 ng/L pour les 3 points de prélèvements et les empreintes de contamination sont identiques (Figure 191).

Dans la phase particulaire, toutes les molécules recherchées ont systématiquement été retrouvées à des concentrations variant entre 3 674 ng/g (EPTA-infiltre-DORE-1) et 8 092 ng/g (EPTA-infiltre-lacaussadeE-1) (Figure 192). De la même façon que pour la phase dissoute, les empreintes de contamination de la phase particulaire sont les mêmes quels que soient les points de prélèvement.

Concernant la phase totale (phase dissoute + phase particulaire), les concentrations varient entre 157 ng/L (EPTA-infiltre-lacaussadeS-1) et 796 ng/L (EPTA-infiltre-lacaussadeE-1) (Figure 193). Ce résultat s'explique par le fait que la contamination provient essentiellement de la phase particulaire. Or, à la sortie de la noue, la quantité de MES est largement inférieure à celle mesurée en entrée (Tableau 37).

Il n'est, à l'heure actuelle, pas possible de calculer les flux en entrée et en sortie de la noue et donc de conclure sur la capacité épuratrice de l'ouvrage concernant les HAP.

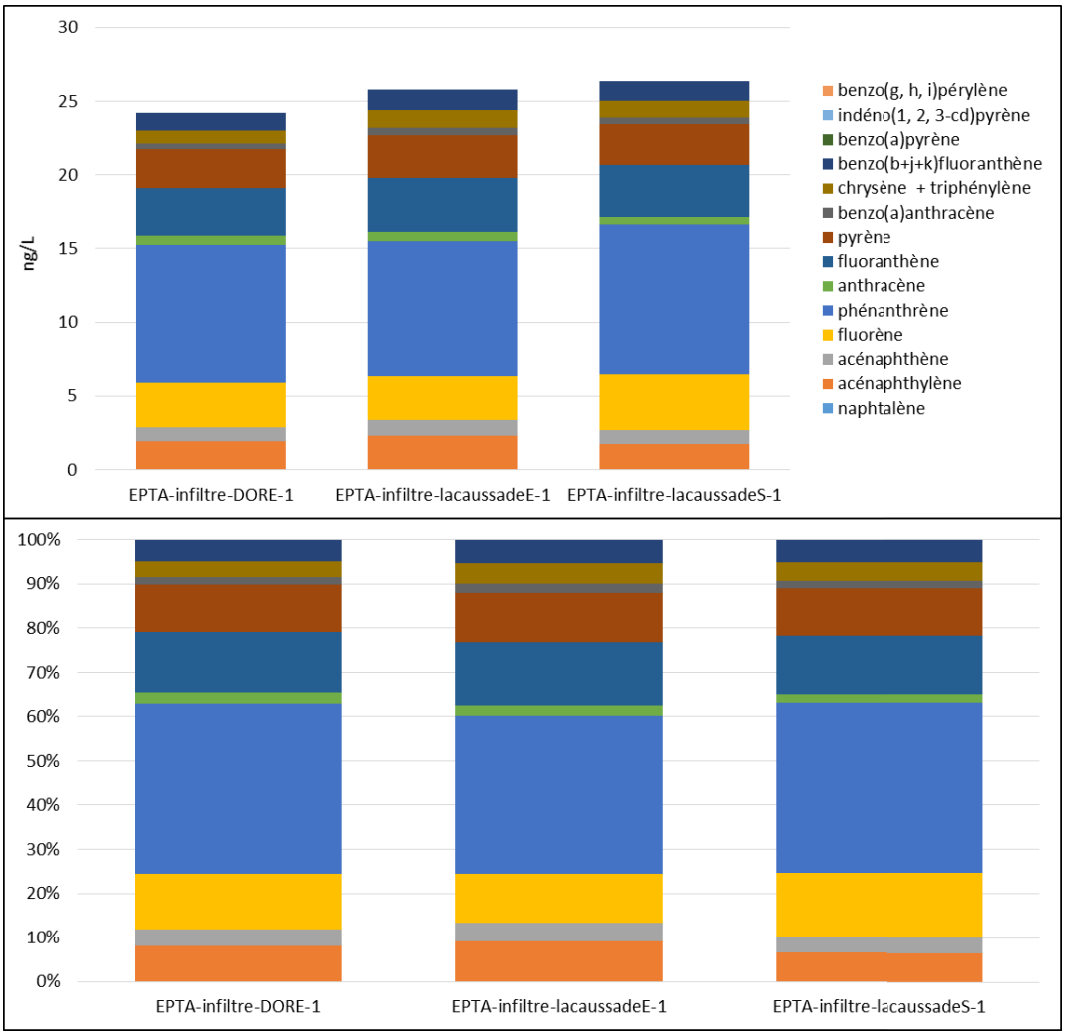


Figure 191. Concentration (ng/L) des HAP dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase dissoute

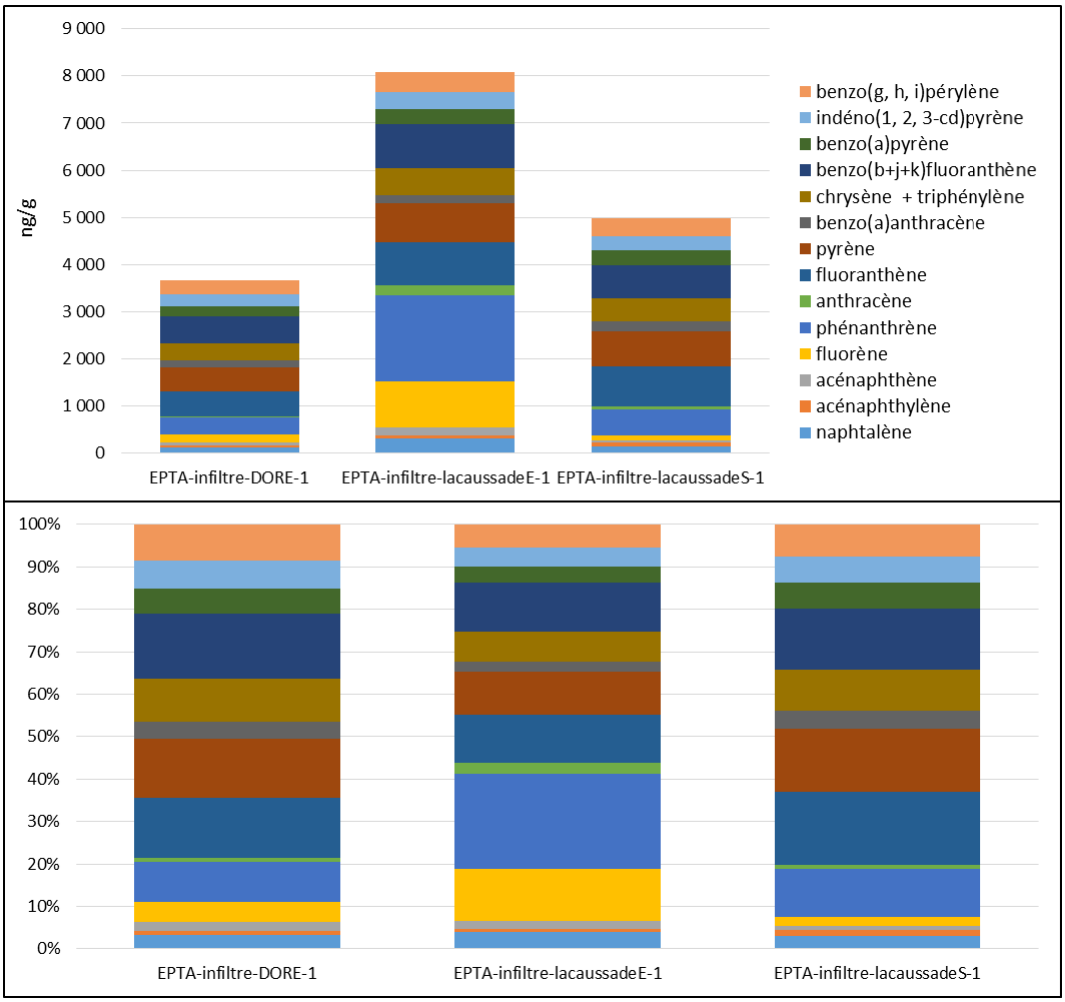


Figure 192. Concentration (ng/g) des HAP dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase particulaire

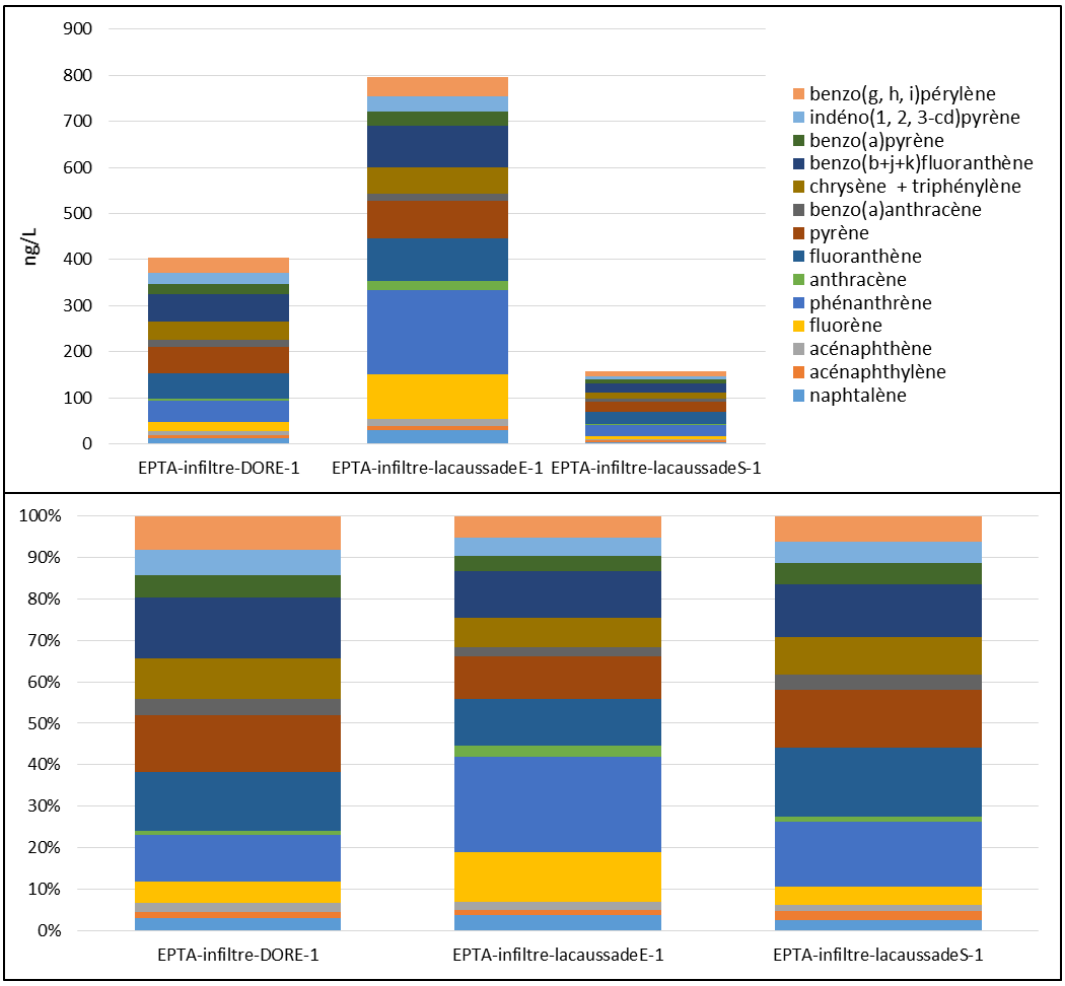


Figure 193. Concentration (ng/L) des HAP dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives – Phase dissoute + Phase particulaire

5. PFAS

Les concentrations totales cumulées sont présentées Figure 194. Sur l'ensemble des sites, tous les composés ont été quantifiés au moins 1 fois excepté le FOSAA et le PFHpS. Huit composés étaient toujours quantifiés : PFHxA, PFHpA, PFOA, PFDA, PFBS, PFOS, 6 :2 FTSA et FOSA.

Les deux sites présentent à la fois des niveaux et profils moléculaires différents. Pour l'EPTA-infiltre-DORE, la ∑PFAS est de 5.3 ng/L contre 14.3 et 17 ng/L respectivement en entrée et sortie du l'EPTA-infiltre-Lacaussade. Le profil moléculaire, sur les 2 sites, est dominé par les carboxylates PFOA (14-24 % du profil global), PFHxA (16-22 %), PFDA (12-18 %) et le PFOS (14-19 %). Pour le site de Lacaussade, il présente des similarités avec les profils observés pour les eaux pluviales des zones urbaines nommées ASCOT et LAVI (cf. IV.C.c). Pour DORE, l'absence de PFCA à chaîne courte (PFBA et PFPeA), comme observé pour les eaux pluviales de l'EPZU-NEUV, tend à montrer le caractère unitaire du réseau en ce point. La présence, sur ce site, de certains médicaments et pesticides à usages domestiques, tel que le fipronil, conforte cette hypothèse.

L'entrée et la sortie du système d'infiltration sur le site de Lacaussade présentent les mêmes niveaux et profils à quelques exceptions près : le MeFOSAA et l'EtFOSAA ont été quantifiés en entrée et non en sortie, au contraire le PFPeA a été uniquement quantifié en sortie. La disparition des précurseurs sulfonamides acétiques pourrait s'expliquer par leur dégradation au cours de l'infiltration

des eaux et/ ou par leur faible mobilité en lien avec leur affinité pour la phase particulaire (ces composés sont plus souvent retrouvés dans la particulaire que dans la phase dissoute (Munoz et al., 2015)). Il est à noter que les niveaux en entrée sont tout de mêmes proches des limites de quantification pour ces composés et le moindre effet dilution peut empêcher leur quantification voire détection). Au contraire, le PFPeA peut être formé suite à la dégradation de précurseurs, celui-ci étant suffisamment soluble pour être transporté par les eaux lors de l'infiltration.

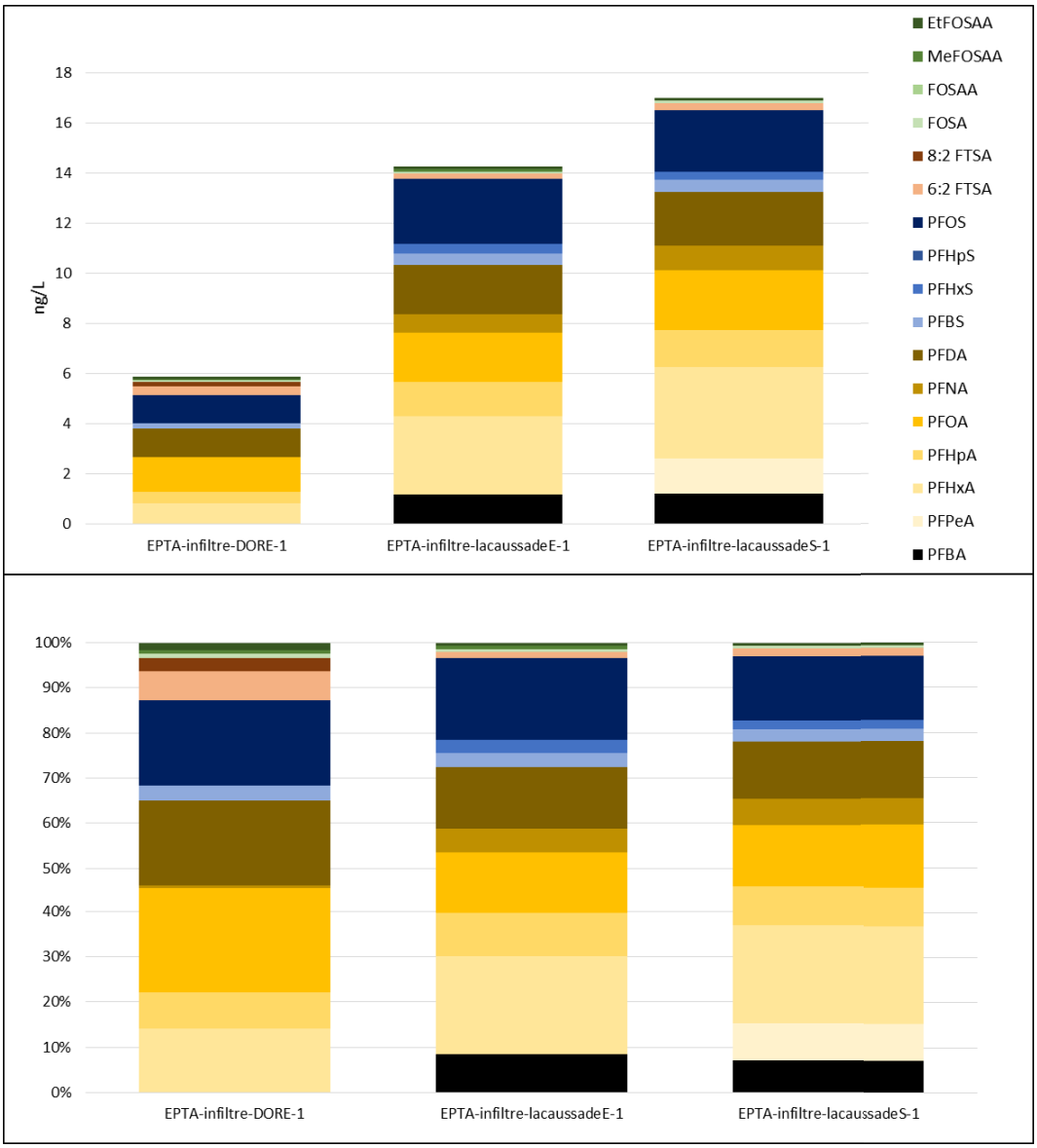


Figure 194. Concentration (ng/L) des PFAS dans les Eaux Pluviales Techniques Alternatives (Phase dissoute + Phase particulaire)

6. Conclusions

Concernant les Eaux Pluviales Techniques Alternatives, deux types de profils se dégagent. Le premier (point EPTA-infiltre-DORE-1), est majoritairement marqué par les pharmaceutiques et les pesticides alors que le second (points EPTA-infiltre-lacaussade-E1 et EPTA-infiltre-lacaussade-S1) est caractérisé par une quantité élevée de pesticides. Pour chaque groupe, les molécules majoritairement détectées sont :

- **Groupe 1 (EPTA-infiltre-DORE-1)**

  - Les pharmaceutiques détectés dans ce groupe sont les marqueurs d'eaux usées non traitées (paracétamol, ibuprofène, hydroxy-ibuprofène et caféine)
  - Les pesticides présentent à la fois des marqueurs des eaux pluviales (diuron, terbutryne) mais également des marqueurs des eaux usées domestiques (fipronil + métabolites, imidaclopride) auxquels viennent s'ajouter le glyphosate et l'AMPA.

- **Groupe 2 (EPTA-infiltre-lacaussade-E1, EPTA-infiltre-lacaussade-S1)**

  - Les pesticides de ce groupe sont marqués par la prédominance du glyphosate et de son métabolite l'AMPA mais également par le diuron (+ métabolites), le propiconazole et l'imidaclopride.

D. Eaux Usées (EU)

a. Eaux Usées des Zones Industrielles (EU ZI)

1. Contamination générale

Le Tableau 38 récapitule le nombre de quantifications en fonction du nombre d'échantillons qui ont pu être analysés. En effet certains composés n'ont pas pu être déterminés dans tous les échantillons à cause des effets matriciels qui peuvent interférer.

Parmi les molécules retrouvées dans 100 % des échantillons de la phase dissoute on peut citer 1 pesticide, 9 médicaments et 4 alkylphénols. Au contraire, 19 pesticides, 5 médicaments, 7 OCP, 1 PCB et 1 PBDE ne sont jamais quantifiés. Pour la phase particulaire, 3 PCB, le DEHP et les HAP (sauf naphtalène) sont systématiquement quantifiés tandis que 3 OCP ne le sont jamais.

La Figure 195 présente les concentrations moyennes obtenues pour les 2 campagnes pour les 15 zones industrielles, cumulées par grande classe de composés organiques et ce pour la phase totale (dissoute + particulaire). Les données inférieures à la LQ ont été remplacées par LQ/2 à condition que la molécule ait été quantifiée au moins une fois. Les particules de la campagne 1 n'ont pas pu être traitées pour les alkylphénols et le DEHP ce qui minimise les concentrations obtenues pour cette campagne particulièrement pour le DEHP essentiellement présent en phase particulaire, d'autant plus que les zones industrielles sont fortement chargées en particules.

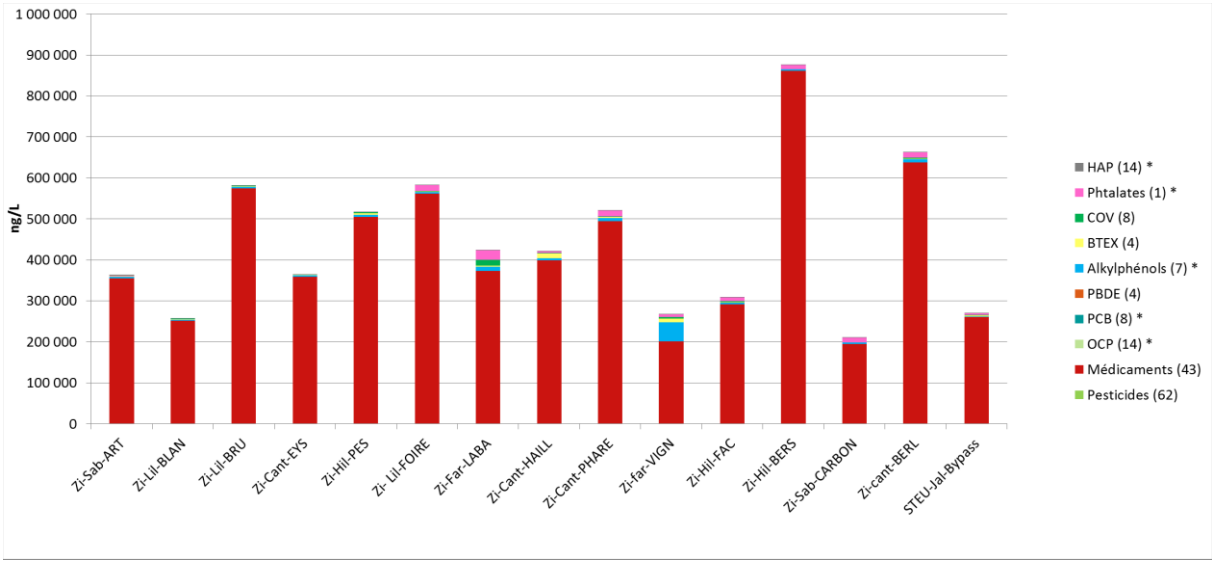


Figure 195. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

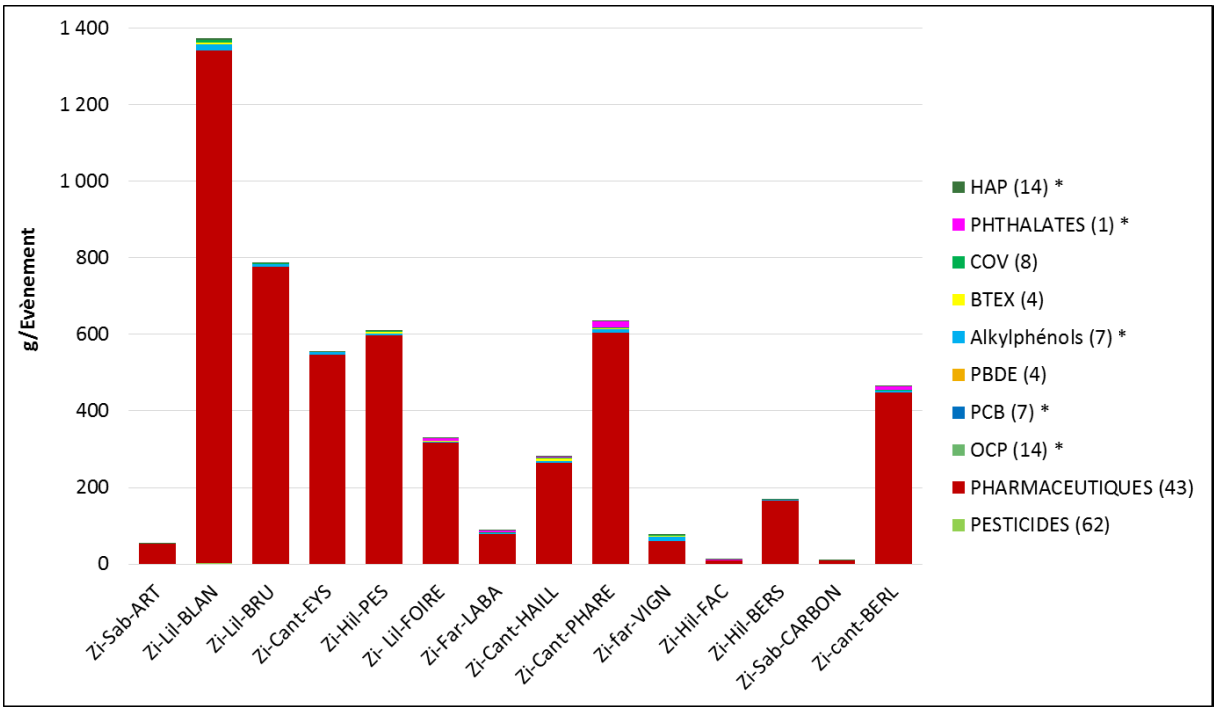


Figure 196. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

Les concentrations totales cumulées pour les micropolluants organiques sont comprises entre 200 et 900 µg/L. Les concentrations les plus importantes sont obtenues pour les zones industrielles BERS et BERL. Pour l'ensemble des points, une prédominance des pharmaceutiques est observée, qui représentent entre 77 % et 99 % de la contamination totale. Ce résultat peut sembler étonnant, puisque l'on aurait pu s'attendre à une plus grande part de composés d'origine industrielle, comme les COV ou les alkylphénols. A noter néanmoins une concentration plus importante en alkylphénols pour la ZI VIGN. Les apports en termes de flux cumulés pour les grandes classes de composés organiques sont présentés dans la Figure 196.

Tableau 38. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les effluents de zones industrielles

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	0	30	6,8
PESTICIDES	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	1	30	8,1
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	30	3,7
PESTICIDES	Acrinathrine	3	30	3,8
PESTICIDES	Alachlore	0	30	6,4
PESTICIDES	Atrazine	1	30	2,0
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	11	30	1,8
PESTICIDES	Atrazine-déisopropyl (DIA)	0	30	6,5
PESTICIDES	Atrazine-déséthyl (DEA)	0	30	5,4
PESTICIDES	Azoxystrobine	24	30	1,4
PESTICIDES	Bifenthrine	0	30	1,1
PESTICIDES	Carbendazime	16	30	2,2
PESTICIDES	Chlorfenvinphos	1	30	2,0
PESTICIDES	Chlorotoluron	1	30	1,6
PESTICIDES	Chlorpyrifos-éthyl	0	30	1,2
PESTICIDES	Cyfluthrine	4	30	10,7
PESTICIDES	Cyperméthrine	5	30	7,3
PESTICIDES	DCPMU	5	30	4,6
PESTICIDES	Diazinon	13	30	1,6
PESTICIDES	Dichlorvos	0	30	14,0
PESTICIDES	Difénoconazole A B	6	30	7,0
PESTICIDES	Diflufénican	9	30	1,6
PESTICIDES	Dimétachlore	0	30	2,0
PESTICIDES	Diuron	23	30	1,6
PESTICIDES	DMSA	24	30	1,1
PESTICIDES	DMST	17	30	1,1
PESTICIDES	Endosulfan	0	30	6,1
PESTICIDES	Epoxiconazole	4	30	2,9
PESTICIDES	Esfenvalérate + fenvalérate	6	30	3,3
PESTICIDES	Famoxadone	8	30	8,9
PESTICIDES	Fenbuconazole	4	30	4,9
PESTICIDES	Fipronil	20	30	1,2
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	3	30	0,5
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	14	30	0,4
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	16	30	1,5
PESTICIDES	Flazasulfuron	1	30	2,9
PESTICIDES	Fluquinconazole	4	30	8,0
PESTICIDES	Flutriafol	10	30	43,2
PESTICIDES	Hexazinone	1	30	2,3
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	3	30	2,5
PESTICIDES	Imidaclopride	18	30	2,5
PESTICIDES	Isoproturon	6	30	1,1
PESTICIDES	Lambda-cyhalothrine	3	30	4,3
PESTICIDES	Linuron	0	30	2,2
PESTICIDES	Métolachlore	4	30	1,7
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	30	10,5
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	30	5,5
PESTICIDES	Ométhoate	0	30	1,7
PESTICIDES	Perméthrine	18	30	4,5
PESTICIDES	Propiconazole	8	30	2,8
PESTICIDES	Simazine	0	30	5,6
PESTICIDES	Spiroxamine	0	30	1,5
PESTICIDES	Tau-fluvalinate	4	30	12,2
PESTICIDES	Tebuconazole	5	30	17,0
PESTICIDES	Terbuthylazine	2	30	1,2
PESTICIDES	Terbuthylazine-déséthyl	0	30	2,7
PESTICIDES	Terbutryne	28	30	1,2
PESTICIDES	Tétraconazole	0	30	6,3
PESTICIDES	Trifloxystrobine	1	30	1,0
PESTICIDES	Trifluraline	0	30	0,7
PHARMACEUTIQUES	Abacavir	20	30	12,7
PHARMACEUTIQUES	Acébutolol	26	30	6,0
PHARMACEUTIQUES	Acide 4-chlorobenzoïque	10	30	81,7
PHARMACEUTIQUES	Acide clofibrique	0	30	31,7
PHARMACEUTIQUES	Acide fénofibrique	27	30	14,3
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	30	30	18,3
PHARMACEUTIQUES	Amitriptyline	0	30	18,0
PHARMACEUTIQUES	Aspirine	0	30	11,7
PHARMACEUTIQUES	Aténolol	26	30	60,0
PHARMACEUTIQUES	Atorvastatine	4	30	150
PHARMACEUTIQUES	Bézafibrate	18	30	30,0
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	30	30	7,3
PHARMACEUTIQUES	Caféine	30	30	46,7
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	27	30	15,0
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	30	30	14,0
PHARMACEUTIQUES	Clopidogrel	11	30	13,3
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	27	30	36,7
PHARMACEUTIQUES	Disopyramide	13	30	10,0
PHARMACEUTIQUES	Fluoxétine	2	30	26,7
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	23	30	83,3
PHARMACEUTIQUES	Gemfibrozil	21	30	16,7
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	30	30	30,0
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	30	30	43,3
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	29	30	45,0
PHARMACEUTIQUES	Lamivudine	13	30	73,3
PHARMACEUTIQUES	Lévétiracétam	13	30	633
PHARMACEUTIQUES	Lorazépam	0	30	26,7
PHARMACEUTIQUES	Losartan	28	30	10,3
PHARMACEUTIQUES	Méprobamate	0	30	40,0
PHARMACEUTIQUES	Métoprolol	24	30	21,7
PHARMACEUTIQUES	Naproxène	30	30	16,7
PHARMACEUTIQUES	Névirapine	6	30	26,7
PHARMACEUTIQUES	Nordazépam	3	30	25,0
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	28	30	18,3
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	30	30	56,7
PHARMACEUTIQUES	Pravastatine	23	30	225
PHARMACEUTIQUES	Primidone	5	30	50,0
PHARMACEUTIQUES	Propranolol	25	30	25,0
PHARMACEUTIQUES	Ranitidine	1	30	100
PHARMACEUTIQUES	Ritonavir	20	30	15,7
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	28	30	41,7
PHARMACEUTIQUES	Théophylline	30	30	50,0
PHARMACEUTIQUES	Zidovudine	2	30	96,7

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
OCP	2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	18	30	0,4	12	18	0,3
OCP	2,4'-DDE	11	30	0,2	0	20	0,3
OCP	2,4'-DDT	2	30	0,5	12	20	0,3
OCP	4,4'-DDD	0	30	3,0	11	20	0,3
OCP	4,4'-DDE + Dieldrine	11	30	1,1	19	20	0,3
OCP	4,4'-DDT	9	30	0,5	15	20	0,3
OCP	Aldrine	0	30	1,0			
OCP	Chlordécone	0	30	5,0			
OCP	CIS-Chlordane	12	30	0,2	0	20	0,3
OCP	Endrine	0	30	1,8			
OCP	Heptachlore	0	30	0,5	1	20	0,3
OCP	Isodrine	0	30	1,0			
OCP	Lindane	3	30	12,2	17	20	1,6
OCP	Mirex	0	30	0,5	0	20	0,3
PCB	PCB 101	10	30	1,3	30	30	3,1
PCB	PCB 118	14	30	2,3	28	30	2,9
PCB	PCB 138	16	30	1,3	28	30	2,7
PCB	PCB 153	14	30	2,3	30	30	1,8
PCB	PCB 180	0	30	1,0	28	30	0,5
PCB	PCB 28 + 50	12	30	1,0	27	30	1,6
PCB	PCB 52	13	30	1,0	30	30	3,0
PBDE	BDE 100	4	30	0,2			
PBDE	BDE 153	0	30	0,6			
PBDE	BDE 47	10	30	0,4			
PBDE	BDE 99	6	30	0,3			
AKP	Nonylphénol	30	30	25,7	5	20	4825
AKP	NP1EC	28	30	3,4	18	20	36,9
AKP	NP1EO	18	30	15,1	14	20	391
AKP	NP2EO	28	30	4,8	17	20	160
AKP	Octylphénol	29	30	6,0	6	20	200
AKP	OP1EO	19	30	16,5	16	20	21,7
AKP	OP2EO	17	30	5,6	7	20	21,1
BTEX	Benzène	9	30	45,3			
BTEX	Ethylbenzène	29	30	3,9			
BTEX	Toluène	30	30	23,7			
BTEX	Xylènes	29	30	10,2			
COV	1,2-dichloroéthane	0	30	65,0			
COV	Chlorure de vinyle	1	30	85,0			
COV	Dichlorométhane	0	30	50,0			
COV	Hexachlorobutadiène	1	30	0,6			
COV	Tétrachloroéthylène	26	30	4,0			
COV	Tétrachlorure de carbone	0	30	25,0			
COV	Trichloroéthylène	22	30	7,9			
COV	Trichlorométhane	29	30	22,8			
PHTALATES	DEHP	29	30	15,8	20	20	816
HAP	Anthracène	29	30	0,4	30	30	2,9
HAP	Benzo[a]anthracène	27	30	0,4	30	30	2,7
HAP	Benzo[a]pyrène	12	30	0,6	30	30	4,3
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	17	30	0,6	30	30	5,4
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	9	30	0,6	30	30	3,4
HAP	Chrysène + Triphénylène	30	30	0,4	30	30	2,7
HAP	Fluoranthène	30	30	0,3	30	30	4,4
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	11	30	0,6	30	30	2,9
HAP	Naphtalène	29	30	4,0	15	30	51,4
HAP	Phénanthrène	30	30	0,4	30	30	24,6
HAP	Pyrène	30	30	0,3	30	30	6,0

2. Pesticides

Les concentrations cumulées en pesticides sont comprises entre 100 et 900 ng/L, avec un maximum obtenu pour le bypass de la STEU Cantinolle. Les deux pesticides majoritairement identifiés en entrée de STEU, le glyphosate et son métabolite l'AMPA, n'ont pas été recherchés dans les effluents de zones industrielles. Parmi les pesticides retrouvés aux plus fortes concentrations, on retrouve l'herbicide diuron et l'insecticide imidaclopride, précédemment identifiés dans les eaux usées de STEU mais également le fongicide flutriafol. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 198.

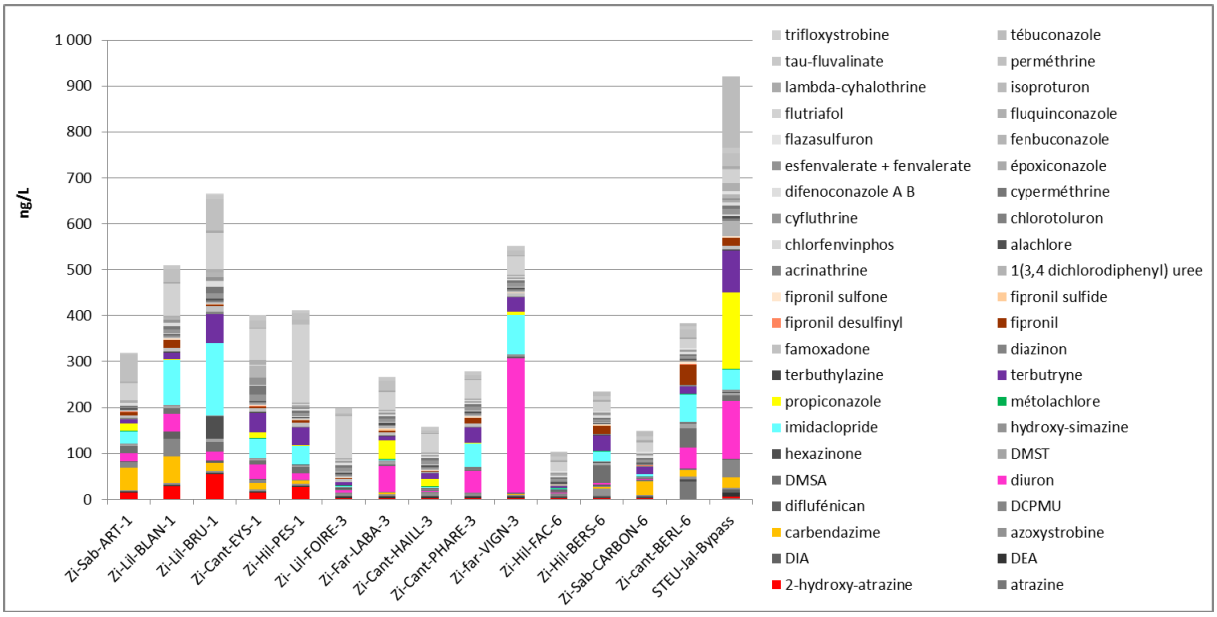


Figure 197. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

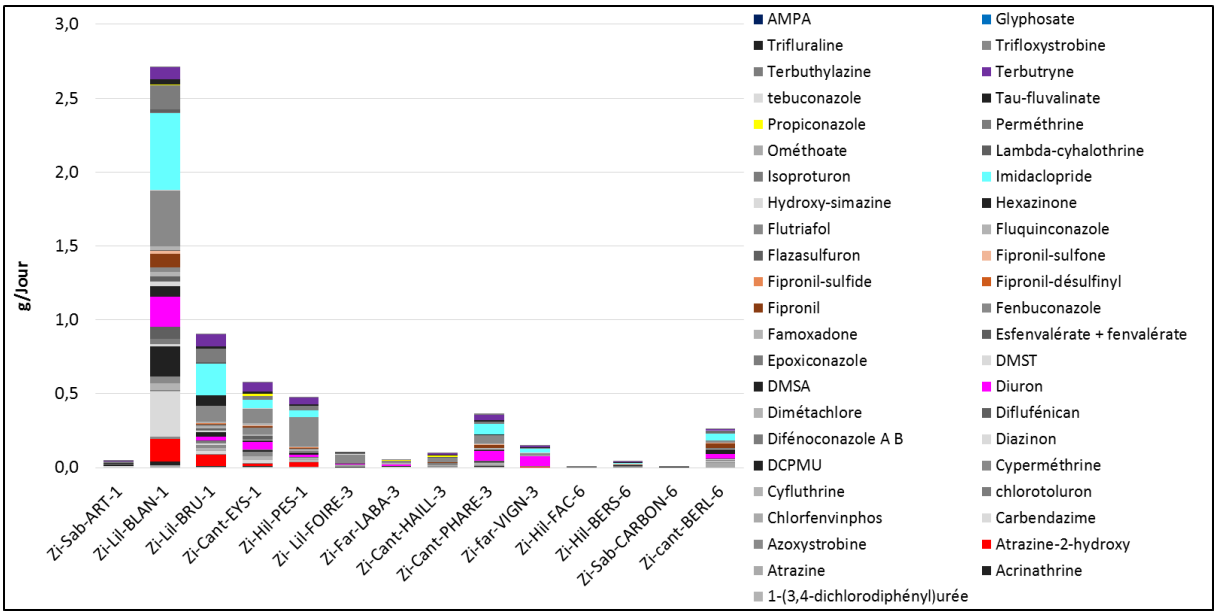


Figure 198. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

3. Pharmaceutiques

Les concentrations cumulées en pharmaceutiques sont comprises entre 200 et 850 µg/L, avec des concentrations maximales obtenues pour les ZI BERS et BERL (Figure 199).

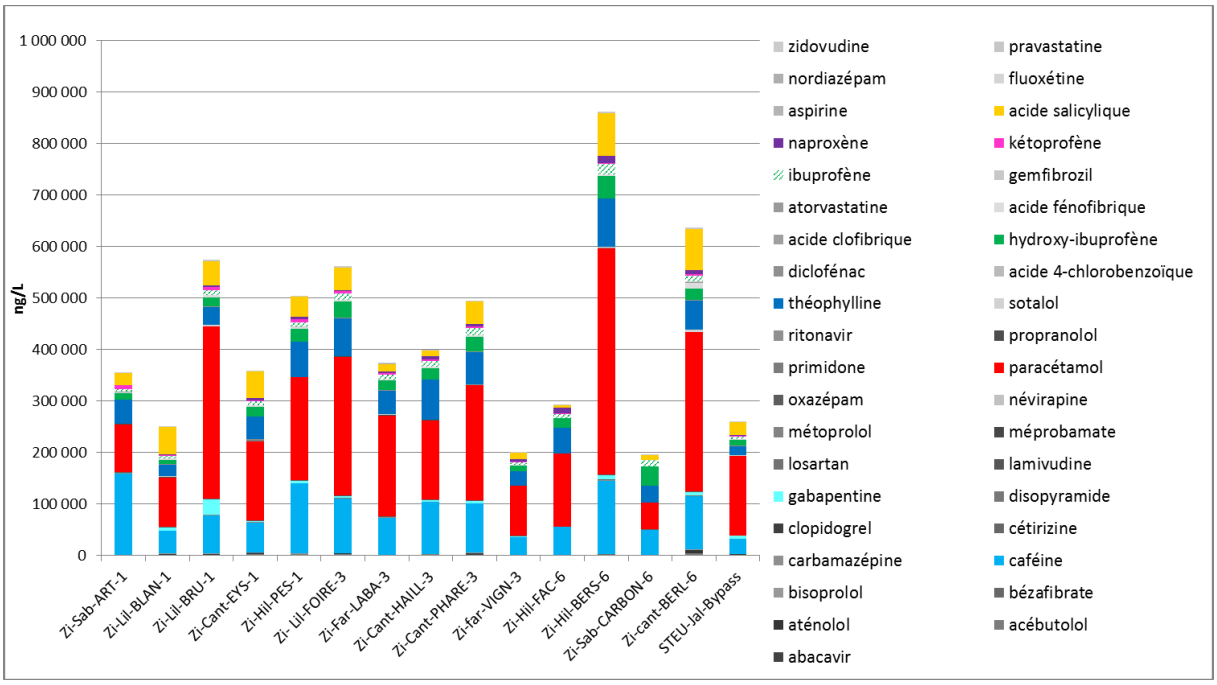


Figure 199. Concentrations cumulées (ng/L) en pharmaceutiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

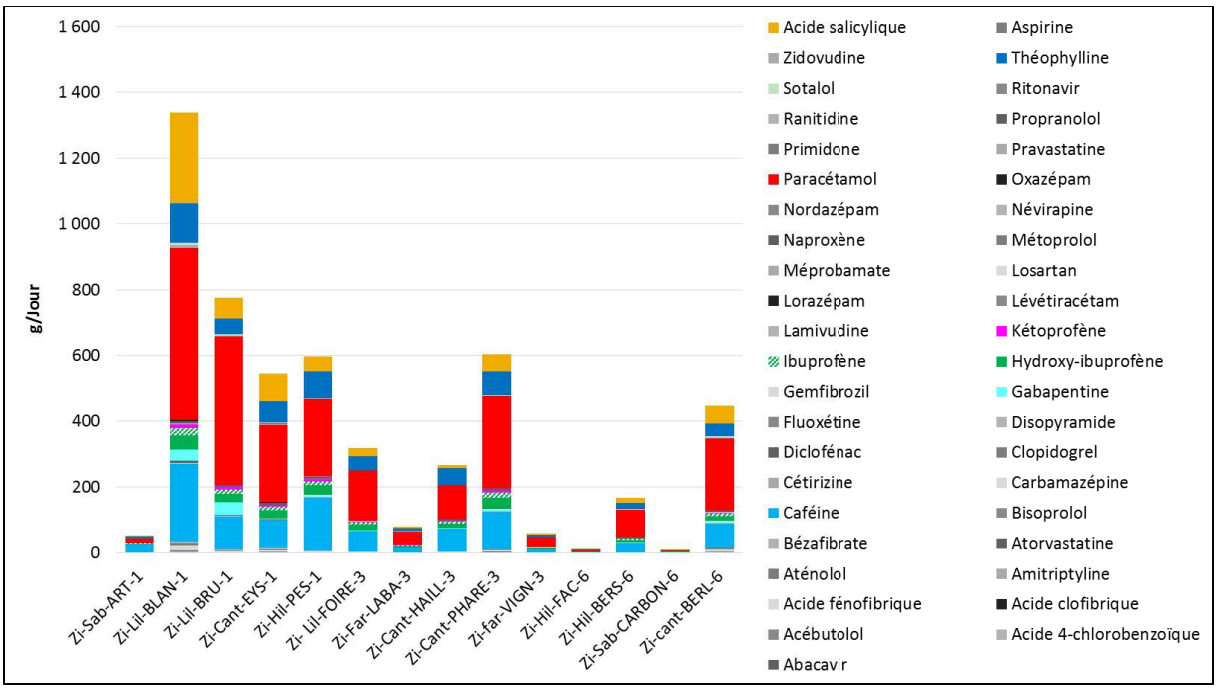


Figure 200. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pharmaceutiques pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

Le composé quantifié aux plus fortes concentrations est le paracétamol, qui représente à lui seul entre 25 et 57 % de la contamination totale en composés organiques. De fortes concentrations des traceurs caféine et théophylline, ainsi que des métabolites acide salicylique (métabolite de l'aspirine) et hydroxy-ibuprofène (métabolite de l'ibuprofène) sont également à noter. Ces composés ont déjà été mis en avant lors de l'étude des effluents de STEU car il s'agit de molécules fortement consommées. Ceci démontre que les zones industrielles sont fortement marquées par « la présence

humaine », qui est liée à la présence de travailleurs sur ces sites. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 200.

4. Pesticides organochlorés

Les concentrations totales cumulées en pesticides organochlorés sont présentées Figure 201. Ces composés ont été recherchés dans la phase dissoute et la phase particulaire à l'exception de l'endrine, l'isodrine, l'aldrine et la chlordécone. Les concentrations sont globalement faibles et comprises entre 4 et 65 ng/L, ce maximum étant obtenu pour la ZI PHARE. Le composé majoritairement quantifié est le lindane, cet OCP étant plus fréquemment quantifié en phase particulaire mais étant essentiellement présent en phase dissoute. La ZI PHARE présente un profil particulier avec la forte présence de DDD 44', de DDD 24' et DDT 4 4' (en lien avec de plus fortes concentrations obtenues lors de la 1ère campagne pour la phase particulaire. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 202.

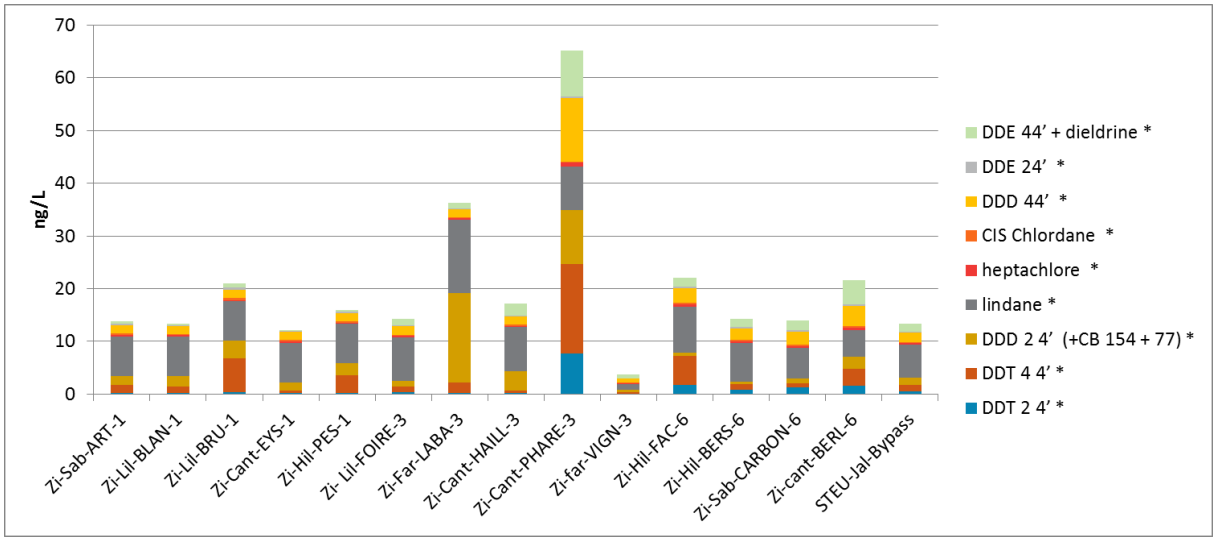


Figure 201. Concentrations totales cumulées (ng/L) en OCP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

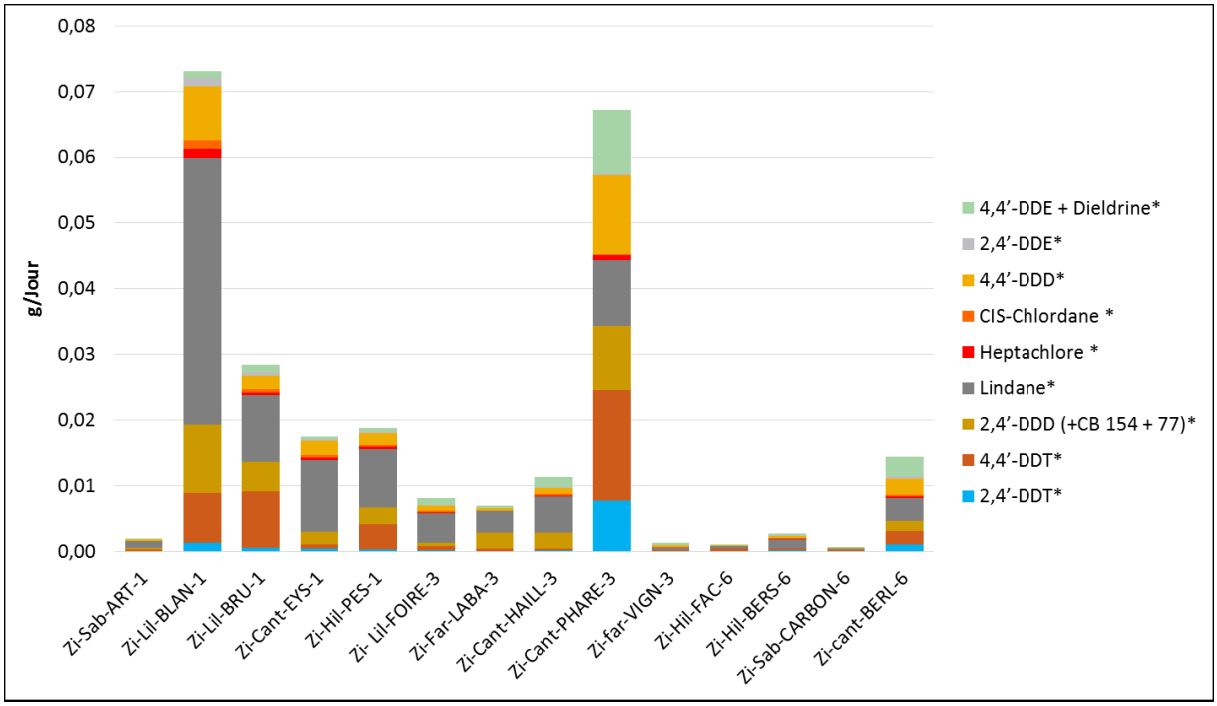


Figure 202. Flux cumulés (g/jourg/jour) en OCP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

5. PCB

Les concentrations totales cumulées en PCB sont globalement faibles et comprises entre 20 et 120 ng/L, avec les concentrations maximales obtenues pour les ZI PHARE et FAC (Figure 203).

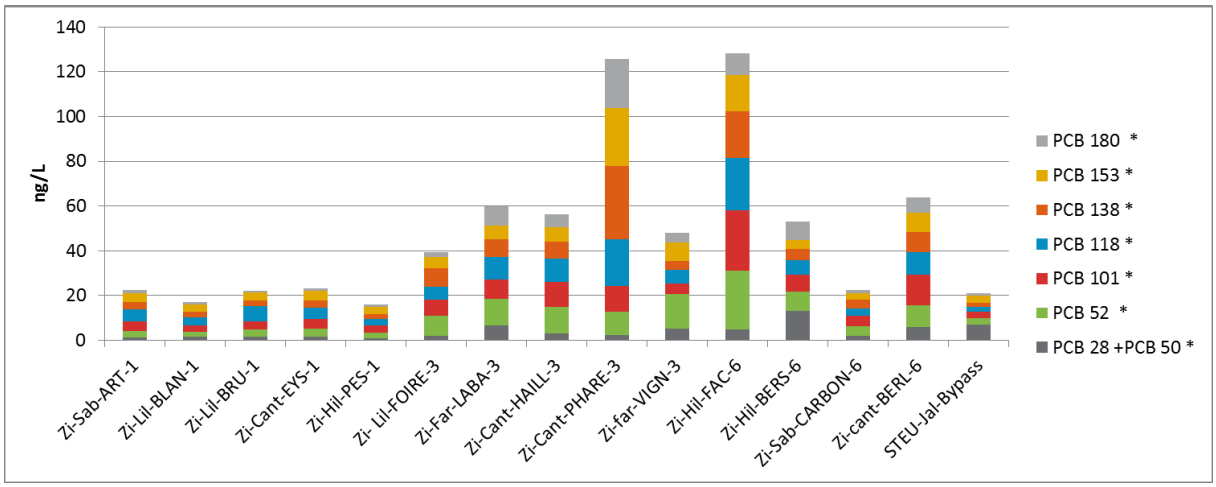


Figure 203. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

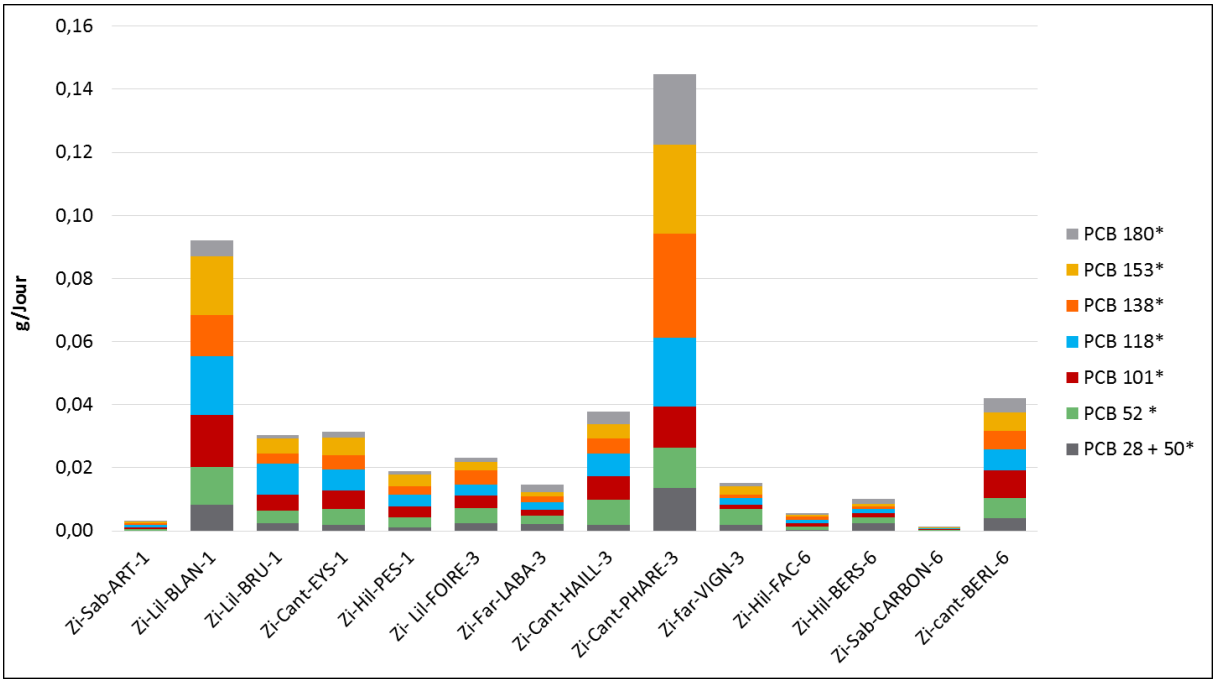


Figure 204. Flux cumulés (g/jourg/jour) en PCB pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

Les profils de contamination sont comparables entre les différentes ZI et les différents PCB sont présents en proportions équivalentes. Ils sont plus fréquemment et en plus grande proportion retrouvés sur la phase particulaire. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 204.

6. PBDE

Les concentrations cumulées en PBDE sont faibles et comprises entre 1 et 18 ng/L, avec un maximum obtenu pour la ZI BRU (Figure 205). Ce maximum est obtenu en lien avec la forte contribution du BDE 47, qui est d'ailleurs le PBDE le plus fortement représenté. Les ZI sont la seule source pour laquelle les PBDE ont été quantifiés, ce qui peut être en lien avec les activités industrielles. Ce résultat est néanmoins à nuancer, car les concentrations sont particulièrement faibles. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 206.

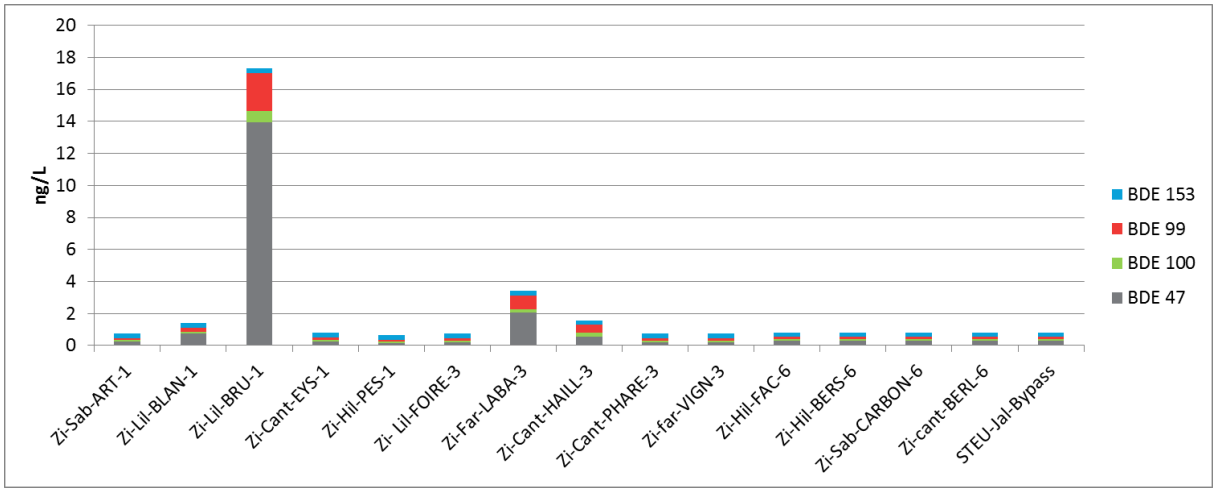


Figure 205. Concentrations cumulées (ng/L) pour les PBDE pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

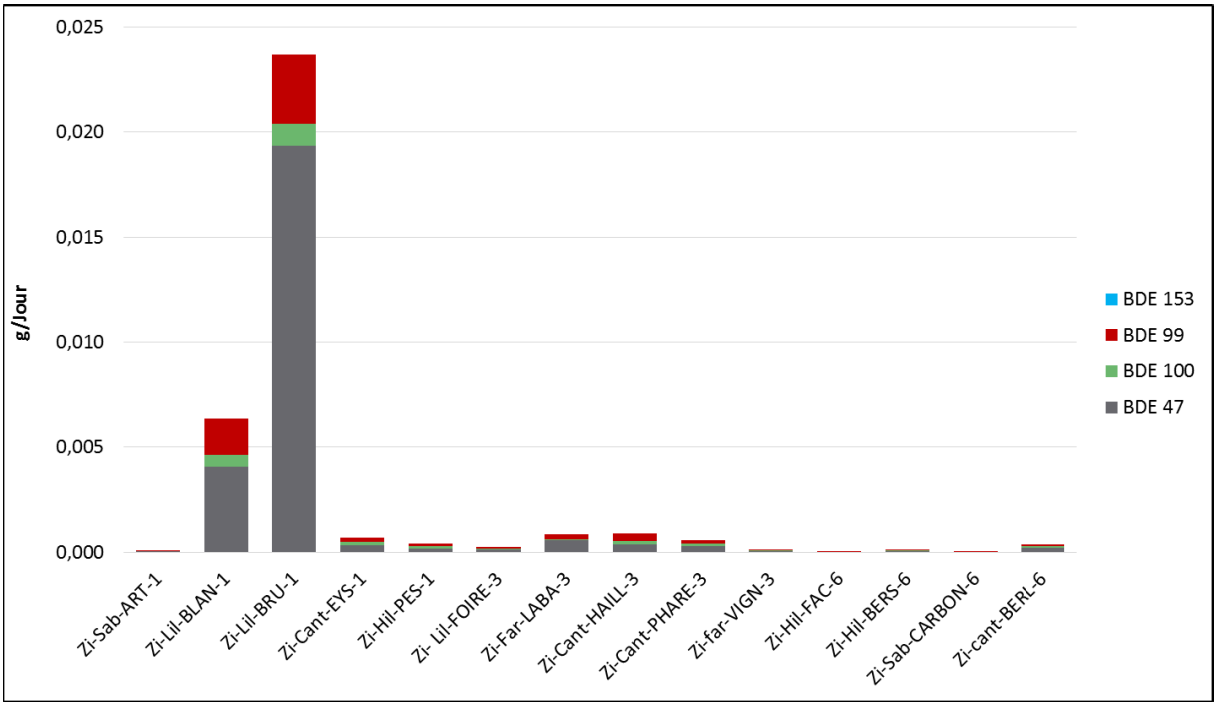


Figure 206. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les PBDE pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

7. Alkylphénols

Les concentrations totales cumulées en alkylphénols sont comprises entre 1 500 et 46 000 ng/L avec un maximum obtenu pour la ZI VIGN, en lien avec de fortes concentrations en NP1OE, NP2OE et 4-nonylphénol (Figure 207).

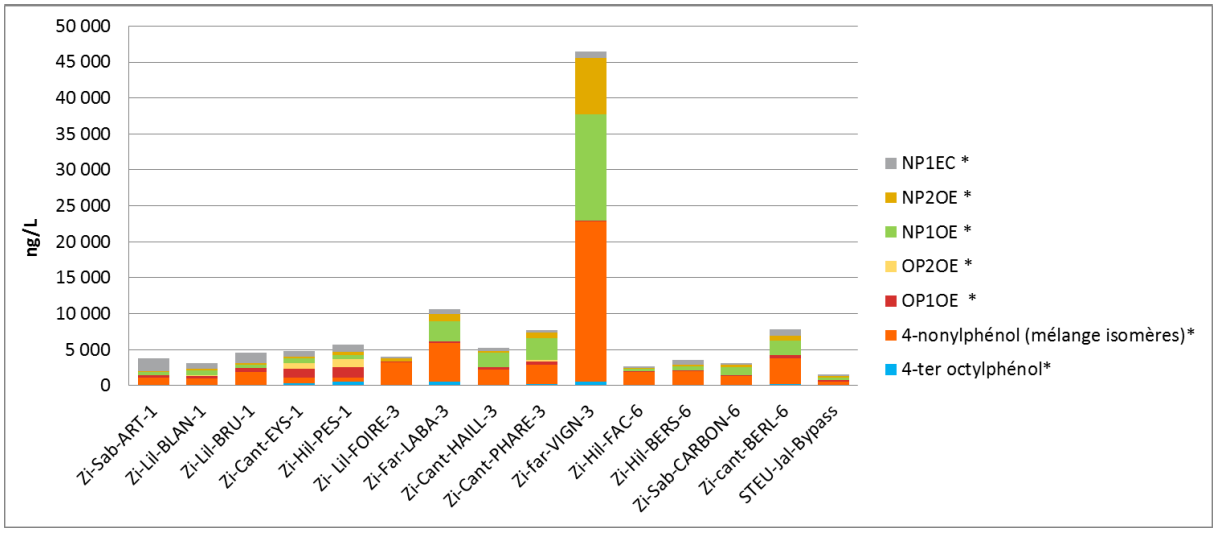


Figure 207. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

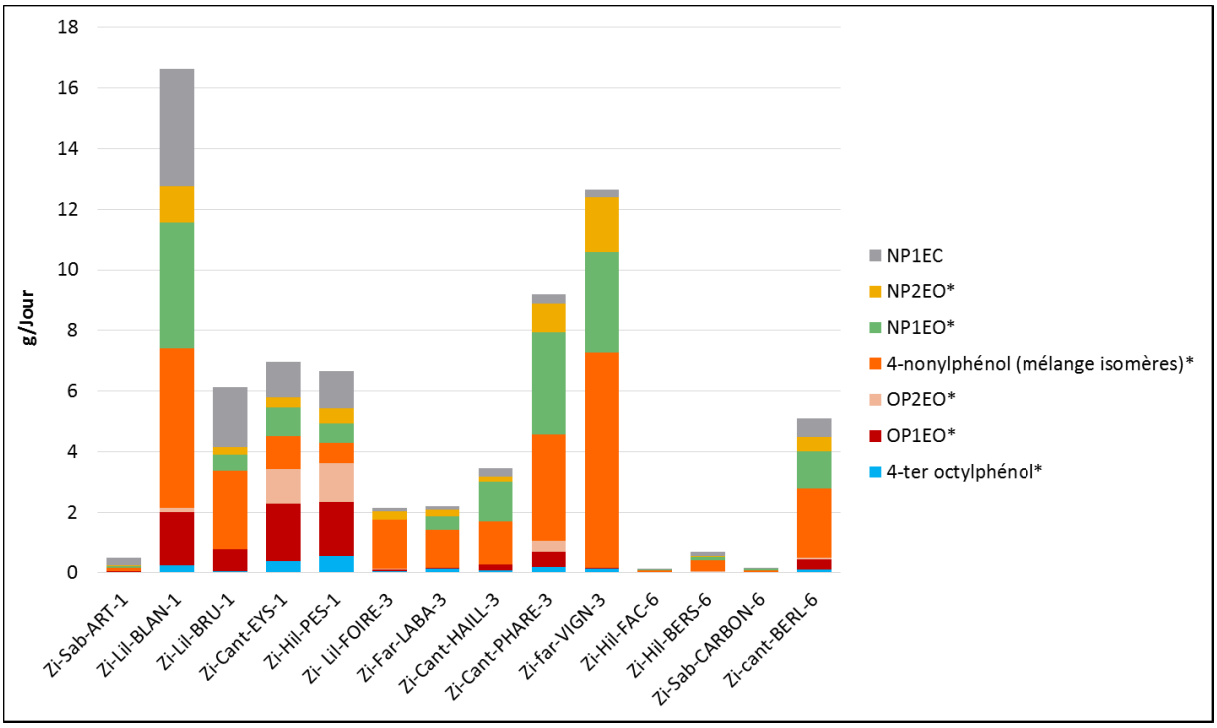


Figure 208. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

Ces alkylphénols sont d'ailleurs également les majoritaires pour les autres ZI. Pour les ZI ART à PES, qui correspondent aux 2 premières campagnes, les particules n'ont cependant pas pu être analysées, ce qui minimise les concentrations, les alkylphénols pouvant être fortement présents sur la phase particulaire. La présence des alkylphénols dans des effluents industriels n'est pas surprenante,

puisqu'ils peuvent être utilisés dans de nombreux procédés. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 208.

8. COV

Les concentrations cumulées en COV (dont BTEX) sont comprises entre 600 et 16 000 ng/L avec des concentrations maximales obtenues pour les ZI LABA, HAILL et VIGN (Figure 209). Les profils de contamination sont assez différents d'une ZI à une autre. Parmi les COV retrouvés aux plus fortes concentrations, on peut citer le trichlorométhane, le benzène, le xylène et le toluène. La présence de COV dans les effluents industriels semble cohérente, puisqu'ils sont présents dans de nombreux solvant utilisés dans l'industrie. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 210.

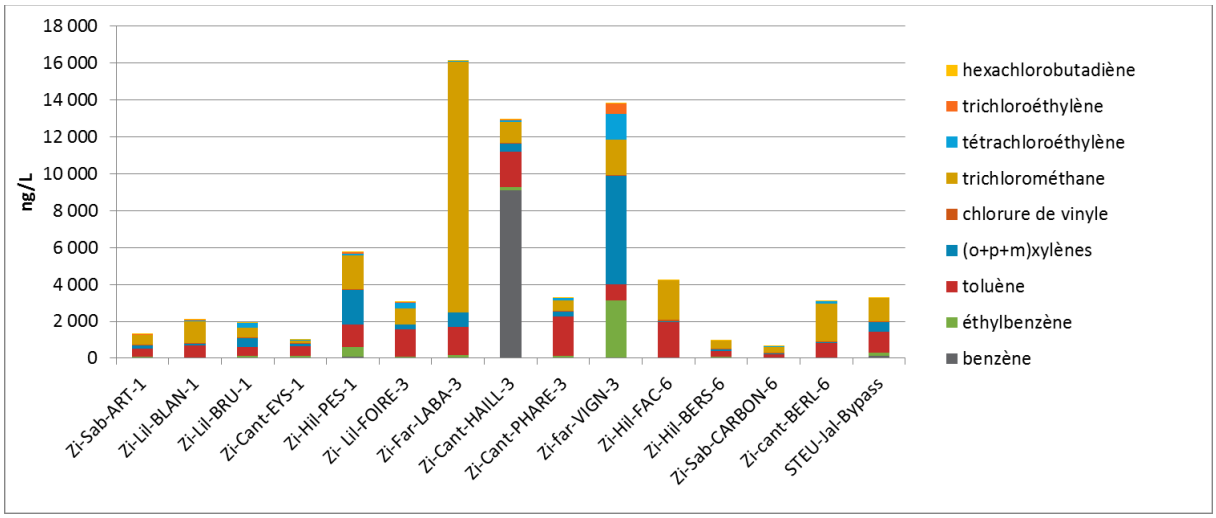


Figure 209. Concentrations cumulées (ng/L) pour les COV (dont BTEX) pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

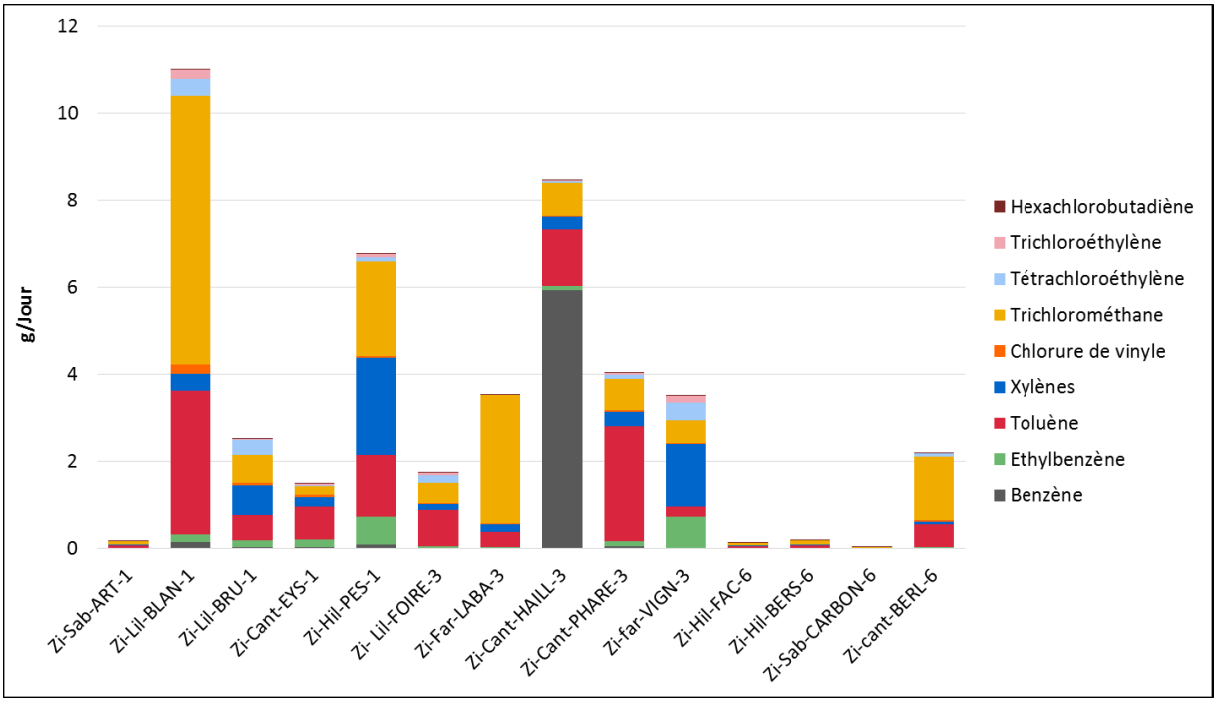


Figure 210. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les COV (dont BTEX) pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

9. Phtalates

Les concentrations totales en DEHP sont présentées Figure 211. Les concentrations pour les ZI ART à PES sont largement inférieures aux autres car elles ne tiennent compte que de la phase dissoute, or le DEHP est essentiellement présent sur la phase particulaire. Pour les autres ZI, les concentrations totales sont comprises entre 4 et 25 µg/L, avec un maximum obtenu pour la ZI LABA. La présence de DEHP dans des effluents industriels est cohérente avec le fait que ce phtalate est présent dans de nombreux plastiques. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 212.

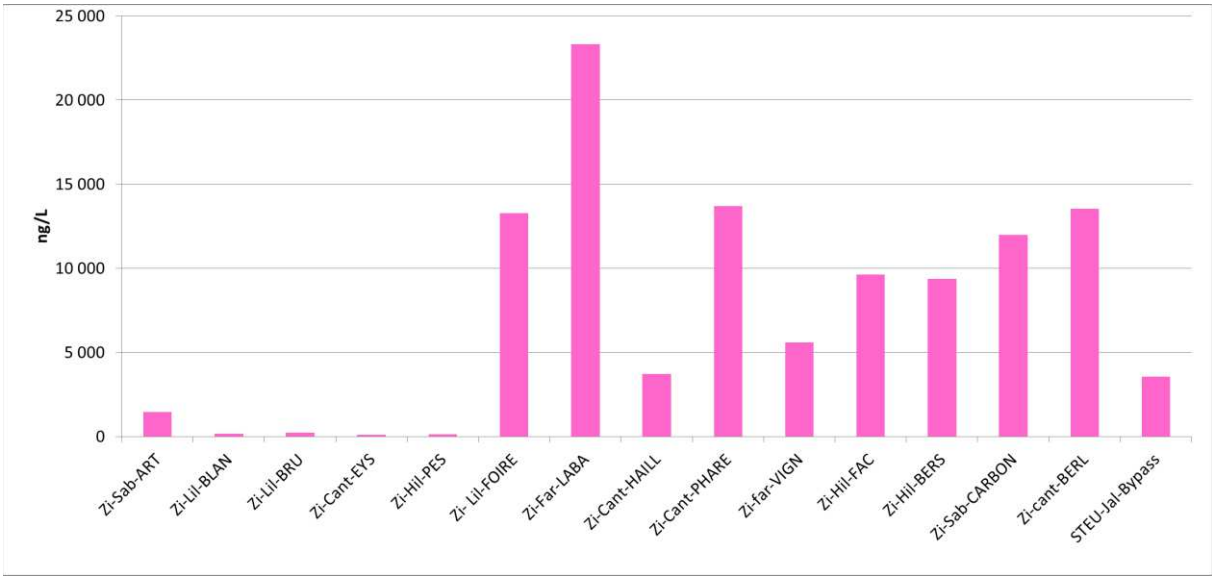


Figure 211. Concentrations totales (ng/L) en DEHP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

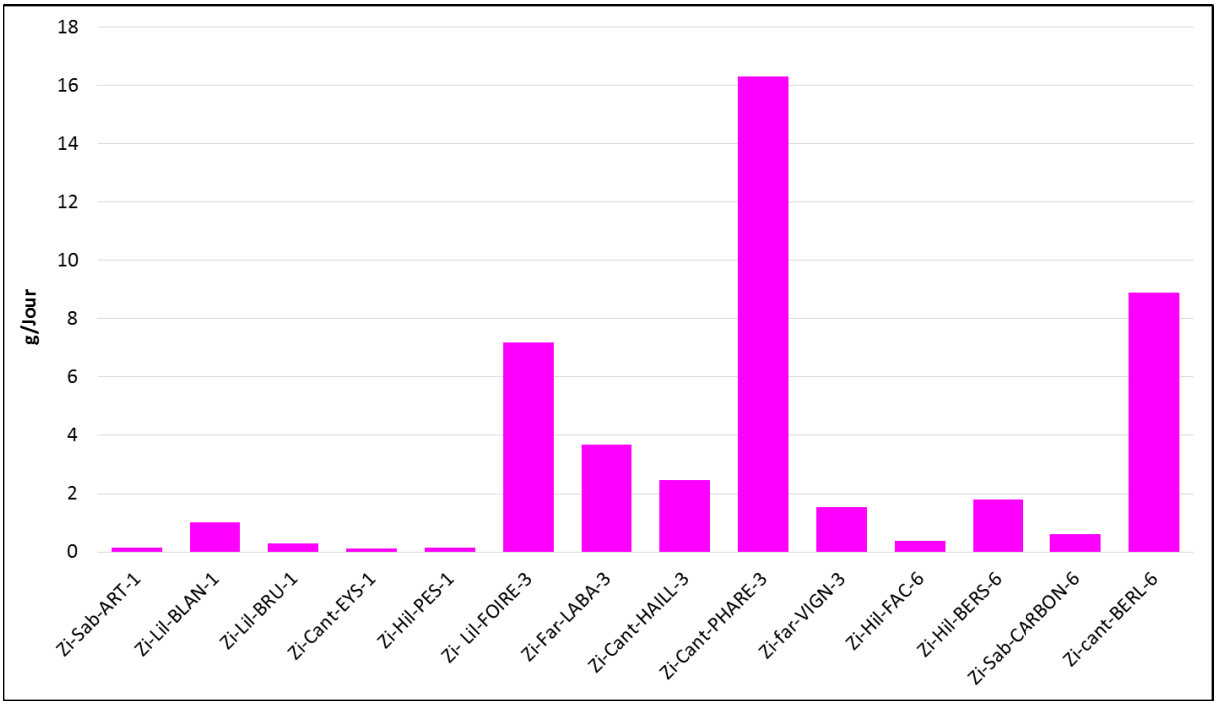


Figure 212. Flux cumulés (g/jourg/jour) en DEHP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

10. HAP

Les concentrations totales cumulées en HAP sont variables d'une ZI à une autre et sont comprises entre 100 et 2 000 ng/L, avec des concentrations maximales obtenues pour les ZI ART et BERS (Figure 213). Les profils de contamination sont comparables d'une ZI à une autre, et les HAP sont présents en proportions similaires. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 214.

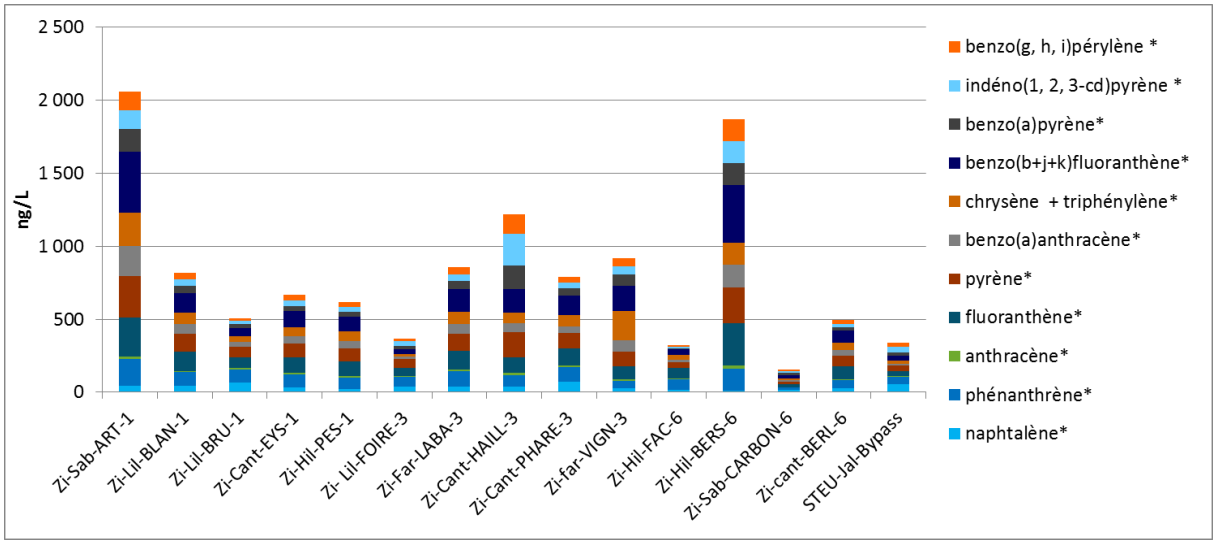


Figure 213. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

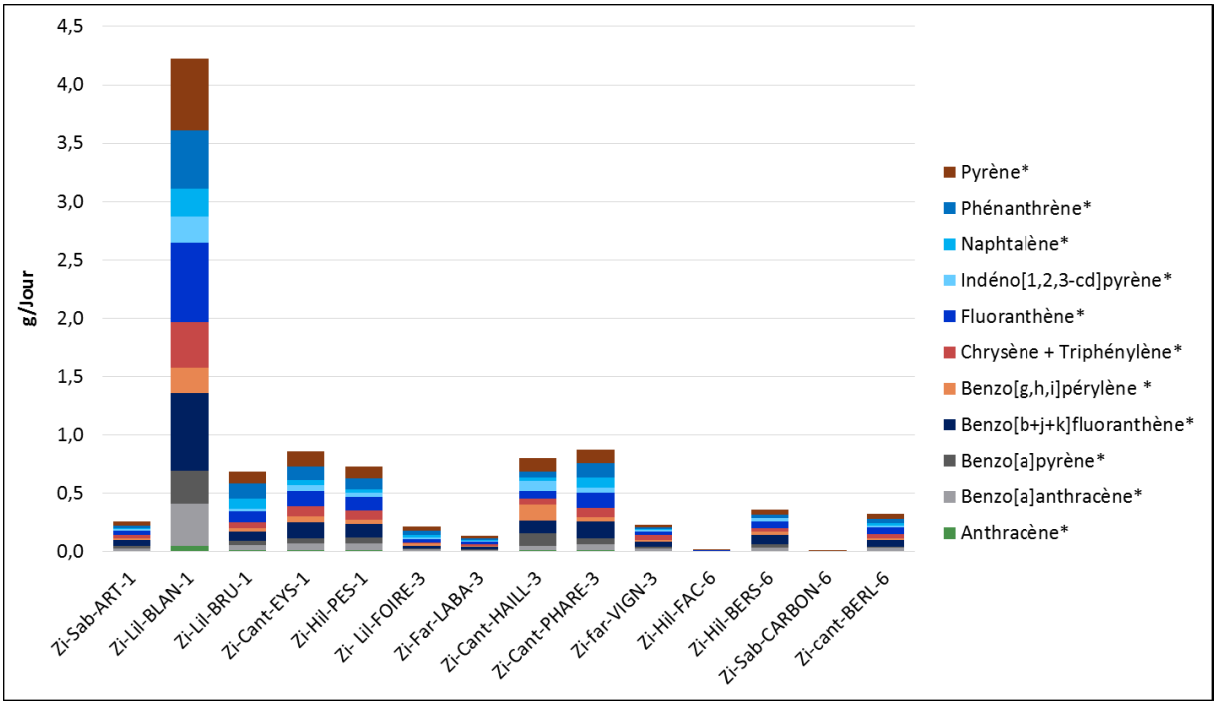


Figure 214. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP pour les 15 zones industrielles obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

11. Conclusion

En conclusion, contrairement à ce qui pourrait être attendu, les effluents de zones industrielles sont majoritairement marqués par la présence de pharmaceutiques, ce qui traduit la présence humaine. Les débits entre les différentes zones sont très variables et sont compris entre 41 m^3/j pour la ZI FAC et 5 400 m^3/j pour la ZI BLAN. Ceci se traduit par des flux moyens pour les 162 molécules organiques également très variables, entre 10 g/jour pour les ZI FAC et CARBON et 1 400 g/jour pour la ZI BLAN. Les débits pour le bypass de Cantinolle n'ont pas pu être obtenus. Pour les 14 ZI étudiées, le médicament paracétamol et les traceurs de vie humaine caféine et théophylline font partie des 5 molécules les plus rejetées. Les deux métabolites hydroxy-ibuprofène et acide salicylique font également fréquemment partie des 5 molécules les plus rejetées. Il y a cependant quelques spécificités pour la ZI BRU où la gabapentine est fortement rejetée, et les ZI FAC et CARBON où le DEHP est fortement rejeté.

b. Eaux Usées du groupe hospitalier Pellegrin (EU CHU)

1. Analyse préliminaire

1. Contamination générale

Cette section présente les résultats obtenus pour les eaux usées du groupe hospitalier Pellegrin du CHU de Bordeaux.

Le Tableau 39 récapitule le nombre de quantifications en fonction du nombre d'échantillons qui ont pu être déterminés En effet certains composés n'ont pas pu être analysés dans tous les échantillons à cause des effets matriciels qui peuvent interférer. Ceci est particulièrement le cas pour la phase particulaire. Par exemple, l'OP1OE et l'OP2OE n'ont pu être analysés que sur 8 et 9 échantillons sur 12.

Parmi les molécules retrouvées dans 100 % des cas dans la phase dissoute on peut citer 8 médicaments, 3 alkylphénols, 2 VOC, le DEHP et 5 HAP. Au contraire, 45 pesticides, 7 médicaments, 11 OCP, 3 PBDE et 4 VOC et 1 HAP ne sont jamais retrouvés. Pour la phase particulaire, 4 OCP et 1 HAP ne sont jamais quantifiés et 4 PCB, le DEHP et 6 HAP sont quantifiés dans tous les échantillons.

Les fréquences de quantification sont toujours à mettre au regard de la LQ associée (la LQ moyenne pour chacune des molécules est rappelée Tableau 39). Certains composés peuvent être systématiquement détectés car leur limite de quantification est particulièrement faible.

La Figure 215 présente les concentrations moyennes obtenues pour les 2 campagnes pour les 9 services du CHU, cumulées par grande classe de composés organiques et ce pour la phase totale (dissoute + particulaire). Les données inférieures à la LQ ont été remplacées par LQ/2 à condition que la molécule ait été quantifiée au moins une fois. Les LQ sont cependant particulièrement importantes pour l'octylphénol et le 4-nonylphénol pour la phase particulaire. De plus, la mesure des MES n'a pas pu être effectuée pour le point UNIV3. Pour ce point il ne s'agit donc que des résultats obtenus pour la fraction dissoute.

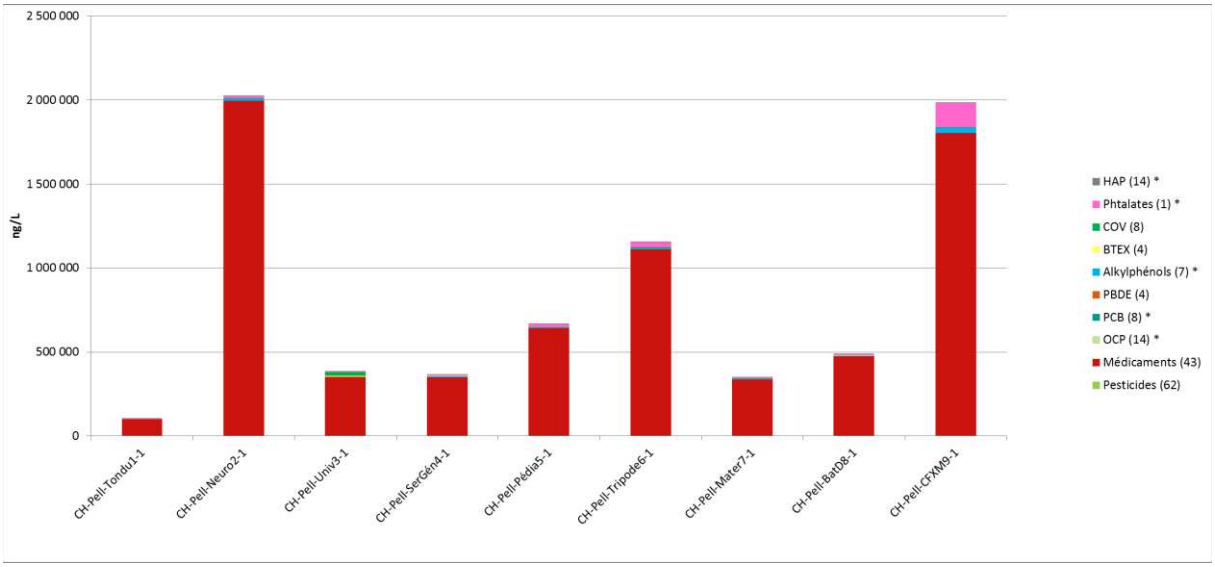


Figure 215. Concentrations cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

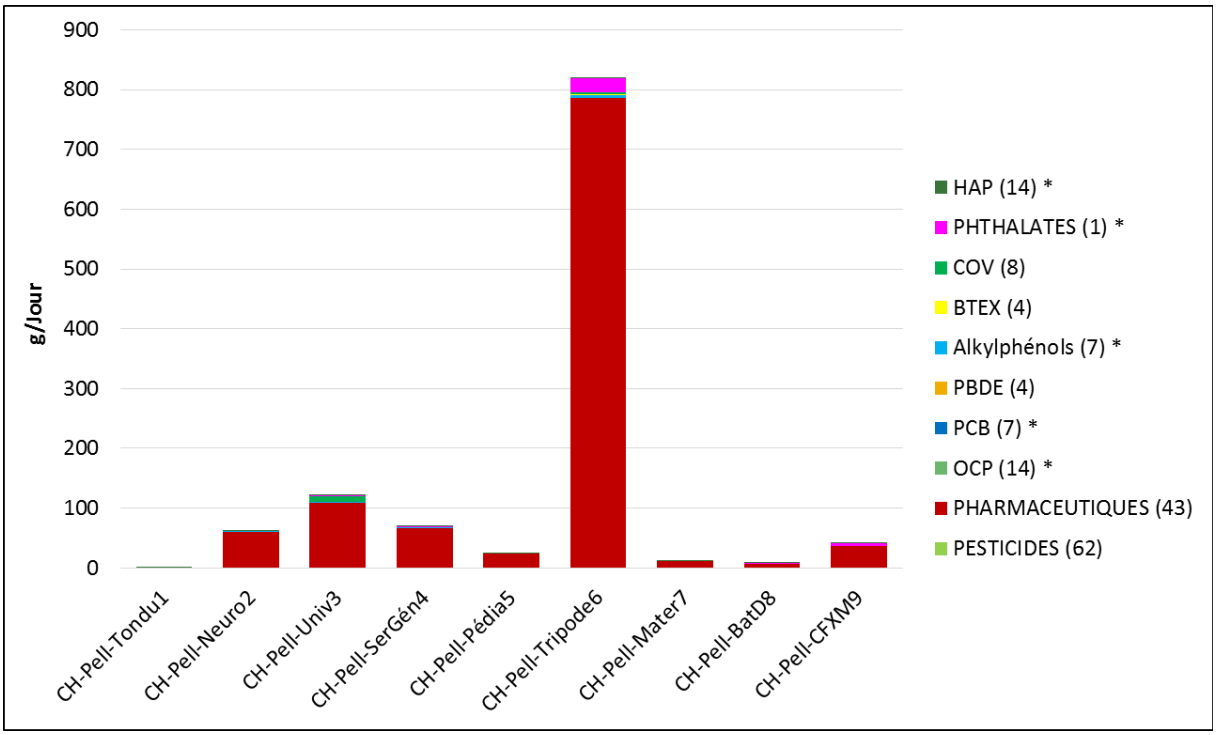


Figure 216. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les grandes classes de composés organiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase totale (dissous + particulaire) (* : composés recherches dans les deux phases)

Les concentrations totales cumulées en micropolluants organiques sont comprises entre 100 et 1 200 µg/L. Les concentrations les plus importantes sont obtenues pour les services Neuro2, Tripode6 et CFXM9. Pour l'ensemble des points, une prédominance des pharmaceutiques est observée, qui représentent entre 91 % et 99 % de la contamination totale. Le point Univ3 comprend le point SerGén4, ce qui peut expliquer certains profils proches par la suite. Les apports en termes de flux cumulés pour les grandes classes de composés organiques sont présentés dans la Figure 216.

Tableau 39. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les effluents du CHU

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	5	30	9,0
PESTICIDES	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	3	30	10,0
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	30	6,0
PESTICIDES	Acrinathrine	0	30	5,0
PESTICIDES	Alachlore	0	30	10,0
PESTICIDES	AMPA	28	30	27,5
PESTICIDES	Atrazine	0	30	4,0
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	14	30	2,0
PESTICIDES	Atrazine-déisopropyl (DIA)	0	30	13,0
PESTICIDES	Atrazine-déséthyl (DEA)	0	30	6,0
PESTICIDES	Azoxystrobine	20	30	1,0
PESTICIDES	Bifenthrine	0	30	1,0
PESTICIDES	Carbendazime	18	30	4,0
PESTICIDES	Chlorfenvinphos	0	30	2,0
PESTICIDES	Chlorotoluron	0	30	2,0
PESTICIDES	Chlorpyrifos-éthyl	0	30	1,5
PESTICIDES	Cyfluthrine	0	30	13,5
PESTICIDES	Cyperméthrine	0	30	12,5
PESTICIDES	DCPMU	0	30	7,0
PESTICIDES	Diazinon	12	30	1,5
PESTICIDES	Dichlorvos	0	30	19,5
PESTICIDES	Difénoconazole A B	4	30	4,5
PESTICIDES	Diflufénican	5	30	1,5
PESTICIDES	Dimétachlore	0	30	4,0
PESTICIDES	Diuron	22	30	1,5
PESTICIDES	DMSA	18	30	2,0
PESTICIDES	DMST	12	30	1,0
PESTICIDES	Endosulfan	0	30	15,5
PESTICIDES	Epoxiconazole	0	30	4,0
PESTICIDES	Esfenvalérate + fenvalérate	1	30	4,5
PESTICIDES	Famoxadone	0	30	16,5
PESTICIDES	Fenbuconazole	0	30	10,0
PESTICIDES	Fipronil	16	30	1,0
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	0	30	0,7
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	3	30	0,4
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	4	30	2,0
PESTICIDES	Flazasulfuron	0	30	3,0
PESTICIDES	Fluquinconazole	0	30	10,0
PESTICIDES	Flutriafol	0	30	41,5
PESTICIDES	Glyphosate	26	30	10,0
PESTICIDES	Hexazinone	4	30	2,0
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	0	30	4,0
PESTICIDES	Imidaclopride	15	30	3,0
PESTICIDES	Isoproturon	2	30	1,0
PESTICIDES	Lambda-cyhalothrine	0	30	4,5
PESTICIDES	Linuron	0	30	2,0
PESTICIDES	Métolachlore	0	30	2,0
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	30	8,5
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	30	10,0
PESTICIDES	Ométhoate	0	30	2,5
PESTICIDES	Perméthrine	3	30	6,0
PESTICIDES	Propiconazole	5	30	3,5
PESTICIDES	Simazine	0	30	7,0
PESTICIDES	Spiroxamine	4	30	1,0
PESTICIDES	Tau-fluvalinate	1	30	11,0
PESTICIDES	Tebuconazole	0	30	30,0
PESTICIDES	Terbuthylazine	0	30	4,0
PESTICIDES	Terbuthylazine-déséthyl	0	30	4,0
PESTICIDES	Terbutryne	6	30	3,0
PESTICIDES	Tétraconazole	0	30	10,5
PESTICIDES	Trifloxystrobine	4	30	1,0
PESTICIDES	Trifluraline	0	30	1,0
PHARMACEUTIQUES	Abacavir	22	30	7,5
PHARMACEUTIQUES	Acébutolol	29	30	4,0
PHARMACEUTIQUES	Acide 4-chlorobenzoïque	4	30	25,0
PHARMACEUTIQUES	Acide clofibrique	0	30	7,3
PHARMACEUTIQUES	Acide fénofibrique	30	30	2,8
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	30	30	25,0
PHARMACEUTIQUES	Amitriptyline	0	30	20,0
PHARMACEUTIQUES	Aspirine	0	30	11,0
PHARMACEUTIQUES	Aténolol	26	30	46,5
PHARMACEUTIQUES	Atorvastatine	15	30	58,5
PHARMACEUTIQUES	Bézafibrate	13	30	20,0
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	29	30	3,0
PHARMACEUTIQUES	Caféine	30	30	47,5
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	28	30	9,5
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	30	30	6,5
PHARMACEUTIQUES	Clopidogrel	17	30	12,0
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	27	30	18,5
PHARMACEUTIQUES	Disopyramide	15	30	2,5
PHARMACEUTIQUES	Fluoxétine	19	30	7,5
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	26	30	46,5
PHARMACEUTIQUES	Gemfibrozil	12	30	8,1
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	30	30	22,5
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	30	30	40,0
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	29	30	27,5
PHARMACEUTIQUES	Lamivudine	22	30	16,5
PHARMACEUTIQUES	Lévétiracétam	11	30	205
PHARMACEUTIQUES	Lorazépam	0	30	35,0
PHARMACEUTIQUES	Losartan	25	30	19,5
PHARMACEUTIQUES	Méprobamate	0	30	53,5
PHARMACEUTIQUES	Métoprolol	20	30	14,5
PHARMACEUTIQUES	Naproxène	29	30	25,0
PHARMACEUTIQUES	Névirapine	3	30	17,5
PHARMACEUTIQUES	Nordazépam	11	30	11,5
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	28	30	7,0
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	30	30	66,5
PHARMACEUTIQUES	Pravastatine	24	30	42,5
PHARMACEUTIQUES	Primidone	12	30	41,5
PHARMACEUTIQUES	Propranolol	29	30	13,0
PHARMACEUTIQUES	Ranitidine	-	-	-
PHARMACEUTIQUES	Ritonavir	22	30	18,5
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	26	30	28,5
PHARMACEUTIQUES	Théophylline	30	30	45,0
PHARMACEUTIQUES	Zidovudine	0	30	40,0

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
OCP	2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	5	30	0,2	8	30	1,3
OCP	2,4'-DDE	0	30	0,2	0	30	1,3
OCP	2,4'-DDT	0	30	0,5	16	30	1,3
OCP	4,4'-DDD	0	30	0,8	20	30	1,3
OCP	4,4'-DDE + Dieldrine	6	30	5,3	21	30	1,3
OCP	4,4'-DDT	0	30	0,4	14	30	1,3
OCP	Aldrine	0	30	0,6			
OCP	Chlordécone	0	30	5,0			
OCP	CIS-Chlordane	1	30	0,2	0	30	1,3
OCP	Endrine	0	30	0,7			
OCP	Heptachlore	0	30	0,5	0	30	1,3
OCP	Isodrine	0	30	0,2			
OCP	Lindane	0	30	10,0	27	30	2,4
OCP	Mirex	0	30	0,2	0	30	1,3
PCB	PCB 101	15	30	1,1	30	30	5,7
PCB	PCB 118	15	30	1,1	26	30	4,8
PCB	PCB 138	15	30	1,6	27	30	4,0
PCB	PCB 153	16	30	0,6	29	30	3,5
PCB	PCB 180	1	30	0,4	30	30	0,6
PCB	PCB 28 + 50	12	30	1,3	30	30	2,5
PCB	PCB 52	15	30	1,1	30	30	5,8
PBDE	BDE 100	0	30	0,2			
PBDE	BDE 153	0	30	0,5			
PBDE	BDE 47	0	30	0,6			
PBDE	BDE 99	0	30	0,3			
AKP	Nonylphénol	30	30	15,0	7	30	1753
AKP	NP1EC	30	30	1,0	29	30	10,0
AKP	NP1EO	27	30	49,4	27	30	220
AKP	NP2EO	28	30	3,6	26	30	228
AKP	Octylphénol	30	30	4,0	1	30	2276
AKP	OP1EO	22	30	34,8	18	30	21,1
AKP	OP2EO	23	30	1,8	9	30	42,8
BTEX	Benzène	11	30	22,5			
BTEX	Ethylbenzène	28	30	6,0			
BTEX	Toluène	30	30	17,5			
BTEX	Xylènes	26	30	15,5			
COV	1,2-dichloroéthane	4	30	80,0			
COV	Chlorure de vinyle	1	30	150			
COV	Dichlorométhane	0	30	50,0			
COV	Hexachlorobutadiène	0	30	1,0			
COV	Tétrachloroéthylène	22	30	3,5			
COV	Tétrachlorure de carbone	0	30	22,5			
COV	Trichloroéthylène	12	30	17,5			
COV	Trichlorométhane	30	30	32,5			
PHTALATES	DEHP	30	30	55,0	30	30	1000
HAP	Anthracène	30	30	0,4	29	30	4,4
HAP	Benzo[a]anthracène	15	30	0,6	30	30	6,6
HAP	Benzo[a]pyrène	1	30	1,0	29	30	8,1
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	6	30	1,0	30	30	10,0
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	0	30	0,8	29	30	5,9
HAP	Chrysène + Triphénylène	27	30	0,5	30	30	6,7
HAP	Fluoranthène	30	30	0,3	30	30	22,6
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	1	30	0,8	28	30	6,8
HAP	Naphtalène	28	30	4,5	0	30	131
HAP	Phénanthrène	30	30	0,3	27	30	59,2
HAP	Pyrène	30	30	0,3	30	30	23,2

2. Pesticides

Les concentrations totales en pesticides sont globalement faibles et comprises entre 200 et 1 600 ng/L (Figure 217). Les deux pesticides majoritairement identifiés sont le glyphosate et son métabolite l'AMPA, dont les concentrations sont supérieures au point Univ3/SerGèn4 et BatD8. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 218.

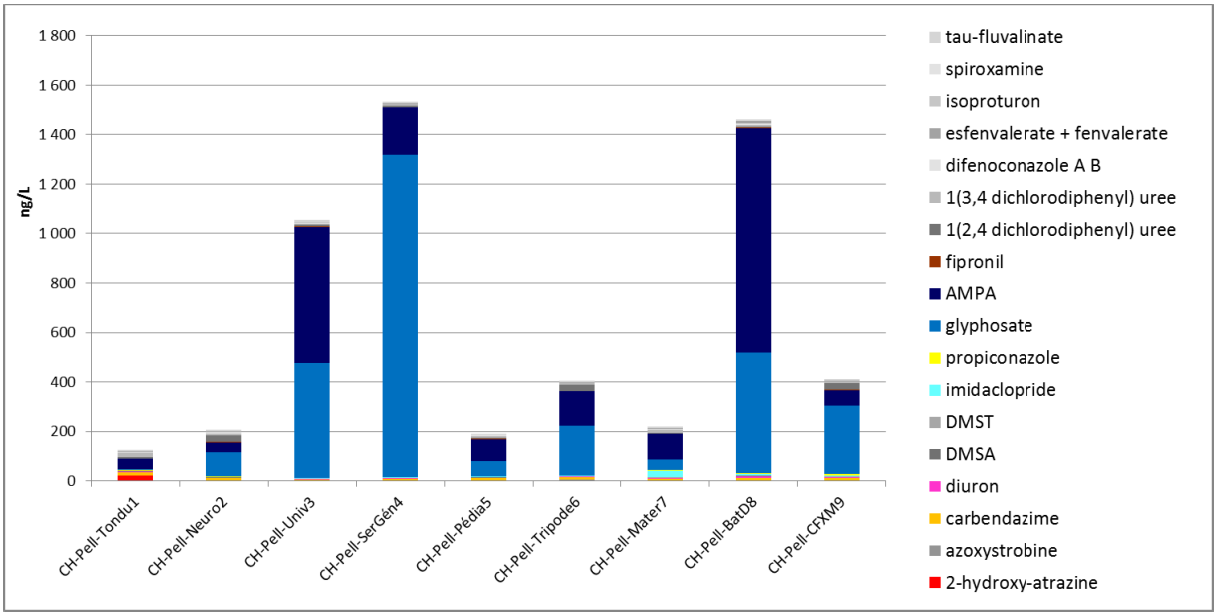


Figure 217. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

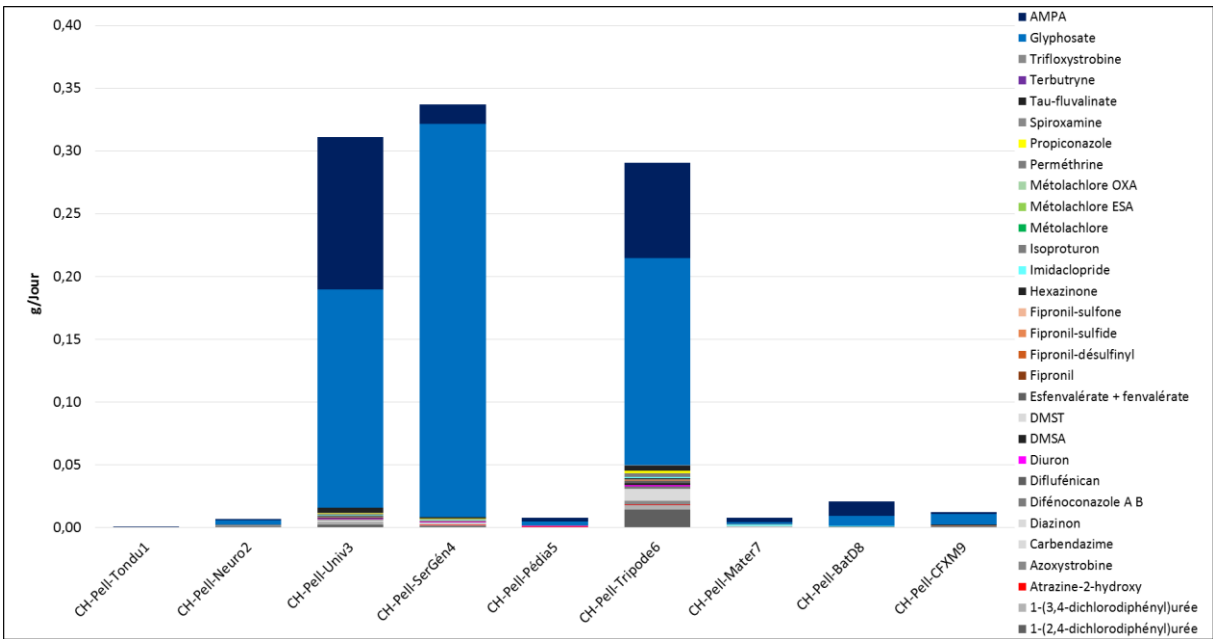


Figure 218. Flux cumulés (g/jourg/jour) en pesticides pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

3. Pharmaceutiques

Les concentrations totales en pharmaceutiques sont comprises entre 100 et 2 000 µg/L (Figure 219).

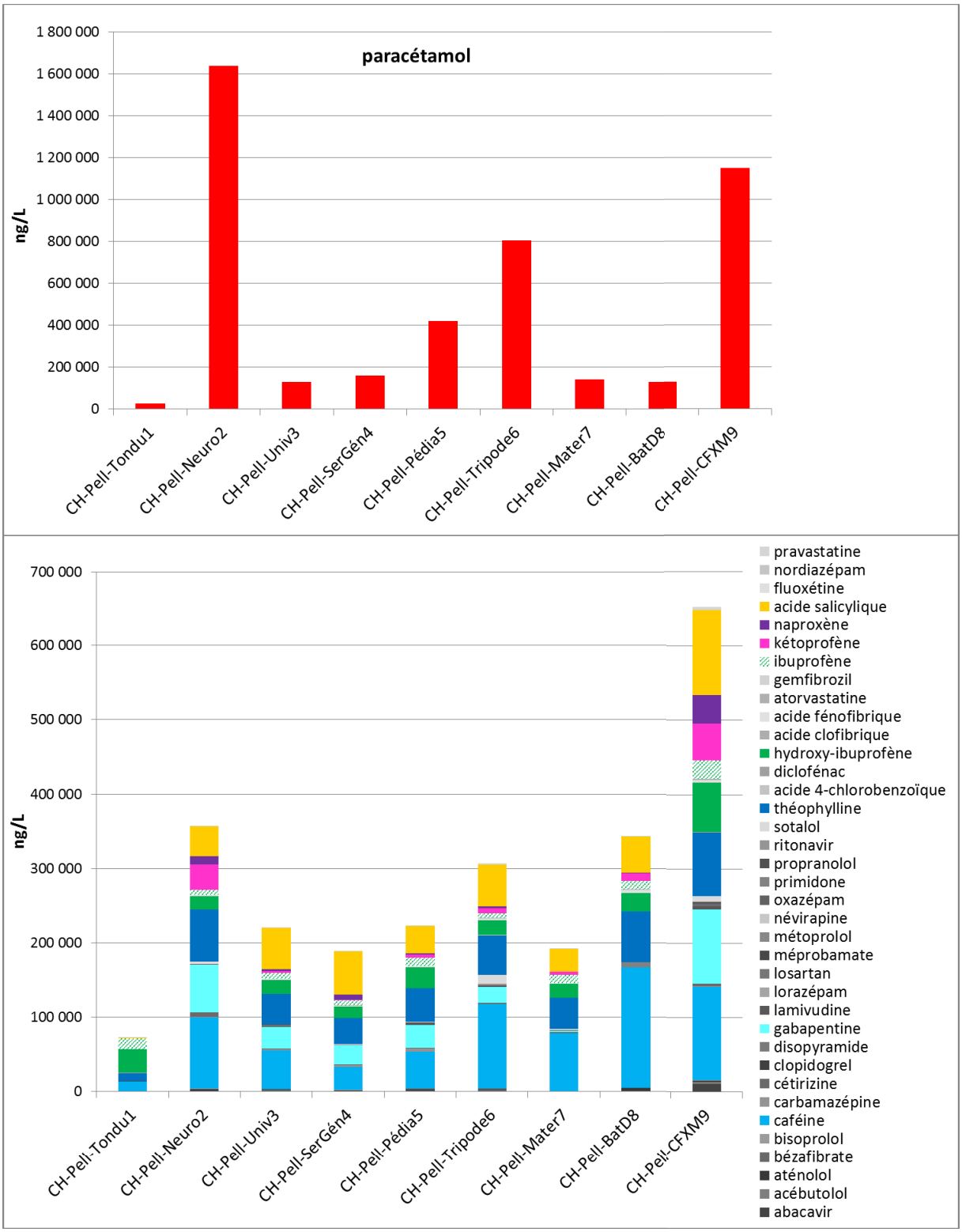


Figure 219. Concentrations (ng/L) pour le paracétamol (en haut) et pour les autres pharmaceutiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

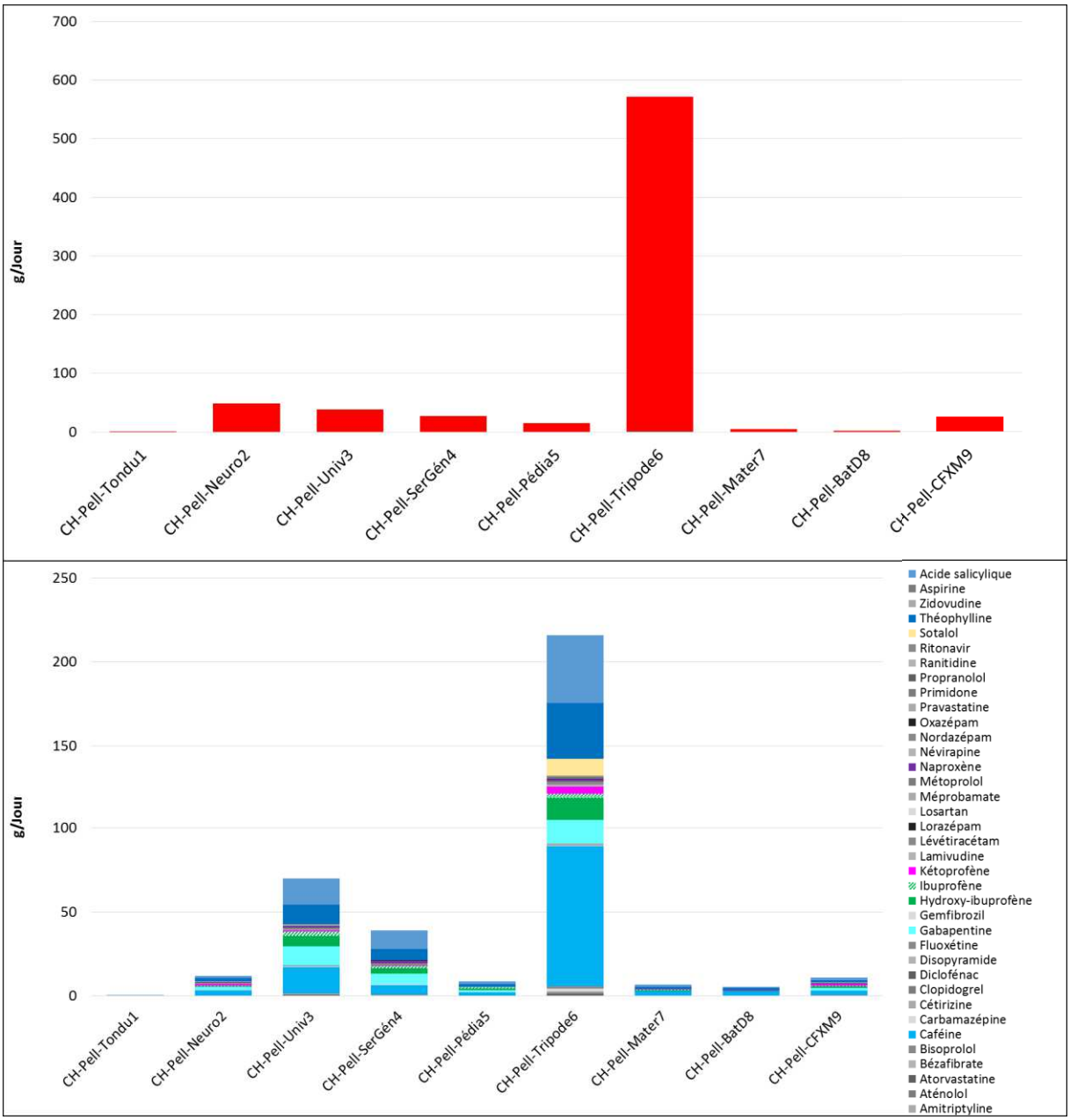


Figure 220. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour le paracétamol (en haut) et pour les autres pharmaceutiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

A lui seul, le paracétamol représente entre 27 et 82 % de la contamination totale en pharmaceutiques avec des concentrations supérieures à 500 µg/L pour les points Neuro2, Tripode6 et CFXM9. Cette observation est cohérente puisque parmi les médicaments étudiés, c'est la molécule la plus distribuée au CHU (1,5 tonne par an). Parmi les autres médicaments fortement quantifiés, on retrouve les traceurs de vie humaine caféine et théophylline. La gabapentine et deux métabolites, l'acide salicylique (métabolite de l'aspirine) et l'hydroxy-ibuprofène (métabolite de l'ibuprofène) sont également à citer. Les apports en termes de flux pour le paracétamol et les autres composés pharmaceutiques sont présentés dans la Figure 220.

4. Pesticides organochlorés

Les concentrations totales cumulées en pesticides organochlorés sont présentées Figure 221. Ces composés ont été recherchés dans la phase dissoute et la phase particulaire à l'exception de

l'endrine, l'isodrine, l'aldrine et la chlordécone. Les concentrations totales varient peu et sont faibles : entre 8 et 16 ng/L. Les profils de contamination entre les différents sites sont comparables et les 3 OCP quantifiés aux plus fortes concentrations sont le lindane, le mélange DDE 44' + dieldrine et le DDT 4 4'. Le lindane et le DDT 4 4' sont presque uniquement quantifiés sur la phase particulaire. Le mélange DDE 44' + dieldrine est plus fréquemment quantifié sur la phase particulaire que sur la phase dissoute. Lorsqu'il est présent dans les deux phases, la phase particulaire représente 10 à 25 % de la phase totale. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 222.

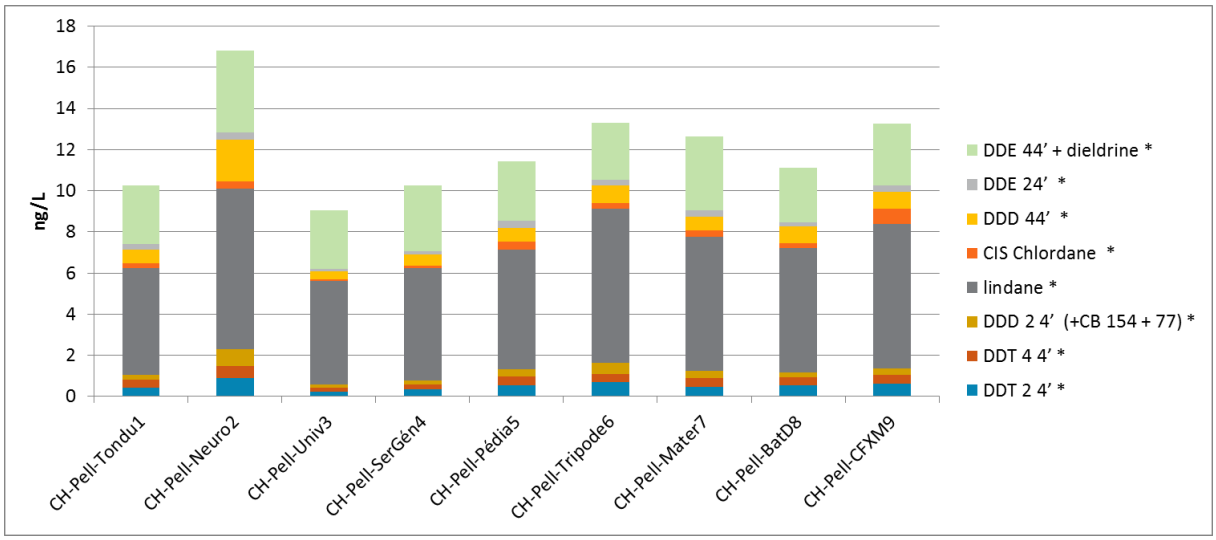


Figure 221. Concentrations cumulées (ng/L) pour les OCP pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

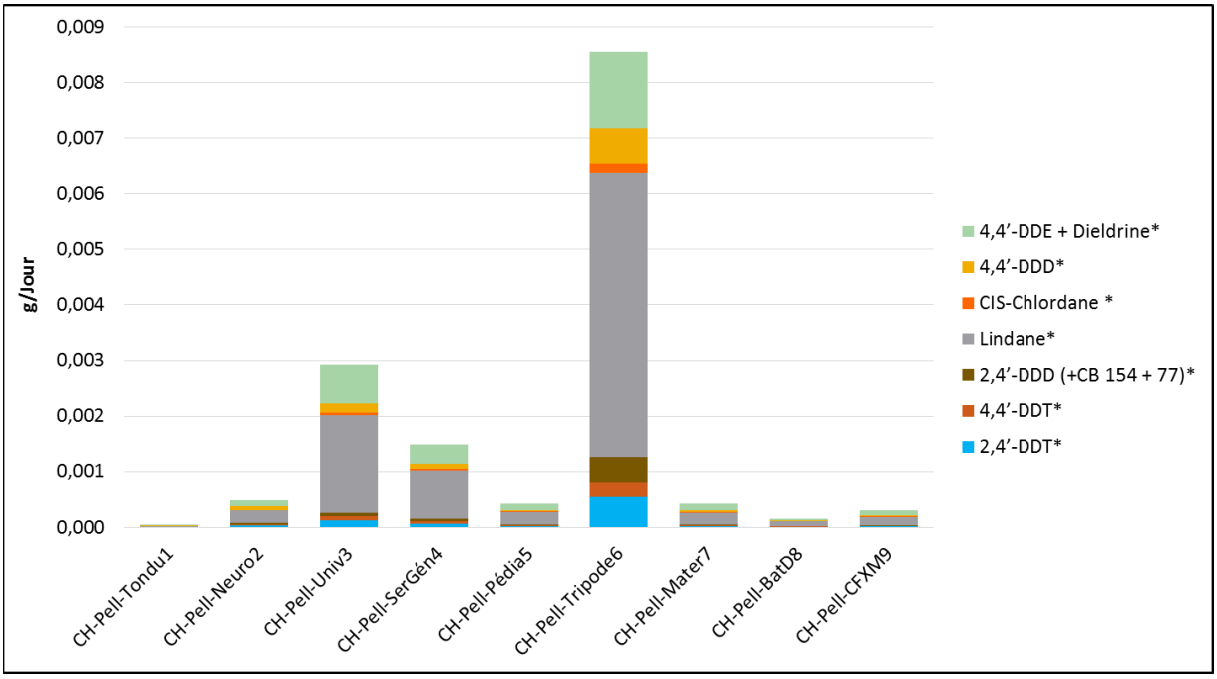


Figure 222. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les OCP pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

5. PCB

Les concentrations totales cumulées pour les PCB sont comprises entre 20 et 160 ng/L, avec un maximum obtenu pour le point Neuro2. Les profils de contamination sont comparables entre les

différents sites, et les différents PCB sont quantifiés en concentrations équivalentes. Ces composés sont essentiellement présents sur la phase particulaire (70-90% de la fraction totale). Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 224.

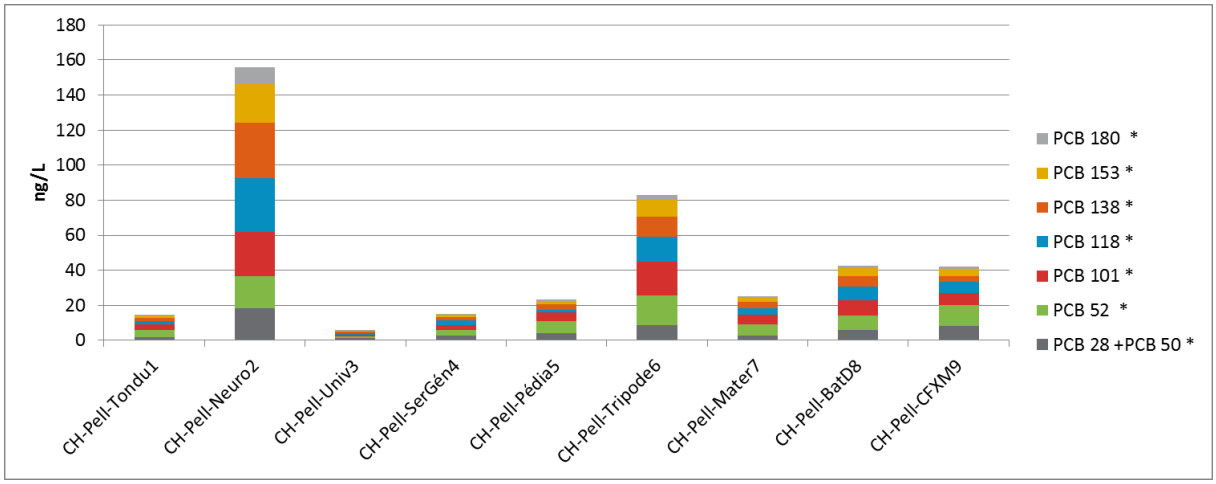


Figure 223. Concentrations totales cumulées (ng/L) en PCB pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

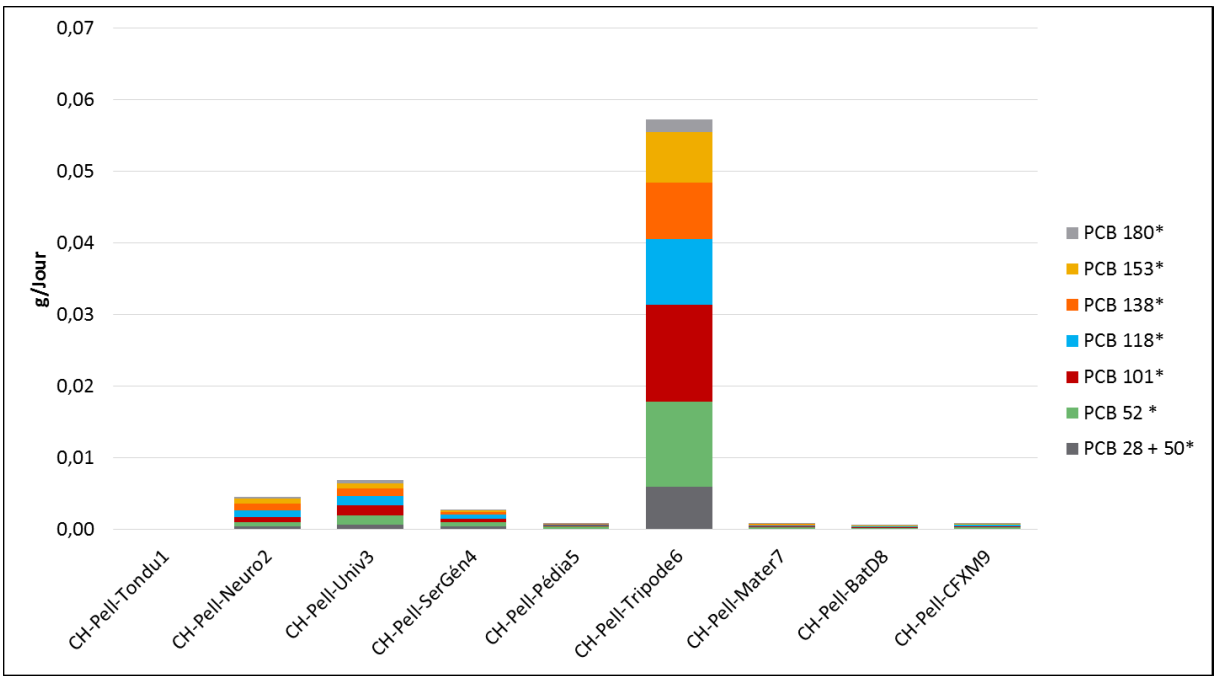


Figure 224. Flux cumulés (g/jourg/jour) en PCB pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

6. PBDE

La classe des PBDE n'est pas représentée car seul le BDE 47 a été quantifié une unique fois (0,1 ng/L), au cours de la première campagne, pour le point BatD8.

7. Alkylphénols

Les concentrations totales cumulées en alkylphénols sont présentées Figure 225. Pour ces composés l'analyse dans la phase particulaire est complexe car ils sont très sujets aux effets matriciels et aux contaminations extérieures. Ceci explique pourquoi certains composés (4-nonylphénols, 4-ter octylphénols) ont des LQ élevées dans la phase particulaire et pourquoi l'OP1OE et l'OP2OE n'ont pu être analysés que dans 8 et 9 échantillons sur 18.

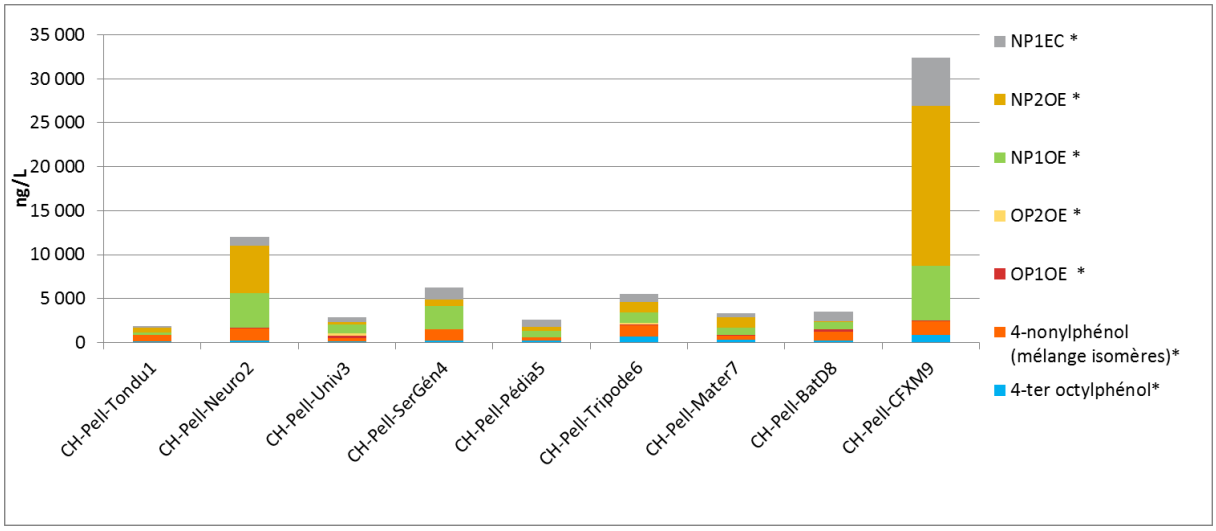


Figure 225. Concentrations totales cumulées (ng/L) en alkylphénols pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

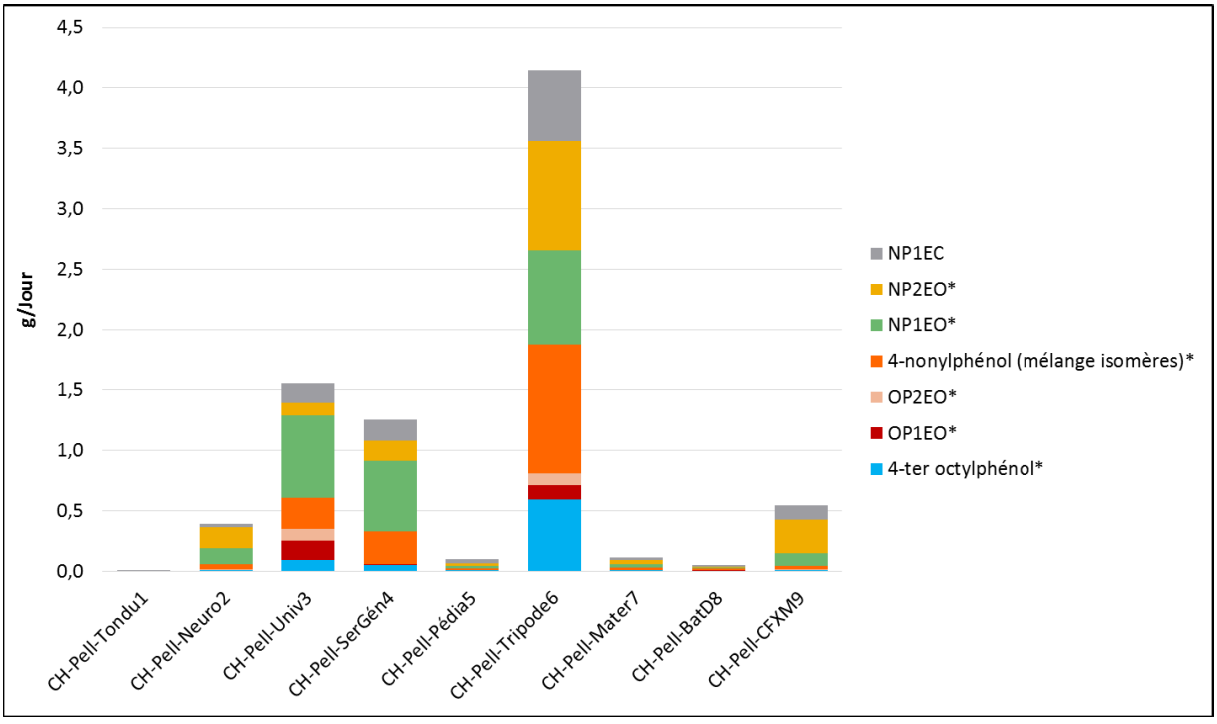


Figure 226. Flux cumulés (g/jourg/jour) en alkylphénols pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

Les concentrations pour la phase totale sont comprises entre 2 000 et 30 000 ng/L, avec un maximum obtenu pour le point CFXM9. Les profils de contamination sont comparables entre les différents points et les alkylphénols majoritaires sont le NP2OE et le NP1OE et la contribution de la

phase particulaire par rapport à la phase dissoute est variable d'un point à un autre. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 226.

8. COV

Les concentrations en COV sont comprises entre 400 et 25 000 ng/L avec un maximum obtenu pour le point Univ3 (Figure 227). Le COV majoritairement quantifié est le trichlorométhane (chloroforme) suivi par le toluène. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 228.

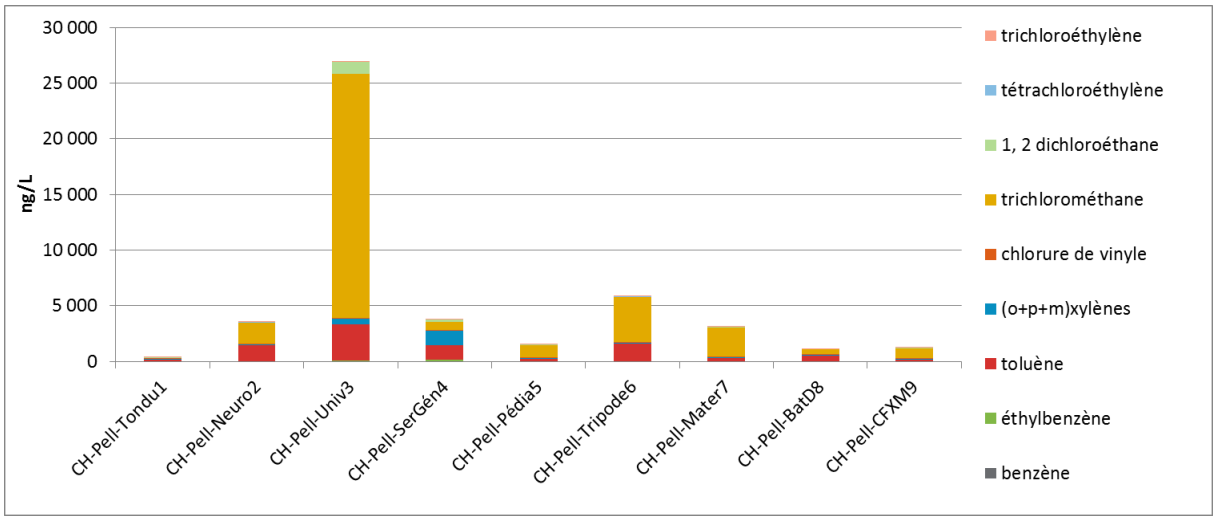


Figure 227. Concentrations cumulées (ng/L) pour les VOC (dont BTEX) pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

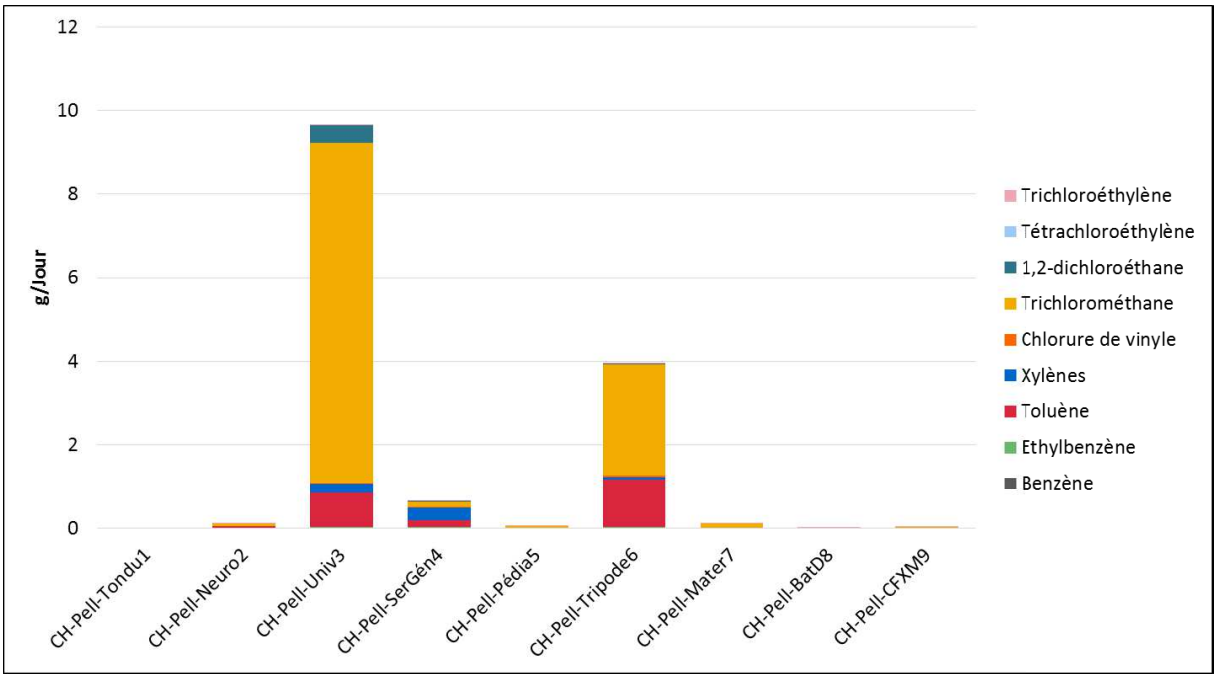


Figure 228. Flux cumulés (g/jourg/jour) pour les VOC (dont BTEX) pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

9. Phtalates

Les concentrations totales obtenues en DEHP (unique représentant de la classe des phtalates) pour la phase totale sont comprises entre 2 000 et 140 000 ng/L, avec un maximum obtenu pour le point CFXM9. Cette molécule a été quantifiée dans l'ensemble des échantillons en phase dissoute et particulaire, et le maximum obtenu pour le point CFXM9 est en lien avec un pic à 3 000 ng/L pour la première campagne (pic obtenu dans la phase dissoute). Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 230.

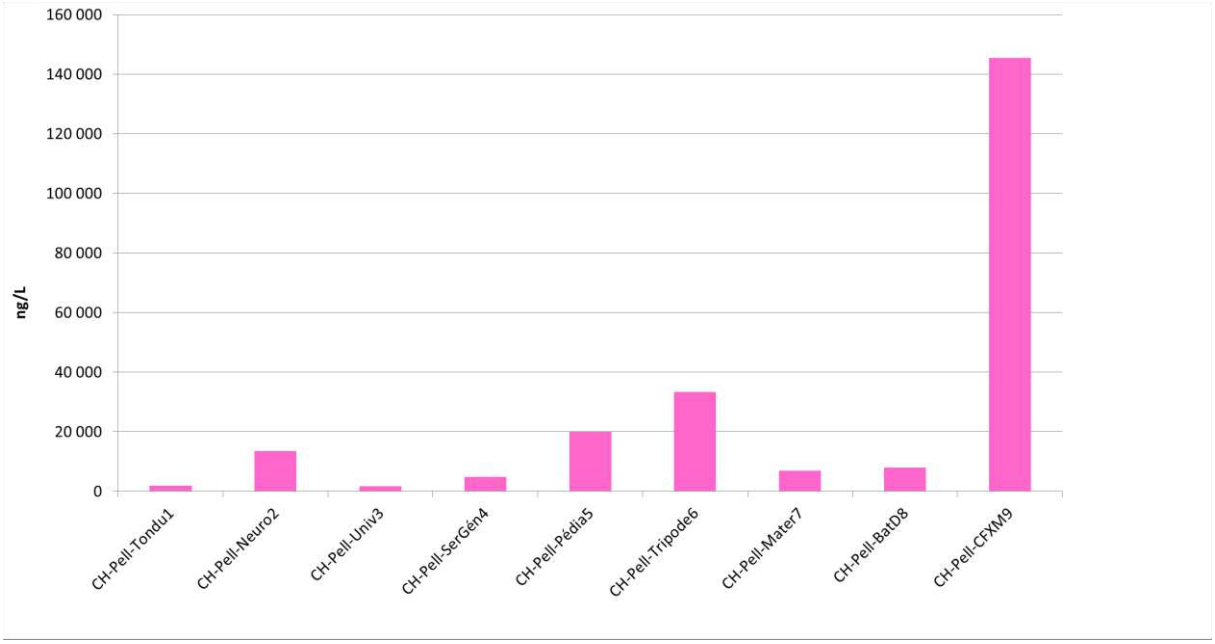


Figure 229. Concentrations totales (ng/L) en DEHP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

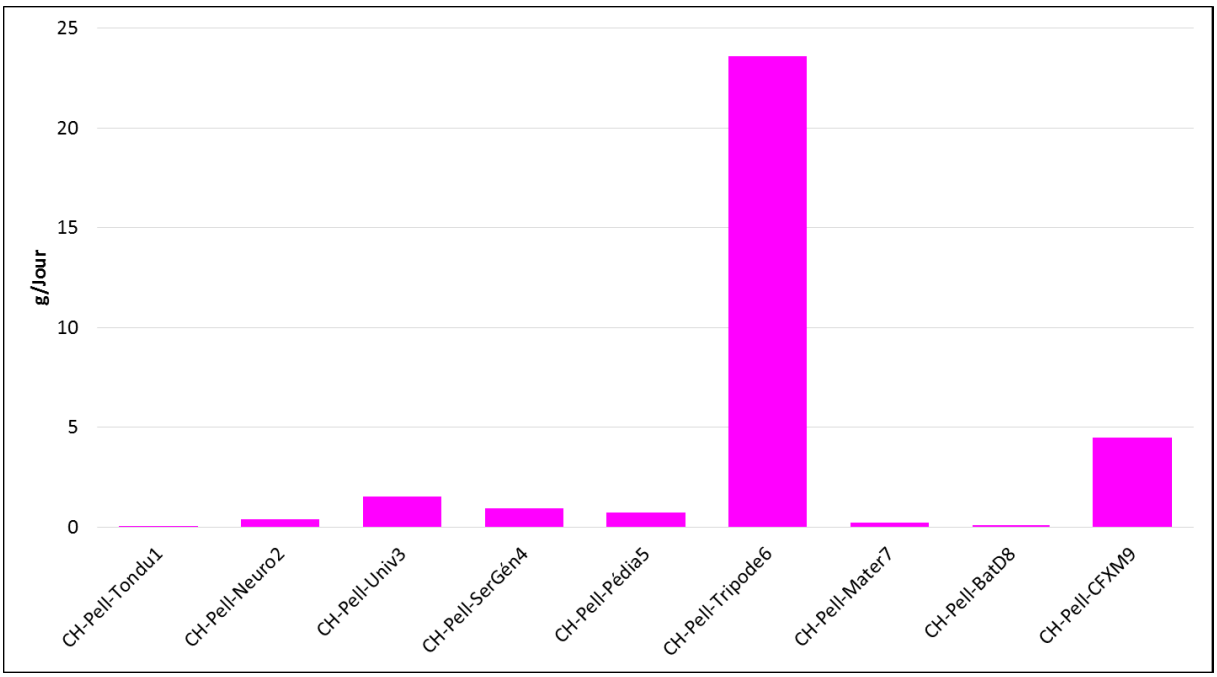


Figure 230. Flux cumulés (g/jourg/jour) en DEHP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

10. HAP

Les concentrations totales cumulées en HAP pour la phase totale sont comprises entre 20 et 1 400 ng/L avec des concentrations maximales obtenues pour le point Tondu1. Les profils de contamination sont comparables entre les différents sites et aucun HAP n'a de concentration significativement supérieure aux autres. Les apports en termes de flux sont présentés dans la Figure 232.

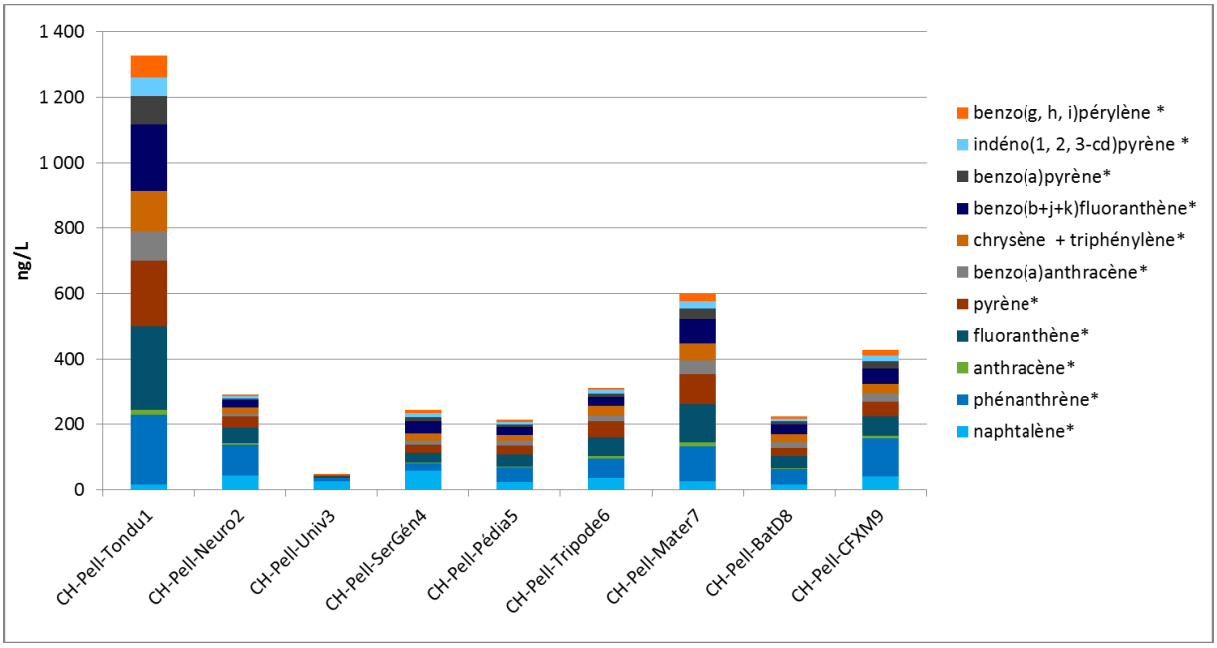


Figure 231. Concentrations totales cumulées (ng/L) en HAP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

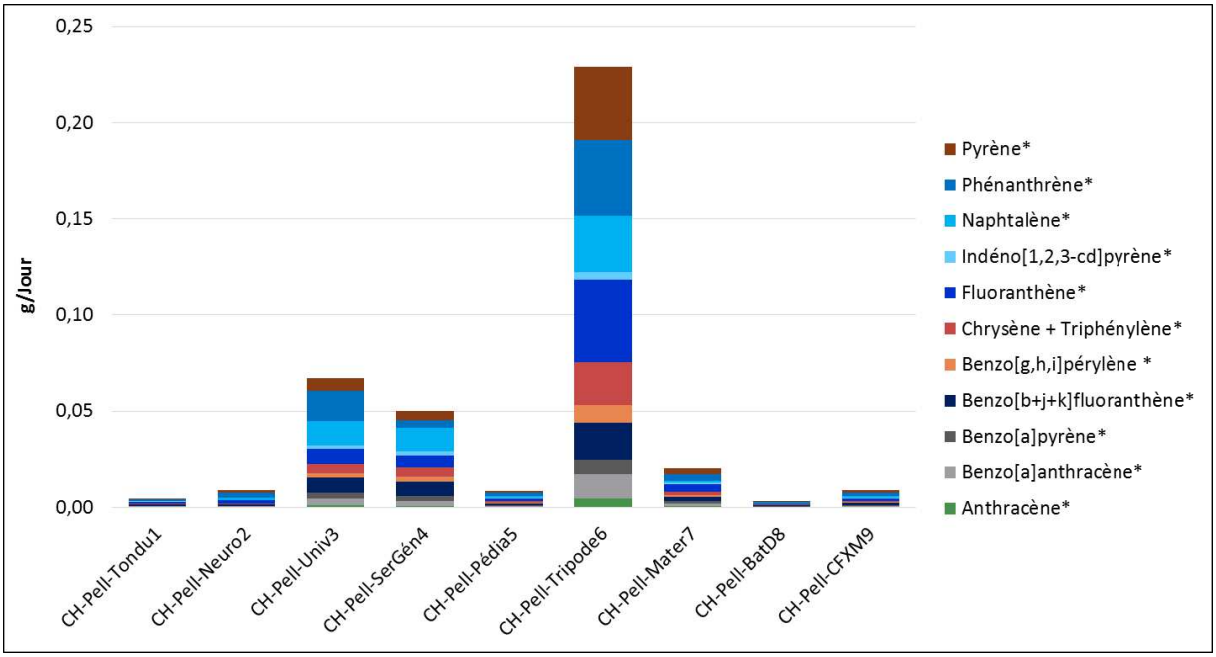


Figure 232. Flux cumulés (g/jourg/jour) en HAP obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute + particulaire

11. Conclusion

En conclusion, les effluents du CHU sont majoritairement marqués par la présence de composés pharmaceutiques mais contiennent également d'autres polluants organiques. L'ensemble des rejets ont un débit de 981 m^3/j, ce qui se traduit par un flux pour les 162 molécules organiques de 1 032 g/jour, le paracétamol contribuant à lui seul à plus de la moitié du flux sortant. Les autres molécules rejetées en plus grandes quantités sont les 2 traceurs de vie humaine caféine et théophilline (102 et 48 g/jour), le métabolite de l'aspirine, l'acide salicylique (58 g/jour), le phtalate DEHP (31 g/jour) et l'antiépileptique gabapentine (25 g/jour). Etant donné les enjeux liés à la présence des pharmaceutiques dans les effluents hospitaliers, cette étude à été complétée par l'analyse de 28 autres médicaments. Ces résultats seront présentés dans un deuxième temps.

2. Analyse de 28 autres médicaments

Afin de cibler des molécules appartenant à de nouvelles classes de composés ou des molécules distribuées en grandes quantités, 28 autres composés pharmaceutiques ont été recherchés en plus des 43 substances initiales (Tableau 40). Sur ces 28 médicaments, seuls 5 n'ont jamais été quantifiés : la cloxacilline (antibiotique), le malathion (un antiparasitaire), le diazépam et la clorazépate (anxiolitiques) et le sildénafil (vasodilatateur). Au contraire, la valafaxine (anxiolitique) a été retrouvée dans les 9 effluents hospitaliers, et le sulfaméthoxazole, la ciprofloxacine (antibiotiques), la lamotrigine (anxiolitique) et l'acide niflumique (antiinflammatoire) ont été quantifiés dans plus de 75 % des échantillons.

Les concentrations globales sont comprises entre 0,8 et 112 µg/L et sont plus importantes pour les points Neuro2 et CFXM9 (tout comme pour les autres médicaments traités précédemment) (Figure 233). Parmi les molécules retrouvées aux plus fortes concentrations, on peut citer deux antibiotiques, l'ofloxacine et la ciprofloxacine (<LQ–46 µg/L et <LQ-63 µg/L, respectivement). Des concentrations du même ordre de grandeur ont déjà été observées dans des effluents d'hôpitaux parisiens (Quoc Tuc et al., 2017) et italiens (Verlicchi et al., 2012). D'autres composés sont moins concentrés mais sont intéressants, comme par exemple le cyclophosphamide. Il s'agit en effet d'un anticancéreux, distribué en faible quantité et faiblement excrété sous forme inchangé, ce qui explique les faibles concentrations (maximum de 100 ng/L pour le service Tripode6). Des niveaux de concentrations similaires ont déjà été observés dans des effluents d'hôpitaux suisses, slovènes ou japonais (Azuma et al., 2016; Česen et al., 2016; Kovalova et al., 2012). Malgré les faibles concentrations retrouvées dans les effluents, ce composé a déjà été détecté dans des eaux de rivière (3-4 ng/L) (Azuma et al., 2015).

		Phase dissoute		
		NB >LQ	NB ech. Quanti. (/18)	LQ (ng/L)
antibiotique	ofloxacine	13	18	50,0
antibiotique	clarithromycine	8	18	15,0
antibiotique	norofloxacine	8	18	100,0
antibiotique	triméthoprime	11	18	50,0
antibiotique	cloxacilline	0	18	15,0
antibiotique	sulfaméthoxazole	14	18	10,0
antibiotique	ciprofloxacine	15	18	90,0
anticancéreux	cyclophosphamide	5	18	1,5
antiepileptique	valpromide	2	18	35,0
antiepileptique	lamotrigine	14	18	50,0
anti- inflammatoire	acide niflumique	17	18	2,0
anti- parasitaire	malathion	0	18	3,0
antiviral	saquinavir	1	18	60,0
anxiolytique	hydroxyzine	13	18	2,0
anxiolytique	cyamémazine	11	18	5,0
anxiolytique	venlafaxine	18	18	1,0
anxiolytique	amisulpride	13	18	4,0
anxiolytique	zolpidem	7	18	1,0
anxiolytique	zopiclone	1	18	4,0
anxiolytique	duloxétine	2	18	30,0
anxiolytique	diazépam	0	18	60,0
anxiolytique	méthadone	11	18	0,5
anxiolytique	paroxétine	3	18	30,0
anxiolytique	clorazépate	0	18	140,0
anxiolytique	bromazépam	7	18	15,0
anxiolytique	prazépam	8	18	1,0
bronchodilatateur	salbutamol	8	18	10,0
vasodilatateur	sildénafil	0	18	45,0

Tableau 40. Nombre d'échantillons ayant donné un résultat supérieur à la LQ (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons ayant pu être quantifiés (NB ech. Quanti) et limite de quantification (LQ) associée, pour les nouveaux composés ayant été recherchés dans les effluents hospitaliers

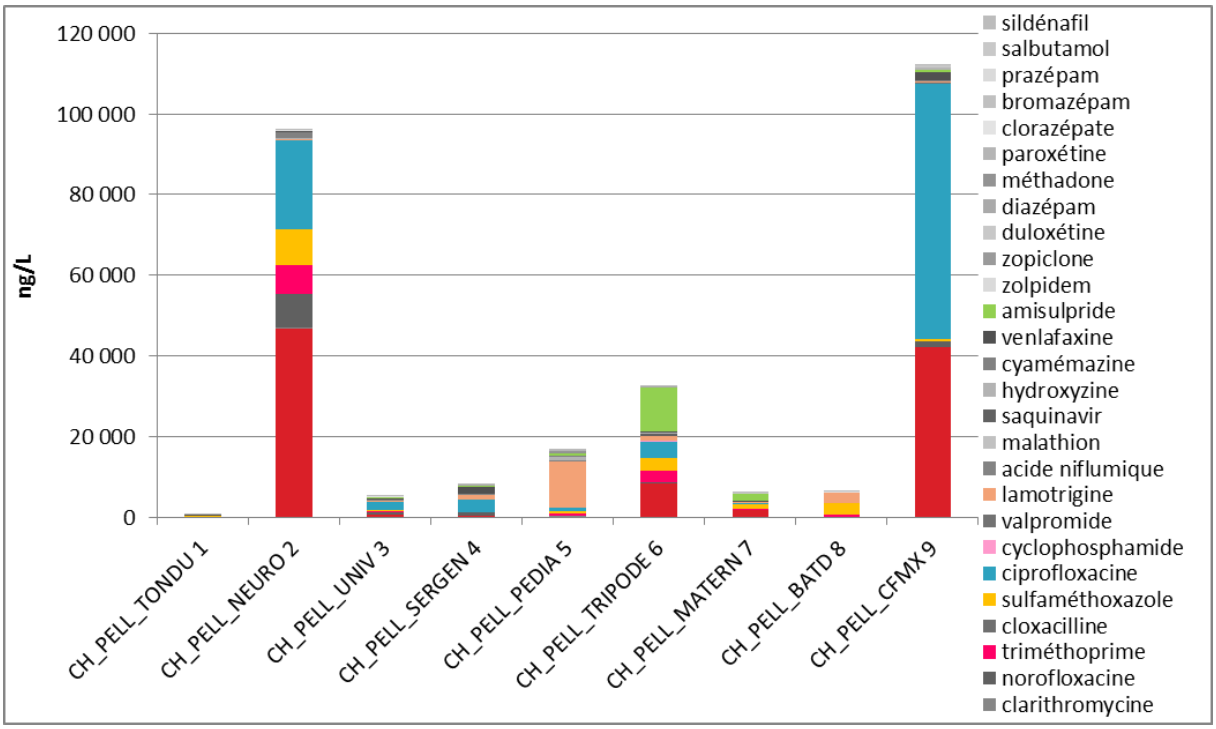


Figure 233. Concentrations (ng/L) pour les 28 nouveaux composés pharmaceutiques pour les 9 services du CHU obtenues par la moyenne des 2 campagnes pour la phase dissoute

3. Analyse haute fréquence de l'effluent provenant du bâtiment Tripode

Afin d'étudier la variabilité intra-journalière, des prélèvements haute fréquence ont été effectué au niveau de la sortie du bâtiment Tripode, qui est le bâtiment qui contribue le plus fortement au débit de sortie du centre hospitalier. Pour cela, des échantillons ont été prélevé les 22/23 septembre 2016, toutes les heures pendant 24 heures. Le Tableau 41 répertorie les échantillons prélevés ainsi que les débits associés.

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Description	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/Evènement)
Eaux Usées CHU	**CH-Pell-Tripode-HauteF-1**	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 15h30	1h00	25 200
	CH-Pell-Tripode-HauteF-2	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 16h30	1h00	25 300
	CH-Pell-Tripode-HauteF-3	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 17h30	1h00	25 300
	CH-Pell-Tripode-HauteF-4	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 18h30	1h00	23 700
	CH-Pell-Tripode-HauteF-5	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 19h30	1h00	20 600
	CH-Pell-Tripode-HauteF-6	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 20h30	1h00	18 900
	CH-Pell-Tripode-HauteF-7	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 21h30	1h00	13 080
	CH-Pell-Tripode-HauteF-8	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 22h30	1h00	11 270
	CH-Pell-Tripode-HauteF-9	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 23h30	1h00	12 600
	CH-Pell-Tripode-HauteF-10	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 0h30	1h00	12 920
	CH-Pell-Tripode-HauteF-11	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 1h30	1h00	11 450
	CH-Pell-Tripode-HauteF-12	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 2h30	1h00	8 750
	CH-Pell-Tripode-HauteF-13	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 3h30	1h00	6 930
	CH-Pell-Tripode-HauteF-14	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 4h30	1h00	9 540
	CH-Pell-Tripode-HauteF-15	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 5h30	1h00	10 100
	CH-Pell-Tripode-HauteF-16	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 6h30	1h00	15 400
	CH-Pell-Tripode-HauteF-17	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 7h30	1h00	21 700
	CH-Pell-Tripode-HauteF-18	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 8h30	1h00	27 500
	CH-Pell-Tripode-HauteF-19	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 9h30	1h00	31900
	CH-Pell-Tripode-HauteF-20	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 10h30	1h00	
	CH-Pell-Tripode-HauteF-21	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 11h30	1h00	
	CH-Pell-Tripode-HauteF-22	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 12h30	1h00	
	CH-Pell-Tripode-HauteF-23	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 13h30	1h00	
	CH-Pell-Tripode-HauteF-24	22/09/2016	Tripode haute fréquence (medical divers + labo analyse + stérilisation + cuisines)	ponctuel, 900 mL toutes les heures, prélèvement à 14h30	1h00	

Tableau 41. Prélèvements CHU Haute fréquence

Etant donné le nombre important d'échantillons, seuls 8 traceurs ont été sélectionnés en raison de leur occurrence dans les effluents provenant de Tripode lors des précédentes campagnes, soit en raison de leur présence dans les cours d'eau. Le Tableau 42 présente pour chacun de ces 8 traceurs le nombre d'échantillons ayant donné un résultat > LQ par rapport au nombre d'échantillons ayant pu être quantifié et la LQ associée.

		Phase dissoute		
		NB >LQ	NB ech. Quanti. (/24)	LQ (ng/L)
antiépileptique	carbamazépine	24	24	1
antibiotique	ciprofloxacine	24	24	40
anticancéreux	cyclophosphamide	19	24	3
antiépileptique	gabapentine	24	24	40
antibiotique	ofloxacine	24	24	10
anxiolitique	oxazépam	24	24	5
analgésique	paracétamol	24	24	40
antiaryhtmique	sotalol	24	24	25

Tableau 42. Nombre d'échantillons ayant donné un résultat supérieur à la LQ (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons ayant pu être quantifiés (NB ech. Quanti) et limite de quantification (LQ) associée, pour les 8 composés ayant été recherchés

Sur les 8 traceurs sélectionnés, 7 ont été quantifiés dans les 24 échantillons ce qui souligne leur pertinence pour le suivi d'effluents hospitaliers. Le cyclophosphamide a été quantifié dans 19 échantillons, ce qui est également un fort taux de détection. Le paracétamol est le composé quantifié aux plus fortes concentrations (161-5 252 µg/L) (Figure 234). L'ofloxacine, la gabapentine, la ciprofloxacine et le sotalol ont des concentrations comprises entre 0.3 et 75 µg/L. Enfin la carbamazépine, l'oxazépam et le cyclophosphamide ont des concentrations comprises entre 0,05 et 2.6 µg/L. Les niveaux de concentration observés lors de la « campagne haute fréquence » sont en accord avec ceux observés lors des campagnes précédentes, ce qui témoigne d'une constance des niveaux retrouvés.

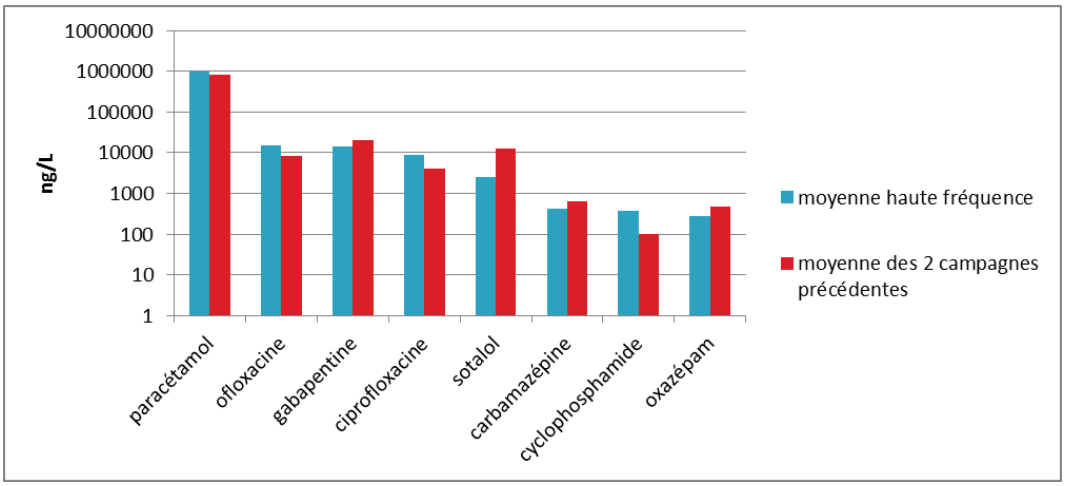


Figure 234. Comparaison des concentrations (ng/L) obtenues pour la moyenne des échantillons prélevés par haute fréquence avec la moyenne des 2 campagnes précédentes (novembre 2014 et juin 2015)

En ce qui concerne l'évolution horaire des concentrations, il est difficile de tirer des tendances. Beaucoup de composés présentent un pic à 21:30, mais chacun des composés évolue de manière différente. Ce résultat peut d'expliquer par le fait que l'activité hospitalière est « continue ».

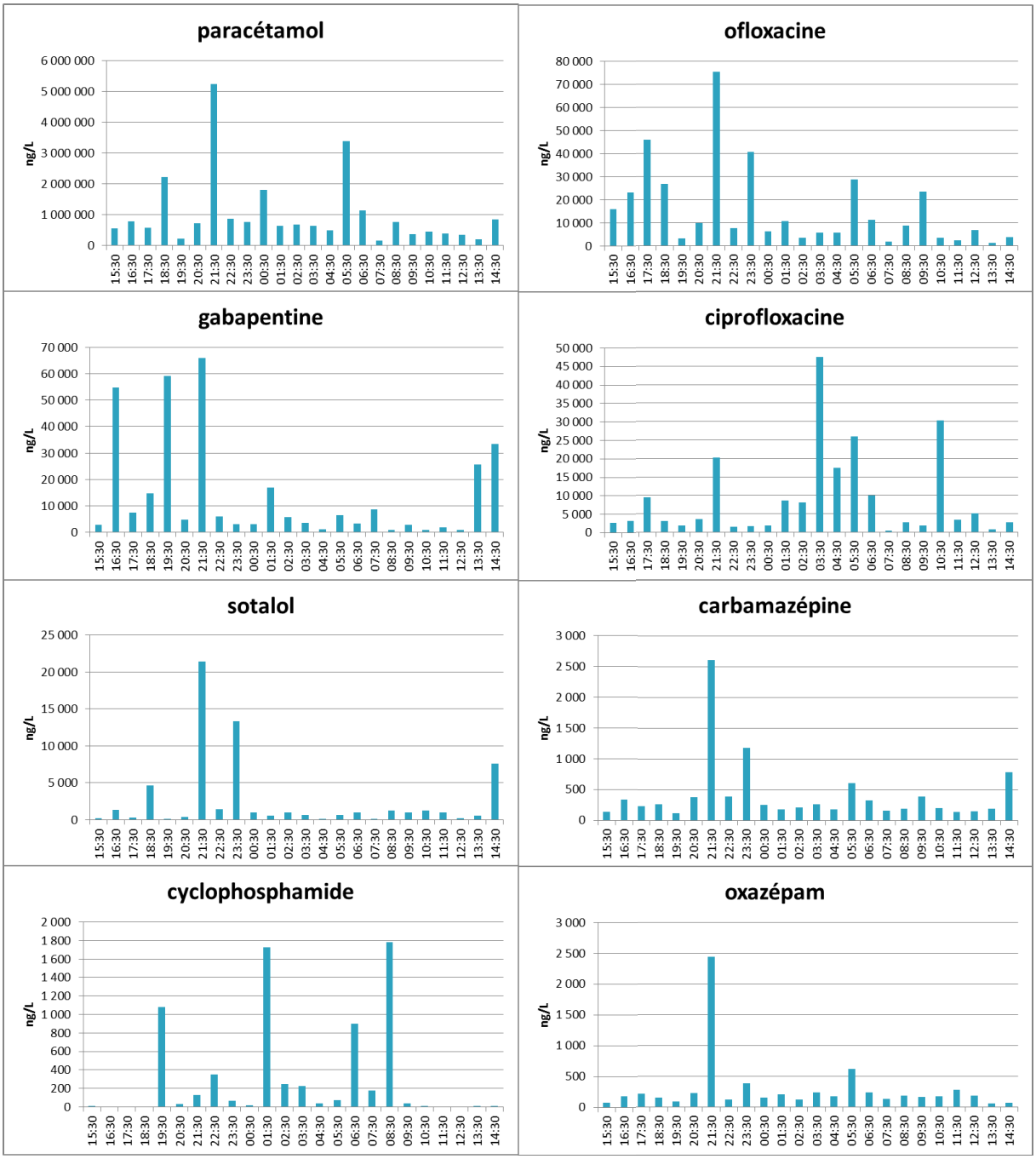


Figure 235. Evolution des concentrations (ng/L) au cours des 24 heures du suivi haute fréquence pour le paracétamol, l'ofloxacine, la gabapentine, la ciprofloxacine, le sotalol, la carbamazépine, le cyclophosphamide et l'oxazépam

c. Eaux Usées Domestiques (EU Dom)

1. Profil de contamination général

Les différentes classes de molécules recherchées dans les eaux usées domestiques sont : les médicaments (36 composés), les pesticides (31 composés), les alkylphénols (2 composés), les BTEX (4 composés), les polychlorobiphényles (PCB, 9 composés), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP, 11 composés), les phtalates (1 composé), les plastifiants (1 composé), les filtres UV (6 composés), les parabènes (8 composés), les alkyl perfluorés (PFAS, 17 composés) et les biocides (2 composés). Les molécules analysées dans les eaux usées domestiques sont répertoriées dans le Tableau 43.

Pour tous les points de prélèvement les échantillons ont été moyennés sur 24h. Les débits ainsi que les valeurs de MES par point sont détaillés dans le Tableau 44. Lorsque cela a été possible, le LyRe a fourni les valeurs de MES mesurées durant le prélèvement afin que tous les partenaires travaillent avec des données homogènes. En l'absence d'information, les valeurs de MES utilisées sont celles obtenues par le LPTC au moment de la filtration. Le calcul des flux a été fait en prenant en compte la concentration en ng/L et les débits journaliers observés en L/Jour.

Tableau 43. Nombre d'échantillons quantifiés (NB>LQ) par rapport au nombre d'échantillons analysés (Nb éch.) et limite de quantification (LQ) des molécules organiques étudiées dans les eaux usées domestiques

		Phase dissoute		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)
PESTICIDES	Acétochlore ESA	0	16	9,0
PESTICIDES	AMPA	16	16	35,0
PESTICIDES	Atrazine	0	16	5,0
PESTICIDES	Atrazine-2-hydroxy	0	16	4,0
PESTICIDES	Atrazine-déisopropyl (DIA)	0	16	28,0
PESTICIDES	Atrazine-déséthyl (DEA)	0	16	15,0
PESTICIDES	Azoxystrobine	8	16	3,0
PESTICIDES	Carbendazime	15	16	7,0
PESTICIDES	DCPMU	1	16	15,0
PESTICIDES	Diazinon	7	16	1,0
PESTICIDES	Diflufénican	0	16	3,0
PESTICIDES	Diuron	8	16	2,0
PESTICIDES	DMSA	16	16	3,0
PESTICIDES	DMST	9	16	1,0
PESTICIDES	Famoxadone	0	16	52,0
PESTICIDES	Fipronil	16	16	1,0
PESTICIDES	Fipronil-désulfinyl	6	16	1,0
PESTICIDES	Fipronil-sulfide	4	16	1,0
PESTICIDES	Fipronil-sulfone	16	16	1,0
PESTICIDES	Glyphosate	16	16	5,0
PESTICIDES	Hexazinone	0	16	2,0
PESTICIDES	Hydroxy-simazine	0	16	5,0
PESTICIDES	Imidaclopride	13	16	6,0
PESTICIDES	Métolachlore	0	16	3,0
PESTICIDES	Métolachlore ESA	0	16	27,0
PESTICIDES	Métolachlore OXA	0	16	12,0
PESTICIDES	Propiconazole	3	16	5,0
PESTICIDES	Simazine	0	16	23,0
PESTICIDES	Terbuthylazine-déséthyl	0	16	5,0
PESTICIDES	Terbutryne	15	16	1,0
PHARMACEUTIQUES	Abacavir	0	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Acébutolol	10	16	10,0
PHARMACEUTIQUES	Acide 4-chlorobenzoïque	5	16	90,0
PHARMACEUTIQUES	Acide clofibrique	0	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Acide fénofibrique	14	16	10,0
PHARMACEUTIQUES	Acide salicylique	16	16	40,0
PHARMACEUTIQUES	Amitriptyline	1	16	25,0
PHARMACEUTIQUES	Aténolol	9	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Atorvastatine	10	16	100
PHARMACEUTIQUES	Bézafibrate	0	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Bisoprolol	15	16	10,0
PHARMACEUTIQUES	Caféine	16	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Carbamazépine	7	16	10,0
PHARMACEUTIQUES	Cétirizine	16	16	40,0
PHARMACEUTIQUES	Clopidogrel	5	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Diclofénac	16	16	40,0
PHARMACEUTIQUES	Disopyramide	2	16	12,0
PHARMACEUTIQUES	Gabapentine	3	16	100
PHARMACEUTIQUES	Gemfibrozil	1	16	15,0
PHARMACEUTIQUES	Hydroxy-ibuprofène	16	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Ibuprofène	16	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Kétoprofène	16	16	18,0
PHARMACEUTIQUES	Lamivudine	0	16	25,0
PHARMACEUTIQUES	Lévétiracétam	0	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Losartan	5	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Méprobamate	0	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Métoprolol	5	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Naproxène	13	16	25,0
PHARMACEUTIQUES	Névirapine	1	16	30,0
PHARMACEUTIQUES	Oxazépam	15	16	10,0
PHARMACEUTIQUES	Paracétamol	16	16	100
PHARMACEUTIQUES	Primidone	0	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Propranolol	9	16	50,0
PHARMACEUTIQUES	Ritonavir	0	16	40,0
PHARMACEUTIQUES	Sotalol	12	16	40,0
PHARMACEUTIQUES	Théophylline	16	16	50,0

		Phase dissoute			Phase particulaire		
		Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/L)	Nb > LQ	Nb éch.	LQ (ng/g)
PCB	PCB 101	14	16	0,6	16	16	4,0
PCB	PCB 118	5	16	0,4	9	16	7,9
PCB	PCB 138	15	16	0,3	16	16	3,0
PCB	PCB 153	10	16	0,2	16	16	1,5
PCB	PCB 180	12	16	0,1	16	16	0,5
PCB	PCB 28	9	16	0,4	3	16	2,9
PCB	PCB 50	14	16	0,3	16	16	3,0
PCB	PCB 52	16	16	0,5	11	16	6,5
AKP	Nonylphénol	16	16	35,0	16	16	350
AKP	Octylphénol	12	16	10,0	16	16	15,0
BTEX	Benzène	2	16	40,0			
BTEX	Ethylbenzène	16	16	3,0			
BTEX	Toluène	16	16	10,0			
BTEX	Xylènes	16	16	5,0			
PHTALATES	DEHP	16	16	30,0	16	16	3000
HAP	Acénaphthène	16	16	1,5	0	16	14,6
HAP	Acénaphthylène	16	16	1,0	11	16	4,4
HAP	Anthracène	16	16	0,5	16	16	2,0
HAP	Benzo[a]anthracène	0	16	2,0	16	16	0,6
HAP	Benzo[a]pyrène	2	16	2,0	16	16	1,5
HAP	Benzo[b+j+k]fluoranthène	4	16	1,5	16	16	2,5
HAP	Benzo[g,h,i]pérylène	0	16	3,0	16	16	0,8
HAP	Chrysène + Triphénylène	7	16	0,5	16	16	0,3
HAP	Fluoranthène	16	16	1,0	16	16	4,0
HAP	Fluorène	16	16	0,8	16	16	8,0
HAP	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	0	16	3,0	16	16	0,6
HAP	Naphtalène	16	16	5,0	0	16	87,2
HAP	Phénanthrène	16	16	0,5	16	16	30,0
HAP	Pyrène	16	16	1,0	16	16	4,0
PLASTIFIANTS	BPA	16	16	8,0	10	16	108
FUV	4MBC	3	16	10,0			
FUV	Avobenzone	14	16	15,0			
FUV	EHMC	16	16	25,0			
FUV	Octocrylène	16	16	27,5			
FUV	ODPABA	8	16	0,9			
FUV	Oxybenzone	16	16	3,5			
PARABÈNES	Benzyl-parabène	1	16	0,7			
PARABÈNES	Butyl-parabène	16	16	2,6			
PARABÈNES	Ethyl-parabène	16	16	4,9			
PARABÈNES	Isobutyl-parabène	9	16	1,9			
PARABÈNES	Isopropyl-parabène	0	16	5,0			
PARABÈNES	Methyl-parabène	16	16	10,0			
PARABÈNES	Pentyl-parabène	0	16	0,5			
PARABÈNES	Propyl-parabène	16	16	4,5			
PFAS	6:2 FTSA	16	16	0,05	4	16	0,01
PFAS	8:2 FTSA	16	16	0,01	16	16	0,01
PFAS	EtFOSAA	0	16	0,1	0	16	0,04
PFAS	FOSA	1	16	0,2	11	16	0,01
PFAS	FOSAA	0	16	0,03	4	16	0,2
PFAS	MeFOSAA	1	16	0,2	0	16	0,01
PFAS	PFBA	0	16	1,8	0	16	15,3
PFAS	PFBS	15	16	0,2	2	16	0,02
PFAS	PFDA	6	16	0,6	14	16	0,05
PFAS	PFHpA	4	16	1,0	7	16	0,08
PFAS	PFHpS	0	16	0,03	0	16	0,02
PFAS	PFHxA	0	16	0,6	1	16	0,02
PFAS	PFHxS	16	16	0,08	4	16	0,01
PFAS	PFNA	7	16	0,3	12	16	0,05
PFAS	PFOA	15	16	0,6	14	16	0,1
PFAS	PFOS	16	16	0,4	16	16	0,03
PFAS	PFPeA	0	16	0,5	0	16	0,01
BIOCIDES	Triclosan	16	16	3,1			

Tableau 44. Caractéristiques des prélèvements d'eaux usées domestiques

Matrice	Code échantillon	date de récupération	Type de prélèvement	Durée	Débits (L/J)	Teneur en MES (g/L)	Provenance données MES
EU domestiques	**EUdom-Hil-LAVI-1**	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	94 469	0,50	LyRE
	EUdom-Hil-ASCOT-1	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	29 709	0,59	LyRE
	Eudom-Sab-LORM-1	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	14 419	1,01	LyRE
	EUdom-Cant-SOUR-1	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	11 796	0,30	LyRE
	EUdom-Cant-MAI-1	28/06/2015	ponctuel à 12h, mélasse - préleveur bouché	5 min	pb débitmètre	8,43	LyRE
	EUdom-Cant-DORE-1	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	21 268	0,28	LyRE
	EUdom-Cant-GENE-1	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	26 118	0,39	LyRE
	EUdom-Fargue-NEUV-1	28/06/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	21 797	0,73	LyRE
	EUdom-Hil-LAVI-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	18 886	0,76	LyRE
	EUdom-Hil-ASCOT-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	25 517	1,16	LyRE
	Eudom-Sab-LORM-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	14 510	1,48	LyRE
	EUdom-Cant-SOUR-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	10 552	0,55	LyRE
	EUdom-Cant-MAI-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	pb enregistrement	0,60	LyRE
	EUdom-Cant-DORE-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	22 708	0,45	LyRE
	EUdom-Cant-GENE-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	24 380	0,34	LyRE
	EUdom-Fargue-NEUV-2	03/12/2015	moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min.)	24h	28 232	0,37	LyRE

Le profil général de la contamination des eaux usées en phase totale (dissoute + particulaire) est présenté dans la Figure 45 en concentration (µg/L) et dans la Figure 237 en flux (g/jour). Les données concernant les débits relatifs aux prélèvements du point EUdom-Cant-MAI n'étant pas disponibles, le calcul de flux n'a pas pu être réalisé (Figure 237). Les concentrations totales s'échelonnent entre 300 et 1 350 µg/L. En termes de flux, les valeurs sont relativement constantes, aux alentours d'une vingtaine de g/jour, excepté pour le point EUdom-Hil-LAVI de la première campagne qui atteint un flux de près de 100 g/jour. Ceci peut s'expliquer par les forts débits mesurés au cours de cette campagne (Tableau 44).

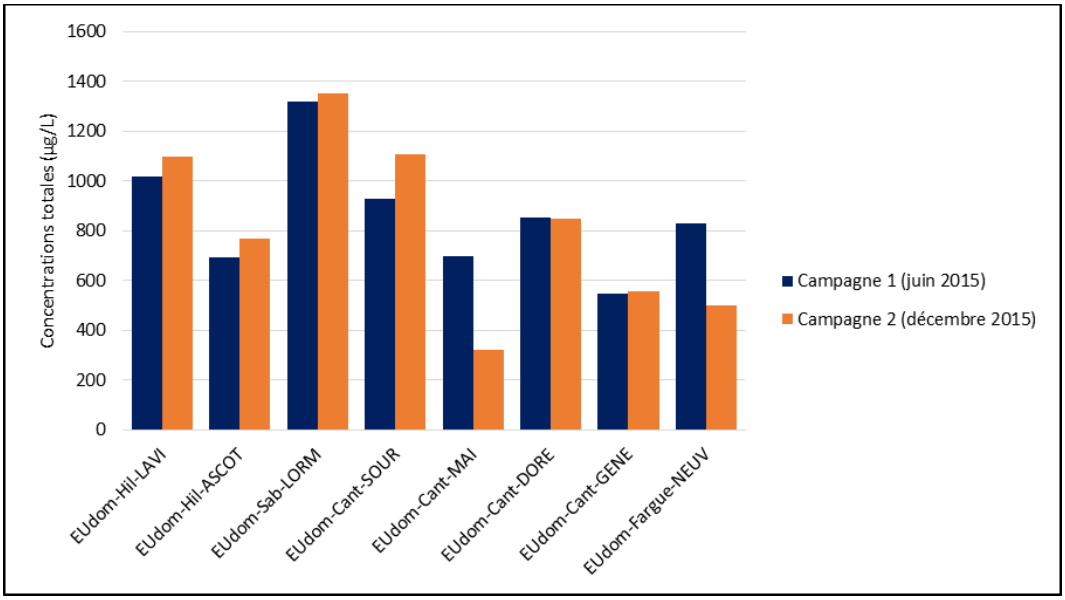


Figure 236. Profil de contamination général des Eaux Usées Domestiques (ng/L) (campagnes 1 et 2) – Phase dissoute + Phase particulaire

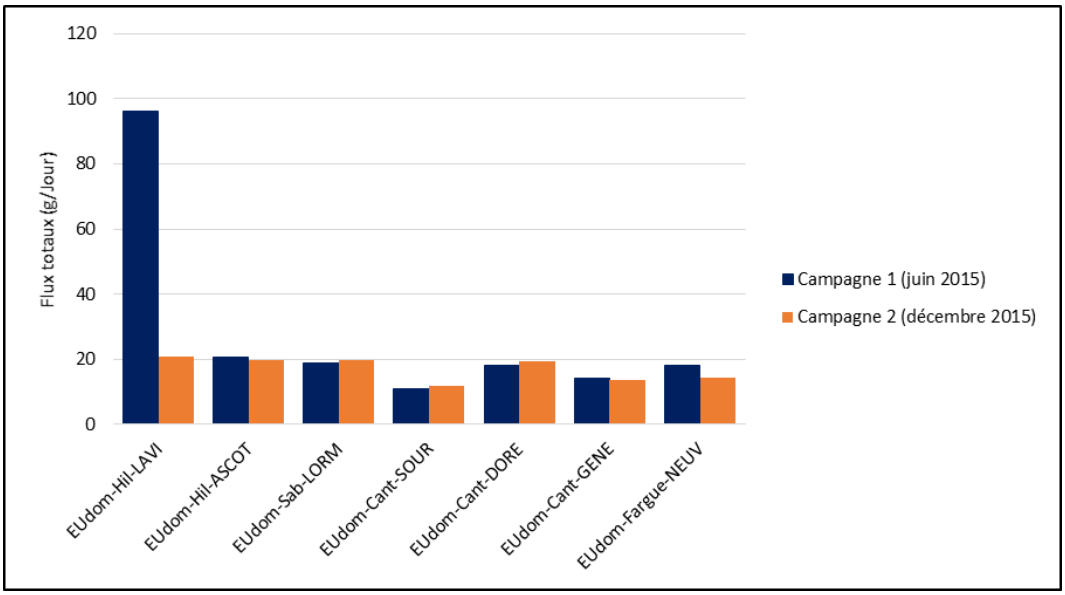


Figure 237. Profil de contamination général des eaux usées exprimé en flux (g/jourg/jour) (campagnes 1 et 2) – Phase dissoute + Phase particulaire

La Figure 238 présente la contamination de la phase totale (dissoute + particulaire) des eaux usées domestiques en fonction des différentes classes de molécules. Il apparait très clairement que la contamination provient essentiellement des pharmaceutiques (en moyenne, 99% de la contamination générale). Ce profil de contamination est le même que ceux retrouvés en entrée des STEU de Bordeaux Métropole. Cependant, le point EUdom-Hil-ASCOT-2 présente un profil de contamination particulier. En effet sa contamination globale provient à 50% des pharmaceutiques et à 50% d'un phtalate, le DEHP. Cette contamination en DEHP provient essentiellement de la phase particulaire, comme l'illustre la Figure 239.

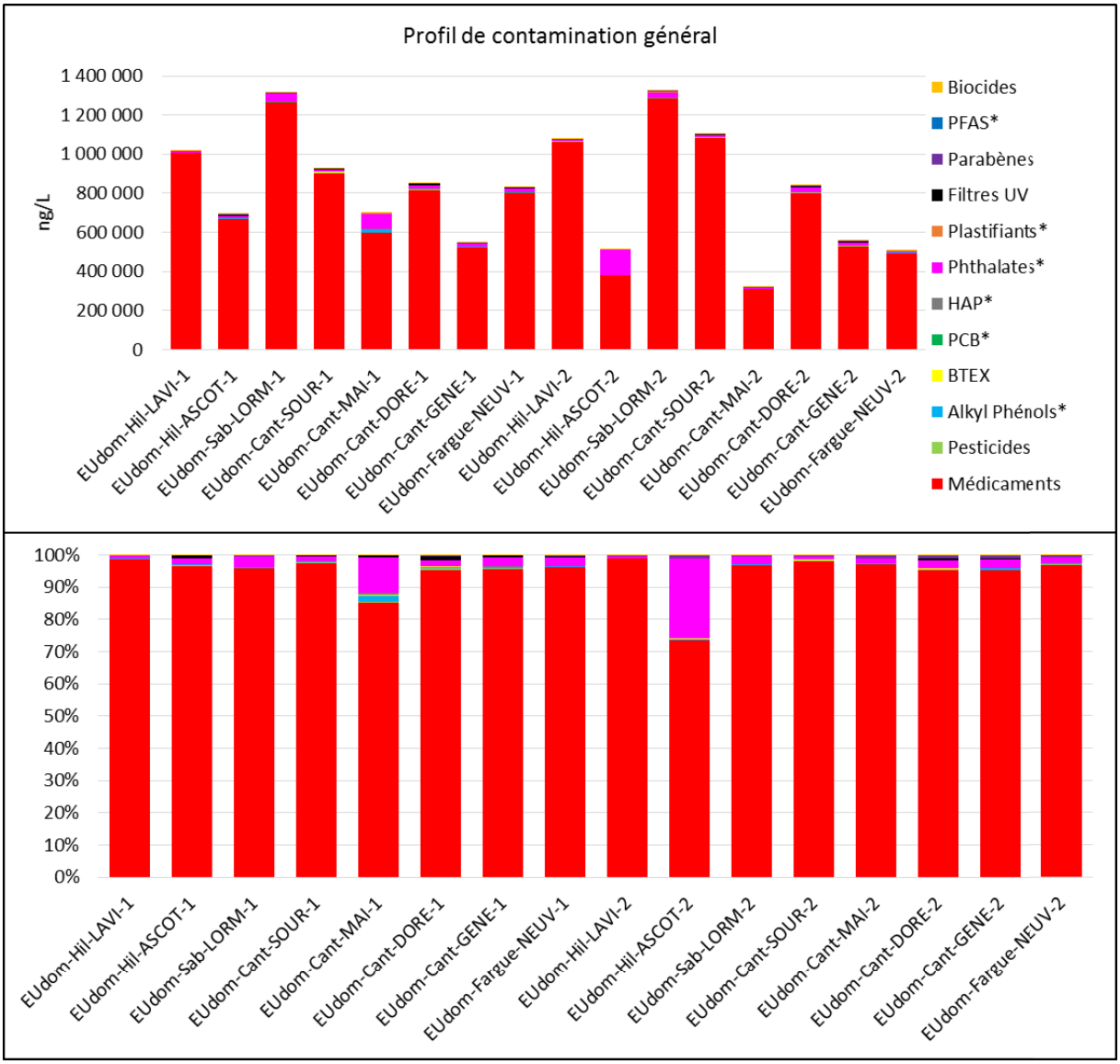


Figure 238.Répartition de la contamination en fonction des classes de composés (ng/L) – Phase dissoute + phase particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

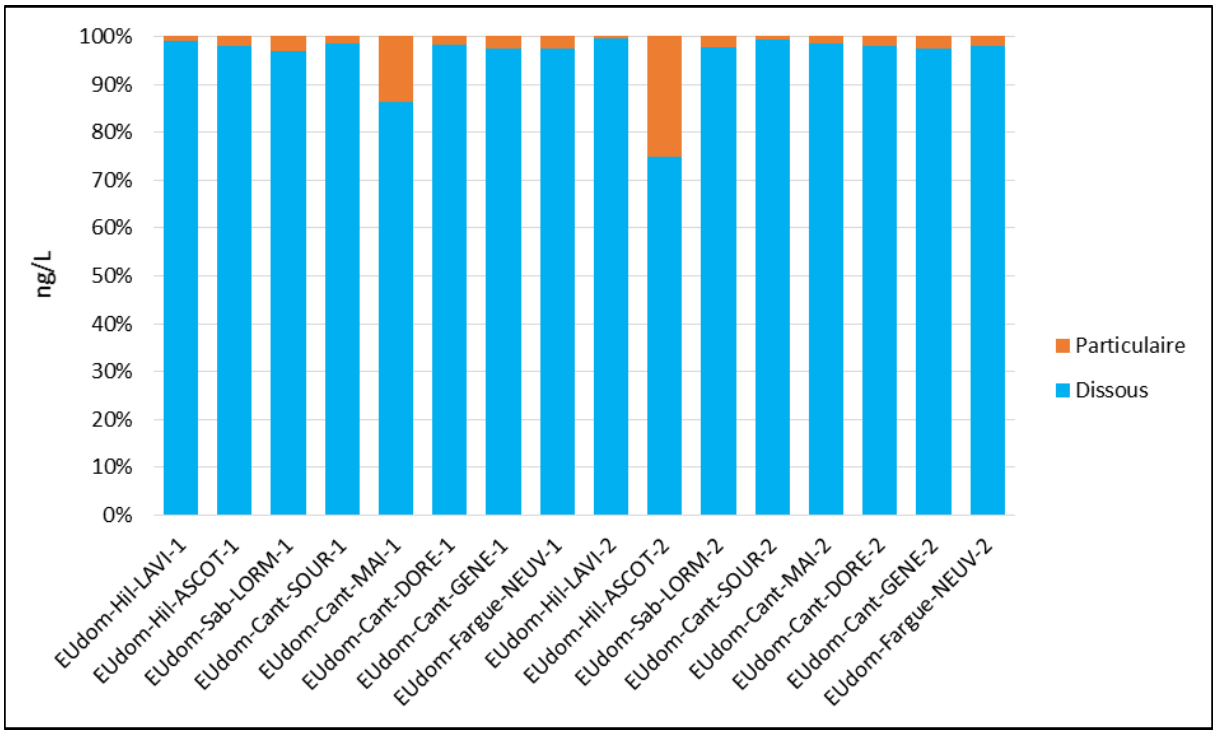


Figure 239. Partition phase dissoute/phase particulaire pour les eaux usées domestiques

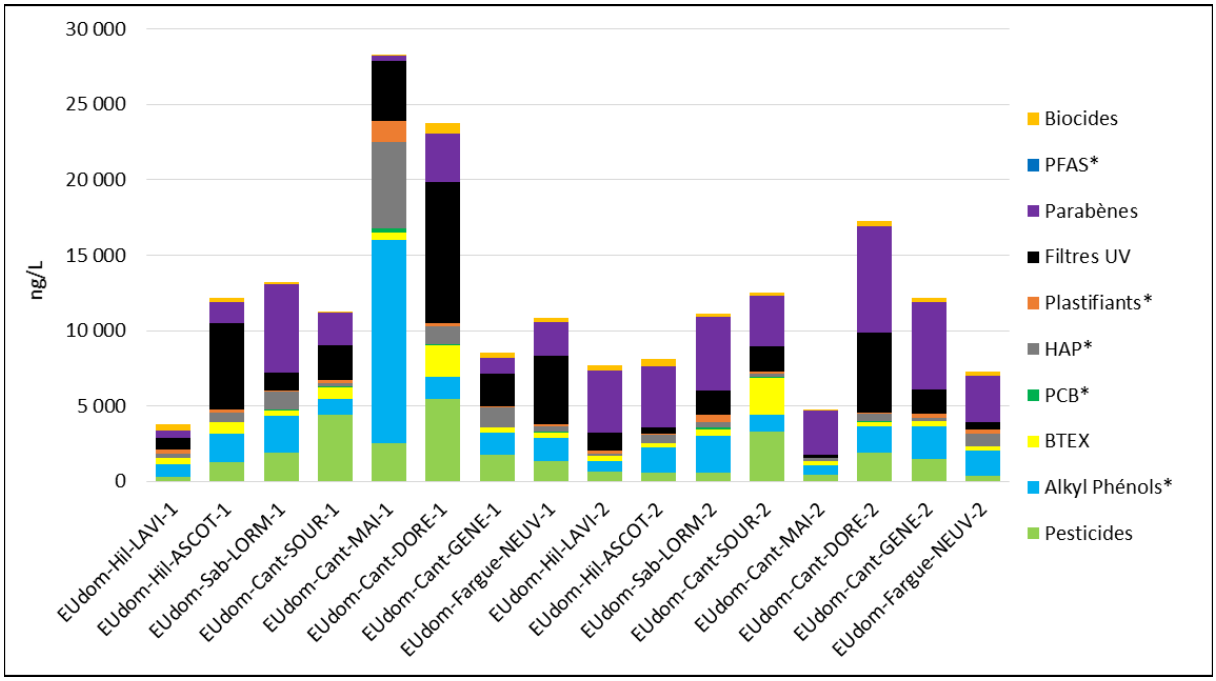


Figure 240. Profil de contamination global des eaux usées domestiques sans l'influence des pharmaceutiques et du DEHP (ng/L) – Phase dissoute + Phase particulaire (* : composés recherchés dans les deux phases)

La Figure 240 présente les concentrations moyennes cumulées par grandes classes de molécules sans l'influence des pharmaceutiques et du DEHP, et ce, pour la fraction totale (phase dissoute + phase particulaire). La contamination moyenne par grande classe de composés est répartie de la façon suivante :

- Parabènes 29%
- Alkylphénols 20%

- Filtres UV 19,4%
- Pesticides 13%
- HAP 6,6%
- BTEX 5,4%
- Biocides 2,8% (à noter qu'à ce jour, seul le triclosan a été étudié pour les raisons détaillées dans la partie Chlorhexidine)
- Plastifiants (BPA) 2,5%
- PCB 0,6%
- PFAS 0,1%

Les composés majoritairement présents dans les eaux usées domestiques après les pharmaceutiques et les phtalates sont donc les parabènes, les alkylphénols et les filtres UV. Ce résultat n'a rien de surprenant étant donné que ces classes de composés entrent dans la composition de nombreux produits d'entretien ou de soins corporels.

2. Pharmaceutiques

Les composés pharmaceutiques sont les marqueurs majoritairement présents dans les eaux usées domestiques. Leur présence en grande quantité a été démontrée au cours des deux campagnes de prélèvement, dans tous les points (Figure 241). Globalement, sur les 36 molécules recherchées, 7 n'ont jamais été quantifiées (abacavir, bézafibrate, lamivudine, méprobamate, primidone, ritonavir et acide clofibrique) et 9 ont au contraire été quantifiées dans l'ensemble des échantillons (caféine, cétérizine, paracétamol, théophylline, diclofénac, ibuprofène, hydroxy-ibuprofène, kétoprofène et acide salicylique). Les concentrations cumulées de la première campagne sont assez homogènes entre les différents points de prélèvement et son comprises entre 521 et 1 261 µg/L, la plus forte concentration étant obtenue pour EUdom-Sab-LORM-1. Les concentrations cumulées obtenues pour la deuxième campagne sont plus hétérogènes et comprises entre 310 et 1 283 µg/L, avec toujours un maximum obtenu pour EUdom-Sab-LORM-2 et un minimum obtenu pour les échantillons EUdom-Hil-ASCOT-2 et EUdom-Cant-MAI-2. EUdom-Sab-LORM correspond à un habitat collectif de centre-ville (niveau de vie non élevé), EUdom-Hil-ASCOT à des maisons individuelles de périphérie (niveau de vie élevé) et EUdom-Cant-MAI à des maisons situées en centre-ville (niveau de vie moyen).

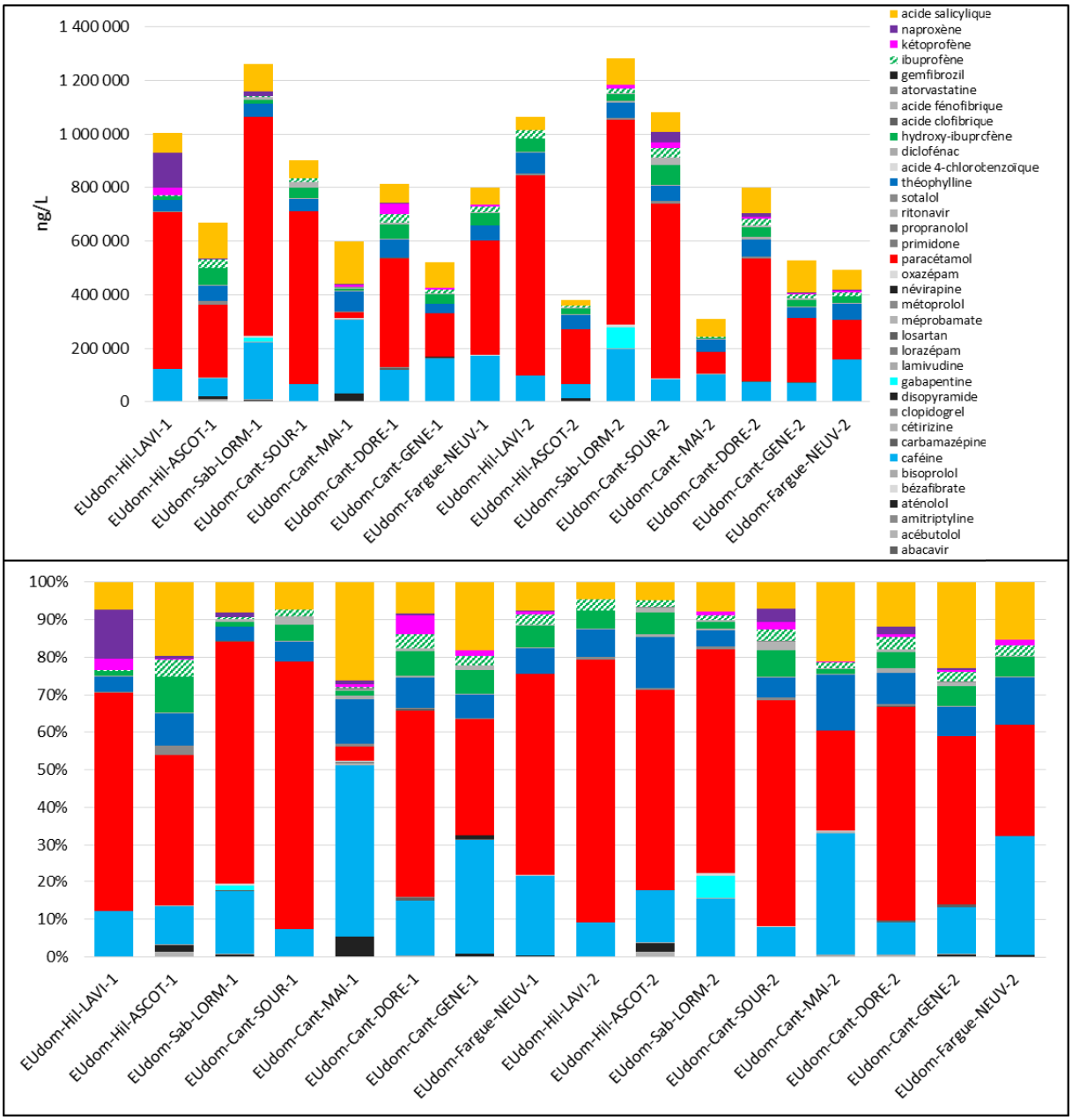


Figure 241. Concentration (ng/L) des composés pharmaceutiques dans les eaux usées domestiques

Le paracétamol est présent en concentrations comprises entre 22 et 816 µg/L (Figure 242). Il s'agit du composé le plus retrouvé dans les eaux usées domestiques, puisqu'il représente en moyenne 48 % de la contamination globale en composés pharmaceutiques. Il y a cependant une spécificité pour l'échantillon EUdom-Cant-MAI-1 où le paracétamol ne représente que 4 % de la contamination globale en pharmaceutiques. Cependant, l'échantillon EUdom-Cant-MAI-1 est particulier puisqu'il s'agit d'un prélèvement ponctuel effectué à 12h, contrairement aux autres qui sont des échantillons moyennés 24h (à cause d'un problème de préleveur). Cette prédominance du paracétamol semble cohérente, en effet le paracétamol est la molécule pharmaceutique la plus consommée par les ménages français, avec 500 millions de boites vendues par an (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2014).

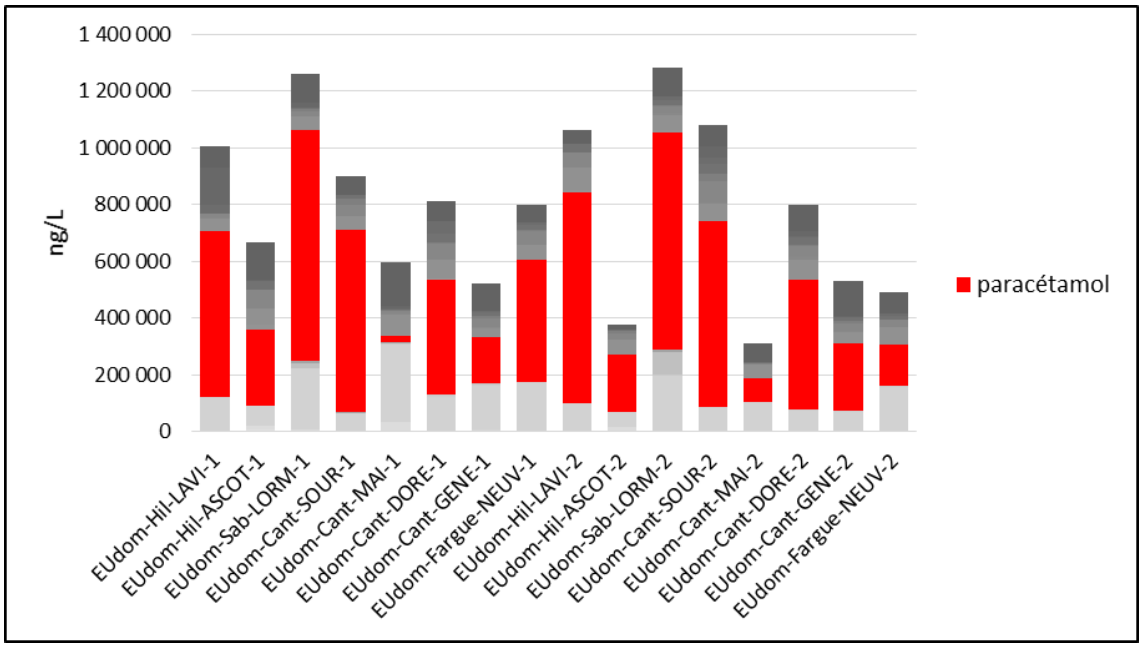


Figure 242. Profil de contamination des eaux usées domestiques par le Paracétamol (ng/L)

La caféine et la théophylline sont également retrouvées en fortes concentrations, respectivement comprises entre 52-272 µg/L et 33-79 µg/L (Figure 243). A elles deux elles représentent entre 13 et 58 % de la contamination globale des effluents en pharmaceutiques.

La caféine et la théophylline peuvent être utilisées à des fins thérapeutiques mais sont surtout des traceurs de vie humaine. Les ménages français en consomment de grandes quantités car ce sont des molécules présentes dans le café, le thé ou encore dans certains sodas, et il est donc normal d'en retrouver de fortes concentrations dans les eaux usées domestiques. Par exemple, 90 % de la population française consomme du café (dont 85 % quotidiennement), avec en moyenne 2 tasses par jour et par personne ("Comité Français du Café - L'économie du café," 2016).

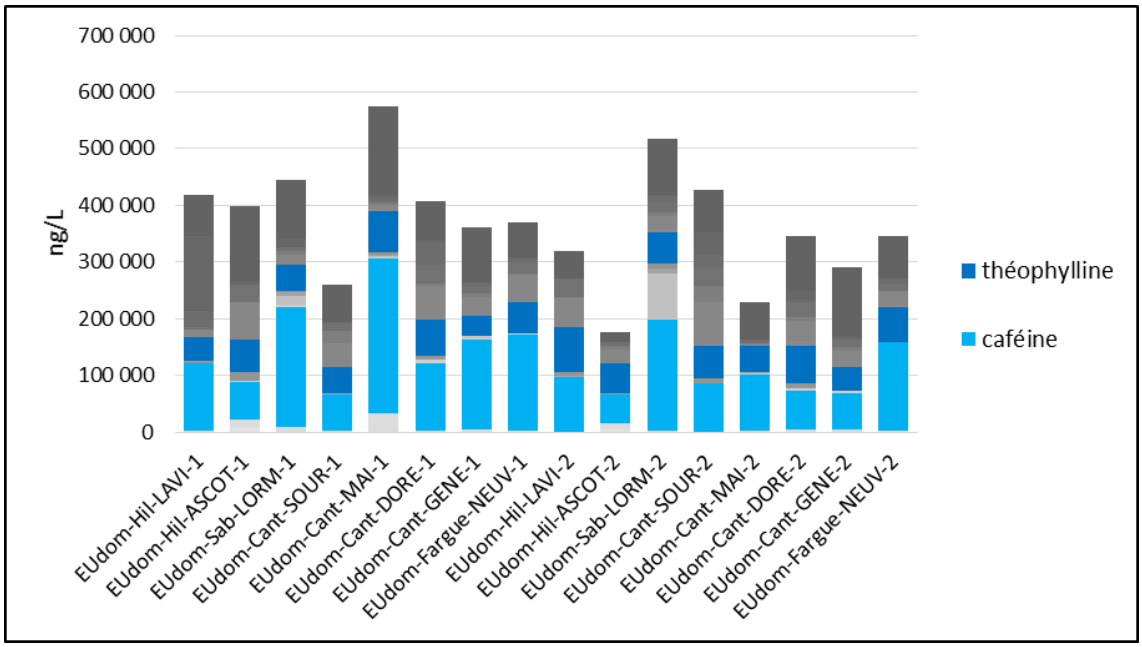


Figure 243.Profil de contamination des eaux usées domestiques par la Caféine et la Théophylline (ng/L)

L'acide salicylique, l'hydroxy-ibuprofène, l'ibuprofène et le kétoprofène sont également parmi les molécules quantifiées aux plus fortes concentrations, qui sont respectivement de 18-156 µg/L, 2-34 µg/L, 4-73 µg/L et 0,08-40 µg/L (Figure 244).

L'acide salicylique est le produit de dégradation de l'aspirine, 7ème substance pharmaceutique active la plus vendue en France (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2014).

L'ibuprofène est la 2ème substance pharmaceutique active vendue. Elle représente avec le paracétamol et la codéine près de 20% des ventes en officine. La présence de ces composés dans les eaux usées domestiques n'est donc pas surprenante car ce sont des molécules liées à des usages courants.

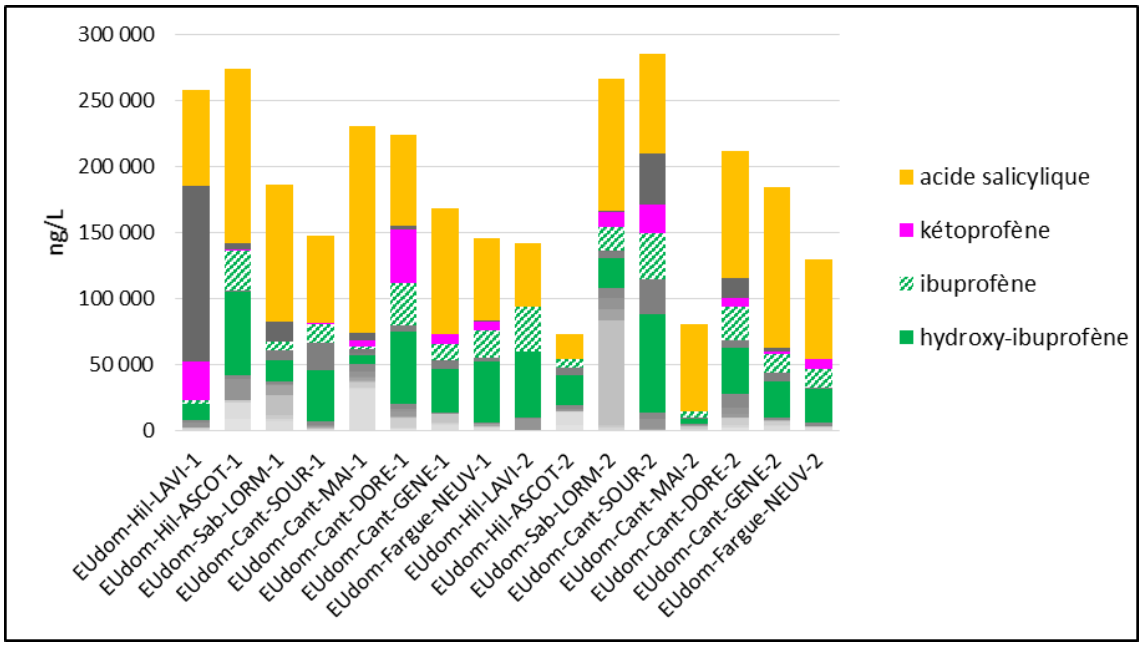


Figure 244.Profil de contamination des eaux usées domestiques par l'Ibuprofène, le Kétoprofène et l'Acide Salicylique (ng/L)

Les différents composés cités précédemment ont été quantifiés dans l'ensemble des échantillons et de manière relativement homogène. D'autres molécules, comme la gabapentine (molécule utilisée en tant qu'antiépileptique ou pour traiter les douleurs neuropathiques) ou le naproxène (anti-inflammatoire non stéroïdien), sont quantifiées en fortes concentrations dans certains échantillons uniquement (Figure 245). La gabapentine n'est par exemple quantifiée que dans les échantillons EUdom-Sab-LORM pour les deux campagnes (16 et 80 µg/L) et dans l'échantillon EUdom-Cant-MAI-1 de la première campagne, mais en faible concentration (0,8 µg/L). De même les concentrations en naproxène ne sont pas homogènes entre les différents échantillons et varient de non quantifié à 132 µg/L. Contrairement aux autres pharmaceutiques cités précédemment, la gabapentine et le naproxène ne sont pas des molécules distribuées sans ordonnance et sont donc distribuées en moins grandes quantités. Il est donc moins probable que ces molécules soient consommées si l'on considère uniquement une faible proportion de la population, comme c'est le cas dans cette étude des eaux usées domestiques puisque les différents points ont été échantillonnés en tête de réseau et ne correspondent qu'à quelques dizaines/centaines de personnes.

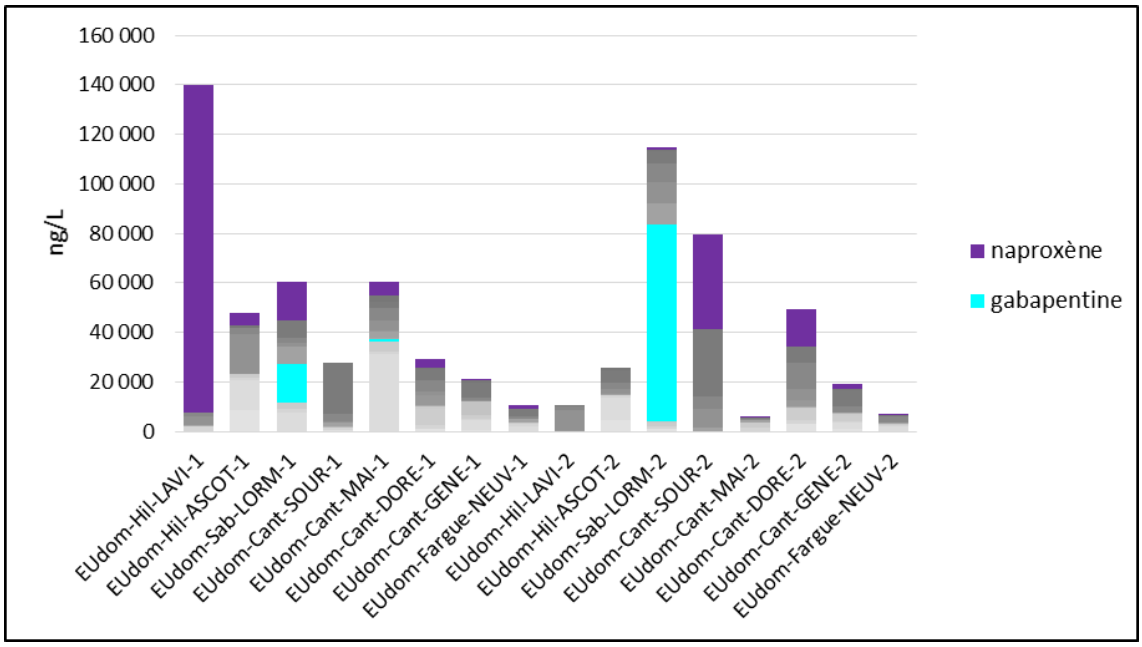


Figure 245.Profil de contamination des eaux usées domestiques par le Naproxène et la Gabapentine (ng/L)

Si les concentrations donnent déjà beaucoup d'indications, c'est l'approche par flux qui va permettre de comparer les apports. Globalement, ils sont compris entre 10 et 20 g/jour, hormis pour EUdom-Hil-LAVI-1 où le flux est de 95 g/jour (Figure 246), en raison d'un débit particulièrement important (94 m^3/j, contre 5 fois moins lors de la deuxième campagne). Ainsi l'approche par flux lisse les différences qui avaient été observées par les concentrations (concentrations plus importantes pour EUdom-Sab-LORM et plus faibles pour EUdom-Hil-ASCOT et EUdom-Cant-MAI lors de la 2ème campagne) et il ne semble pas y avoir d'apport préférentiel par rapport au type d'habitation (situation géographique, niveau de vie). Néanmoins, il serait intéressant de creuser davantage la cause de l'apport important du point EUdom-Hil-LAVI-1 (notamment la différence de débit entre les deux campagnes).

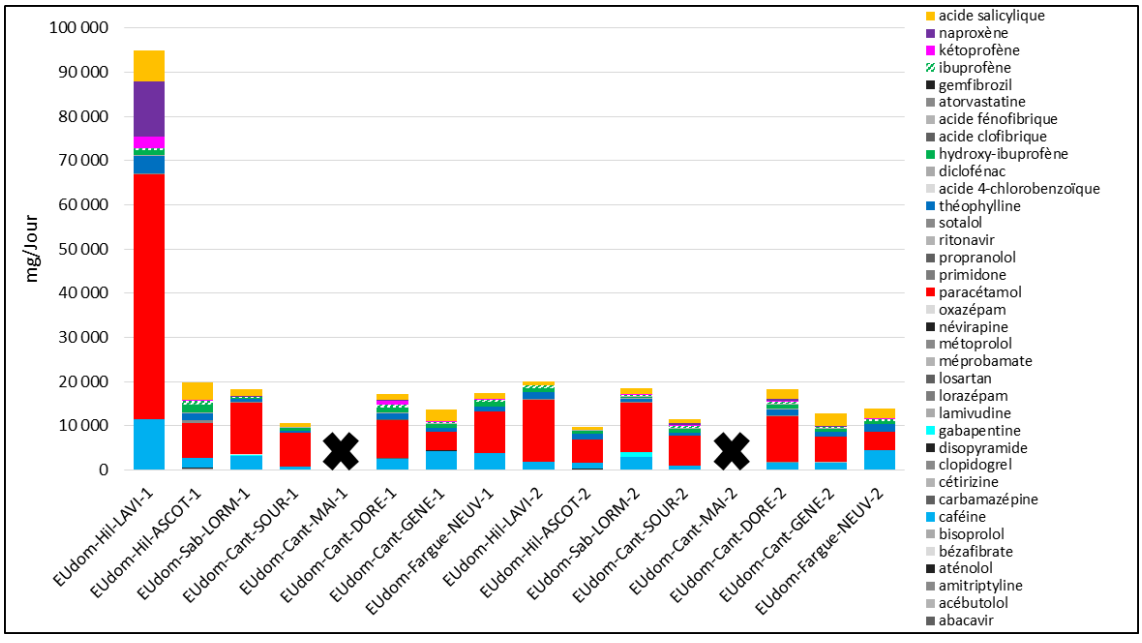


Figure 246. Flux (mg/jour) de composés pharmaceutiques dans les eaux usées domestiques

Il peut être intéressant de vérifier si ces apports mesurés sont en accord avec ceux attendus. En effet, le débit peut permettre d'extrapoler un nombre de personnes en considérant une consommation de 150 L d'eau par jour et par personne, ce qui dans le cas de cette étude donne une moyenne de 140 personnes par site (en excluant la donnée pour EUdom-Hil-LAVI-1, qui correspondrait à 630 personnes). Pour la caféine par exemple, en considérant une moyenne de 2 tasses par jour et par personne et une teneur en caféine en moyenne de 80 mg par tasse ("Comité Français du Café - L'économie du café," 2016), les apports par site seraient de l'ordre de 22 400 mg/jour pour 140 personnes. En revanche, seule une fraction de la caféine est excrétée sous forme inchangée car elle est fortement métabolisée. La littérature donne des taux d'excrétion de la caféine sous forme inchangée qui varient de 0,5-3 % inchangée (McArdle et al., 2004) à 10 % (Chabaud, 2010), ce qui correspond à des apports compris entre 112-2 240 mg/jour. Le flux moyen mesuré en caféine de 2 355 mg/jour est donc cohérent, bien que situé dans la fourchette haute (et donc pour le taux d'excrétion de 10 %). Dans ce calcul la part de café (ou autre boisson contenant de la caféine) qui peut être directement jeté à l'évier (qui ne contient que de la caféine non métabolisée) n'est pas prise en compte.

A l'inverse il peut être intéressant de calculer le nombre de personnes prenant un traitement donné. Le paracétamol peut par exemple être pris jusqu'à 3 g par jour, 4 g en cas de douleurs intenses (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2016) : une moyenne de 2 g par jour et par personne pendant un traitement peut donc être estimée. La littérature donne des facteurs d'excrétion sous forme inchangée très variables pour le paracétamol, compris entre 2 et 85 % (Verlicchi and Zambello, 2016), soit des apports journaliers compris entre et 40 et 1700 mg pour une personne sous traitement. Les apports mesurés en paracétamol sont (hormis pour EUdom-Hil-LAVI-1) compris entre 752 et 4 398 mg/jour, soit en moyenne 206 personnes sous traitement si l'on considère un facteur d'excrétion de 2 %, et 5 pour un facteur d'excrétion de 85 %. Le nombre moyen de personnes approximé par les débits étant de 170, la seconde hypothèse parait la plus vraisemblable (en moyenne 3 personnes sur 100 prenant du paracétamol). De même, en considérant la posologie de la gabapentine (900-3 600 mg/jour) et le fait qu'elle n'est pas métabolisée (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2016), il est possible de dire que les deux flux mesurés à EUdom-Sab-LORM (227 et 1156 g/jour) peuvent être induits par la prise de gabapentine d'un seul individu. Ceci illustre bien que l'approche « source » permet de mettre en avant certaines spécificités, qui sont lissées lorsque l'on considère un panel plus important de la population, en étudiant les stations d'épuration par exemple.

A notre connaissance, aucune donnée n'est disponible sur la présence de pharmaceutiques dans des effluents strictement domestiques. Cependant, cette source domestique est indirectement caractérisée *via* l'étude de traitement des eaux « municipales » (Sim et al., 2011; Verlicchi et al., 2013). Deux des stations de traitement des eaux usées (STEU) qui traitent les effluents domestiques (stations Cantinolle et Louis Fargue) ont déjà été étudiés (Granger et al., 2016). Pour ces deux stations, les 10 molécules quantifiées aux plus fortes concentrations en entrée sont les mêmes : acide fénofibrique (métabolite du fénofibrate un agent hypolipidemiant), acide salicylique, caféine, gabapentine, ibuprofène et hydroxy-ibuprofène, kétoprofène, naproxène, paracétamol et théophylline. En moyenne, pour les 8 effluents domestiques utilisés, les 10 molécules quantifiées aux plus fortes concentrations sont également celles-ci. En termes d'apport, les eaux usées domestiques ont donc la même empreinte que les effluents d'entrée de STEU ce qui est logique. A rappeler cependant que prises une par une les eaux usées domestiques montrent certaines différences, comme par exemple la gabapentine qui n'est quantifiée en fortes concentrations que pour le point EUdom-Sab-LORM. De plus, des molécules quantifiées en moyenne en concentrations supérieures à 100 ng/L aux stations Cantinolle et Louis Fargue n'ont jamais été quantifiées dans les eaux usées domestiques. Il s'agit de 3

antiviraux (abacavir, lamivudine, ritonavir) et de 2 agents hypolipidemiant (bézafibrate et gemfibrozil) qui comme la gabapentine sont des médicaments soumis à prescription et moins distribués que d'autres molécules.

En moyenne, pour les 36 composés étudiés, la STEU Cantinolle reçoit 4 834 g/jour et la STEU Louis Fargue reçoit 19 082 g/jour. Les 3 effluents domestiques qui sont reliés à la STEU Cantinolle, EUdom-Cant-DORE, EUdom-Cant-SOUR et EUdom-Cant-GENE (EUdom-Cant-MAI n'a pas pu être compté les flux n'ont pas pu être déterminés) apportent chacun en moyenne 11, 18 et 13 g/jour, respectivement, soit 0,87% du flux au total. L'effluent qui est traité à la station Louis Fargue apporte 16 g/jour, soit 0,08%. Ces apports peuvent sembler négligeables, mais ils sont de l'ordre de la contribution des débits : respectivement 0,50% pour les effluents rejoignant Cantinolle et 0,04% pour l'effluent rejoignant Louis Fargue. En effet, les prélèvements ont été faits en tête de réseau et ne s'intéressent qu'à une petite proportion des apports globaux qui comprennent en fait un bien plus grand nombre de zones domestiques. Ainsi, les apports domestiques peuvent constituer la part majoritaire des apports en composés pharmaceutiques en station d'épuration (Kümmerer and Henninger, 2003; Le Corre et al., 2012). Ce résultat ne semble pas étonnant puisque qu'un grand nombre de médicaments sont consommés dans les foyers, que ce soit par automédication, prescription d'un médecin de ville ou même par prescription à l'hôpital en ambulatoire. La question de la part des apports hospitaliers par rapports à ceux domestiques est d'ailleurs fréquemment discutée dans la littérature (Herrmann et al., 2015; Ort et al., 2010; Partner et al., 2012; Santos et al., 2013; Verlicchi et al., 2012). Il apparait que la notion de contribution dépend de la taille de la structure hospitalière considérée mais dépend surtout des molécules d'intérêt. D'ailleurs dans le cadre du Plan Micropolluant les apports du CHU Pellegrin ont déjà été étudiés (cf. Eaux Usées du groupe hospitalier Pellegrin (EU CHU)). Pour les 36 composés étudiés, le CHU rejette 988 g/jour, dont 694 g de paracétamol ce qui est 50-100 fois plus que les zones domestiques considérées, ce qui est normal en termes de nombre de personnes impliquées. En effet, étant donné leur nombre, les ménages domestiques peuvent être les principaux contributeurs en composés pharmaceutiques pour les STEU. De plus, les concentrations globales en pharmaceutiques observées pour les eaux usées domestiques (310-1 300 µg/L) sont du même ordre de grandeur que celles observées pour les effluents hospitaliers (100-2 000 µg/L). Elles sont également du même ordre de grandeur que celles obtenues pour les effluents industriels étudiées dans le cadre du plan micropolluants (200-850 µg/L).

3. Pesticides

Une autre classe de composés détectée systématiquement dans les échantillons d'eaux usées domestiques est le groupe des pesticides (Figure 240), avec 16 molécules quantifiées sur les 31 recherchées (AMPA, azoxystrobine, carbendazime, DCPMU, diazinon, diuron, DMSA, DMST, fipronil, fipronil desulfinyl, fipronil sulfide, fipronil sulfone, glyphosate, imidaclopride, propiconazole, et terbutryne). Les concentrations totales vont de 200 ng/L à 5 500 ng/L au cours des deux campagnes de prélèvement, avec des concentrations généralement plus importantes sur la campagne réalisée en juin que sur celle conduite en décembre, à priori en lien avec les périodes de traitement des molécules considérées.

A l'heure actuelle, sur le territoire français, les pesticides sont régis au niveau législatif par 4 textes différents selon l'usage qui en est fait : (1) l'usage agricole regroupé sous le terme de phytopharmaceutiques avec la règlementation (CE) 1107/2009, (2) l'usage médical de certaines substances actives avec la directive 2004/27/CE, qui règlement les usages antiparasitaires humains, (3) l'usage antiparasitaire vétérinaire avec la directive 2004/28/CE, pour l'usage de molécules actives dans un cadre de traitement vétérinaire à visée de consommation humaine, et enfin (4) l'usage biocide avec la directive biocide 98/8/CE et qui traite d'autres usages comme par exemple les désinfectants, les antiparasitaires ou encore les produits de protection de matériaux ou de surfaces. Il faut ajouter à cela

les molécules qui sont interdites sur le territoire mais qui vont pouvoir être retrouvées dans les eaux naturelles ou les effluents urbains du fait d'anciens usages ou d'usages frauduleux.

Les molécules retrouvées dans les effluents domestiques sont soit : (1) des molécules à usage biocide strict, c'est-à-dire actuellement interdites à l'agriculture, soit (2) des molécules à usage mixte, utilisées aussi bien en agriculture que pour d'autres usages, soit (3) des molécules aujourd'hui interdites d'usages. Le glyphosate est le seul phytopharmaceutique strict (4) retrouvé dans les réseaux d'assainissement.

Les profils de contaminations sont relativement constants entre les différents sites de prélèvements et sont caractérisés par une forte présence en glyphosate ainsi qu'en acide aminométhylphosphonique (ou AMPA) un de ses principaux produits de dégradation (Figure 247). Ces deux molécules expliquent généralement à elles seules plus de 70% de la contamination observée dans les différents effluents domestiques, avec des concentrations en AMPA 2 à 13 fois supérieures à celles du principe actif. Le glyphosate est un herbicide polaire très largement utilisé sur la région aquitaine, aussi bien en agriculture que par les particuliers : c'est l'herbicide le plus utilisé au niveau mondial. Bien que l'AMPA soit issu de la dégradation du glyphosate, il est également généré par la dégradation de certaines lessives (Jaworska et al., 2002) ce qui complexifie la compréhension des mécanismes régissant son devenir dans les différents milieux étudiés.

Le profil de contamination de EUdom-Cant-SOUR est différent des autres sites étudiés, avec une empreinte en imidaclopride très marquée : 2 840 ng/L contre en moyenne 20 ng/L sur les autres sites toutes campagnes confondues (Figure 248). Aujourd'hui interdit en agriculture, cet insecticide est classé parmi les biocides (TP18 = insecticide pour le traitement des nuisibles). Il est entre autre employé par les particuliers dans le cadre de traitements anti-fourmis, anti-pucerons ou pour le traitement anti-puces des animaux domestiques. A titre informatif, l'imidaclopride est retrouvé à plus de 130 ng/L en entrée de la station de traitement des eaux usées de Cantinolle (Plan Micropolluant). Ce résultat est cohérent avec des études conduites aux USA (Sadaria et al., 2016) ou en Espagne (Campo et al., 2013).

Le fipronil, un autre biocide PT18, est également retrouvé en quantités non négligeables dans les effluents domestiques étudiés (de 2 à 140 ng/L). En effet, ce composé possède une toxicité intrinsèque relativement basse, avec une concentration prédite sans effet (PNEC) dans les eaux naturelles de l'ordre de 0,8 ng/L. A titre de comparaison, les concentrations retrouvées en STEU sont de 40 ng/L sur la station de traitement des eaux usées de Cantinolle, soit du même ordre de grandeur que celles retrouvées dans des stations de traitement en Californie avec 40-120 ng/L (Sadaria et al., 2016; Weston and Lydy, 2014). Cet insecticide est principalement employé en tant que traitement anti fourmis, anti-puces pour animaux domestiques ou encore en tant qu'anti-termites pour le traitement des habitations.

L'ensemble des rejets domestiques vont finalement se mélanger aux autres effluents urbains (hospitaliers, industriels, pluviaux, etc.) afin de former l'effluent d'entrée de la station de traitement. Les profils de contamination observés pour les eaux usées domestiques ressemblent assez fortement aux profils retrouvés en entrée de STEU avec une signature marquée par l'AMPA, le fipronil, le glyphosate et l'imidaclopride. Cela semble indiquer que la contamination retrouvée en entrée de STEU est directement liée aux entrants domestiques, donc aux habitudes d'utilisations humaines.

Les flux moyen en imidaclopride (4 mg/jour) et en fipronil (1,1 mg/jour) dans les eaux domestiques sont plus faibles que ceux retrouvés en aval de zones industrielles d'importance (respectivement 115 et 1 mg/jour). Cependant il faut aussi considérer le fait que les zones industrielles sont moins représentées sur le territoire, et qu'elles somment également des effluents urbains.

Il semble y avoir une contamination globale du réseau d'assainissement pour ces 2 molécules actives, qui indiquerait des usages globaux. Les prélèvements ayant été réalisés par temps sec, les apports ne peuvent provenir d'un lessivage des sols suite à un traitement anti-termite. La thèse d'une introduction de ces substances actives dans le réseau du fait des usages vétérinaires est donc avancée : il y aurait transfert vers le réseau soit (1) directement suite au nettoyage d'un animal traité avec ces molécules, soit (2) indirectement suite au transfert de l'animal traité vers l'homme puis nettoyage

(machine à laver, douche, *etc*.). En effet, 50% des foyers français possèderaient au moins 1 animal de compagnie, avec 21% de chats et 13% de chiens (Sofres, 2014), ce qui permettrait une introduction des antiparasitaires de façon très globale sur le territoire. Des travaux récents envisagent également cette hypothèse pour ces 2 traitement antipuces vétérinaires emblématiques (Sadaria et al., 2016) suite à leur présence dans les réseaux d'assainissements et les STEP Californiennes.

Concernant les autres biocides retrouvés dans le réseau d'assainissement domestique, ils pourraient également être introduits dans le réseau par transfert direct ou indirect suite à leur utilisation. La carbendazime par exemple (10-150 ng/L) peut être utilisée lors de la synthèse de papiers afin d'en augmenter la résistance face à la moisissure (biocide BT7/9/10). Elle est notamment incorporée lors de la fabrication de certains papiers toilettes, ce qui pourrait expliquer sa présence dans le réseau d'assainissement et en STEU (30 ng/L).

Les effluents domestiques ont donc un profil de contamination très différent des effluents industriels étudiés dans le cadre du Plan Micropolluant, mais étant plus largement présents sur le territoire, ils contribuent de façon majeure au profil de contamination observé en STEU. La principale différence reste la très faible proportion de diuron quantifiée dans ces effluents (1-2%) comparé à la STEU (15-20%), alors qu'il représente entre 5-50% des pesticides retrouvés selon les effluents de zones industrielles analysées. Toutefois les effluents industriels n'expliquent qu'une petite partie des apports et il doit certainement exister une source en diuron sur le réseau d'assainissement, mais qui reste non identifiée à ce jour. Ce biocide utilisé dans le traitement de couches de surfaces (peintures) est vraisemblablement apporté en STEU suite à un ruissellement sur une surface traitée au cours de précipitations, et une hypothèse serait un apport vers la STEU par les eaux de pluies du fait d'une portion unitaire du réseau d'assainissement, un stockage provisoire sous forme de dépôt et un apport progressif par lessivage de ce dépôt par les eaux usées en temps sec.

Il est également important de mentionner le fait que les stations de traitements des eaux usées actuelles ne sont pas dimensionnées pour traiter les micropolluants organiques (Choubert et al., 2012; Köck-Schulmeyer et al., 2013), et les taux d'abattements calculés sur la station de Cantinolle sont de l'ordre de 10%, avec des taux d'abattement respectifs de 9% et -5% pour le fipronil et l'imidaclopride, ce qui revient à rejeter des flux importants vers le milieu récepteur (cf. Evaluation de l'efficacité des traitements (eaux et boues)). Le glyphosate est mieux traité par la station avec un taux d'abattement de l'ordre de 65%, cependant la dégradation de cette molécule peut entrainer la génération d'AMPA qui est suspecté d'être aussi toxique que la molécule mère, et pour lequel le taux d'abattement en STEU est négligeable voire nul (Choubert et al., 2012).

Cela conduit donc à rejeter directement dans le milieu la charge contaminant, avec un risque potentiel pour le milieu récepteur, surtout localement autour du lieu de rejet.

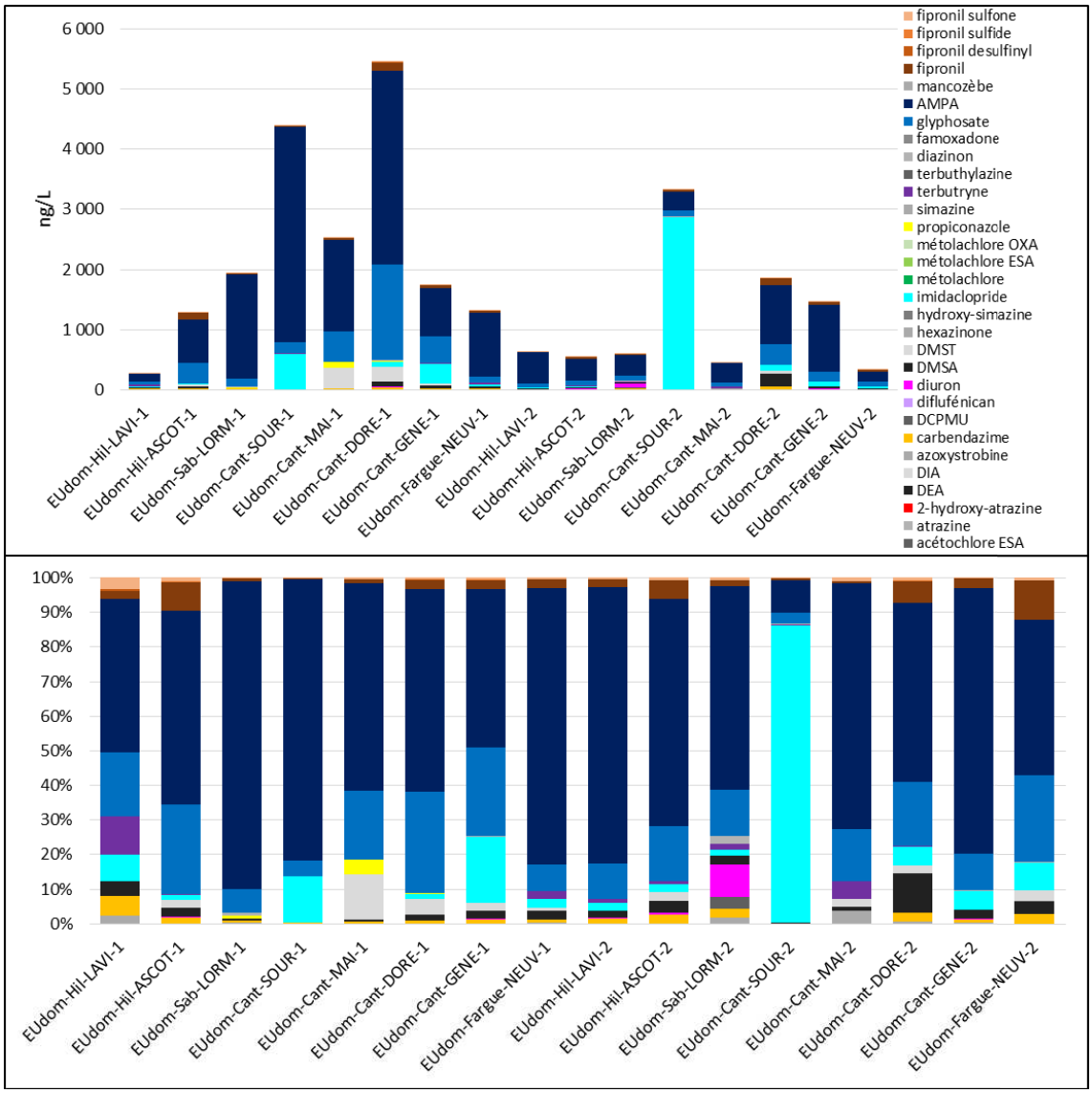


Figure 247. Profil de contamination des eaux usées domestiques par les pesticides (ng/L)

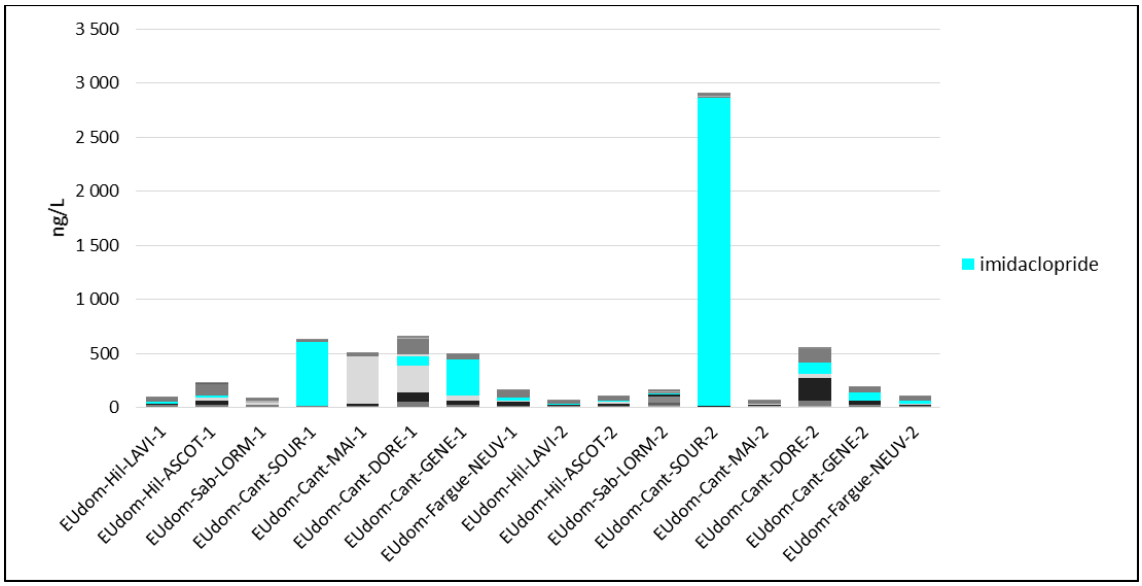


Figure 248. Profil de contamination par l'imidaclopride (ng/L)

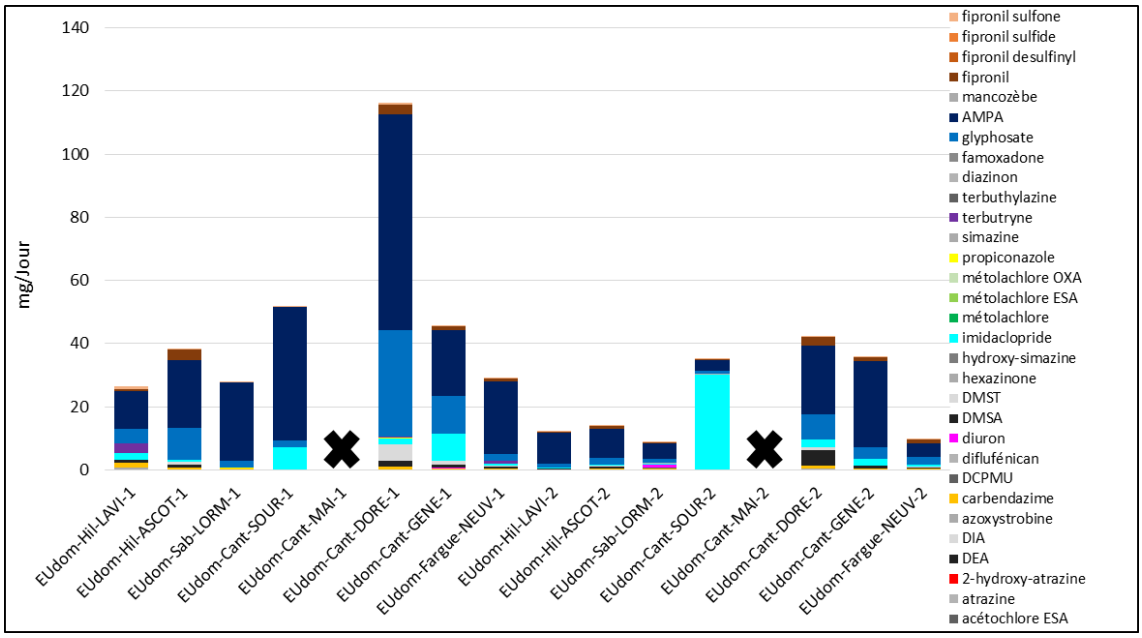


Figure 249. Flux (mg/jourg/jour) de pesticides dans les eaux usées domestiques

4. PFAS

Sur les deux campagnes de prélèvements d'eaux usées domestiques réalisées, 17 PFAS ont été analysés dans les phases dissoutes et particulaires.

Dans la phase dissoute, 4 étaient systématiquement retrouvés à des niveaux supérieurs aux limites de quantification (PFHxS, PFOS, 6:2 FTSA et 8:2 FTSA), 7 étaient quantifiées au moins une fois (PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFBS, FOSA et MeFOSAA), et 6 n'ont jamais été retrouvées (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpS, FOSAA, et EtFOSAA). La somme des concentrations en phase dissoute était relativement homogène d'un site à l'autre lors de la première campagne avec des niveaux cumulés allant de 2,6 à 11,7 ng/L (Figure 250). Une variabilité spatiale plus importante (Σ PFAS = 4,3 et 33 ng/L) a été observée lors de la 2ème campagne, du fait notamment de niveaux multipliés par 10 au point LORM entre les 2 campagnes. Le profil moléculaire est dominé sur tous les sites par le PFOS ou le PFOA (lorsque celui-ci est retrouvé), avec des concentrations respectives de 0,5-14,6 ng/L et <LQ-6,3 ng/L et des abondances relatives variables en fonction du site (10,6-50,6 % et <LQ-51,5 % respectivement pour le PFOS et PFOA) (Figure 250).

Ces résultats sont cohérents avec ceux reportés par de nombreux auteurs pour des entrées de station d'épuration au bassin versant majoritairement caractérisé par des activités urbaines sans l'influence d'activités industrielles (Ahrens et al., 2009; Becker et al., 2008). Quelques différences sont observées par rapport aux entrées des 2 principales stations d'épuration de l'agglomération de Bordeaux étudiées dans le cadre du programme ETIAGE (2012), pour lesquelles le niveau globale était plus élevé (67,7 $\pm$ 14,9 ng/L pour Clos de Hilde et 109,8 $\pm$ 26,4 ng/L pour Louis Fargue). Le profil de contamination était plus largement dominé par les PFSA et notamment le PFOS, ce dernier représentant en moyenne à lui seul 46% à 54% de la Σ PFAS. Le PFOA ne représentait pas plus de 10% du profil et, contrairement aux eaux usées domestiques, les PFCAs avec moins de 6 carbones perfluorés (PFBA, PFPeA et PFHxA) étaient quantifiés. Leur présence en entrée de STEU et absence dans les eaux usées domestiques pourrait s'expliquer par la dégradation de précurseurs, identifiés (ex 6:2 FTSA et 8:2 FTSA) ou non, au cours de l'acheminement des eaux usées vers les stations d'épuration. En effet, les acides perfluoro phosphodi-esters, les perfluoroalkyl sulfonamides et les fluorotélomères sont susceptibles d'être dégradés en PFCA et/ou PFSA via des processus d'oxydation ou microbiologiques (Houtz et al., 2016; Liu and Mejia Avendaño, 2013). Dans le cas de systèmes unitaires, certains apports peuvent, en outre, être liés aux eaux pluviales, comme observé précédemment, ce

qui peut être une des raisons de la présence des PFCA à chaîne courte en entrée de station d'épuration alors qu'ils ne sont pas détectés dans les eaux usées domestiques.

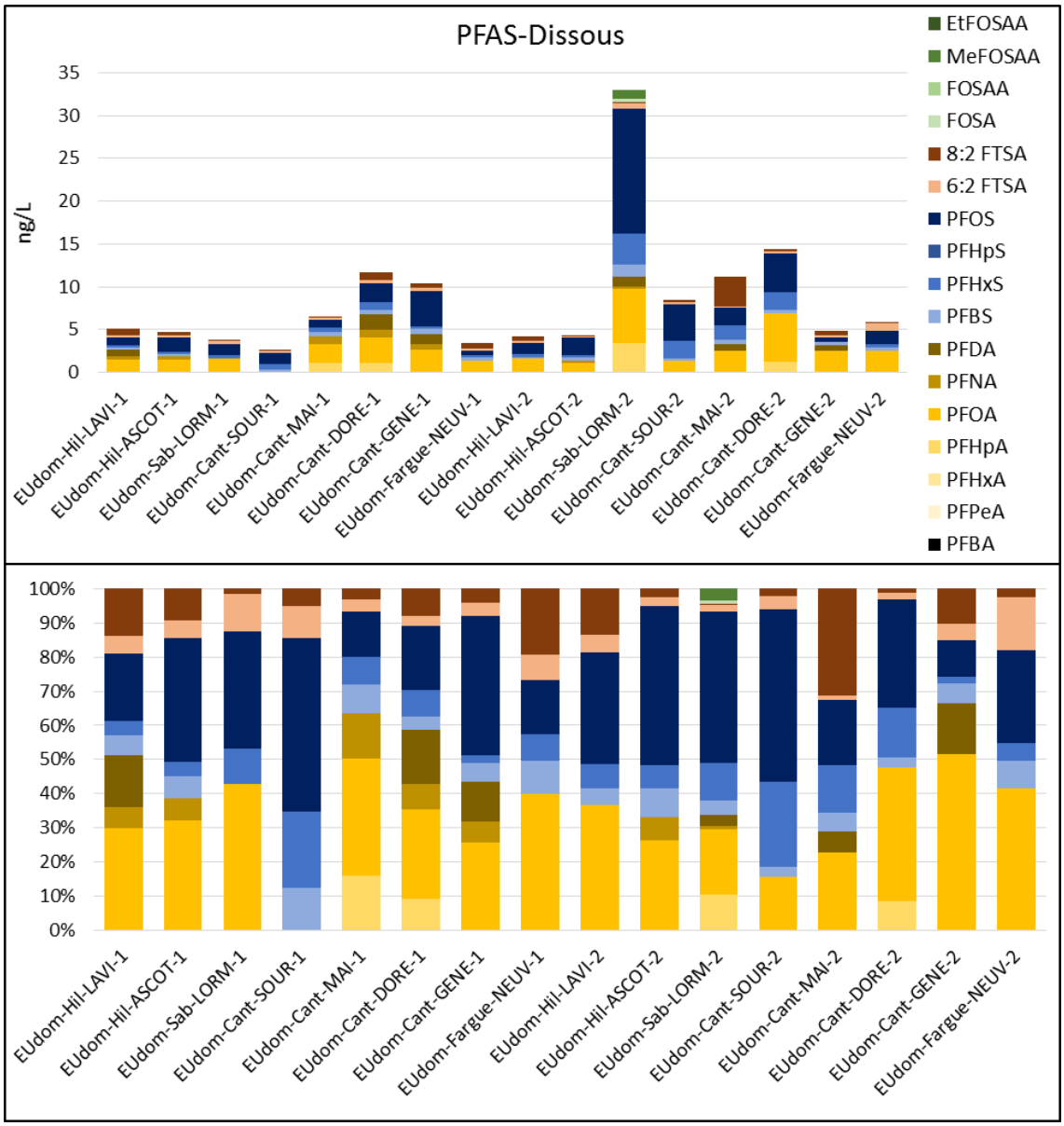


Figure 250. Concentrations (ng/L) et profils de contamination par les PFAS – Phase Dissoute

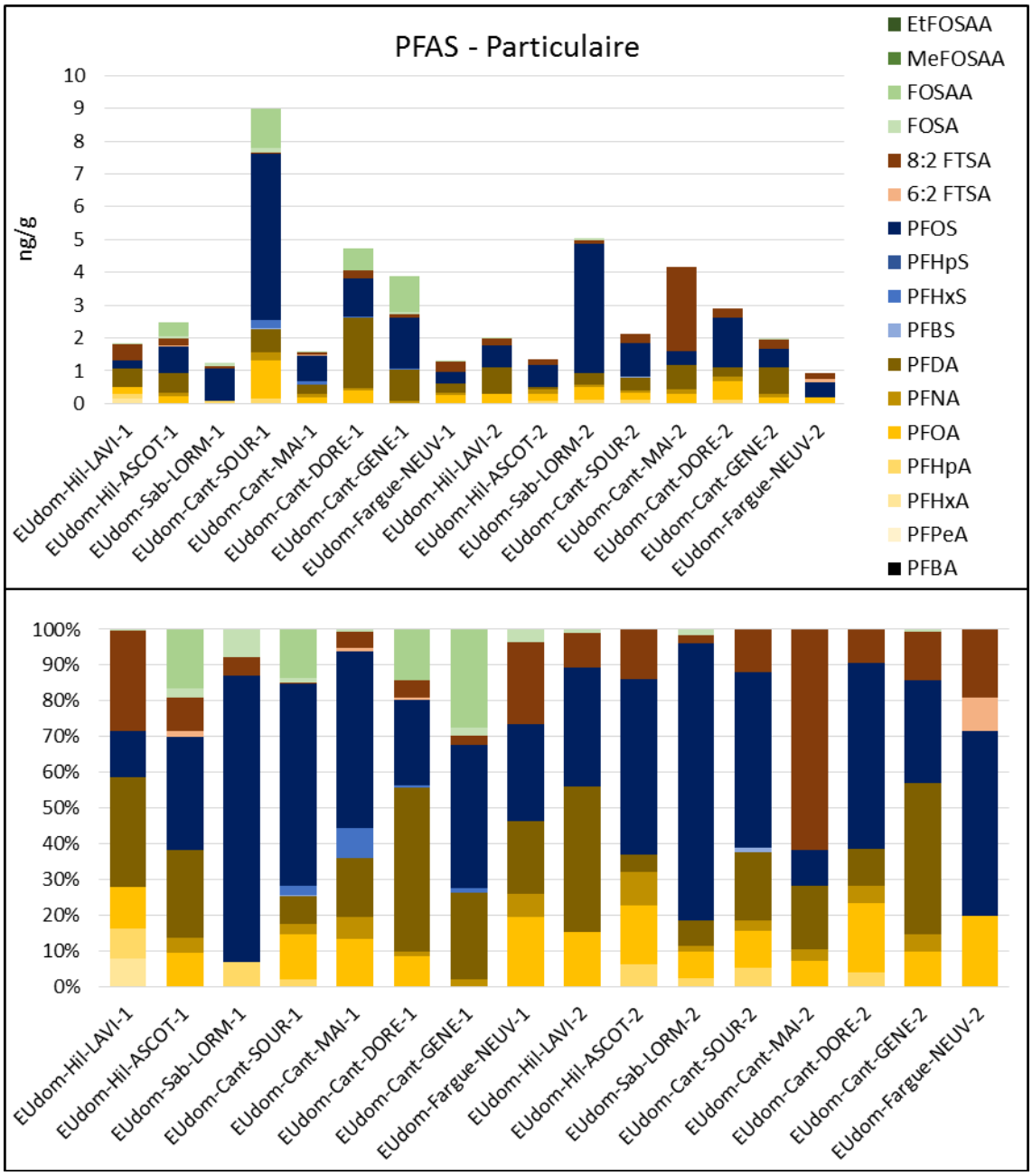


Figure 251. Concentrations (ng/g) et profils de contamination par les PFAS – Phase Particulaire

Dans la phase particulaire, seul le PFOS et le 8:2 FTSA ont été quantifiés systématiquement. Les autres composés présents en phase dissoute, ont également été quantifiés au moins une fois. Le FOSAA a été quantifié dans certains échantillons de la campagne 1 alors que sa présence n'avait pas été mise en évidence en phase dissoute. La somme des PFAS varient de 1 à 9 ng/g en fonction des points et des campagnes de prélèvement (Figure 251). Le PFOS domine bien souvent le profil moléculaire. Comparé à la phase dissoute, et comme vu dans les cas précédents, la proportion des chaînes les plus longues dans la phase particulaire croît au détriment des chaînes les plus courtes.

De part des teneurs en MES globalement élevées dans les eaux usées domestiques (0,28 à 8,43 g/L), la teneur en PFAS dans les particules peut représenter une part non négligeable de la teneur totale. En effet, celle-ci varie de 0,24 à 13,1 ng/L représentant 6 à 67% (pour le point le plus chargé en MES) de la teneur totale (Figure 253).

Les flux en PFAS estimés dans les eaux usées domestiques varient de 62 à 569 µg/jour en fonction du site et de la campagne d'échantillonnage (Figure 252). Les flux les plus élevés ont été

mesurés aux points LAVI et LORM (campagne 2). Ces deux sites présentent également les plus fortes variabilités temporelles en termes de flux (569 et 109 µg/jour pour LAVI et 72 et 587 µg/jour pour LORM pour les campagnes 1 et 2 respectivement), du fait de débits (pour LAVI) ou teneurs (pour LORM) fortement variables entre les 2 campagnes.

Ces flux sont bien inférieurs à ceux mesurés pour les médicaments par exemple (g/jourg/jour). Toutefois, ces substances, en particulier les PFCA et PFSA, présentent un caractère persistant aux processus de biodégradation et d'oxydation utilisés en stations d'épuration (comme en témoignent les résultats du programme ETIAGE), ces dernières qui constituent alors des apports continus vers les eaux de surface.

Sur la base d'études évaluant l'exposition humaine aux PFAS, visant in fine à expliquer de fortes teneurs en PFOA retrouvées dans le sérum humain, il est possible d'identifier certaines pratiques susceptibles d'être responsables de rejets en PFAS dans les eaux usées domestiques. Par exemple, la présence de PFOA a pu déjà être associée à l'utilisation de poêles aux revêtements antiadhésifs de type téflon (ou PFTE) (Stahl et al., 2011). De par son caractère Persistant, Bioacccumulable et Toxique, des textes réglementaires à l'échelle européenne et aux Etats-Unis restreignent désormais les utilisations de ce composé (EChA, 2015 et US-EPA, 2006). Certains précurseurs comme les alcools fluorotélomères, les perfluoroalkyl sulfonamides ou encore les perfluoroalkyl phospho diesters sont incorporés dans des polymères utilisés pour les emballages alimentaires (D'eon et al., 2009). Les fluorotélomères, comme le 6:2 FTSA, entre dans la composition de composés plus complexes, eux-mêmes utilisés pour le traitement de textiles ou tapis en tant qu'imperméabilisants ou dans des produits d'entretien ménagers (l'industriel américain 3M a longtemps utilisé des substances à base de PFOS dans les produits ScotchgardTM avant d'accepter l'arrêt de la production de ce type de substances en 2000) (Prevedouros et al., 2006).

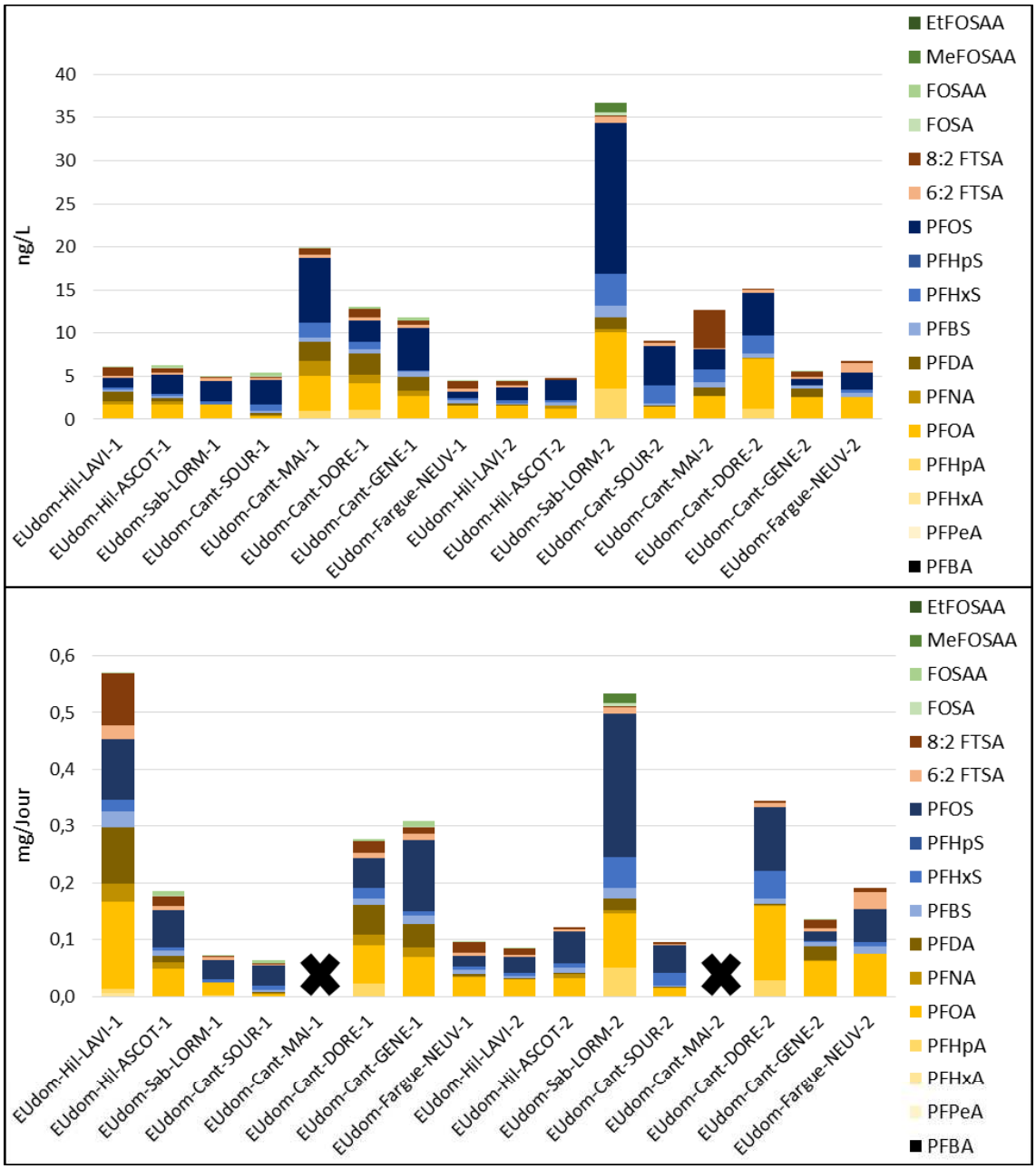


Figure 252. Concentration totale (ng/L) et flux totaux (mg/jourg/jour) des PFAS dans les eaux usées domestiques – Phase dissoute + Phase particulaire

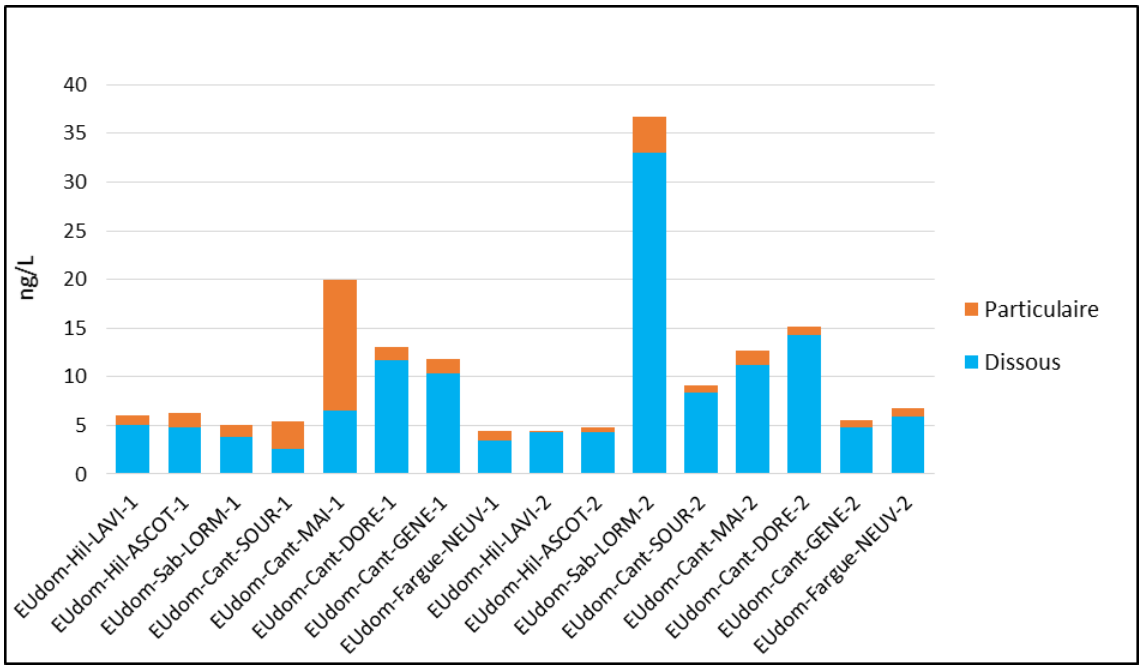


Figure 253. Contamination totale des eaux usées domestiques par les PFAS (ng/L). Partition phase dissoute/phase particulaire

5. Filtres UV

Les filtres UV organiques sont retrouvés en grandes quantités dans les eaux usées domestiques (Figure 254). Parmi les 6 composés analysés, 1 n'a jamais été détecté (ODPABA), 1 a été détecté au moins une fois (4MBC) et 4 ont systématiquement été détectés (oxybenzone, avobenzone, octocrylène et EHMC). La concentration cumulée des filtres UV varie entre 800 et 9 200ng/L pour la première campagne (Juin 2015) et entre 200 et 5 200ng/L pour la seconde campagne (Décembre 2015). Le composé majoritairement présent sur les deux campagnes est l'octocrylène. Il est cependant détecté en plus petite quantité en hiver. Sa concentration moyenne passe de 2 527 ng/L en été à 787 ng/L en hiver. Seul l'EHMC voit sa concentration moyenne augmenter en hiver en passant le 114 ng/L à 362 ng/L. Une étude récente menée par Chisvert *et al.* (Chisvert et al., 2013) prouve que les filtres UV tels que l'EHMC, le 4-MBC, l'oxybenzone et l'octocrylène sont détectés de façon régulière tout au long de l'année à cause de leur utilisation dans les déodorants, les produits après rasage, les crèmes de jours et également les baumes à lèvres. Une autre étude a également mis en évidence l'effet de la saisonnalité dans la concentration des filtres UV en entrée de STEU (Li et al., 2007). L'EHMC est la molécule la moins soumise à la saisonnalité contrairement à l'octocrylène et l'oxybenzone. Ce résultat rejoint ceux obtenus par Y. Aminot pour le suivi des filtres UV en entrée et en sortie de la STEU Clos de Hilde (Aminot, 2013).

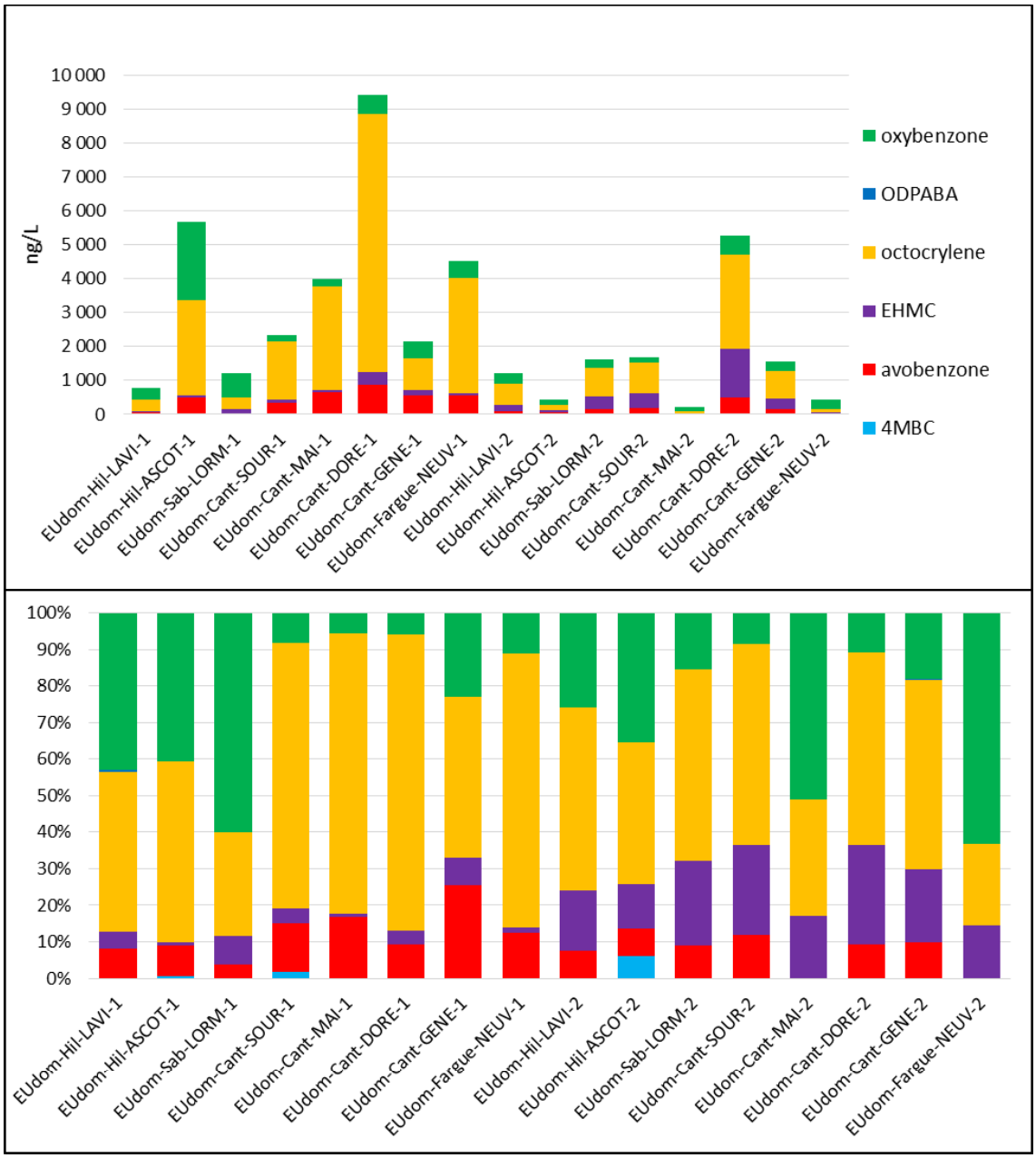


Figure 254. Contamination des eaux usées domestiques par les filtres UV (ng/L)

6. Bisphénol A

Le bisphénol A est présent dans les eaux usées domestiques à des concentrations totales (phase dissoute + phase particulaire) s'échelonnant de 37 à 1 354 ng/L (Figure 255). Ces disparités proviennent essentiellement de la phase particulaire. En effet, les teneurs variables en MES (Tableau 44) et les effets matriciels rencontrés sur certains échantillons induit une grande variabilité dans les concentrations obtenues (<LQ à 1 334 ng/L). Concernant la phase dissoute les résultats obtenus sont beaucoup plus homogènes avec des concentrations allant de 19 à 212 ng/L.

Un document publié par l'INERIS concernant les données technico-économiques sur les substances chimiques en France s'est intéressé au BPA (ChemSec, 2014). Il présente un résumé de plusieurs études menées dans le but d'étudier les sources introduisant le BPA dans le milieu naturel. Il est montré que les sources domestiques sont négligeables par rapport aux sources industrielles. Les teneurs en BPA retrouvées dans la phase dissoute d'une entrée de station d'épuration ont été étudiées

(Fürhacker et al., 2000). Les valeurs moyennes de BPA dans les eaux usées domestiques variaient entre <LQ et 250 ng/L. Les résultats obtenus dans les eaux usées domestiques REGARD sont donc en adéquation avec ceux présentés dans la littérature.

Si l'on raisonne en termes de flux total (phase dissoute + phase particulaire), les apports en BPA dans les eaux usées domestiques varient entre 1 et 26 mg/jour, l'apport maximum étant observé dans le point EUdom-Hil-LAVI-1 (Figure 256). Ce résultat n'a rien d'étonnant compte tenu des forts débits observés au niveau de ce point de prélèvement (Tableau 44).

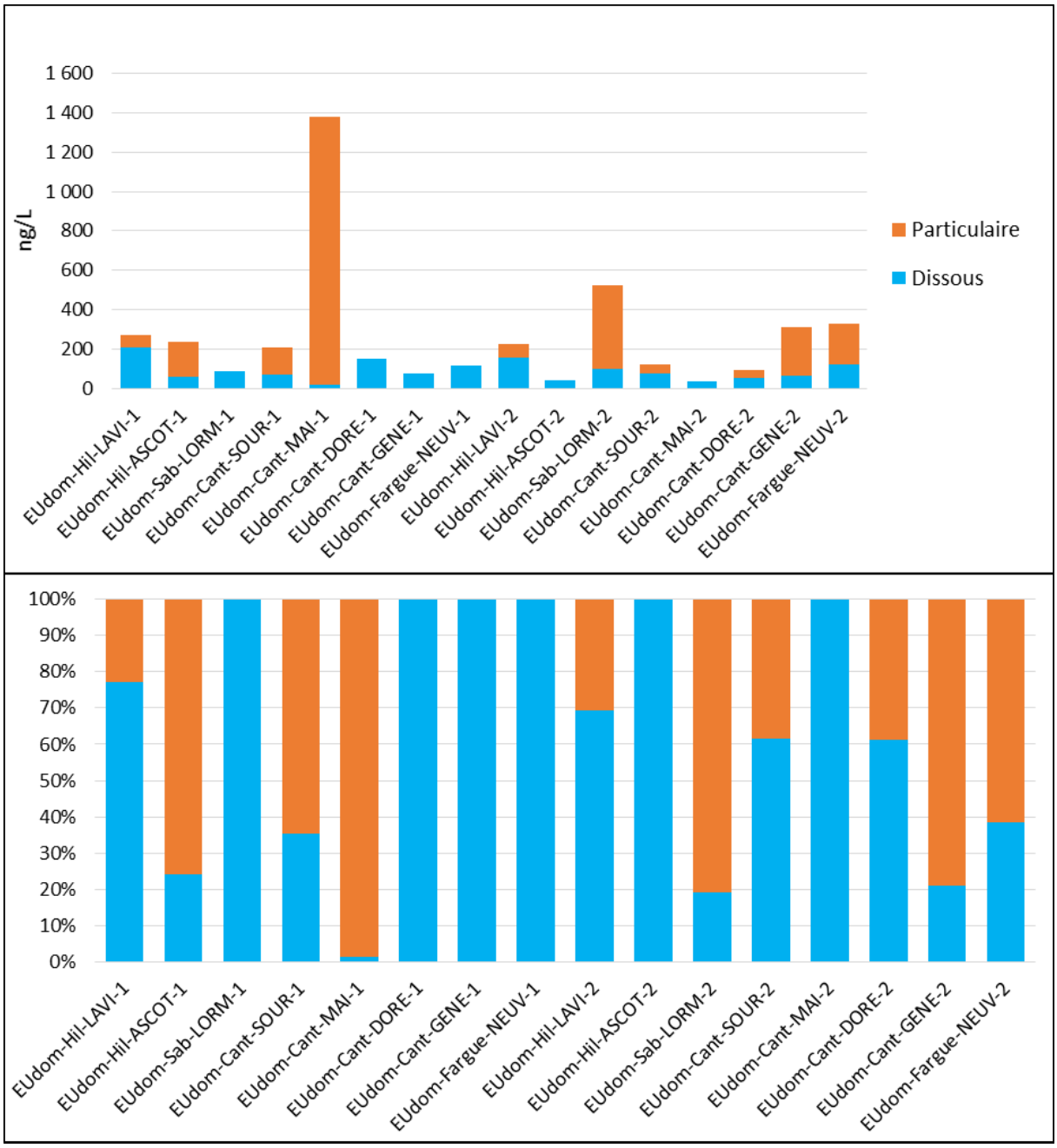


Figure 255. Concentration totale en BPA (ng/L) dans les eaux usées domestiques (phase dissoute + phase particulaire)

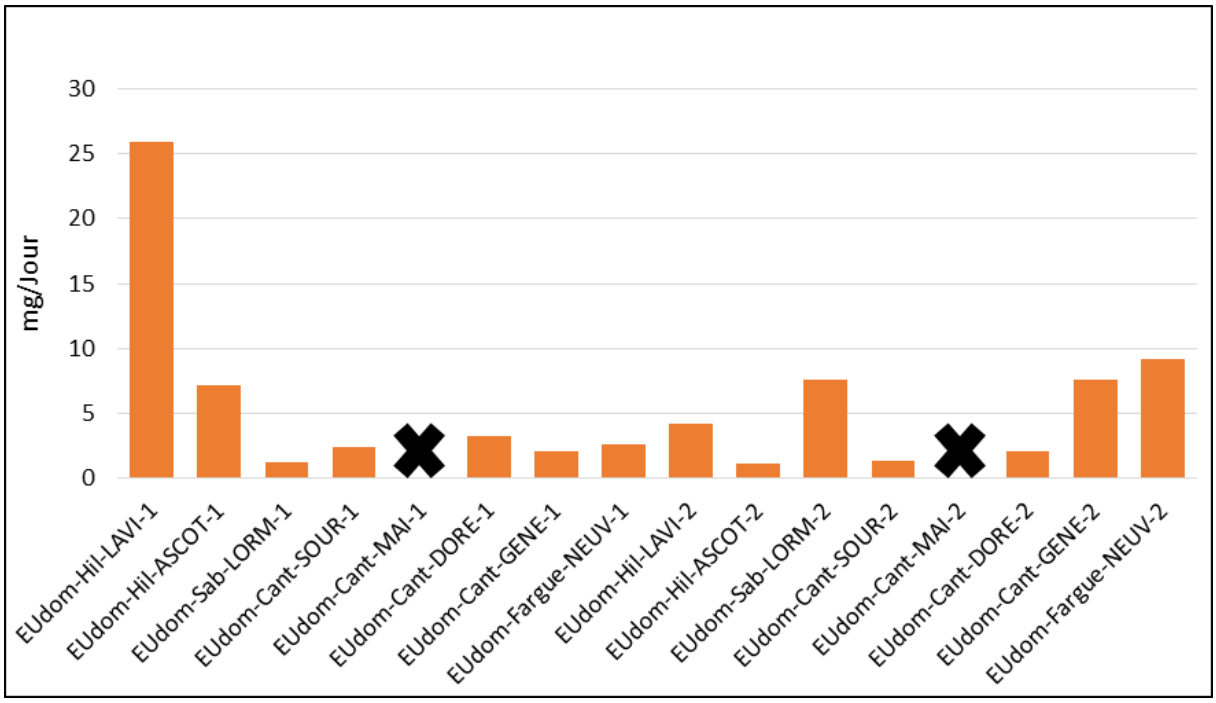


Figure 256. Flux total de BPA dans les eaux usées domestiques (mg/jourg/jour) sur la fraction totale (phase dissoute + phase particulaire)

7. Triclosan

Le triclosan est présent dans la phase dissoute des eaux usées domestiques à des concentrations variant de 70 à 680 ng/L (Figure 257). Les résultats obtenus sont homogènes d'une campagne à l'autre. Le triclosan a été dosé dans des STEU françaises dans le cadre du projet AMPERES (Coquery et al., 2011). Il apparaissait que le triclosan était retrouvé dans 30 à 70% des eaux brutes à des concentrations comprises entre 100ng/L et 1µg/L. Les résultats obtenus dans les eaux usées domestiques sont donc cohérents à ceux obtenus en entrée de STEU.

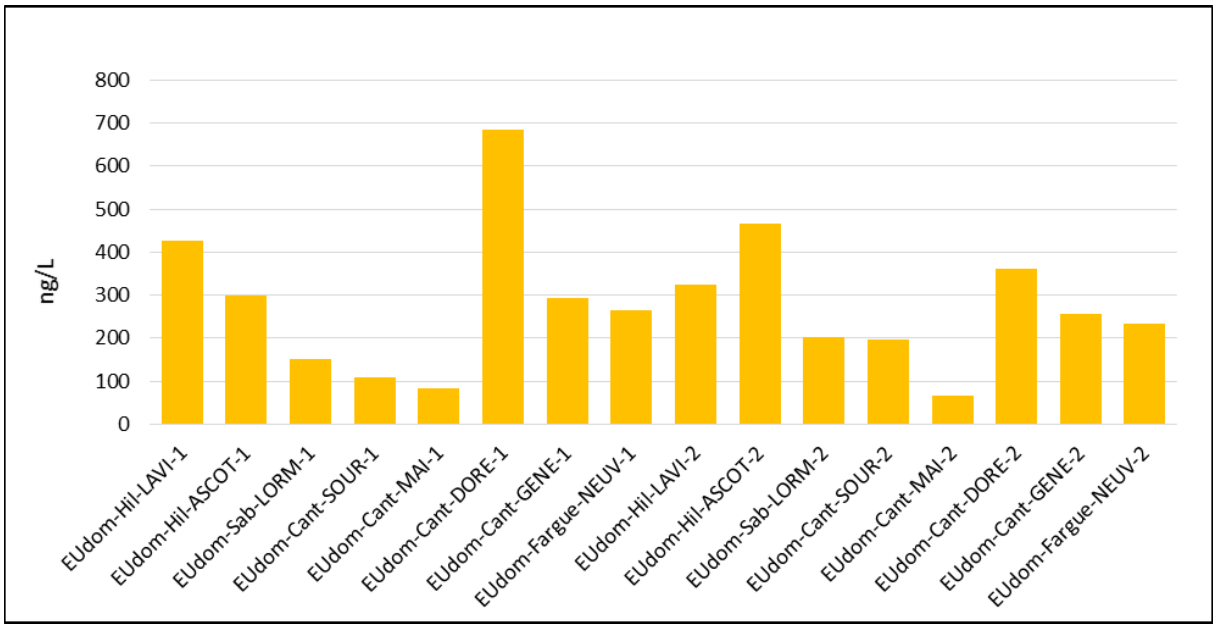


Figure 257. Contamination des eaux usées domestiques par le triclosan (ng/L)

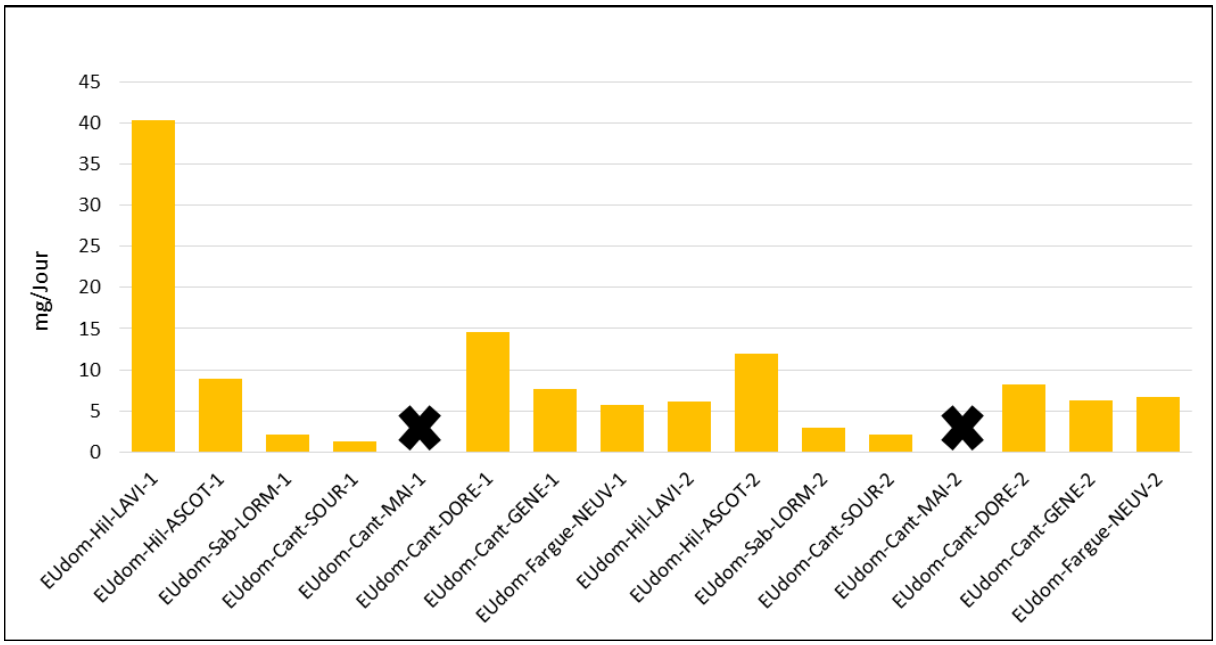


Figure 258. Flux de triclosan (mg/jourg/jour) dans les eaux usées domestiques

8. Parabènes

Les concentrations totales en parabènes dans la phase dissoute des eaux usées domestiques varient entre 298,3 ng/L (EUdom-Cant-MAI-1) et 7 092,4 ng/L (EUdom-Cant-DORE-2) (Figure 259). Sur les 8 molécules analysées, 4 sont systématiquement retrouvées : l'éthyl parabène, le méthyl parabène, le butyl parabène et le propyl parabène. L'isobutyl parabène et l'isopropyl parabène n'ont jamais été détectés. Le benzyl parabène n'a été détecté qu'une seule fois sur le point EUdom-Sab-LORM-1. Ces résultats sont en adéquation avec ceux présentés dans la littérature internationale. En effet les parabènes à chaînes courtes (méthyl-, éthyl-, propyl-) sont les plus utilisés dans les crèmes de soin car plus hydrosolubles.

Parmi les nombreuses études réalisées sur l'analyse des parabènes en entrée de station de traitement des eaux usées, toutes tendent à dire que le parabène le plus fréquemment rencontré est le méthyl parabène. En Suisse, les concentrations moyennes de méthyl parabène mesurées en entrée de STEU sont de l'ordre de 724 ng/L (Jonkers et al., 2009) alors qu'en Espagne elles peuvent atteindre 2 920 ng/L (Canosa et al., 2006).

Une saisonnalité semble apparaître lorsque l'on compare les deux campagnes. En effet, lors de la première campagne réalisée en été le parabène majoritaire est le propyl parabène avec des concentrations qui s'échelonnent entre 140,56 et 3 361,8 ng/L. En revanche, lors de la seconde campagne réalisée en hiver le composé majoritairement détecté est le méthyl parabène avec des concentrations qui varient entre 1 517,6 et 3 685,2 ng/L.

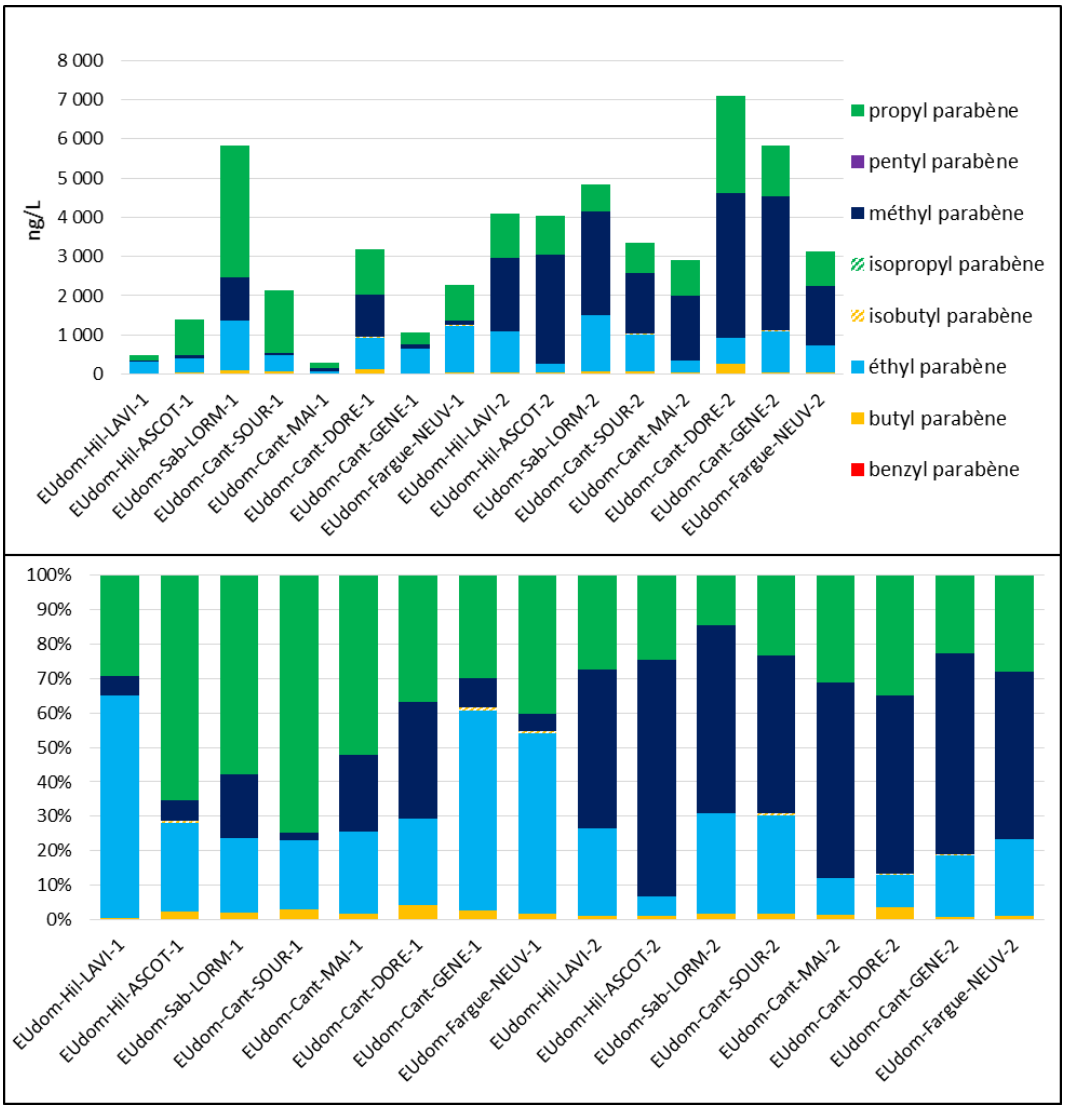


Figure 259. Concentration (ng/L) en Parabènes dans les eaux usées domestiques (phase dissoute)

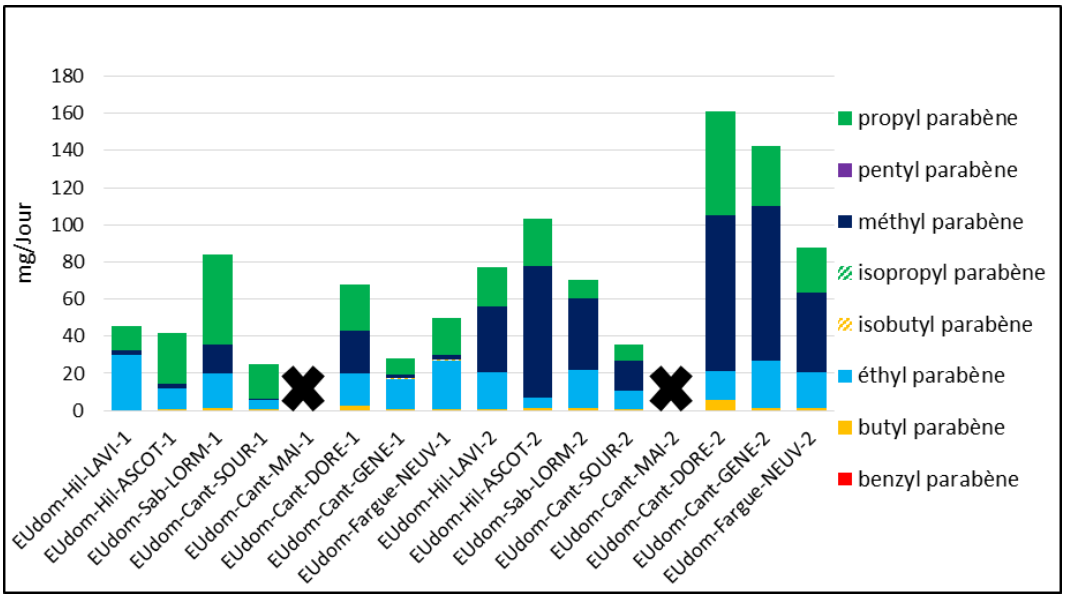


Figure 260. Flux (mg/jourg/jour) de Parabènes dans les eaux usées domestiques (phase dissoute)

9. Alkylphénols

Les alkylphénols sont présents dans la phase dissoute des eaux usées domestiques à des concentrations variant de 130 à 550 ng/L (Figure 261). Cependant, la fraction dissoute ne représente qu'une faible proportion de la contamination en alkylphénols des eaux usées domestiques. En effet, les concentrations totales en alkylphénols (prenant en compte la fraction dissoute et la fraction particulaire) dans les eaux usées domestiques s'échelonnent entre 784 ng/L (EUdom-Fargue-NEUV-2) et 13 294 ng/L (Eudom-Cant-MAI-1) (Figure 262), la contamination provenant en grande partie de la phase particulaire. La valeur élevée mesurée au niveau du point Eudom-Cant-MAI-1 peut s'expliquer par une teneur en MES particulièrement élevée (8,4 g/L cf. Tableau 44). Excepté pour le point Eudom-Cant-MAI-1, les concentrations totales en alkylphénols atteignent des valeurs maximales de 4 660 ng/L. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus précédemment dans le Plan Micropolluant (cf. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU)). En effet, les concentrations totales cumulées en alkylphénols en entrée de STEU étaient comprises entre 4 000 et 6 000 ng/L avec un maximum obtenu pour la STEU de Cantinolle.

L'approche par flux, proposés dans la Figure 263, permet une homogénéisation des résultats. Les flux totaux cumulés en phase totale en alkylphénols dans les eaux usées domestiques varient entre 12 et 113 mg/jour. Les flux n'ont pas pu être calculés pour le point MAI (2 campagnes) à cause d'un problème de débitmètre au moment du prélèvement (Tableau 44).

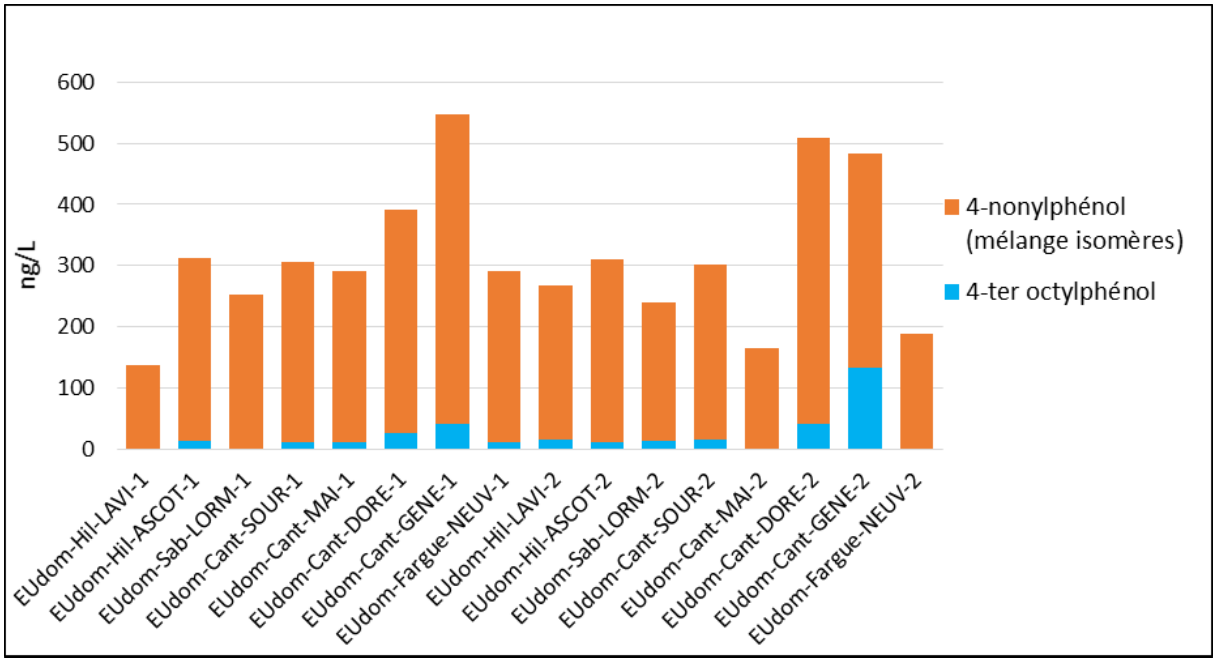


Figure 261. Concentration (ng/L) en alkylphénols dans la phase dissoute des eaux usées domestiques

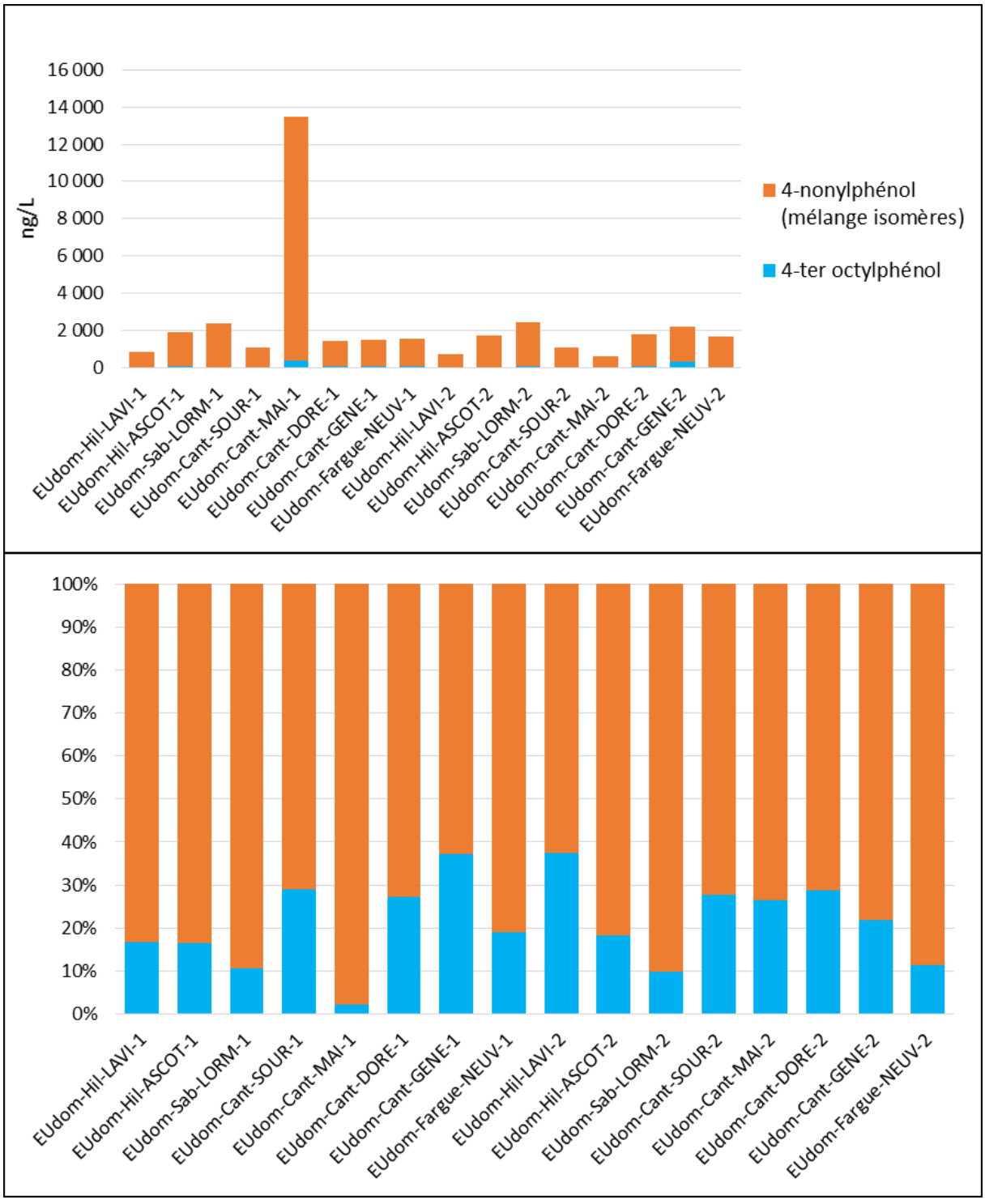


Figure 262. Concentration totale (ng/L) en alkylphénols - Phase dissoute + Phase particulaire

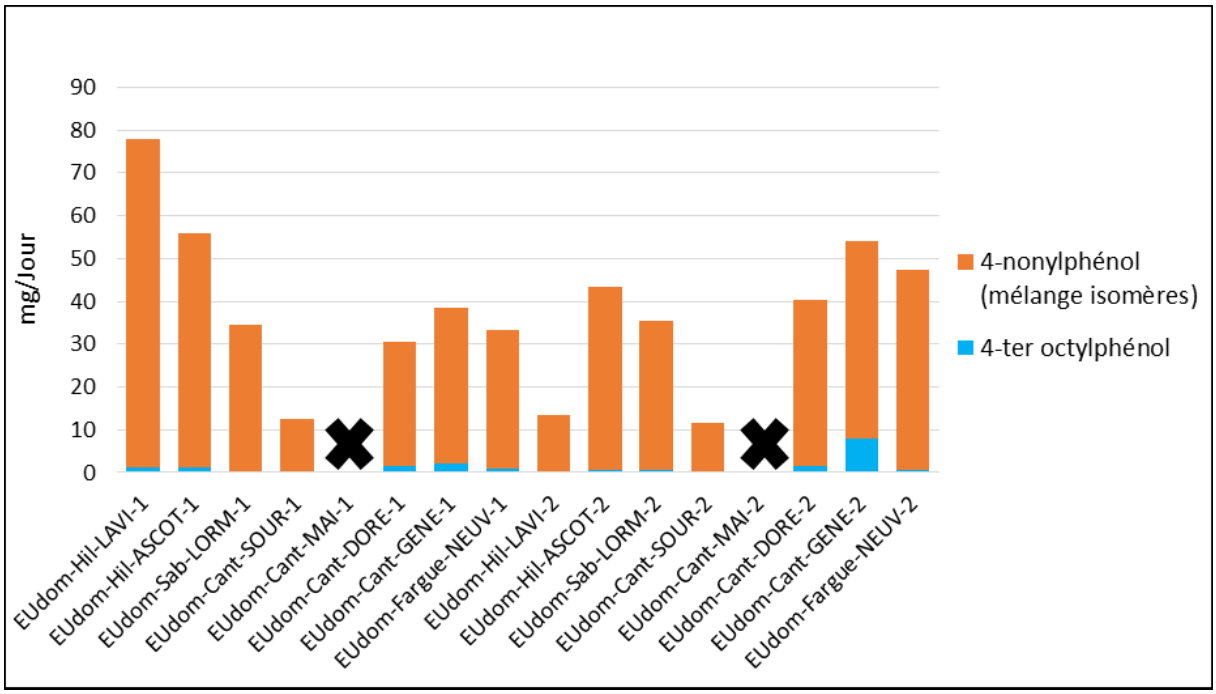


Figure 263. Flux totaux en alkylphénols (mg/jourg/jour) - Phase dissoute + Phase particulaire dans les eaux usées domestiques

10. HAP

Les concentrations cumulées en HAP dans la phase dissoute des eaux usées domestiques varient entre 30 et 1 000 ng/L (Figure 264).

14 composés ont été analysés en phase dissoute, 6 n'ont jamais été détectés (benzo(a)anthracène, chrysène + triphénylène, benzo(b+j+k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, benzo(g,h,i)pérylène) et 8 ont été systématiquement détectés (naphtalène, acénaphtalène, acénaphthylène, florène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène). Les composés présents aux plus fortes concentrations dans la phase dissoute sont le naphtalène, le phénantrène et l'acénaphthylène. Ces composés sont les plus solubles et les plus abondants, il n'est donc pas étonnant de les retrouver dans la phase dissoute des eaux usées domestiques. Les HAP ont été analysés en entrée de la STEU de Cantinolle et les 2 composés majoritaires étaient également le naphtalène et de phénanthrène (cf. Stations de traitement des eaux usées (STEU)).

Pour les points EUdom-Sab-LORM-1 et EUdom-Cant-GENE-1, le naphtalène représente à lui seul plus de 95% de la concentration totale en HAP.

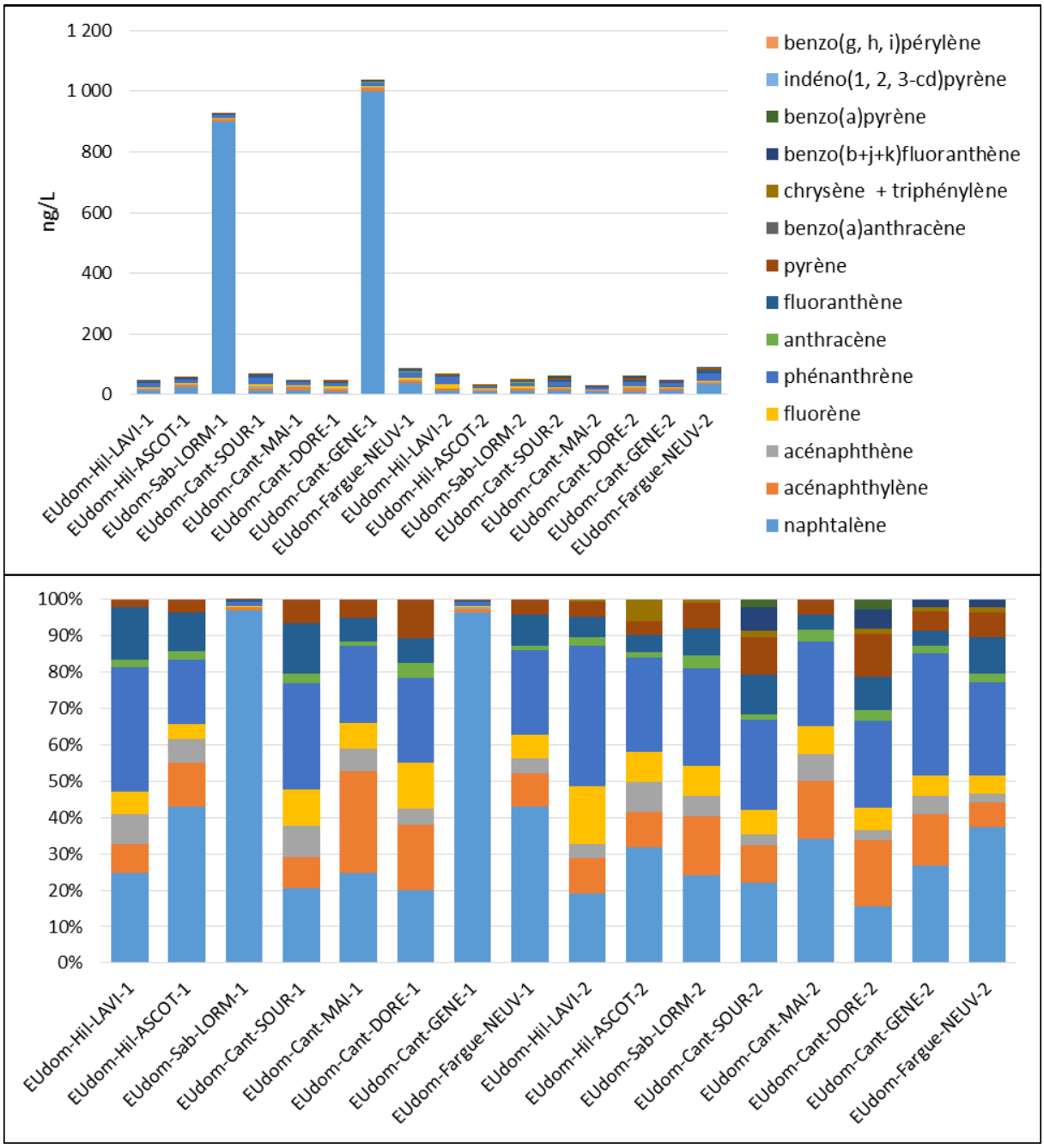


Figure 264. Concentration (ng/L) en HAP dans la phase dissoute des eaux usées domestiques

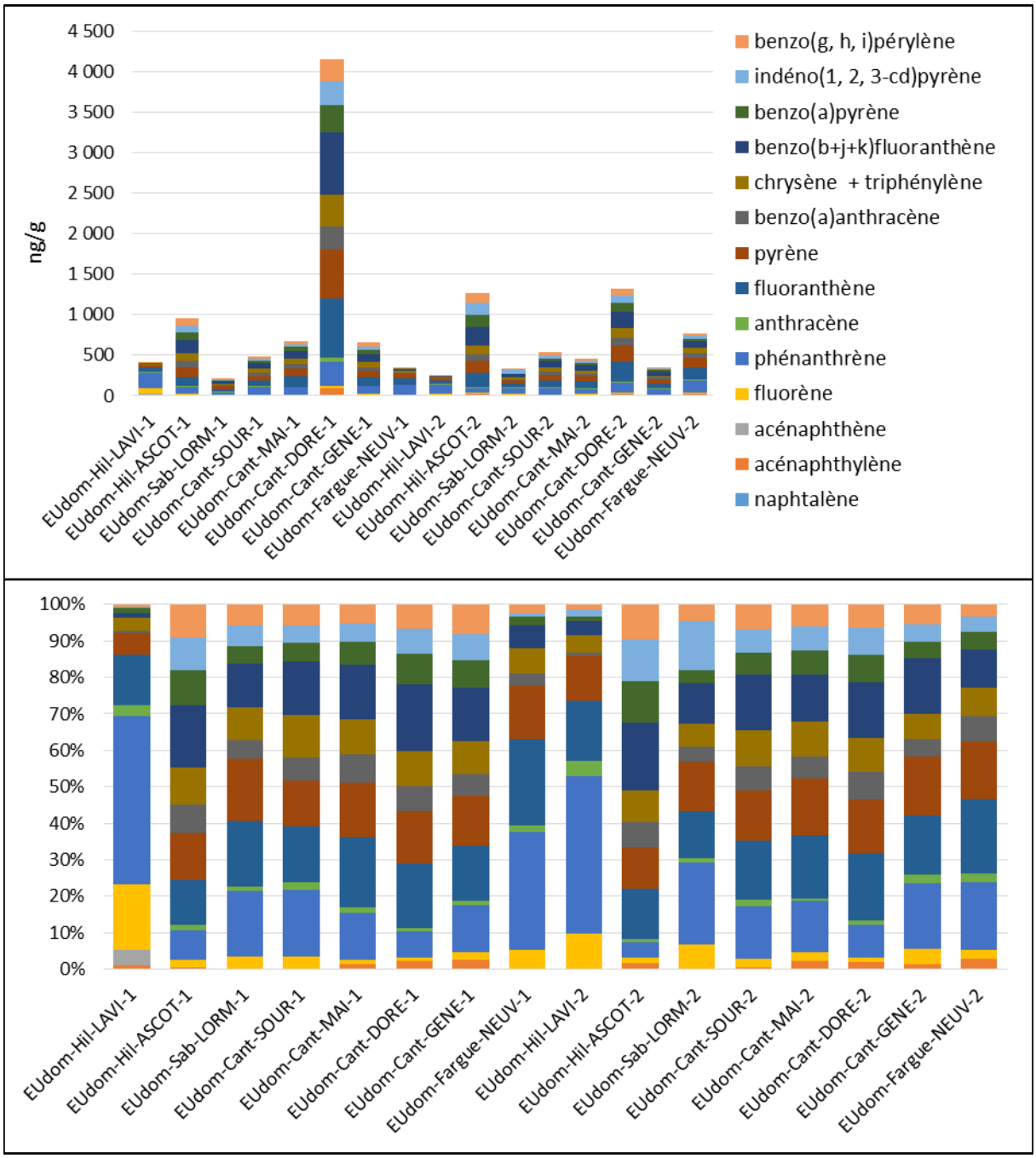


Figure 265. Concentration (ng/g) en HAP dans la phase particulaire des eaux usées domestiques

Dans la phase particulaire des eaux usées domestiques, les HAP sont présents à des concentrations variant entre 250 et 4 200 ng/g. Sur les 14 composés analysés, tous ont été détectés au moins une fois. Le naphtalène n'a pas pu être dosé à cause des effets matriciels trop importants. Les composés majoritairement détectées sont le pyrène (concentration moyenne de 115 ng/g), le phénanthrène (concentration moyenne de 105 ng/g), le fluoranthène (concentration moyenne de 138 ng/g) et le benzo(b+j+k)floranthène (concentration moyenne de 125 ng/g). Ce profil est le même que celui déjà observé sur les entrées de STEU Bordelaises (cf. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU)).

Dans la fraction totale, les concentrations en HAP s'échelonnent entre 165 ng/L (EUdom-Cant-GENE-2) et 5 691 ng/L (EUdom-Cant-MAI-1) (Figure 266). L'approche par flux permet de lisser les écarts existants entre les différents points de prélèvement (Figure 267). L'apport total en HAP dans les eaux

usées domestiques varie entre 2,5 mg/jour (EUdom-Cant-SOUR-1) et 38,38 mg/jour (EUdom-Hil-ASCOT-2).

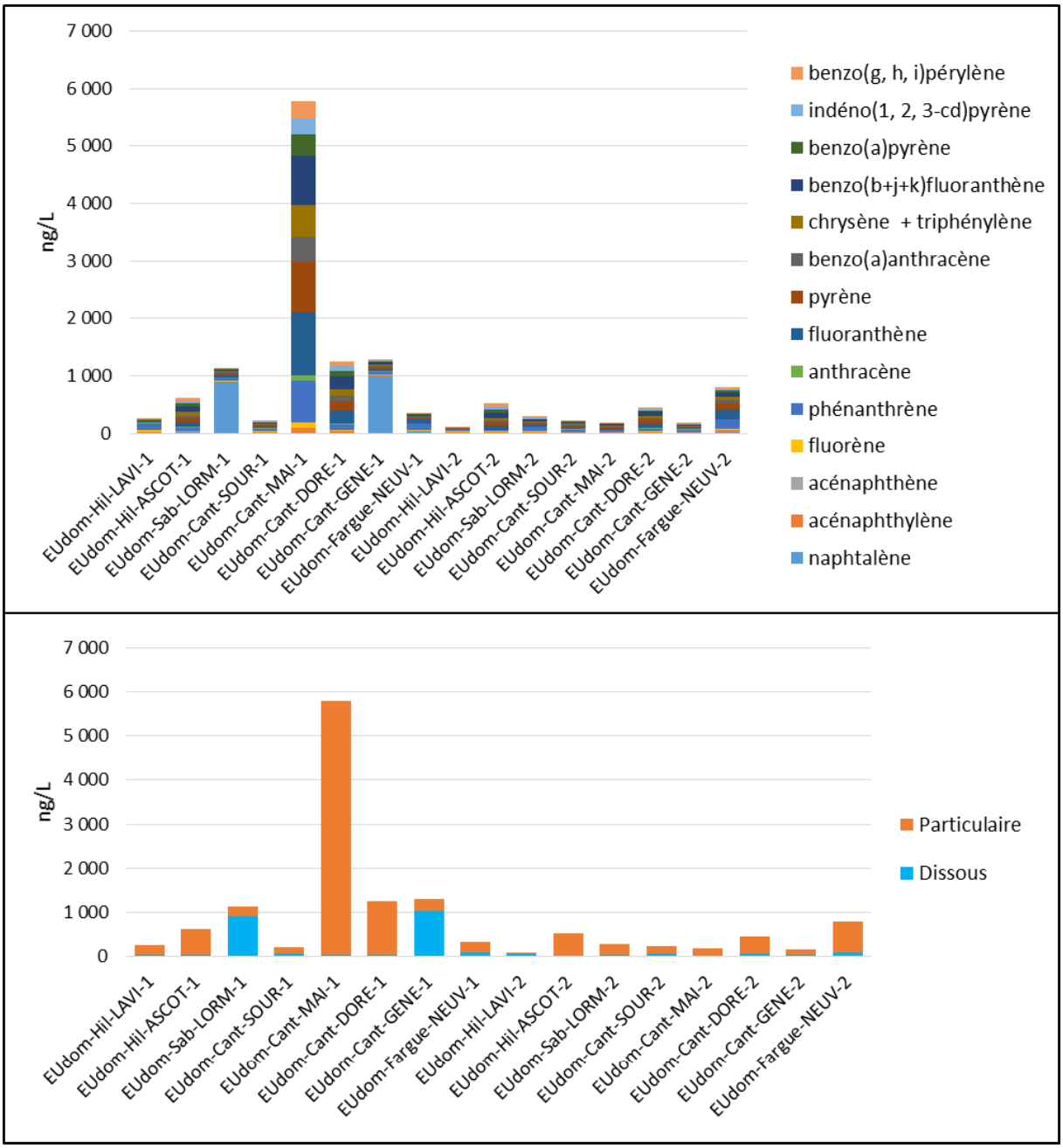


Figure 266. Concentration totale en HAP (ng/L) dans les eaux usées domestiques - Partition phase dissoute/phase particulaire

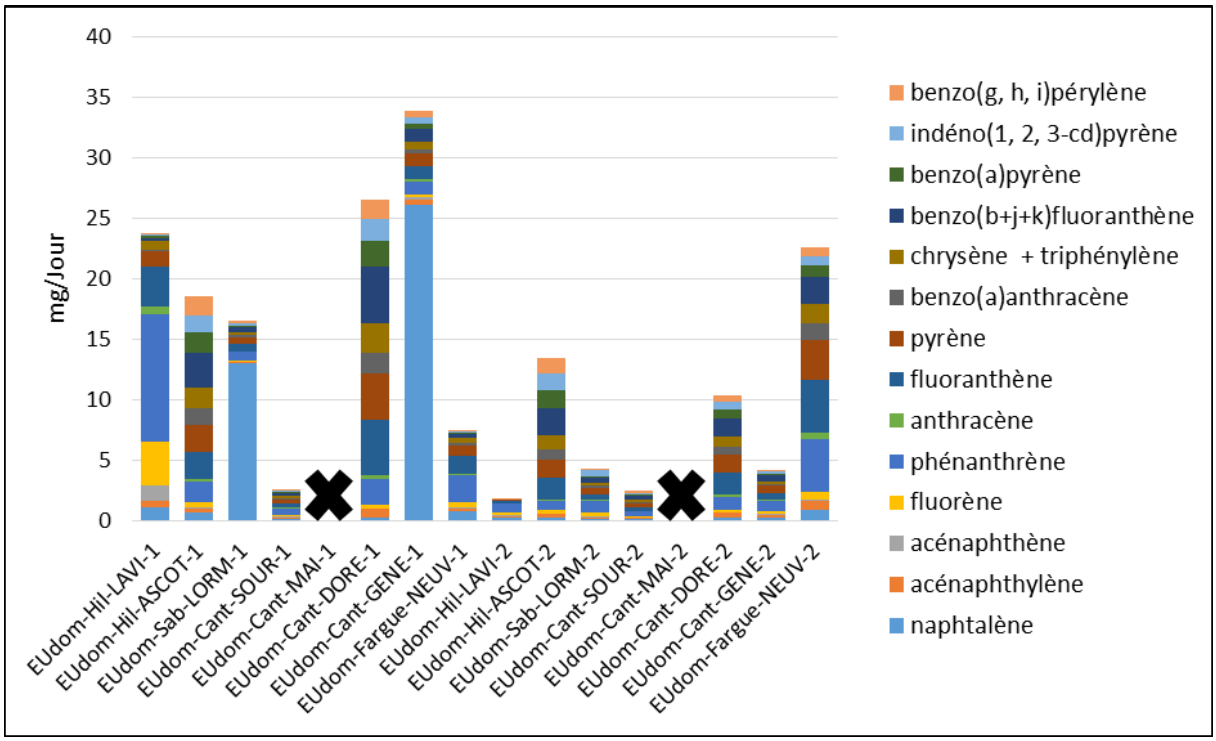


Figure 267. Flux totaux (mg/jourg/jour) de HAP dans les Eaux Usées Domestiques

11. Phtalates : DEHP

Les concentrations totales en DEHP sont comprises entre 3 610 et 379 968 ng/L, le maximum étant obtenu pour le point EUdom-Hil-ASCOT-2 (Figure 268). Les différences de concentrations obtenues pour le point EUdom-Hil-ASCOT au cours des deux campagnes (11 108 ng/L et 379 968 ng/L) pourraient signifier qu'il s'agissait d'un apport ponctuel lors de la deuxième campagne de prélèvement et non d'un apport continu en DEHP. Excepté pour le point EUdom-Hil-ASCOT-2, les concentrations obtenues sont en accord avec celles obtenues en entrée des STEU (cf. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU)). Néanmoins, les campagnes de milieu naturel n'ont jamais mis en évidence la présence significative de DEHP dans la Jalle de Blanquefort (cf. Milieu Naturel).

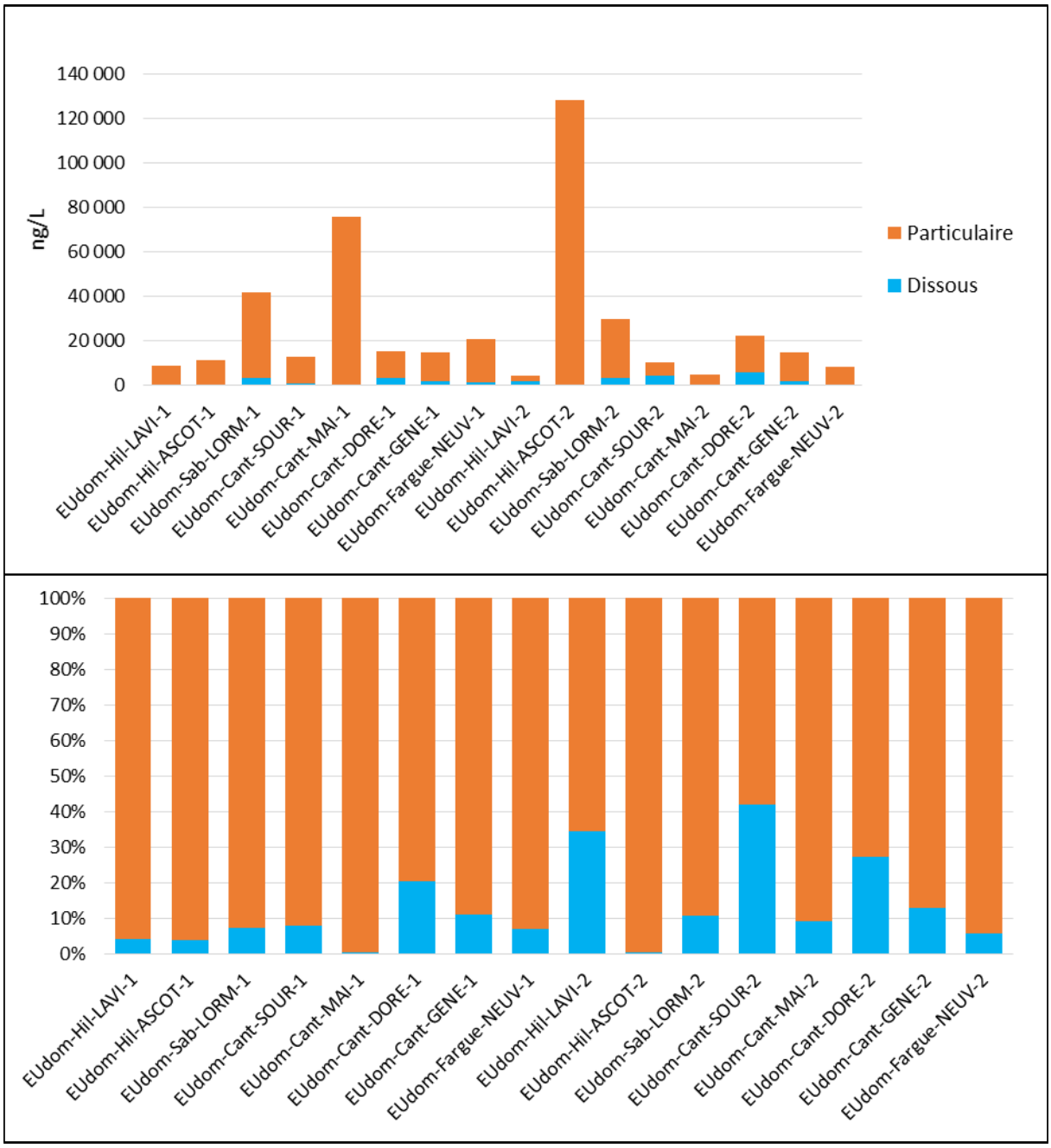


Figure 268. Concentration totale en DEHP (ng/L) - Phase dissoute + Phase particulaire

Le calcul des flux permet de mesurer l'apport de contamination en DEHP par les eaux usées domestiques. Cet apport varie entre 101 et 9 695 mg/jour, le maximum étant obtenu par le point EUdom-Hil-ASCOT-2 (Figure 269).

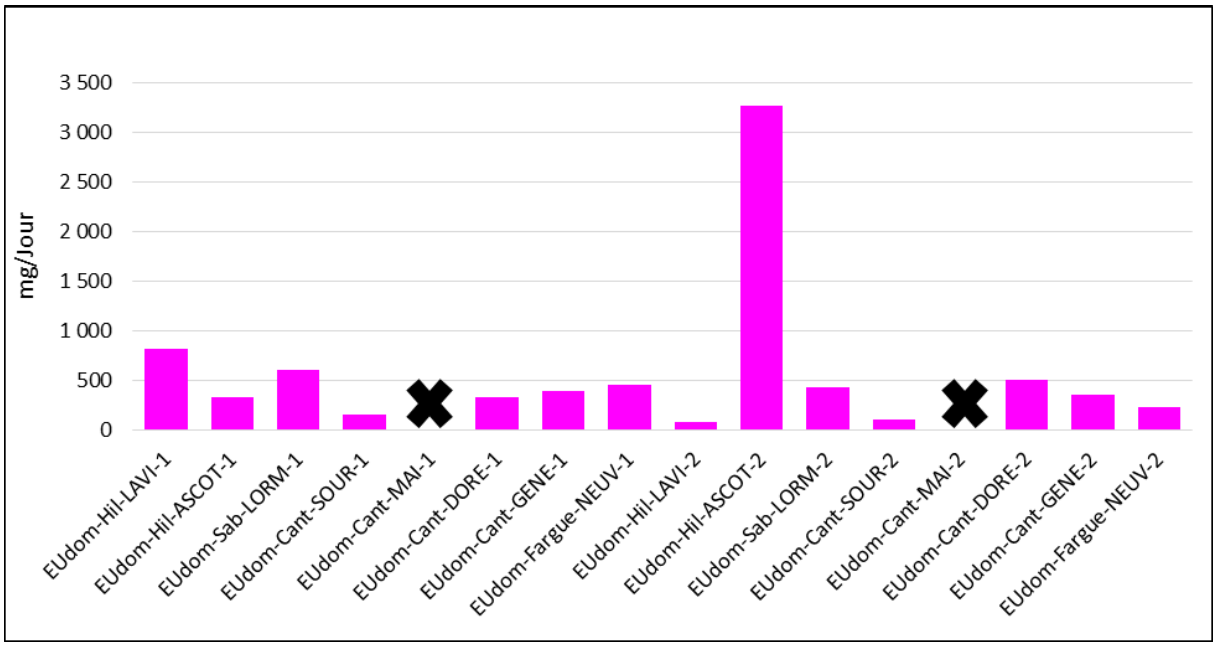


Figure 269. Flux total de DEHP (mg/jourg/jour) - Phase dissoute + Phase particulaire

12. Conclusions

Les grandes familles de composés majoritairement présentes dans les eaux usées domestiques sont les pharmaceutiques, le DEHP, les parabènes, les filtres UV, le BPA, le triclosan, les alkylphénols et les pesticides. Au sein de chaque famille des composés se démarquent tout particulièrement.

- Pour les pharmaceutiques, l'empreinte est caractéristique de la présence de paracétamol, de caféine et d'acide salicylique.
- Pour les pesticides, on observe une prédominance du glyphosate et de de son métabolite l'AMPA, puis de pesticides à usage domestique (fipronil, carbendazime, imidaclopride).
- Pour les alkylphénols, le composé majoritairement détecté dans le milieu est le 4-nonylphénol.
- Pour les PFAS, les eaux pluviales zones urbaines sont marquées par la présence majoritaire de PFOS, PFOA et 8:2FTSA.
- Pour les filtres UV, les marqueurs des eaux usées domestiques sont l'octocrylène, l'avobenzone, l'EHMC et l'oxybenzone.
- Pour les parabènes, les molécules majoritairement présentes dans les eaux usées domestiques sont le méthyl- l'éthyl- et le propyl-parabène.
- Le BPA et le triclosan contribuent également, à plus faible proportion, à la contamination des eaux usées domestiques.

VI. Liste des substances traceurs de sources

1. Profil de contamination général

Le profil général de contamination est présenté dans la Figure 270. On peut distinguer 3 sortes de profils en fonction des sources : 1) les eaux usées (EU-DOM, EU-ZI et EU-CHU) ainsi que les entrées de STEU marquées par de fortes concentrations en composés pharmaceutiques, 2) les eaux pluviales (EP-ZU, Exutoires pluviaux et Bois Gramond (y compris pollutogramme) marquées par les pesticides et les HAP, 3) la sortie de STEU et le milieu naturel marqués par les pharmaceutiques et les pesticides. Le phtalate DEHP est un composé ubiquiste présent quelle que soit la source analysée.

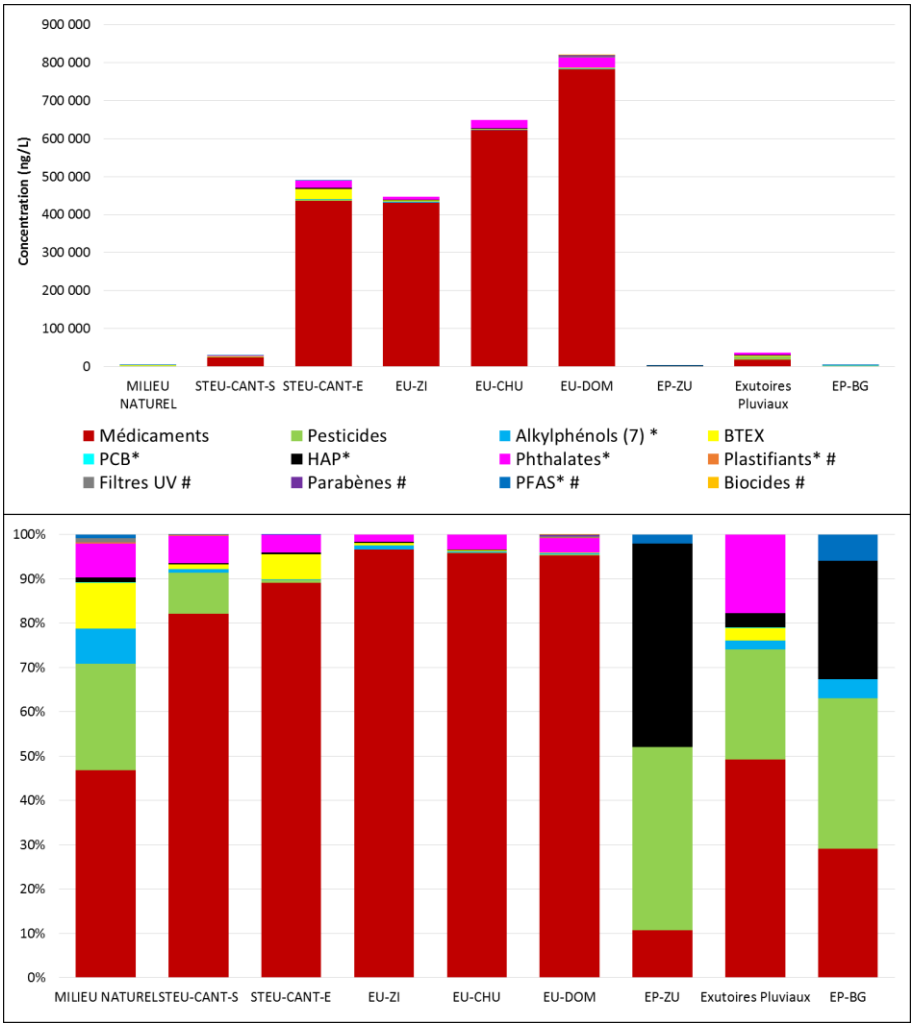


Figure 270. Concentration cumulées (ng/L) pour les grandes classes de composés organiques en fonction des sources obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source. (* : Composés recherchés dans les deux phases, # : Composés non recherchés dans EU-ZI, EU-CHU, EP-ZU et Exutoires pluviaux)

2. Pharmaceutiques

La Figure 271 présente les concentrations en composés pharmaceutiques le long du continuum en fonction des sources analysées. Dans le cas de ces composés, deux groupes se distinguent. Les eaux usées (EU-DOM, EU-ZI et EU-CHU), l'entrée de STEU et les eaux pluviales (EP-ZU, Bois Gramond et Exutoires pluviaux) sont marquées par les composés caractéristiques des eaux usées non traitées : l'acide salicylique, le paracétamol et la caféine. A contrario, le milieu naturel présente la même empreinte que la sortie de STEU à savoir la présence d'acide fénofibrique, de gabapentine, de carbamazépine, de sotalol, d'oxazépam et de diclofénac. En effet, ces composés sont très peu dégradés en STEU et il n'est donc pas étonnant de les retrouver dans le milieu naturel (Tableau 27). Ces composés peuvent donc être considérés comme des traceurs d'eaux usées traitées. On peut également noter la présence d'hydroxy-ibuprofène tout le long du continuum.

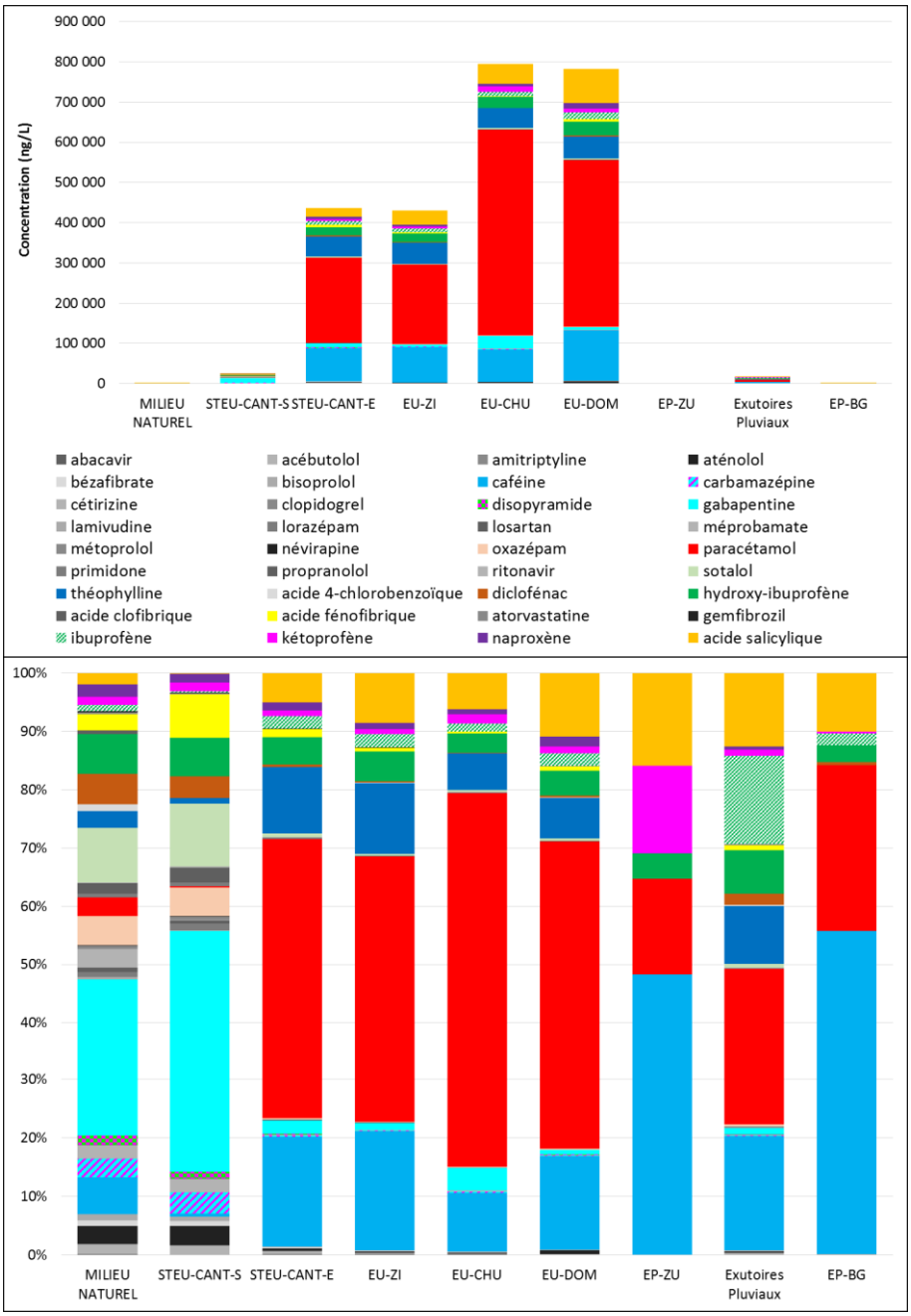


Figure 271. Concentrations cumulées (ng/L) en composés pharmaceutiques, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source

3. Pesticides

La Figure 272 présente les concentrations en pesticides le long du continuum en fonction des sources analysées. Excepté pour les Eaux Usées Zones Industrielles, toutes les sources sont majoritairement marquées par la présence de glyphosate et d'AMPA. Seul le milieu naturel présente un profil légèrement différent avec la présence des marqueurs agricoles (Métolachlore + métabolites).

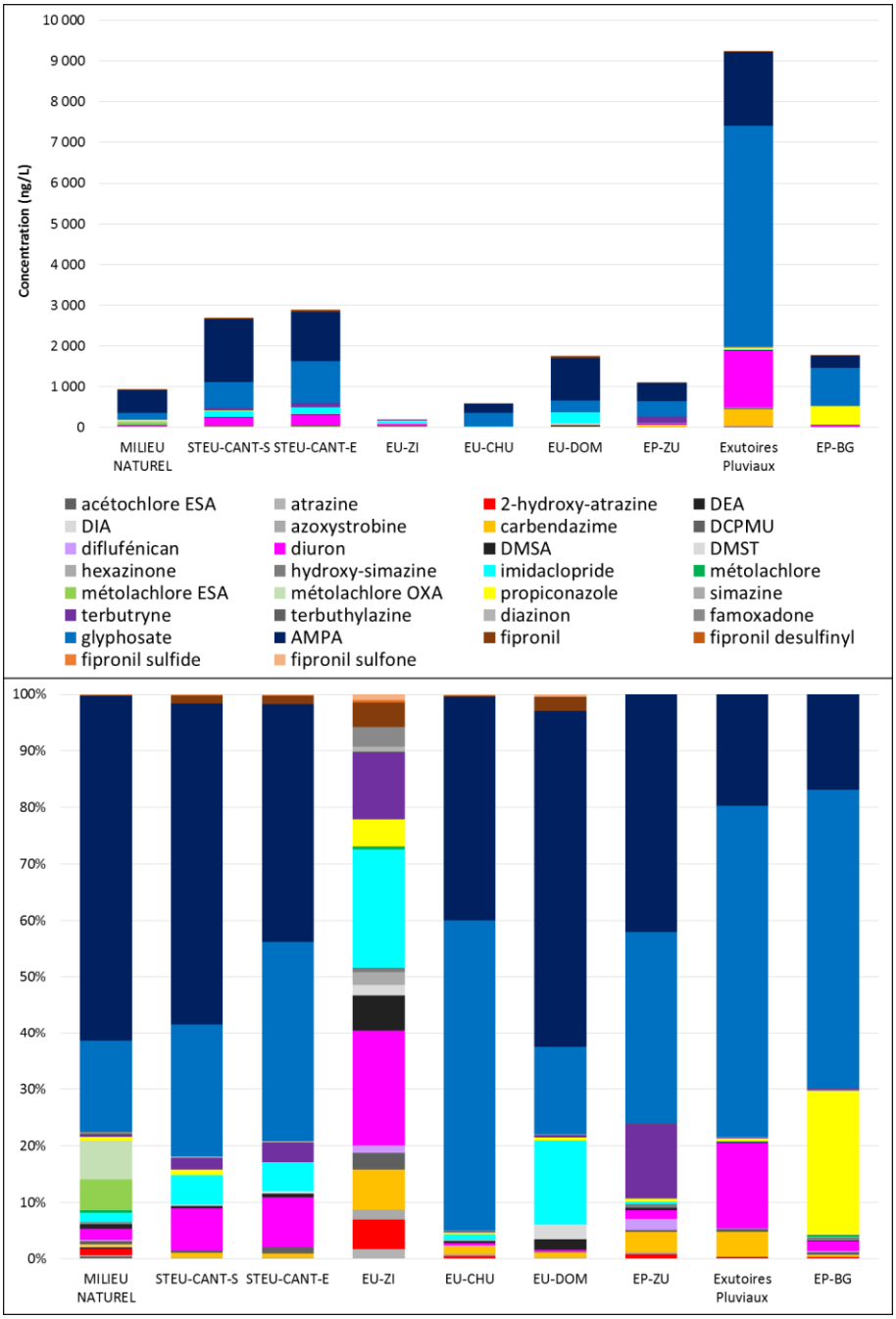


Figure 272. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source

Les concentrations en pesticides sans l'influence du glyphosate et de l'AMPA sont présentées dans la Figure 273. Les eaux usées (domestiques, industrielles et CHU) sont marquées par la présence de pesticides domestiques tels que le fipronil (+ métabolites) et l'imidaclopride. Toutes les eaux pluviales sont marquées par de fortes concentrations en pesticides utilisés pour le traitement des surfaces tels que le propiconazole, le diuron et la terbutryne.

Tous ces composés pesticides sont également retrouvés en entrée de STEU mais aussi en sortie du fait de leur faible taux d'abattement (Tableau 27).

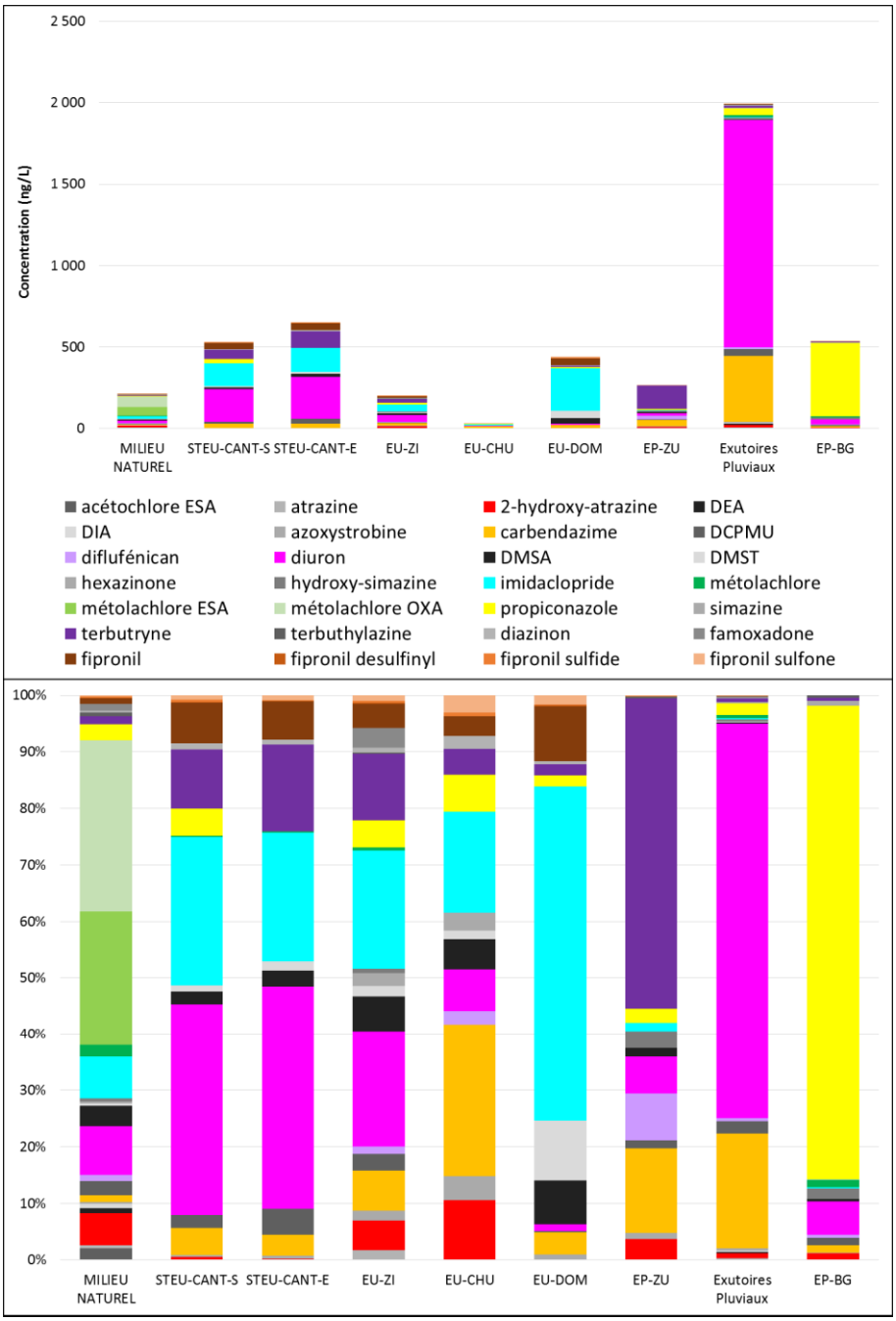


Figure 273. Concentrations cumulées (ng/L) en pesticides sans l'influence du glyphosate et de l'AMPA, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source

4. Alkylphénols

Comme le montre la Figure 274, les alkylphénols sont présents tout le long du continuum, plus particulièrement le 4-nonylphénol. A noter que les alkylphénols n'ont pas été recherchés dans les eaux pluviales zones urbaines.

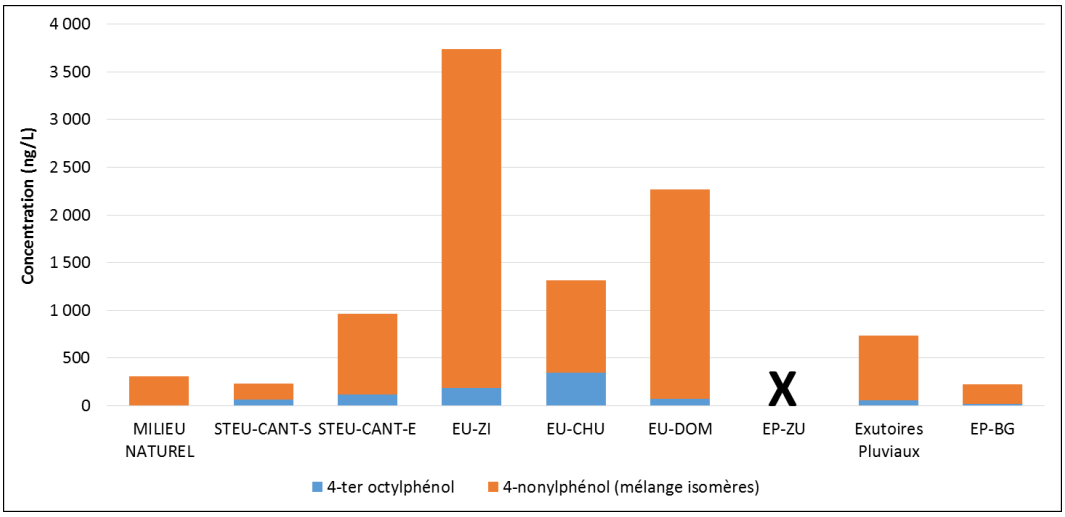


Figure 274. Concentrations cumulées (ng/L) en Alkylphénols, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composés recherchés dans les deux phases (X : composés non recherchés dans cette source)

5. HAP

Les concentrations en HAP sont présentées dans la Figure 274. Ces composés ont été détectés dans les eaux usées comme dans les eaux pluviales et marquent fortement l'entrée de STEU. Cependant, les concentrations relevées dans les eaux pluviales sont plus élevées que celles obtenues dans les eaux usées. Leur présence en entrée de STEU provient donc essentiellement du lessivage par temps pluvieux. Néanmoins, ces composés étant très bien abattus en STEU (Tableau 27), ils ne sont présents qu'à de faibles concentrations en sortie de STEU et dans le milieu naturel.

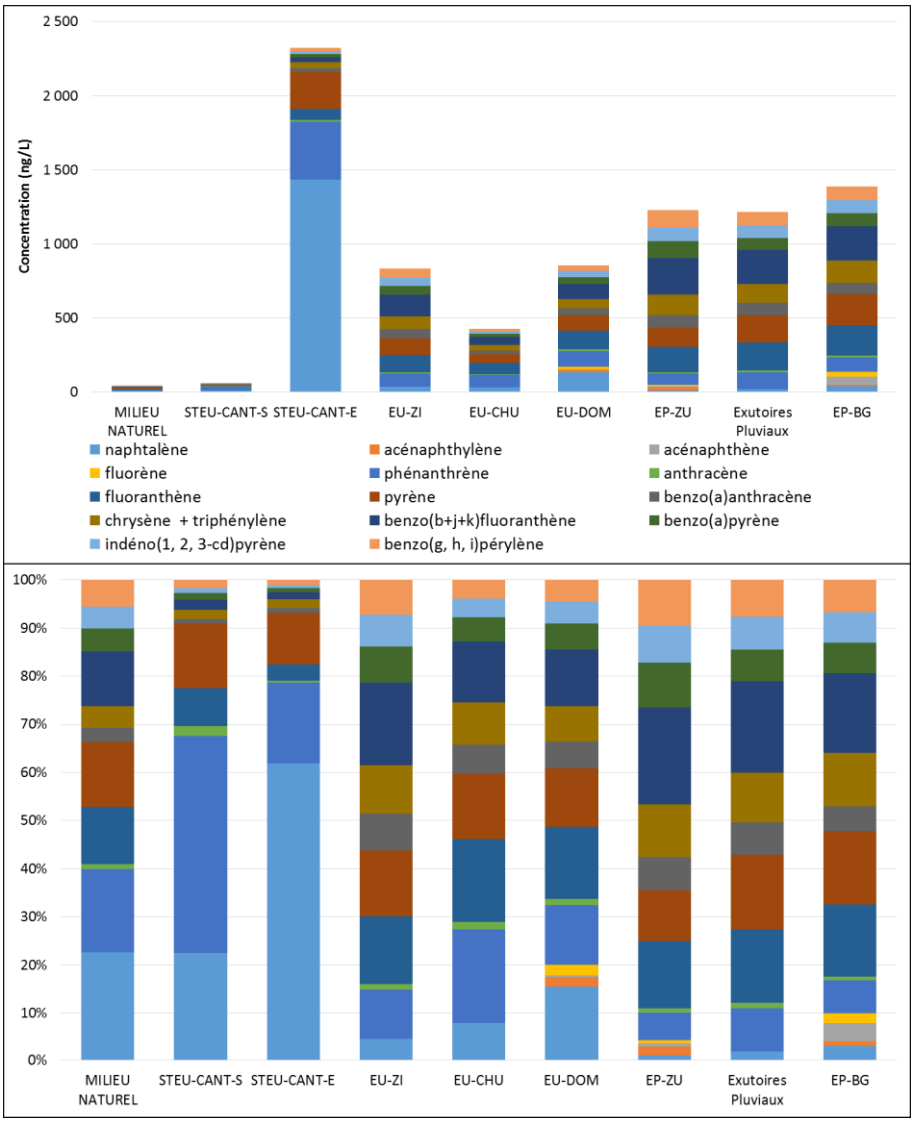


Figure 275. Concentrations cumulées (ng/L) en HAP, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composés recherchés dans les deux phases

6. Phtalates

Le phtalate DEHP n'a pas été recherché dans les eaux usées zones urbaines ni dans Bois Gramond. Néanmoins il est présent dans tout le continuum, y compris en sortie de STEU et dans le milieu naturel, à des concentrations pouvant atteindre 26 000 ng/L pour les eaux usées domestiques.

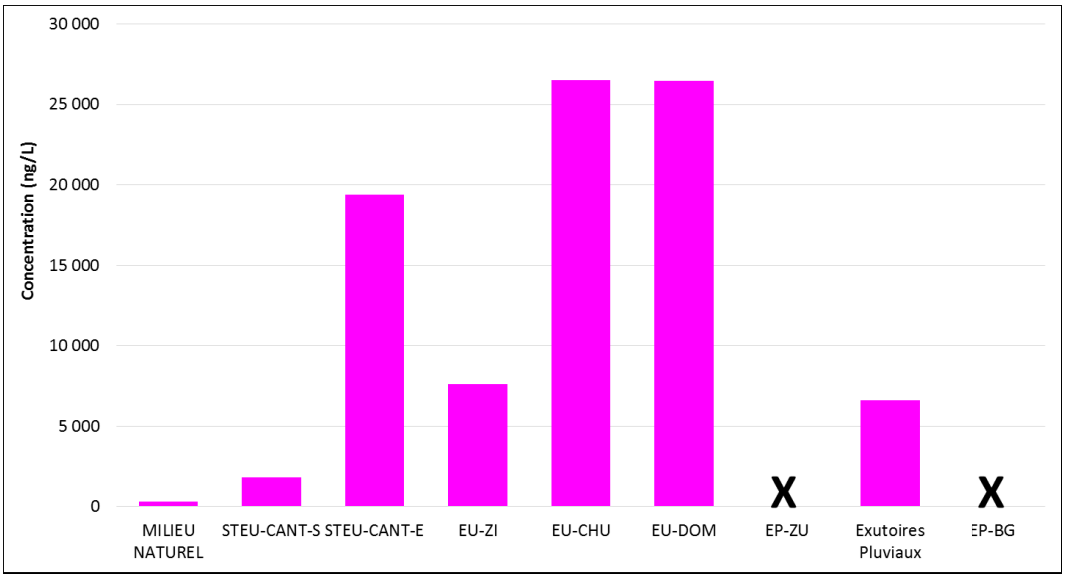


Figure 276. Concentrations cumulées (ng/L) en DEHP, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composé recherché dans les deux phases (X : composé non recherché dans cette source)

7. Bisphénol A

Le Bisphénol A n'a été analysé que dans les eaux usées domestiques, le milieu naturel et la STEU (entrée et sortie). La Figure 277 présente les concentrations dans différentes sources et montre sa présence en sortie de STEU et dans le milieu naturel. N'ayant pas été analysé dans toutes les sources, il est à l'heure actuelle difficile d'établir une origine précise de la contamination.

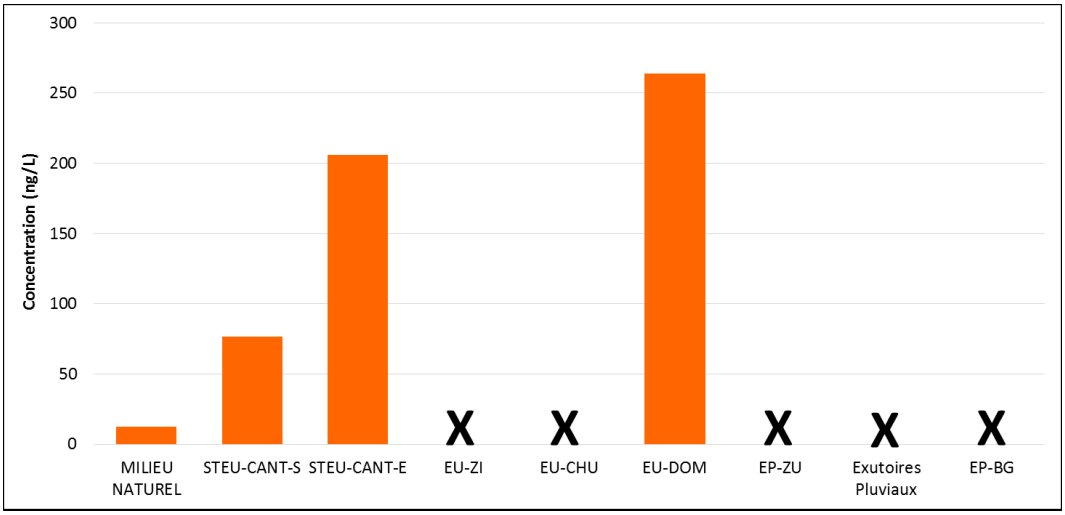


Figure 277. Concentrations cumulées (ng/L) en BPA, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composé recherché dans les deux phases (X : composé non recherché dans cette source)

8. Filtres UV

A l'heure actuelle, les filtres UV ont uniquement été analysés dans les eaux usées domestiques et dans le milieu naturel. Les concentrations obtenues sont présentées dans la Figure 278. N'ayant pas été analysés dans toutes les sources, il est à l'heure actuelle difficile d'établir une origine précise de la contamination.

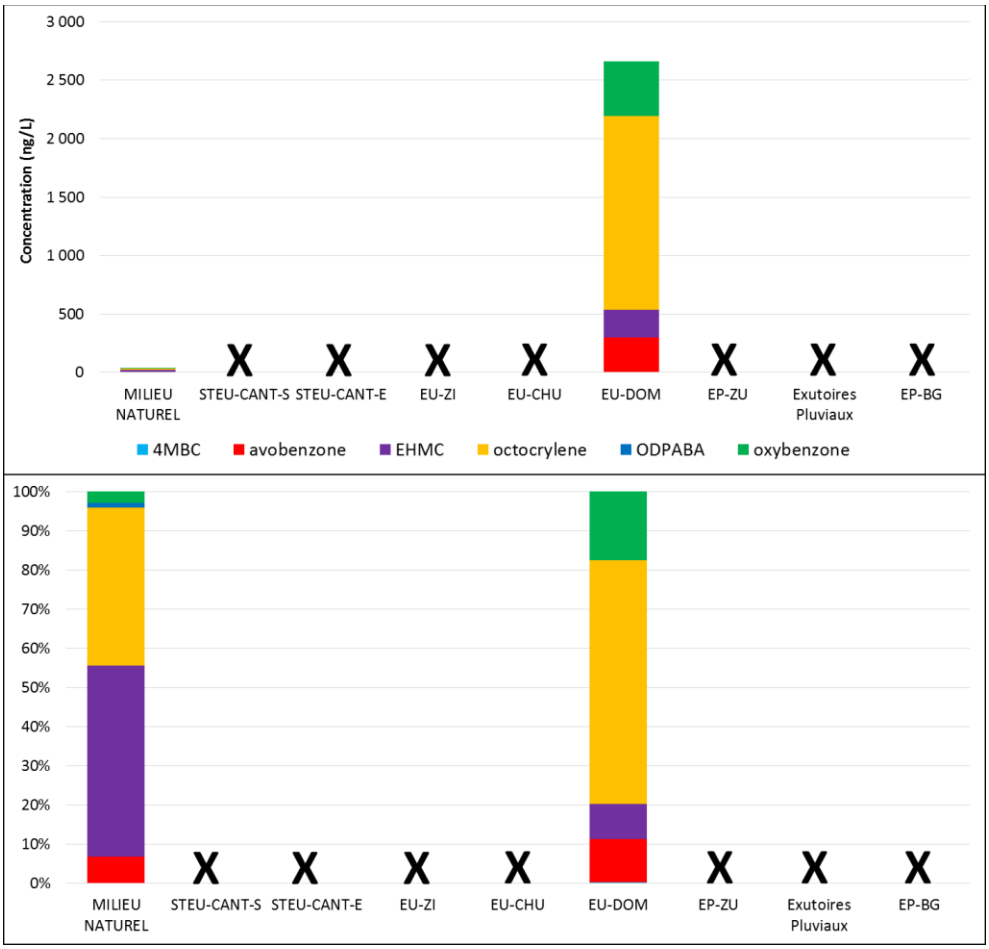


Figure 278. Concentrations cumulées (ng/L) en Filtres UV, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source (X : composés non recherchés dans cette source)

9. PFAS

Les PFAS n'ont pas été recherchés dans les eaux usées zones industrielles, les eaux usées CHU et les exutoires pluviaux. La Figure 279 présente les concentrations obtenues le long du continuum. Il apparaît que 1) les plus fortes concentrations sont retrouvées sur le site de Bois Gramond et 2) les PFAS ne sont pas traités par la STEU et sont présents dans le milieu naturel.

Deux types de profils se dégagent, en effet le site de Bois Gramond est marqué par la présence de 6:2FTSA, de PFPeA et de PFHxA alors que les eaux usées domestiques sont marquées par la présence de PFOS, de 8:2FTSA et de PFOA.

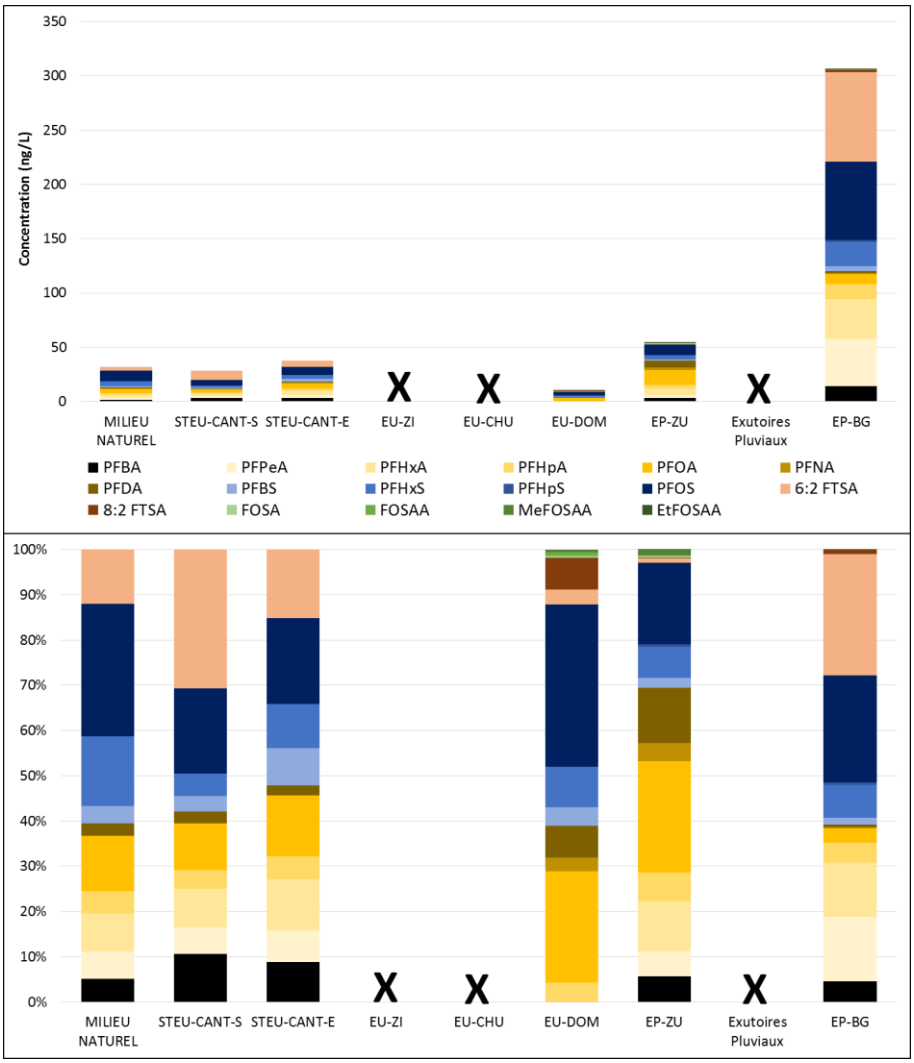


Figure 279. Concentrations cumulées (ng/L) en PFAS, en fonction des sources, obtenues par la moyenne de toutes les campagnes/source – Composés recherchés dans les deux phases (X : composés non recherchés dans cette source)

10. Conclusion

Les analyses menées ont donc permis d'établir, pour chaque source, une liste de molécules d'intérêt répertoriées dans le Tableau 45.

CONTRIBUTION AU SEIN D'UNE MÊME CLASSE DE COMPOSES

- Contribution élevée
- Contribution moyenne
- Contribution faible
- Molécule non recherchée
- Contribution minime

				STEU		MILIEU NATUREL
		EAUX USEES	EAUX PLUVIALES	Entrée	Sortie	
Pharmaceutiques	acide fénofibrique					
	caféine					
	carbamazépine					
	diclofénac					
	gabapentine					
	hydroxy-ibuprofène					
	ibuprofène					
	oxazepam					
	paracétamol					
	sotalol					
	acide salicylique					
Pesticides	diuron					
	fipronil + métabolites					
	imidaclopride					
	métolachlore					
	métolachlore ESA					
	métolachlore OXA					
	propiconazole					
	terbutryne					
	glyphosate					
	AMPA					
Alkylphénols	nonylphénol (NP)					
HAP	anthracène					
	benzo[a]anthracène					
	benzo[a]pyrène					
	benzo[b+j+k]fluoranthène					
	benzo[g,h,i]pérylène					
	chrysène + triphénylène					
	fluoranthène					
	indéno[1,2,3-cd]pyrène					
	naphtalène					
	phénanthrène					
	pyrène					
Phthalates	DEHP					
Plastifiants	BPA					
Filtres UV	oxybenzone					
	EHMC					
	Octocrylène					
Parabènes	méthylparabène					
	éthylparabène					
	propylparabène					
PFAS	PFHxA					
	PFOA					
	PFOS					
	PFPeA					
	6:2 FTSA					
	8:2 FTSA					
Biocides	triclosan					

Tableau 45. Récapitulatif des molécules présentes dans le milieu naturel et les différentes sources

VII. Conclusion générale

La lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines représente, à l'heure actuelle, un enjeu important et complexe. La première phase du projet de recherche REGARD consistait à caractériser les micropolluants organiques présents dans la Jalle de Blanquefort mais également dans les sources potentielles. A ce titre, un suivi de ces micropolluants a été réalisé tout le long du continuum de la Jalle depuis les sources (pluviale, industrielle, domestique, hospitalière) jusqu'au milieu naturel afin de déterminer des traceurs, le but étant à terme de mettre en place des actions permettant de limiter l'utilisation de certaines molécules.

Références bibliographiques

Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2016. Répertoire des spécialités pharmaceutiques [WWW Document].

Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2014. Analyse des ventes de medicaments en France en 2013.

Ahrens, L., 2011. Polyfluoroalkyl compounds in the aquatic environment: a review of their occurrence and fate. J. Environ. Monit. 13, 20–31. doi:10.1039/C0EM00373E

Ahrens, L., Felizeter, S., Sturm, R., Xie, Z., Ebinghaus, R., 2009. Polyfluorinated compounds in waste water treatment plant effluents and surface waters along the River Elbe, Germany. Mar. Pollut. Bull. 58, 1326–1333. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.028

Aminot, Y., 2013. Etude de l'impact des effluents urbains sur la qualité des eaux de la Garonne estuarienne : application aux composés pharmaceutiques et aux filtres UV. Université de Bordeaux 1.

Azuma, T., Arima, N., Tsukada, A., Hirami, S., Matsuoka, R., Moriwake, R., Ishiuchi, H., Inoyama, T., Teranishi, Y., Yamaoka, M., Mino, Y., Hayashi, T., Fujita, Y., Masada, M., 2016. Detection of pharmaceuticals and phytochemicals together with their metabolites in hospital effluents in Japan, and their contribution to sewage treatment plant influents. Sci. Total Environ. 548–549, 189–197. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.157

Azuma, T., Ishiuchi, H., Inoyama, T., Teranishi, Y., Yamaoka, M., Sato, T., Mino, Y., 2015. Occurrence and fate of selected anticancer, antimicrobial, and psychotropic pharmaceuticals in an urban river in a subcatchment of the Yodo River basin, Japan. Environ. Sci. Pollut. Res. 22, 18676–18686. doi:10.1007/s11356-015-5013-6

Barbosa, A.E., Fernandes, J.N., David, L.M., 2012. Key issues for sustainable urban stormwater management. Water Res. 46, 6787–6798. doi:10.1016/j.watres.2012.05.029

Becker, A.M., Gerstmann, S., Frank, H., 2008. Perfluorooctane surfactants in waste waters, the major source of river pollution. Chemosphere 72, 115–121. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.01.009

Birch, H., Mikkelsen, P.S., Jensen, J.K., Lützhøft, H.-C.H., 2011. Micropollutants in stormwater runoff and combined sewer overflow in the Copenhagen area, Denmark. Water Sci. Technol. 64, 485 LP-493.

Bollmann, U.E., Tang, C., Eriksson, E., Jönsson, K., Vollertsen, J., Bester, K., 2014. Biocides in urban wastewater treatment plant influent at dry and wet weather: Concentrations, mass flows and possible sources. Water Res. 60, 64–74. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.04.014

Botta, F., 2014. Etude sur les contaminants émergents dans les eaux françaises Résultats de l ' étude prospective 2012 sur les contaminants émergents dans les eaux de surface continentales de la métropole et des DOM Rapport final.

Botta, F., Lavison, G., Couturier, G., Alliot, F., Moreau-Guigon, E., Fauchon, N., Guery, B., Chevreuil, M., Blanchoud, H., 2009. Transfer of glyphosate and its degradate AMPA to surface waters through urban sewerage systems. Chemosphere 77, 133–139. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.05.008

Boyd, G.R., Palmeri, J.M., Zhang, S., Grimm, D.A., 2004. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and endocrine disrupting chemicals (EDCs) in stormwater canals and Bayou St. John in New Orleans, Louisiana, USA. Sci. Total Environ. 333, 137–148.

doi:10.1016/j.scitotenv.2004.03.018

Buerge, I.J., Buser, H.-R., Poiger, T., Müller, M.D., 2006. Occurrence and Fate of the Cytostatic Drugs Cyclophosphamide and Ifosfamide in Wastewater and Surface Waters. Environ. Sci. Technol. 40, 7242–7250. doi:10.1021/es0609405

Burkhardt, M., Kupper, T., Hean, S., Haag, S., Schmid, P., Kohler, M., Boiler, M., 2007. Biocides used in building materials and their leaching behavior to sewer systems. Water Sci. Technol. 56, 63–67. doi:10.2166/wst.2007.807

Campo, J., Masiá, A., Blasco, C., Picó, Y., 2013. Occurrence and removal efficiency of pesticides in sewage treatment plants of four Mediterranean River Basins. J. Hazard. Mater. 263, Part, 146–157. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.09.061

Canosa, P., Rodríguez, I., Rubí, E., Bollaín, M.H., Cela, R., 2006. Optimisation of a solid-phase microextraction method for the determination of parabens in water samples at the low ng per litre level. J. Chromatogr. A 1124, 3–10. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2006.03.045

Capdeville, M.-J., 2011. Études des cycles biogéochimiques des contaminants organiques dits « émergents » dans les systèmes aquatiques.

Česen, M., Kosjek, T., Busetti, F., Kompare, B., Heath, E., 2016. Human metabolites and transformation products of cyclophosphamide and ifosfamide: analysis, occurrence and formation during abiotic treatments. Environ. Sci. Pollut. Res. 23, 11209–11223. doi:10.1007/s11356-016-6321-1

Chabaud, M., 2010. La Caféine.

ChemSec, 2014. Bisphenol A. Bisphenol A 1–77. doi:10.1177/2165079915623790.

Chisvert, A., Tarazona, I., Salvador, A., 2013. A reliable and environmentally-friendly liquid-chromatographic method for multi-class determination of fat-soluble UV filters in cosmetic products. Anal. Chim. Acta 790, 61–67. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2013.06.032

Choubert, J.-M., Pomiès, M., Miège, C., Coquery, M., 2012. Élimination Des Micropolluants Par Les Stations D'Épuration Domestiques. Sci. Eaux Territ. 9, 6–15.

Choubert, J.M., Martin Ruel, S., Budzinski, H., Miège, C., Esperanza, M., Soulier, C., Lagarrigue, C., Coquery, M., 2011. Evaluer les rendements des stations d'épuration - Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. Tech. - Sci. - Methodes 44–62.

Comité Français du Café - L'économie du café [WWW Document], 2016.

Coquery, M., Pomies, M., Martin-Ruel, S., Budzinski, H., Miege, C., Esperanza, M., Soulier, C., Choubert, J.M., 2011. Mesurer les micropolluants dans les eaux usées brutes et traitées. Protocoles et résultats pour l'analyse des concentrations et des flux. Tech. - Sci. - Methodes 25–43.

Cruz, J.M., 2015. Etude de la contamination par les pesticides des milieux eau, air et sols : développement de nouveaux outils et application à l'estuaire de la Gironde.

D'eon, J.C., Crozier, P.W., Furdui, V.I., Reiner, E.J., Libelo, E.L., Mabury, S.A., 2009. Observation of a Commercial Fluorinated Material, the Polyfluoroalkyl Phosphoric Acid Diesters, in Human Sera, Wastewater Treatment Plant Sludge, and Paper Fibers. Environ. Sci. Technol. 43, 4589–4594. doi:10.1021/es900100d

Daouk, S., Chèvre, N., Vernaz, N., Bonnabry, P., Dayer, P., Daali, Y., Fleury-Souverain, S., 2015.

Prioritization methodology for the monitoring of active pharmaceutical ingredients in hospital effluents. J. Environ. Manage. 160, 324–332. doi:10.1016/j.jenvman.2015.06.037

Dinh, Q.T., Moreau-Guigon, E., Labadie, P., Alliot, F., Teil, M.-J., Blanchard, M., Chevreuil, M., 2017. Occurrence of antibiotics in rural catchments. Chemosphere 168, 483–490. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.10.106

Dreyer, A., Matthias, V., Weinberg, I., Ebinghaus, R., 2010. Wet deposition of poly- and perfluorinated compounds in Northern Germany. Environ. Pollut. 158, 1221–1227. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2010.01.030

Dufour, V., Cruz, J., Chambolle, M., Granger, D., Le Menach, K., Pardon, P., Litrico, X., Budzinski, H., 2015. Étude de la contamination de la masse d'eau en pesticides, comparatif entre prélèvements ponctuels et échantillonnage passif – Applications à des eaux naturelles et à des effluents de zones industrielles de la région bordelaise. Rev. des Sci. l'eau 28, 223. doi:10.7202/1034011ar

Fürhacker, M., Scharf, S., Weber, H., 2000. Bisphenol A: emissions from point sources. Chemosphere 41, 751–756. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00466-X

Gasperi, J., Sebastian, C., Ruban, V., Delamain, M., Percot, S., Wiest, L., Mirande, C., Caupos, E., Demare, D., Kessoo, M.D.K., Saad, M., Schwartz, J.J., Dubois, P., Fratta, C., Wolff, H., Moilleron, R., Chebbo, G., Cren, C., Millet, M., Barraud, S., Gromaire, M.C., 2014. Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations, and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments. Environ. Sci. Pollut. Res. 21, 5267–5281. doi:10.1007/s11356-013-2396-0

Geara-matta, D., 2013. Flux et sources des parabènes , du triclosan et du triclocarban en milieux urbains denses : comparaison entre Paris et Beyrouth.

Giokas, D.L., Salvador, A., Chisvert, A., 2007. UV filters: From sunscreens to human body and the environment. TrAC Trends Anal. Chem. 26, 360–374. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2007.02.012

Granger, D., Cruz, J., Capdeville, M.-J., Barrault, J., Carrere, G., Dufour, V., Salles, D., Budzinski, H., Chambolle, M., 2016. Rapport final, phase 1, Plan Micropolluants Bordeaux Métropole. SUEZ-LyRE.

Helsel, D.R., 2006. Fabricating data: How substituting values for nondetects can ruin results, and what can be done about it. Chemosphere 65, 2434–2439. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.051

Herrmann, M., Olsson, O., Fiehn, R., Herrel, M., Kümmerer, K., 2015. The significance of different health institutions and their respective contributions of active pharmaceutical ingredients to wastewater. Environ. Int. 85, 61–76. doi:10.1016/j.envint.2015.07.020

Houde, M., Martin, J.W., Letcher, R.J., Solomon, K.R., Muir, D.C.G., 2006. Biological Monitoring of Polyfluoroalkyl Substances : A Review Critical Review Biological Monitoring of Polyfluoroalkyl Substances : A Review. Environ. Sci. Technol. 40, 3463–3473. doi:10.1021/es052580b

Houtz, E.F., Sutton, R., Park, J.-S., Sedlak, M., 2016. Poly- and perfluoroalkyl substances in wastewater: Significance of unknown precursors, manufacturing shifts, and likely AFFF impacts. Water Res. 95, 142–149. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.055

Isidori, M., Lavorgna, M., Russo, C., Kundi, M., Žegura, B., Novak, M., Filipič, M., Mišík, M., Knasmueller, S., de Alda, M.L., Barceló, D., Žonja, B., Česen, M., Ščančar, J., Kosjek, T., Heath, E., 2016. Chemical and toxicological characterisation of anticancer drugs in hospital and municipal

wastewaters from Slovenia and Spain. Environ. Pollut. 219, 275–287. doi:10.1016/j.envpol.2016.10.039

Jaworska, J., Van Genderen-Takken, H., Hanstveit, A., van de Plassche, E., Feijtel, T., 2002. Environmental risk assessment of phosphonates, used in domestic laundry and cleaning agents in the Netherlands. Chemosphere 47, 655–665. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00328-9

Jonkers, N., Kohler, H.-P.E., Dammshäuser, A., Giger, W., 2009. Mass flows of endocrine disruptors in the Glatt River during varying weather conditions. Environ. Pollut. 157, 714–723. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2008.11.029

Köck-Schulmeyer, M., Villagrasa, M., López de Alda, M., Céspedes-Sánchez, R., Ventura, F., Barceló, D., 2013. Occurrence and behavior of pesticides in wastewater treatment plants and their environmental impact. Sci. Total Environ. 458–460, 466–476. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.010

Kovalova, L., Siegrist, H., Singer, H., Wittmer, A., McArdell, C.S., 2012. Hospital Wastewater Treatment by Membrane Bioreactor: Performance and Efficiency for Organic Micropollutant Elimination. Environ. Sci. Technol. 46, 1536–1545. doi:10.1021/es203495d

Krein, A., Salvia-Castellvi, M., Iffly, J.F., Pfister, L., Hoffmann, L., 2007. The importance of precedent hydro-climatological conditions for the mass transfer of pollutants in separated sewer systems and corresponding tributaries during storm events. Water. Air. Soil Pollut. 182, 357–368. doi:10.1007/s11270-007-9347-7

Kümmerer, K., Henninger, A., 2003. Promoting resistance by the emission of antibiotics from hospitals and households into effluent. Clin. Microbiol. Infect. 9, 1203–1214. doi:10.1111/j.1469-0691.2003.00739.x

Labadie, P., Chevreuil, M., 2011. Partitioning behaviour of perfluorinated alkyl contaminants between water, sediment and fish in the Orge River (nearby Paris, France). Environ. Pollut. 159, 391–397. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.039

Launay, M.A., Dittmer, U., Steinmetz, H., 2016. Organic micropollutants discharged by combined sewer overflows ??? Characterisation of pollutant sources and stormwater-related processes. Water Res. 104, 82–92. doi:10.1016/j.watres.2016.07.068

Le Corre, K.S., Ort, C., Kateley, D., Allen, B., Escher, B.I., Keller, J., 2012. Consumption-based approach for assessing the contribution of hospitals towards the load of pharmaceutical residues in municipal wastewater. Environ. Int. 45, 99–111. doi:10.1016/j.envint.2012.03.008

Li, W., Ma, Y., Guo, C., Hu, W., Liu, K., Wang, Y., Zhu, T., 2007. Occurrence and behavior of four of the most used sunscreen UV filters in a wastewater reclamation plant. Water Res. 41, 3506–3512. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2007.05.039

Lind, L., Lind, P.M., 2012. Can persistent organic pollutants and plastic-associated chemicals cause cardiovascular disease? J. Intern. Med. 271, 537–553. doi:10.1111/j.1365-2796.2012.02536.x

Liu, J., Mejia Avendaño, S., 2013. Microbial degradation of polyfluoroalkyl chemicals in the environment: A review. Environ. Int. 61, 98–114. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2013.08.022

McArdle, W., Katch, F.I., Katch, V.L., 2004. Nutrition et performances sportives. De Boeck Supérieur.

Morin, A., 2009. LES SUBSTANCES EMERGENTES DANS L ' ENVIRONNEMENT Note de synthèse sur l ' état de l ' art concernant les produits pharmaceutiques , les cosmétiques et les produits d '

hygiène corporelle Document final (Version C) Convention de partenariat ONEMA-INERIS 2008.

Munoz, G., 2015. Ecodynamique des composés poly- et perfluoroalkylés dans les écosystèmes aquatiques.

Ort, C., Lawrence, M.G., Reungoat, J., Eaglesham, G., Carter, S., Keller, J., 2010. Determining the fraction of pharmaceutical residues in wastewater originating from a hospital. Water Res. 44, 605–615. doi:10.1016/j.watres.2009.08.002

Ouest France, 2016. Bordeaux teste la peinture anti-pipi sur les murs.

Panasiuk, O., Hedström, A., Marsalek, J., Ashley, R.M., Viklander, M., 2015. Contamination of stormwater by wastewater: A review of detection methods. J. Environ. Manage. 152, 241–250. doi:10.1016/j.jenvman.2015.01.050

Partner, P., Salland, W.G., Evenblij, H., Helwig, K., Hunter, C., Jiang, J., MacLachlan, J., McNaughtan, M., Pahl, O., Roberts, J., 2012. Pharmaceutical Input and Elimination from local sources.

Prevedouros, K., Cousins, I.T., Buck, R.C., Korzeniowski, S.H., 2006. Sources, Fate and Transport of Perfluorocarboxylates. Environ. Sci. Technol. 40, 32–44. doi:10.1021/es0512475

Pruss-Ustun, a, Wolf, J., Bos, R., Neira, M., 2016. PREVENTING DISEASE THROUGH HEALTHY ENVIRONMENTS A global assessment of the burden of disease from 147.

Quoc Tuc, D., Elodie, M.-G., Pierre, L., Fabrice, A., Marie-Jeanne, T., Martine, B., Joelle, E., Marc, C., 2017. Fate of antibiotics from hospital and domestic sources in a sewage network. Sci. Total Environ. 575, 758–766. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.118

Sadaria, A.M., Supowit, S.D., Halden, R.U., 2016. Mass Balance Assessment for Six Neonicotinoid Insecticides During Conventional Wastewater and Wetland Treatment: Nationwide Reconnaissance in United States Wastewater. Environ. Sci. Technol. 50, 6199–6206. doi:10.1021/acs.est.6b01032

Santos, L.H.M.L.M., Gros, M., Rodriguez-Mozaz, S., Delerue-Matos, C., Pena, A., Barceló, D., Montenegro, M.C.B.S.M., 2013. Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: Identification of ecologically relevant pharmaceuticals. Sci. Total Environ. 461–462, 302–316. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.04.077

Sauvé, S., Aboulfadl, K., Dorner, S., Payment, P., Deschamps, G., Prévost, M., 2012. Fecal coliforms, caffeine and carbamazepine in stormwater collection systems in a large urban area. Chemosphere 86, 118–123. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.09.033

Sghaier, R.B., Net, S., Ghorbel-Abid, I., Bessadok, S., Le Coz, M., Hassan-Chehimi, D.B., Trabelsi-Ayadi, M., Tackx, M., Ouddane, B., 2017. Simultaneous Detection of 13 Endocrine Disrupting Chemicals in Water by a Combination of SPE-BSTFA Derivatization and GC-MS in Transboundary Rivers (France-Belgium). Water. Air. Soil Pollut. 228. doi:10.1007/s11270-016-3195-2

Sidhu, J.P.S., Ahmed, W., Gernjak, W., Aryal, R., McCarthy, D., Palmer, A., Kolotelo, P., Toze, S., 2013. Sewage pollution in urban stormwater runoff as evident from the widespread presence of multiple microbial and chemical source tracking markers. Sci. Total Environ. 463–464, 488–496. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.06.020

Sim, W.-J., Lee, J.-W., Lee, E.-S., Shin, S.-K., Hwang, S.-R., Oh, J.-E., 2011. Occurrence and distribution of pharmaceuticals in wastewater from households, livestock farms, hospitals and pharmaceutical manufactures. Chemosphere 82, 179–186. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.10.026

Sofres, T.N.S., 2014. Nouvelle enquête FACCO / TNS SOFRES : Le chat poursuit sa progression au sein

des foyers français 7–9.

Soulier, C., Gabet, V., Lardy, S., Lemenach, K., Pardon, P., Esperanza, M., Miège, C., Choubert, J.-M., Martin, S., Bruchet, A., Coquery, M., Budzinski, H., 2011. Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence , partition , devenir en station d' épuration. Tech. - Sci. - Methodes 63–77. doi:10.1051/tsm/201101063

Stahl, T., Mattern, D., Brunn, H., 2011. Toxicology of perfluorinated compounds. Environ. Sci. Eur. 23, 38. doi:10.1186/2190-4715-23-38

Verlicchi, P., Al Aukidy, M., Galletti, A., Petrovic, M., Barceló, D., 2012. Hospital effluent: Investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment. Sci. Total Environ. 430, 109–118. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.04.055

Verlicchi, P., Al Aukidy, M., Jelic, A., Petrović, M., Barceló, D., 2014. Comparison of measured and predicted concentrations of selected pharmaceuticals in wastewater and surface water: A case study of a catchment area in the Po Valley (Italy). Sci. Total Environ. 470–471, 844–854. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.10.026

Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M., Barceló, D., Al Aukidy, M., Zambello, E., 2013. Removal of selected pharmaceuticals from domestic wastewater in an activated sludge system followed by a horizontal subsurface flow bed - Analysis of their respective contributions. Sci. Total Environ. 454–455, 411–425. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.03.044

Verlicchi, P., Zambello, E., 2016. Predicted and measured concentrations of pharmaceuticals in hospital effluents. Examination of the strengths and weaknesses of the two approaches through the analysis of a case study. Sci. Total Environ. 565, 82–94. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.04.165

Weston, D.P., Lydy, M.J., 2014. Toxicity of the Insecticide Fipronil and Its Degradates to Benthic Macroinvertebrates of Urban Streams. Environ. Sci. Technol. 48, 1290–1297. doi:10.1021/es4045874

Wilkinson, J.L., Hooda, P.S., Swinden, J., Barker, J., Barton, S., 2017. Spatial distribution of organic contaminants in three rivers of Southern England bound to suspended particulate material and dissolved in water. Sci. Total Environ. 593–594, 487–497. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.03.167

Wittmer, I.K., Bader, H.-P., Scheidegger, R., Singer, H., Lück, A., Hanke, I., Carlsson, C., Stamm, C., 2010. Significance of urban and agricultural land use for biocide and pesticide dynamics in surface waters. Water Res. 44, 2850–2862. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.01.030

Zgheib, S., Moilleron, R., Chebbo, G., 2012. Priority pollutants in urban stormwater: Part 1 – Case of separate storm sewers. Water Res. 46, 6683–6692. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.012

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.1 : Sélection des sites d'étude et définition des protocoles d'expérimentation

Livrable n°11 : Description des sites d'étude et des protocoles d'expérimentation

Version finale - juillet 2018

Auteurs : MJ. Capdeville, D. Granger, C. Chauvin, N. Couderc, R. Pico

Synthèse opérationnelle

Contexte et objectifs

REGARD (REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole BorDelaise) est l'un des 13 projets lauréats de l'appel à projets « lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines » porté par l'AFB et les Agences de l'eau. C'est un projet local portant sur l'ensemble de l'agglomération bordelaise.

En milieu urbain, les sources de micropolluants sont multiples : ruissellement des eaux de pluie, pratiques domestiques, activités industrielles et artisanales, établissements de soins, etc. Le défi relevé par REGARD est de proposer une vision globale et intégrée de ces flux de micropolluants à l'échelle d'un territoire urbain en développement, la métropole de Bordeaux. Le but est d'accompagner la collectivité dans l'orientation de ses choix et dans la détermination de la meilleure stratégie de lutte contre ces pollutions, afin de lui permettre d'atteindre les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

Le projet vise donc à caractériser la pollution de quatre sources d'émission (pluviale, domestique, industrielle et hospitalière) étudiées en parallèle, à proposer une hiérarchisation des risques vis-à-vis de l'impact sur la qualité des milieux aquatiques et enfin à tester et évaluer des actions de réduction des impacts (mesures comportementales, organisationnelles ou de traitement).

REGARD a démarré en mars 2015 pour une durée de 4 ans et 3 mois. Il comporte deux phases : 1) la première consiste à identifier les sources de micropolluants dans le réseau d'assainissement (eaux usées et eaux pluviales) et dans le milieu naturel et, 2) la seconde phase a pour but de stopper ou de réduire les apports de ces micropolluants en testant des solutions de réduction sur le terrain et des actions préventives (exemple : changement de pratiques, de comportements) et/ou curatives (exemple : traitement de l'eau).

Le livrable 1.1 de la tâche 1.1 du lot 1 : Identification des sources de micropolluants et des substances à enjeu, a pour objectif de présenter les différents sites d'étude, les points d'échantillonnage, la stratégie et les protocoles d'échantillonnage ainsi que les paramètres chimiques et biologiques qui seront étudiés dans la première phase du projet (mars 2015 – décembre 2016). Les échantillons de l'action Familles EAU défi ou du pilote de traitement des eaux pluviales, prélevés dans la deuxième phase du projet, sont listés mais leurs sites d'étude ou leurs protocoles de prélèvement ne sont pas détaillés (ils le seront dans les livrables spécifiques associés à ces actions).

Ce premier livrable s'adresse principalement aux personnes impliquées dans le projet REGARD et sert de base à la mise en œuvre de l'ensemble des tâches suivantes du projet. Il vise à regrouper l'ensemble des informations opérationnelles et des données terrain. Ces renseignements sont très utiles pour analyser, comprendre et interpréter les résultats obtenus.

Une partie des actions d'échantillonnage mise en place dans REGARD s'appuie sur deux autres projets de recherche locaux : le « Plan Micropolluants Bordeaux Métropole » et RESEAU. Ces projets ont démarré avant REGARD. C'est pourquoi certains échantillons prélevés dans le cadre de ces projets et maintenant associés à REGARD ont des dates de prélèvements en 2013.

Les sites d'études et les points d'échantillonnage

Si l'ensemble du territoire de Bordeaux Métropole est utilisé comme terrain d'étude, dans la première phase du projet, 2 sites ont plus particulièrement été étudiés :

- Le bassin versant de la Jalle de Blanquefort, un petit cours d'eau situé au nord-ouest de l'agglomération, qui permet d'étudier les sources de pollution domestiques, industrielles et pluviales.
- Le Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU de Bordeaux, le plus grand centre hospitalier de la région, qui permet d'étudier la source hospitalière.

Ces 2 sites d'étude ainsi que l'ensemble des points d'échantillonnage sur le territoire de Bordeaux Métropole sont visibles sur la Figure 1.

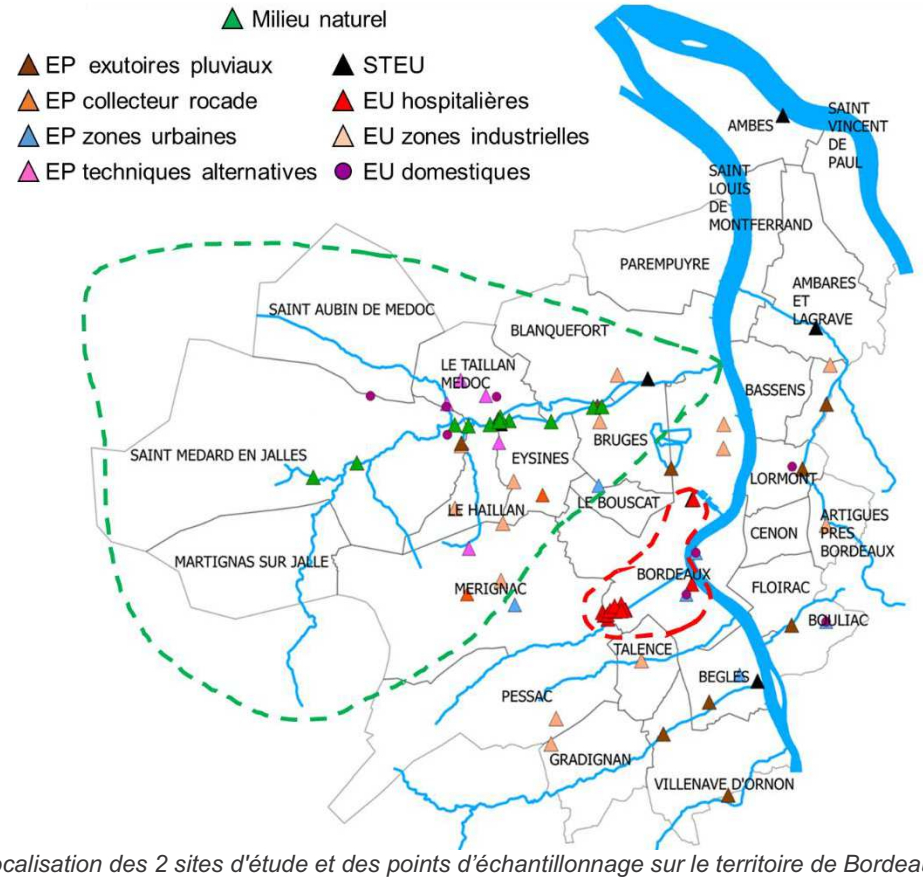


Figure 1 *Localisation des 2 sites d'étude et des points d'échantillonnage sur le territoire de Bordeaux Métropole. La ligne en pointillés verts correspond au site d'étude du bassin versant de la Jalle de Blanquefort et celle en pointillés rouges au site d'étude pour la source hospitalière.*

Au total pour l'ensemble du projet il y a 79 points d'échantillonnage répartis de la manière suivante :

- 11 pour le milieu naturel (Mn),
- 10 pour les eaux pluviales des exutoires pluviaux (EP Ex. Pluv.),
- 3 pour les eaux pluviales du collecteur rocade (EP rocade),
- 6 pour les eaux pluviales des zones urbaines (EP zones urbaines),
- 5 pour les eaux pluviales des techniques alternatives (EP TA),
- 8 pour les eaux usées domestiques (EU domestiques),
- 15 pour les eaux usées des zones industrielles (EU ZI),
- 15 pour les eaux usées Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU (EU CHU),
- 6 pour les eaux usées et les boues des stations de traitement des eaux usées (EU STEU ou boues STEU).

Si pour certains points d'échantillonnage, un point correspond à un prélèvement d'un seul échantillon d'eau (par exemple : les EU domestiques), pour d'autres en revanche, un point peut correspondre aux prélèvements de 2 ou 3 échantillons d'eau, liquides ou solides, (par exemple les STEU avec des prélèvements d'eau en entrée, au milieu et en sortie de traitement, ainsi que des prélèvements de boues en entrée et sortie de traitement). Un point d'échantillonnage peut également correspondre à une exposition d'échantillonneurs passifs, triplicat de POCIS (*Polar Organic Chemical Integrative Samplers*, par exemple : Eu ZI), ou à une exposition d'organismes vivants encagés (2 cages de 20 *Corbicula fluminea,* par exemple : Mn). De plus, certains points ont fait l'objet d'une seule et unique campagne de mesures alors que d'autres ont fait l'objet de plusieurs campagnes, plusieurs fois par an et/ou sur plusieurs années. Pour mieux comprendre, les correspondances entre les points d'échantillonnage et le type ou le nombre d'échantillons sont présentées dans le Tableau 1.
Au total, à mi-2018, 492 échantillons d'eau et de boue ont été prélevés**,** 198 échantillonneurs passifs (POCIS) et 1200 *Corbicula fluminea* ont été exposés.

***Tableau 1** : Nombre de sites de prélèvement, de campagnes et d'échantillons.*

SOURCES ou MILIEU NATUREL	Réalisation des campagnes				
	Années	Nb sites	Nb pts/site	Nb campagnes	Total
Milieu naturel	2013	1	4	2	8
	2014	1	6	2	12
	2015	1	6	2	12
	2016	1	9	2	18
	2017	1	9	2	18
	2018	1	9	1	9
Milieu naturel haute fréquence	2016	1	1		
	2017	1	1		
EU ZI	2013	5	1	2	10
	2014	5	1	2	10
	2015	4	1	2	8
	2016	1	1	2	2
EU CHU	2014	1	15	1	15
	2015	1	15	1	15
	2016	1	3	1	3
EU CHU haute fréquence	2016	1	1	24	24
EU domestique	2015	8	1	2	16
	2017	4	1	1	4
	2017	5	1	2	10
EU STEU Cantinolle	2015	1	2	1	2
	2016	1	2	2	4
	2017	1	2	2	4
	2018	1	2	2	4
Evaluation filière EAU	2014	1	3	3	9
	2015	2	3	2	12
Evaluation filière BOUE	2014	1	2	3	6
	2015	2	2	2	8
BOUES STEU	2013	5	1	2	10
	2014	5	1	1	5
	2014	4	1	1	4
	2015	5	1	1	5
	2015	3	1	1	3
	2017	5	1	2	10
	2018	5	1	2	10
EP exutoires pluviaux	2013	10	1	2	20
	2014	10	1	2	20
	2015	10	1	2	20
	2016	10	1	2	20
	2017	10	1	2	20
	2018	10	1	1	10
EP zones urbaines	2016	6	1	1	6

SOURCES ou MILIEU NATUREL	Réalisation des campagnes				
	Années	Nb sites	Nb pts/site	Nb campagnes	Total
EP collecteur rocade Bois Gramond	2015	1	1	2	2
	2016	1	1	4	4
	2017	2	1	1	2
EP collecteur rocade Continuum	2016	1	3	1	3
EP collecteur rocade haute fréquence	2016	1	1	15	15
EP collecteur rocade aéroport	2016	1	1	1	1
EP collecteur rocade pilote traitement	2018	1	2	6	12
EP collecteur rocade bassin autoroutier	2018	1	2		
EP TA eaux pluviales	2016	1	1	1	1
	2016	1	2	1	2
	2017	1	1	2	2
	2017	2	2	2	8
	2018	1	1	2	2
	2018	1	2	2	4
	2018	3	1	1	3
	2018				0
EP TA eau de nappe	2017	2	1	1	2
	2018	2	1	2	4
EP TA sol	2017	1	9	1	9
EP TA plantes aérien	2017	1	3	1	3
EP TA plantes racines	2017	1	3	1	3
Blanc préleveur	2017	1	4	1	4

Les protocoles d'échantillonnage

Les prélèvements d'eau sont des prélèvements moyens asservis au temps ou au débit, hormis ceux pour les exutoires pluviaux qui sont ponctuels et asservis à la hauteur d'eau ou ceux des eaux de nappes qui sont ponctuels. La totalité des prélèvements d'eau est réalisée à l'aide de préleveurs automatiques équipés d'une unique bombonne en verre et de tuyaux en téflons neufs, changés avant le début de chaque campagne de prélèvements. Une fois l'échantillon moyen collecté, celui-ci est homogénéisé puis réparti entre les flacons des différents laboratoires d'analyses. Ces flacons sont en verre ou en plastique selon les micropolluants recherchés. Les modalités de prélèvement de chaque type d'échantillon sont décrites dans le Tableau 2.

***Tableau 2** : Modalités de prélèvement des échantillons d'eau.*

Source ou milieu	Type de prélèvement	Durée du prélèvement
Milieu naturel	Moyen, asservi au temps	24 heures
EP Ex. Pluv.	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Moins de 5 minutes
EP TA	Moyen, asservi au débit pour les EP	Durée de la pluie
Eaux de nappes TA	Ponctuel	Plusieurs minutes
EP zones urbaines	Moyen, asservi au débit	Durée de la pluie
EP rocade	Moyen, asservi au temps (temps sec) ou moyen, asservi au débit (temps pluvieux)	24 heures (temps sec) ou durée de la pluie (temps pluvieux)
EU ZI	Moyen, asservi au débit	24 heures
EU domestiques	Moyen, asservi au temps	24 heures
EU STEU	Moyen, asservi au débit	24 heures
EU CHU	Moyen, asservi au temps (réseau) ou au débit (sortie des bâtiments)	24 heures

A l'exception du milieu naturel et des eaux de nappes, des débitmètres sont systématiquement installés en parallèle des préleveurs automatiques afin de mesurer le débit et ainsi permettre de remonter au flux de micropolluants.

Les prélèvements de boues de STEU sont des prélèvements moyens sur 2 heures. Les boues liquides (avant traitement) sont prélevées à l'aide d'un seau en inox et sont mélangées dans

une bombonne en verre (34 litres) avant d'être réparties entre les flacons des différents laboratoires d'analyses. Les boues solides (après traitement) sont prélevées à l'aide d'une tige de prélèvement métallique, sont déposées en tas sur une feuille de papier kraft puis sont homogénéisées à l'aide de la méthode des quarts avant d'être réparties dans les contenants des différents laboratoires d'analyses.

Les POCIS sont les échantillonneurs passifs utilisés dans REGARD. Ils sont exposés en triplicat pendant 15 jours dans le milieu naturel et pendant maximum 7 jours dans le réseau d'assainissement (EU Zi, EU CHU).

Les organismes vivants encagés et exposés dans le milieu naturel sont des bivalves filtreurs, des palourdes d'eau douce (*Corbicula fluminea*). Au niveau de chaque point d'échantillonnage, 2 cages contenant chacune 20 palourdes sont exposées soit un total de 40 organismes exposés par point. Les durées d'exposition sont variables : 1 mois en été (répété 3 fois) et 3 mois le reste de l'année.

Les analyses pratiquées

Pour chaque type de source et de milieu étudié, les classes de micropolluants et le nombre de micropolluants analysés varient. De plus, selon les propriétés physico-chimiques des micropolluants, ces derniers sont recherchés dans la phase dissoute des échantillons d'eau mais aussi dans la phase particulaire, ou encore dans les échantillons de boues. Le Tableau 3 indique ces informations par source ou milieu étudié.

Les pesticides et les médicaments sont également recherchés dans les POCIS tandis que les métaux sont recherchés dans les *Corbicula fluminea*. Les analyses biologiques *in vitro* vont permettre d'étudier les effets œstrogéniques, androgéniques, glucocorticoïdes ou de type dioxines des échantillons d'eau. Les analyses biologiques *in vivo* quant à elles, vont permettre d'étudier les impacts physiologiques et génétiques d'une exposition dans un milieu naturel.

Tableau 3 *Nombre de molécules par classe recherchées dans les différentes sources et milieux étudiés, et nature de la matrice dans lesquelles elles sont recherchées (pour la phase particulaire* cela dépendra de la quantité de particules et des développements analytiques).*

Classe	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
Métaux	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	20	18	20	20	18	19	19	19	19
Médicaments	EAU (dissous) - BOUE	46	43	43	71	43	36	13	13	13
Pesticides	EAU (dissous)	62	62	62	62	60	31	24	24	24
AkP	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	7	7	7	7	7	2	0	0	2
BTEX	EAU (dissous)	4	4	4	4	4	4	0	0	0
COV	EAU (dissous)	8	8	8	8	8	0	0	0	0
OCP	EAU (dissous) ou EAU (dissous - particulaire)	15	15	15	15	15	0	0	0	0
PCB	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	8	8	8	8	8	8	0	0	0
PBDE	EAU (dissous)	4	4	4	4	4	0	0	0	0
HAP	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	15	12	12	12	12	15	15	15	15
Phtalates	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Plastifiants	EAU (dissous – particulaire*)	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Filtres UV	EAU (dissous – particulaire*)	6	0	6	0	0	6	0	0	0
Parabènes	EAU (dissous – particulaire*)	8	0	8	0	0	8	0	0	0
PFAS	EAU (dissous – particulaire*)	17	0	17	0	0	17	17	17	17
Biocides	EAU (dissous – particulaire*)	2	0	2	2	0	2	0	0	0
Détergents	EAU (dissous - particulaire)	16	0	16	16	0	16	0	0	0
Total		**240**	**182**	**234**	**230**	**180**	**166**	**88**	**88**	**90**

Remerciements

Ce premier livrable du projet REGARD a nécessité l'intervention de différentes personnes ou services extérieurs au projet. Nous souhaitons les en remercier :

Les équipes de la SGAC (Société de Gestion de l'assainissement de Bordeaux Métropole) pour leur soutien humain et logistique.

Les membres du groupe hospitalier Pellegrin (CHU) pour nous avoir permis de réaliser des prélèvements sur leur site et nous avoir ouvert leurs données de consommations de médicaments et de biocides.

Les membres de la réserve naturelle de Bruges pour nous avoir laissé l'accès à la Jalle depuis leur espace ainsi que le SIJALAG.

Les équipes de la DIRA (Direction Interdépartementale des Routes Atlantique) pour les visites des différents bassins autoroutiers de collecte des eaux pluviales de la rocade, pour les documents transmis, et enfin, pour nous permettre l'accès au bassin n°5 de l'échangeur 12 en rocade extérieure et au bassin n°3 au pied du pont d'Aquitaine.

Sommaire

SYNTHESE OPERATIONNELLE **3**

REMERCIEMENTS **9**

SOMMAIRE **10**

INTRODUCTION **11**

LES SITES D'ETUDE ET LES POINTS D'ECHANTILLONNAGE **13**

1.1 LE MILIEU NATUREL (MN) 13
1.2 LES EXUTOIRES PLUVIAUX (EX. PLUV.) 25
1.3 LES EAUX PLUVIALES DU COLLECTEUR ROCADE NORD (EP ROCADE) 28
1.4 LES EAUX PLUVIALES EN ZONES URBAINES (EP ZONES URBAINES) 33
1.5 LES EAUX PLUVIALES DES TECHNIQUES ALTERNATIVES (EP TA) 35
1.5.1 Bassin d'infiltration – Bois de Germignan *36*
1.5.2 Bassin de dépollution – RD1215 ..... *37*
1.5.3 Noues – Parc d'activité Vert Castel *38*
1.5.4 Noue – Clos Lacaussade *39*
1.5.5 SAUL infiltrante – Avenue de la Boétie *40*
1.6 LES EAUX USEES DOMESTIQUES (EU DOMESTIQUES) 42
1.7 LES EAUX USEES DES ZONES INDUSTRIELLES (EU ZI) 45
1.8 LES EAUX USEES DU GROUPE HOSPITALIER PELLEGRIN (EU CHU) 48
1.9 LES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES (STEU) 56

LES PROTOCOLES D'ECHANTILLONNAGE **62**

2.1 LES PRELEVEMENTS D'EAU 62
2.1.1 Les prélèvements d'eau du milieu naturel *62*
2.1.2 Les prélèvements d'eaux pluviales *65*
2.1.2.1 Les exutoires pluviaux 65
2.1.2.2 Les zones urbaines 70
2.1.2.3 Les techniques alternatives 70
2.1.2.3.1 Bassin d'infiltration - bois de Germignan 71
2.1.2.3.2 Bassin de dépollution – RD1215 73
2.1.2.3.3 Noues – Parc d'activité Vert Castel 74
2.1.2.3.4 Noue – Clos Lacaussade 75
2.1.2.3.5 SAUL infiltrante – Avenue de la Boétie 75
2.1.3 Les prélèvements d'eaux usées *76*
2.1.4 Les prélèvements d'eau « haute fréquence » *82*
2.2 LES PRELEVEMENTS DE BOUES 83
2.3 LES PRELEVEMENTS DE SOL 85
2.4 LES PRELEVEMENTS DE DEPOTS ET DE PLANTES 87
2.5 L'EXPOSITION DES ECHANTILLONNEURS PASSIFS 90
2.6 L'EXPOSITION DES *CORBICULA FLUMINEA* (BIOESSAIS *IN VIVO IN SITU*) 91

LES ANALYSES PRATIQUEES **92**

3.1 LES ANALYSES DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES 92
3.2 LES ANALYSES DE MICROPOLLUANTS INORGANIQUES (METAUX) 102
3.3 LES BIOESSAIS *IN VITRO* 102
3.4 LES BIOESSAIS *IN VIVO* IN SITU 102

TABLE DES FIGURES **103**

TABLE DES TABLEAUX **106**

ANNEXES **107**

Introduction

REGARD (REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole BorDelaise) est l'un des 13 projets lauréats de l'appel à projets « lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines » porté par l'AFB (anciennement ONEMA) et les Agences de l'eau. C'est un projet local portant sur l'ensemble de l'agglomération bordelaise et mettant en œuvre les acteurs du territoire dans un objectif de protection et d'amélioration de la qualité des milieux aquatiques de cette métropole en croissance.

Les sources de micropolluants en milieu urbain sont multiples : ruissellement des eaux de pluie, pratiques domestiques, activités industrielles et artisanales, établissements de soins, etc. Le défi relevé par REGARD est de proposer une vision globale et intégrée de ces flux de micropolluants à l'échelle d'un territoire urbain en développement, la métropole de Bordeaux. Le but est d'accompagner la collectivité dans l'orientation de ses choix et dans la détermination de la meilleure stratégie de lutte contre ces pollutions, afin de lui permettre d'atteindre les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).
Le projet vise donc à caractériser la pollution de quatre sources d'émission (pluviale, domestique, industrielle et hospitalière) étudiées en parallèle, à proposer une hiérarchisation des risques vis-à-vis de l'impact sur la qualité des milieux aquatiques et enfin à tester et évaluer des actions de réduction des impacts (mesures comportementales, organisationnelles ou de traitement).

REGARD a démarré en mars 2015 pour une durée de 4 ans et 3 mois.
La première phase du programme (mars 2015 – mi 2017) consiste à identifier les sources de micropolluants (autrement dit leurs origines) dans le réseau d'assainissement (eaux usées et eaux pluviales) et dans le milieu naturel. Concrètement, un grand nombre de micropolluants organiques et métalliques sont recherchés sur plus de 70 sites : eaux pluviales (quartier résidentiel, parkings, terrain de foot, rocade), eaux usées d'origines domestique, hospitalière et industrielle, eaux usées brutes, traitées et boues de station d'épuration, ou encore milieu naturel. Des analyses biologiques *in vitro* et *in vivo* sont aussi pratiquées afin de mettre en évidence des effets toxiques au niveau cellulaire, moléculaire ou au niveau de l'organisme. L'ensemble de ces analyses doit permettre d'identifier les micropolluants sur lesquels une action de réduction des émissions doit être menée en priorité à l'échelle de la métropole. En parallèle, des études sociologiques et des enquêtes d'usages permettent d'identifier les leviers d'actions possibles au niveau de chaque source.

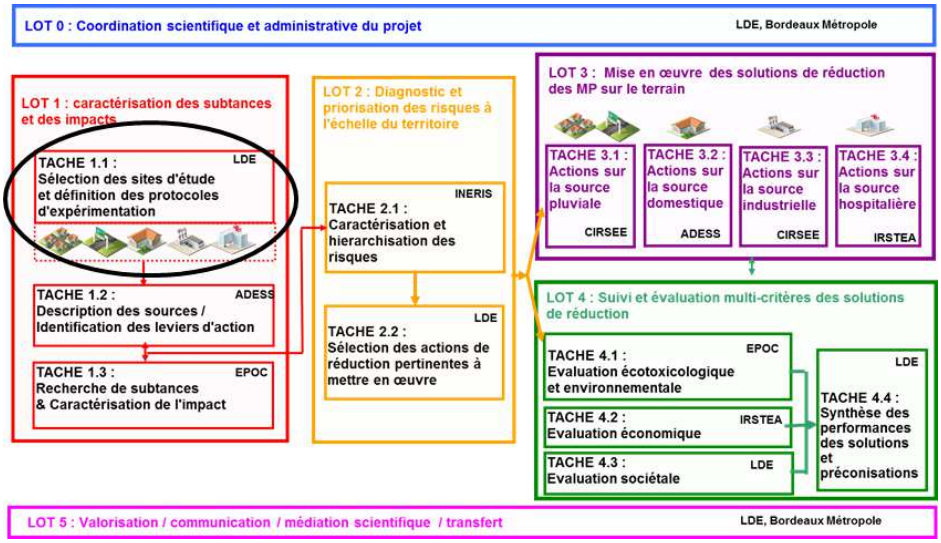


Figure 2 *Organigramme du programme de recherche REGARD.*

Le livrable n°11 de la tâche 1.1 du lot 1 : Caractérisation des substances et des impacts, a pour objectif de décrire les différents sites d'étude du projet et les points de mesure, et de présenter la stratégie et les protocoles d'échantillonnage ainsi que les paramètres chimiques et biologiques qui sont étudiés dans la première phase du projet. Il s'adresse principalement aux personnes impliquées dans REGARD et servira de base à la mise en œuvre de l'ensemble des tâches suivantes dans le projet (Figure 2). L'objectif recherché est de regrouper l'ensemble des informations opérationnelles et des données terrain. Ces dernières évoluant sans cesse, ce livrable sera donc remis plusieurs fois à jour au fur et à mesure du projet. Les renseignements fournis par ce livrable seront très utiles pour analyser, comprendre et interpréter les résultats obtenus aux différents points.

Une partie des actions d'échantillonnage mise en place dans REGARD s'appuie sur deux autres projets de recherche locaux : le « Plan Micropolluants Bordeaux Métropole » et RESEAU.
Le LyRE et Bordeaux Métropole ont lancé en 2013 le « Plan Micropolluants Bordeaux Métropole » pour une durée de 6 ans. Ce projet vise à mieux comprendre les flux de micropolluants sur le territoire de la métropole de Bordeaux, à remonter aux différentes sources d'émissions (eau pluviale, eau usée industrielle, eau usée hospitalière et milieu naturel) et enfin à proposer des solutions de réduction et de gestion adaptée. Il étudie un nombre important de micropolluants organiques et inorganiques. Le projet RESEAU est venu renforcer le Plan Micropolluants sur le volet organique avec l'appui de la Région Aquitaine et de l'Agence de l'eau. Le projet est porté par le laboratoire LPTC de l'université de Bordeaux et intègre dans son consortium IRSTEA et le CHU. Il complète le Plan Micropolluants sur deux familles de substances, les médicaments et les pesticides, et sur le volet sociologique avec une étude spécifique visant à analyser les pratiques de santé et de perception du risque au sein de la structure CHU.

REGARD intègre et renforce ces deux projets par l'étude de la source domestique, par des actions plus approfondies sur la source pluviale, par l'ajout d'analyses biologiques, par l'intégration de nouvelles substances spécifiques à certaines sources, par la mise en œuvre d'une approche analytique innovante (approche EDA pour analyse dirigée par l'effet), par l'intégration de nouvelles études sociologiques, ou encore l'ajout d'une étape de hiérarchisation des risques et d'évaluation économique des solutions de réduction des micropolluants.

Le livrable 1.1 « Description des sites d'étude et des protocoles d'expérimentation » est composé de trois parties, chacune décrivant les diverses actions menées dans cette tâche :

- Sélection de nouveaux points d'échantillonnage permettant de compléter les points déjà existants dans les projets « Plan micropolluants Bordeaux Métropole » et RESEAU. La première partie du livrable s'attache à décrire l'ensemble des sites de prélèvement de REGARD et les critères de choix qui ont permis leur sélection.
- Définition des protocoles de prélèvements ciblés en fonction de la source ou des caractéristiques des points, formation des agents chargés des prélèvements. La deuxième partie présente les protocoles d'échantillonnage et de mesures de débits retenus dans REGARD pour chaque point ou source investigués.
- Choix de nouvelles molécules et intégration de nouvelles analyses sur les échantillons. La troisième partie liste les micropolluants organiques et métalliques qui sont recherchés dans REGARD ainsi que les analyses biologiques *in vitro* et *in vivo in situ* pratiquées.

Les sites d'étude et les points d'échantillonnage

Note : La plupart des noms de code des points d'échantillonnage correspondent à l'organisation suivante : Source ou milieu d'étude - lieu de rejet - lieu et numéro du point de prélèvement - numéro de la campagne. Exemple : un échantillon prélevé dans le milieu naturel (Mn), sur la Jalle, au niveau de la réserve naturelle de Bruges, qui est le 6ème point de prélèvement dans le sens d'écoulement de l'eau, pour la 3ème fois (i.e. 3ème campagne) aura comme code : Mn-Jal-RES6-3.

1.1 Le milieu naturel (Mn)

Le site d'étude du milieu naturel choisi dans REGARD est la Jalle (code hydrographique 097-0400), également appelé Jalle de Blanquefort ou Jalle du Taillan (fiche « cours d'eau » de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne[1]). C'est une rivière péri-urbaine située au nord-ouest de l'agglomération bordelaise (Figure 3). Elle prend sa source sur la commune de Saint Jean d'Illac et se jette dans la Garonne au nord de Bordeaux. La Jalle seule fait 31,8 km, mais en prenant en compte l'ensemble de ses affluents, le cumul représente 176 km de linéaire de cours d'eau. Elle draine un bassin versant de 347 km^2 qui peut être divisé en 2 secteurs (Figure 4)[2] :

- Le secteur amont qui est essentiellement forestier, dominé par des plantations de pins maritimes, et peu urbanisé. La limite amont de ce secteur est occupée par des cultures de maïs et reste difficilement appréciable en raison d'un réseau dense de fossés souvent connectés à des bassins versants voisins. L'aval de ce secteur (section centrale de la Jalle) correspond à un secteur plus urbanisé.

- Le secteur aval qui correspond à la plaine alluviale de la Garonne et qui borde les coteaux de Blanquefort, Bruges et Eysines. L'occupation des sols est dominée par l'activité maraîchère et des prairies généralement pâturées. Dans ce secteur, la Jalle est peu ramifiée, souvent rectiligne et endiguée. Ses pentes sont faibles et les écoulements sont régulés par de nombreux ouvrages (moulins, écluses, portes à flots, ...).

[1] http://adour-garonne.eaufrance.fr/coursdeau/O97-0400

[2] Etude pour la restauration de la continuité écologique sur la Jalle de Blanquefort, Damien Granger, Amélie Tourne, Charlie Pichon et Antoine Legault, Septembre 2011, 93 pages phases 1 et 2

Figure 3 *Localisation de la Jalle (https://www.geoportail.gouv.fr/carte).*

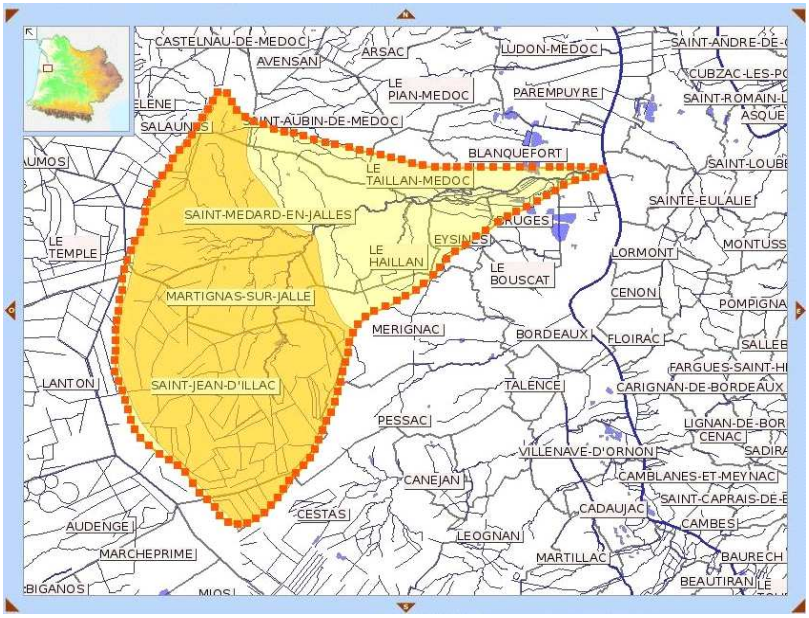


Figure 4 *Localisation des secteurs amont (en jaune foncé) et aval (en jaune clair) du bassin versant de la Jalle, échelle 1/200'000 (carte issue du site internet de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne http://adour-garonne.eaufrance.fr/carto).*

Ce site d'étude a été choisi pour 3 raisons :

1 – La raison écologique : la Jalle fait partie des masses d'eau qui doivent atteindre d'ici 2015 ou 2021 le « bon état » au sens de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) et qui doivent donc être suivies et étudiées. D'après le SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) 2016-2021, le secteur amont[3] de la Jalle doit avoir atteint le bon état écologique d'ici 2021 et le bon état chimique d'ici 2015, alors que le secteur aval[4] doit avoir atteint le bon potentiel écologique d'ici 2027 et le bon état chimique d'ici 2015. Un état des lieux, réalisé en 2013, a montré que les pressions sur la masse d'eau du secteur amont, liées aux rejets des stations d'épuration domestiques, aux rejets des stations d'épuration industrielles (MI et METOX), aux sites industriels abandonnés et aux prélèvements pour l'irrigation, étaient significatives et que l'altération de la morphologie était élevée (Figure 5). Ce même état des lieux a montré que : (1) les pressions sur la masse d'eau du secteur aval, liées aux rejets des stations d'épuration domestiques, aux débordements des déversoirs d'orages et (2) l'indice de danger « molécules toxiques » global pour les industries étaient significatifs, et que les altérations de la continuité et de la morphologie étaient également élevées (Figure 6). L'évaluation SDAGE a jugé que l'état écologique était moyen pour le secteur amont et médiocre pour le secteur aval, mais que l'état chimique (avec et sans ubiquistes) était bon aussi bien en amont qu'en aval (Figure 7). Par ailleurs, outre ses nombreuses zones Natura 2000, ZNIEFF, etc., la Jalle se trouve être l'une des plus grandes réserves écologiques de la Gironde avec la réserve naturelle des marais de Bruges.

[3] http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau/SDAGE2010/FRFRR51_1
[4] http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFR51&submitMasdo=Acceder+a+la+fiche

	Pressions
Pression ponctuelle :	
Pression des rejets de stations d'épurations domestiques :	Significative
Pression liée aux débordements des déversoirs d'orage :	Non significative
Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (macro polluants) :	Non significative
Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (MI et METOX) :	Significative
Indice de danger « substances toxiques » global pour les industries :	Non significative
Pression liée aux sites industriels abandonnés :	Significative
Pression diffuse :	
Pression de l'azote diffus d'origine agricole :	Non significative
Pression par les pesticides :	Non significative
Prélèvements d'eau :	
Pression de prélèvement AEP :	Non significative
Pression de prélèvement industriels :	Non significative
Pression de prélèvement irrigation :	Significative
Altérations hydromorphologiques et régulations des écoulements :	
Altération de la continuité :	Minime
Altération de l'hydrologie :	Minime
Altération de la morphologie :	Elevée

SDAGE-POM 2016-2021

Figure 5 *Pressions sur la masse d'eau du secteur amont de la Jalle (état des lieux 2013).*

	Pressions
Pression ponctuelle :	
Pression des rejets de stations d'épurations domestiques :	Significative
Pression liée aux débordements des déversoirs d'orage :	Significative
Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (macro polluants) :	Non significative
Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (MI et METOX) :	Non significative
Indice de danger « substances toxiques » global pour les industries :	Significative
Pression liée aux sites industriels abandonnés :	Non significative
Pression diffuse :	
Pression de l'azote diffus d'origine agricole :	Non significative
Pression par les pesticides :	Non significative
Prélèvements d'eau :	
Pression de prélèvement AEP :	Non significative
Pression de prélèvement industriels :	Non significative
Pression de prélèvement irrigation :	Non significative
Altérations hydromorphologiques et régulations des écoulements :	
Altération de la continuité :	Elevée
Altération de l'hydrologie :	Modérée
Altération de la morphologie :	Elevée

SDAGE-POM 2016-2021

Figure 6 *Pressions sur la masse d'eau du secteur aval de la Jalle (état des lieux 2013).*

Etat de la masse d'eau (Evaluation SDAGE 2016-2021 sur la base de données 2011-2012-2013)

L'évaluation des états à l'échelle de la masse d'eau s'appuie sur les mesures effectuées au droit de stations ou, en l'absence de mesures, sur des modèles ou des extrapolations. La synthèse des méthodes et critères servant à l'élaboration de l'état des eaux du SDAGE 2016-2021 est décrite dans le document d'accompagnement n° 7.

		Indice de confiance			Indice de confiance
Etat écologique :	Moyen	Faible	**Etat chimique (avec ubiquistes) :**	Bon	Faible
			Etat chimique (sans ubiquistes) :	Bon	
Origine :	Modélisé		**Origine :**	Extrapolé	

Voir le chapitre "données" ci-après pour obtenir des données complémentaires à l'échelle de la station.
Télécharger l'Arrêté du 27 Juillet 2015 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface

SDAGE-POM 2016-2021

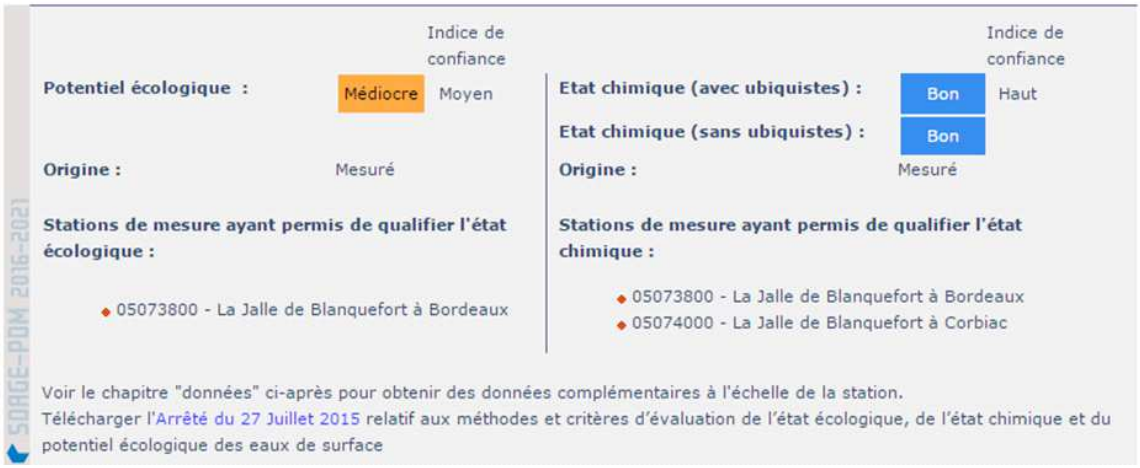


Figure 7 *Etat des masses d'eau des secteurs amont (en haut) et aval (en bas).*

2 – La raison scientifique : la Jalle est un cours d'eau qui reçoit une partie des effluents du réseau d'assainissement de l'agglomération bordelaise (rejets d'une station de traitement des eaux usées (STEU) d'une capacité nominale de 85 000 équivalents habitants et rejets de plus d'une vingtaine d'exutoires pluviaux) (Figure 8). Elle est représentative de la pression urbaine que peut subir un petit cours d'eau de la part d'une grosse agglomération. Par ailleurs, elle est moins complexe à étudier que la Garonne en raison de l'absence du phénomène de marée sur la quasi-totalité de son cours grâce aux écluses et portes à flots.

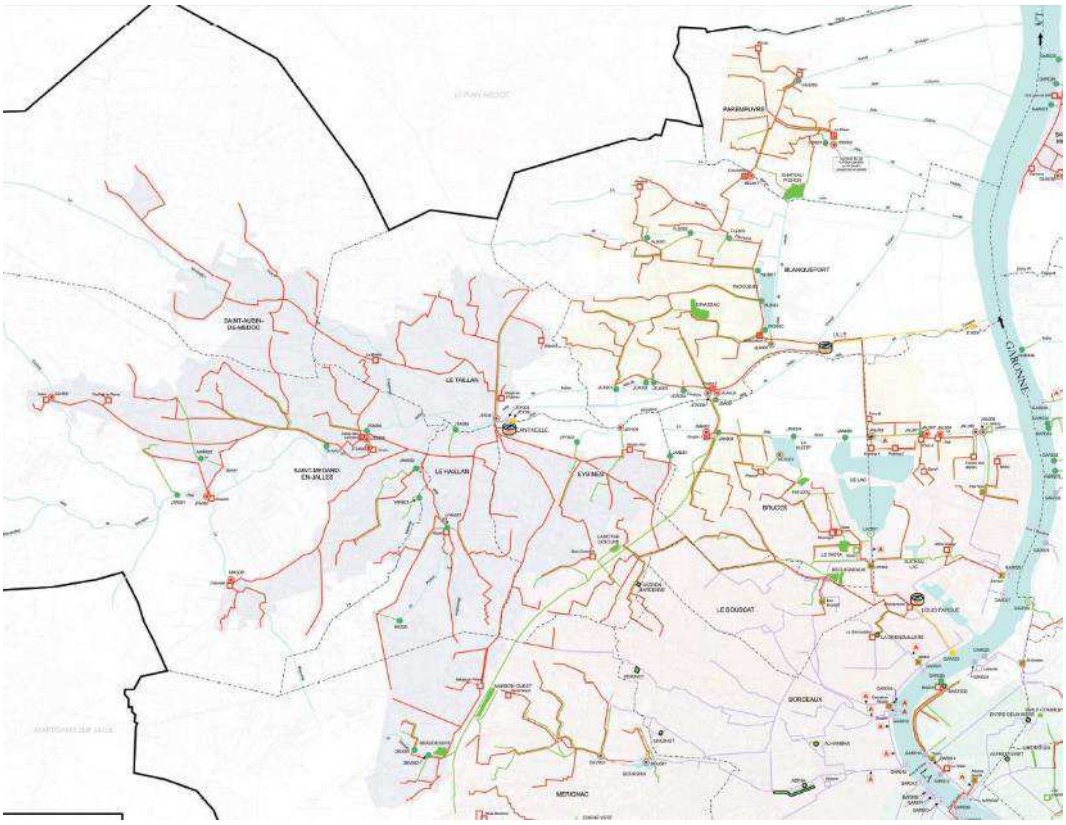


Figure 8 *Localisation du réseau d'assainissement structurant sur le bassin versant de la Jalle (en rouge : le réseau des eaux usées brutes, en jaune : le réseau des eaux usées traitées, en vert : le réseau des eaux pluviales, en violet : le réseau unitaire).*

3 – La raison économique : la Jalle est une rivière périurbaine ayant des enjeux importants et de nombreux usages. Le bassin versant de la Jalle est une zone maraîchère très importante pour la métropole. La majorité des maraîchers utilise l'eau de la Jalle pour arroser. La Jalle est également un enjeu fort de la politique bordelaise, en effet, il s'agit du « poumon vert » de la Métropole et de nombreuses activités s'y déroulent (pêche, promenade, vélo-tourisme, chasse, etc.). Elle est également une zone utilisée pour l'alimentation en eau potable de Bordeaux (champ captant du Thill). Enfin, les zones amont de la Jalle sont des zones de développement économique importantes avec l'implantation de nombreuses usines de pointes (exemple Airbus Safran Launchers, entreprise de missile balistique).

Pour ces trois raisons, la Jalle nous est apparue être un bon site d'étude pour évaluer les pressions urbaines qu'une grande agglomération comme la métropole bordelaise peut faire subir à une rivière, en particulier les pressions liées aux micropolluants.

Bien que la Jalle dans son ensemble soit intéressante à étudier, nos recherches se sont plus particulièrement focalisées sur une zone située sur le territoire de Bordeaux métropole depuis la commune de Saint Médard en Jalle, en amont, jusqu'à la réserve naturelle de Bruges, en aval. La localisation de cette zone sur la Jalle ainsi que des principaux points d'échantillonnage dans cette zone sont visibles Figure 9. Cette zone intègre le rejet de la STEU de Cantinolle (85 000 équivalents habitants) ainsi que les rejets des 3 plus gros exutoires pluviaux se déversant dans la Jalle, parmi lesquels l'exutoire pluvial de la rocade nord qui, en termes de débit, est le 3ème plus gros de l'agglomération bordelaise. La Figure 10 permet de positionner ces rejets par rapport à nos points d'échantillonnage.

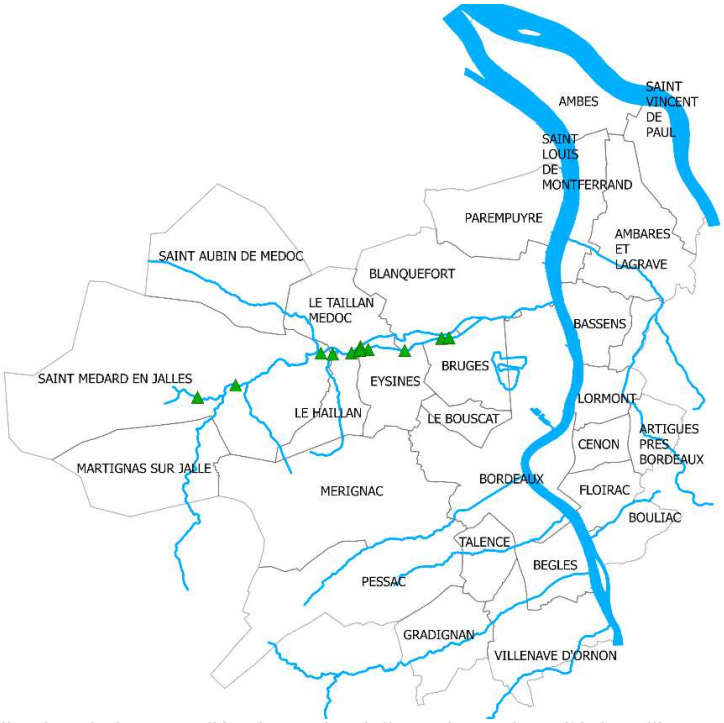


Figure 9 *Localisation de la zone d'étude sur La Jalle et des points d'échantillonnage dans cette zone.*

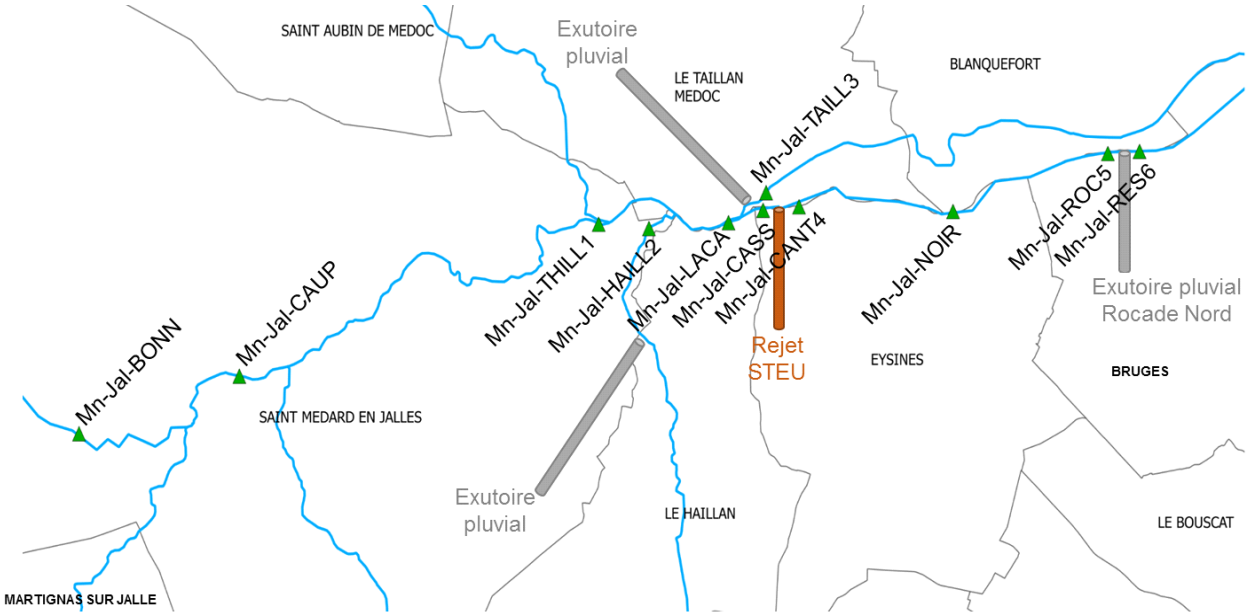


Figure 10 *Carte des points de prélèvements dans la Jalle.*

En fonction des objectifs, le nombre de points de prélèvement par campagne varie. Cependant, 6 points sont communs à l'ensemble des campagnes. Il s'agit des points : Mn-Jal-THILL1, Mn-Jal-HAILL2, Mn-Jal-TAILL3, Mn-Jal-CANT4, Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6. La Figure 12 permet de les localiser et de visualiser les différents types de prélèvements ou d'expositions qui ont été pratiqués sur chacun. Les critères de sélection de ces points ainsi que le type d'étude réalisée sur chacun d'entre eux sont détaillés ci-après :

- Le point Mn-Jal-THILL1 est un point situé en amont de la zone d'étude. Il est localisé dans la zone des champs captant du Thill qui servent à la production d'eau potable pour la ville de Bordeaux. En raison de cette localisation, initialement, ce point avait été sélectionné pour être le point de référence de notre étude, c'est à dire celui où les niveaux de contamination étaient attendus comme étant les plus faibles. Des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro* ainsi que des expositions d'échantillonneurs passifs (POCIS) et d'organismes vivants encagés (bioessais *in vivo in situ* avec des palourdes d'eau douce, *Corbicula fluminea*) ont été effectués à cet endroit.

- Le point Mn-Jal-HAILL2 est situé sur le petit ruisseau du Haillan, un affluent de la Jalle de Blanquefort, avant la confluence des 2 cours d'eau. En amont du point d'échantillonnage, ce ruisseau traverse une zone fortement industrialisée. C'est la raison pour laquelle un point de prélèvement a été choisi sur ce ruisseau. Le but est d'évaluer l'apport en micropolluants d'origine plutôt industrielle que le ruisseau du Haillan peut amener à la Jalle de Blanquefort. Des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro* ont été effectués à cet endroit. En été ou pendant des périodes de forte chaleur, le ruisseau du Haillan peut être à sec pendant plusieurs jours consécutifs. C'est pourquoi, ce point n'a pas été choisi pour exposer des *Corbicula fluminea* et que les expositions d'échantillonneurs passifs (POCIS) n'ont pas toujours été possibles. La Figure 11 illustre une exposition de POCIS n'aillant pas pu aller à son terme en raison d'un manque d'eau sur le ruisseau du Haillan.

Figure 11 *Exposition de POCIS dans la cage en acier inoxydable. La présence de feuilles arrêtées par les dispositifs de protection des échantillonneurs, prouve la présence d'eau au début de la période d'exposition).*

- Le point Mn-Jal-TAILL3 est situé sur le bras nord de la Jalle juste après sa séparation d'avec le bras sud mais également après le rejet de l'exutoire pluvial du Taillan (ce qui ne pose pas de problème lorsque les prélèvements sont réalisés par temps sec). Des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro* ainsi que des expositions d'échantillonneurs passifs (POCIS) ont été réalisés à cet endroit. Les eaux usées traitées rejetées par la STEU de Cantinolle se déversent à peu près au même niveau que ce point mais dans le bras sud. Initialement ce point a été choisi pour servir de point de comparaison pour les analyses chimiques et les bioessais *in vitro* pour étudier un potentiel effet du rejet de la STEU de Cantinolle (comparaison bras nord sans rejet STEU / bras sud après rejet STEU). Par la suite, un point situé en amont du rejet de la STEU a été choisi afin de faire une « vraie » comparaison amont/aval rejet STEU et ainsi mieux voir les potentiels effets du rejet.

- Le point Mn-Jal-CANT4 est situé immédiatement à l'aval du rejet de la STEU de Cantinolle. Des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro* ainsi que des expositions de POCIS et *Corbicula fluminea* ont été effectués à cet endroit. A noter cependant que les prélèvements d'eau et les expositions d'échantillonneurs passifs ont été faits sur la rive droite du cours d'eau à proximité du rejet de la STEU alors que les expositions de *Corbicula fluminea* ont été faites un peu plus en aval et sur la rive gauche. Ce point Mn-Jal-CANT4 permet de voir si les eaux traitées rejetées par la STEU de Cantinolle apportent des micropolluants à la Jalle de Blanquefort et s'il y a des impacts liés à ces apports.

- Le point Mn-Jal-ROC5 est situé en amont de l'exutoire pluvial du collecteur rocade nord. Des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro* ainsi que des expositions de POCIS et de *Corbicula fluminea* (bioessais *in vivo*) ont été effectués à cet endroit. Ce point sert de point de comparaison pour les analyses chimiques et les bioessais (*in vitro* et *in vivo*) entre l'amont et l'aval du rejet de l'exutoire pluvial de la rocade nord, raison pour laquelle il a été choisi.

- Le point Mn-Jal-RES6 est situé à quelques dizaines de mètres en aval de l'exutoire pluvial de la rocade nord, au niveau de la réserve naturelle de Bruges et à l'amont immédiat d'une écluse. Il a été choisi car, par comparaison avec le point Mn-Jal-ROC5, il permet d'étudier les apports en micropolluants de l'exutoire pluvial de la rocade nord à la Jalle de Blanquefort et leurs impacts. Des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro* ainsi que des expositions d'échantillonneurs passifs (POCIS) et de *Corbicula fluminea* (bioessais *in vivo*) ont été réalisés sur ce point.

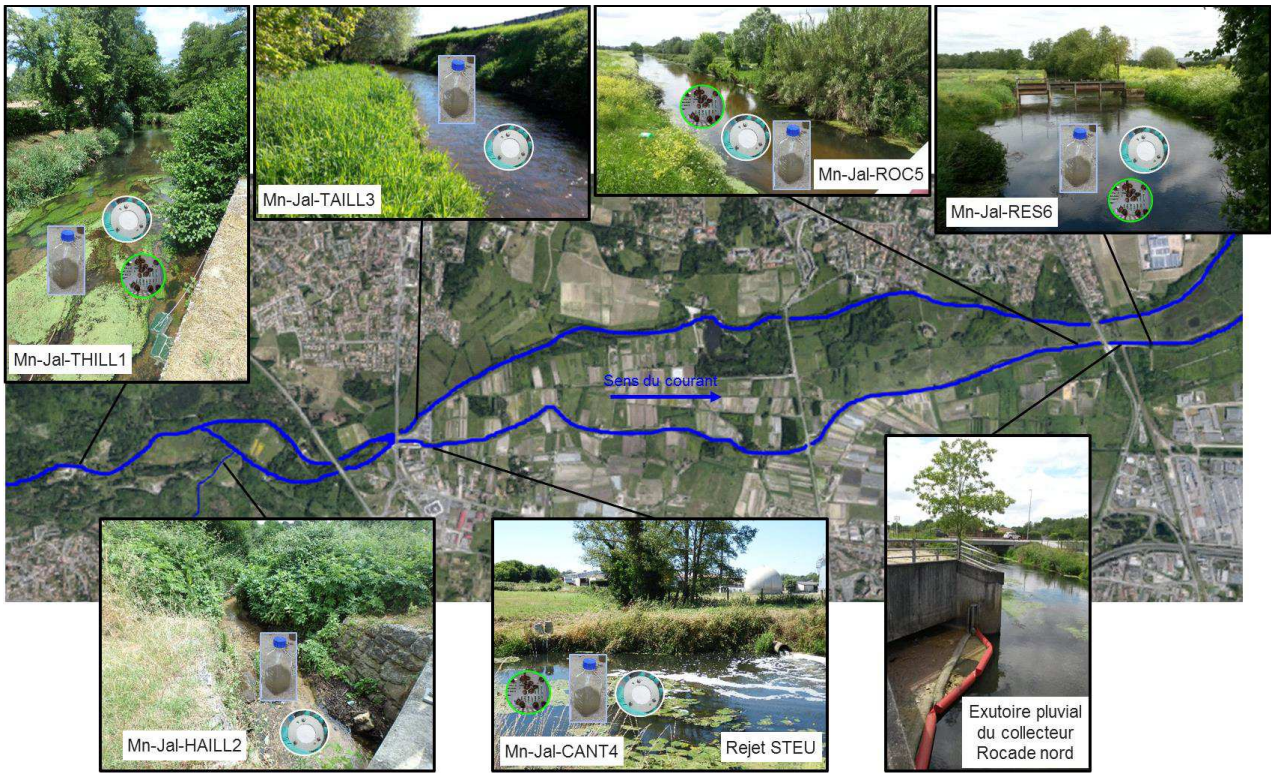


Figure 12 *Illustration des principaux points de prélèvements.*

Par la suite, en fonction des besoins, de nouveaux points de prélèvements ont été ajoutés à ces 6 premiers (Figure 10). Il s'agit des points suivants, indiqués dans l'ordre chronologique de leur ajout :

- Le point Mn-Jal-LACA est situé sur la Jalle au niveau du pont de la route de Lacanau, après la confluence entre la Jalle et le ruisseau du Haillan mais avant qu'elle ne se sépare en 2 bras (bras nord et bras sud). Uniquement des expositions de *Corbicula fluminea* ont été réalisées au niveau de ce point. Ce point, situé en amont et à proximité du rejet de la STEU de Cantinolle, sert de point de comparaison pour étudier un potentiel effet du rejet de la STEU sur les *Corbicula fluminea* (comparaison amont/aval du rejet). C'est la raison pour laquelle il a été choisi.

- Le point Mn-Jal-CAUP est situé sur la Jalle au niveau du quartier de Caupian de la commune de Saint Médard en Jalle. Il est plus en amont que le point du THIL. Il doit servir de point de référence pour l'exposition des *Corbicula fluminea* car suite aux premières expositions au niveau du THIL, ce point s'était révélé être déjà contaminé par les métaux. Uniquement des expositions de *Corbicula fluminea* ont été réalisées au niveau de ce point.

- Le point Mn-Jal-BONN est situé sur la Jalle de Bonneau à proximité du moulin de Bonneau. Il est situé encore plus en amont que les points Mn-Jal-CAUP et Mn-Jal-THILL. Il a été choisi pour servir de point de référence aux analyses chimiques en étant le plus en amont possible sur la Jalle mais en étant toujours en eau et sans influence industrielle possible. Uniquement des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques ont été réalisés au niveau de ce point.

- Le point Mn-Jal-CASS est situé juste en amont du rejet de la STEU de Cantinolle, au niveau de la casse automobile. Il doit servir de « vrai » point de comparaison amont/aval rejet STEU car il est situé sur la même berge et le même bras sud de la Jalle que le point Mn-Jal-CANT4. Uniquement des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques ont été réalisés au niveau de ce point.

- Le point Mn-Jal-NOIR est situé sur le bras sud de la Jalle, dans la zone de maraichage. Il sert de point intermédiaire entre les points Mn-Jal-CANT4 et Mn-Jal-ROC5. Il est situé en aval du moulin Noir et après l'arrivée de La Réguette. Uniquement des prélèvements d'eau pour réaliser des analyses chimiques ont été réalisés au niveau de ce point.

Le Tableau 4 récapitule les informations présentées ci-dessus.

Tableau 4 *Code, description et référencement des points d'échantillonnage dans le milieu naturel.*

Code du point d'échantillonnage	Description	Echantillonnage pratiqué	Adresse		Coordonnées géographiques	
			Rue	Commune	X (Nord)	Y (Ouest)
Mn-Jal-BONN	Point le plus en amont pour les prélèvements d'eau dédiés aux analyses chimiques, situé sur la Jalle de Bonneau	Prélèvement d'eau (analyses chimiques)	A côté du moulin de Bonneau	Saint Médard en Jalle	44°52'30.2"	0°46'00.7"
Mn-Jal-CAUP	Point le plus en amont pour les *Corbicula fluminea*	Exposition *Corbicula fluminea* (bio. *in vivo*)		Saint Médard en Jalle		
Mn-Jal-THILL1	Champs captant du Thill, initialement point de référence, amont rejet STEU Cantinolle	Prélèvement d'eau (analyses chimiques + bio. *in vitro)*, Exposition POCIS (analyses chimiques) Exposition *Corbicula fluminea* (bio. *in vivo*)	Avenue de Gamarde	St Médard en Jalle	44°53'38.7"	0°41'32.1"
Mn-Jal-HAILL2	Ruisseau du Haillan avant sa confluence avec la Jalle de Blanquefort	Prélèvement d'eau (analyses chimiques + bio. *in vitro)*, Exposition POCIS (analyses chimiques)	Avenue de Gamarde	St Médard en Jalle	44°53'36.9"	0°41'03.9"
Mn-Jal-TAILL3	Bras nord de la Jalle, en parallèle du point en aval du rejet STEU Cantinolle	Prélèvement d'eau (analyses chimiques + bio. *in vitro)*, Exposition POCIS (analyses chimiques)	Avenue de Soulac	Le Taillan Médoc	44°53'45.3"	0°40'07.7"
Mn-Jal-LACA	Amont rejet STEU Cantinolle pour les *Corbicula fluminea*	Exposition *Corbicula fluminea* (bio. *in vivo*)	Route de Lacanau	Le Taillan Médoc	44°53'38.9"	0°40'23.6"
Mn-Jal-CASS	Amont rejet STEU Cantinolle pour les prélèvements d'eau dédiés aux analyses chimiques, sur la berge du côté de la STEU et en face de la casse automobile	Prélèvement d'eau (analyses chimiques)	Avenue du médoc	Eysines	44°53'43.6"	0°40'02.2"
Mn-Jal-CANT4	Aval rejet STEU Cantinolle, berge du côté de la STEU pour analyses chimiques et biologiques *in vitro* et berge opposée pour exposition *Corbicula fluminea*	Prélèvement d'eau (analyses chimiques + bio. *in vitro)*, Exposition POCIS (analyses chimiques) Exposition *Corbicula fluminea* (bio. *in vivo*)	Avenue du médoc	Eysines	44°53'43.3"	0°39'58.6"
Mn-Jal-NOIR	En aval du moulin noir, après l'arrivée de La Réguette	Prélèvement d'eau (analyses chimiques)	Route de Pauillac	Eysines	44°53'42.3"	0°38'29.7"
Mn-Jal-ROC5	Amont exutoire pluvial rocade nord	Prélèvement d'eau (analyses chimiques + bio. *in vitro)*, Exposition POCIS (analyses chimiques) Exposition *Corbicula fluminea* (bio. *in vivo*)	Avenue des 4 ponts	Bruges	44°54'01.9"	0°37'06.0"
Mn-Jal-RES6	Réserve naturelle de Bruges, aval exutoire pluvial rocade nord	Prélèvement d'eau (analyses chimiques + bio. *in vitro)*, Exposition POCIS (analyses chimiques) Exposition *Corbicula fluminea* (bio. *in vivo*)	Avenue des 4 ponts	Bruges	44°54'02.1"	0°36'48.4"

Enfin, les métaux étant naturellement présents dans le milieu naturel et cette présence pouvant être influencée par différents paramètres (précipitations ou remontées d'eaux de nappes par exemple), deux campagnes spécifiquement dédiées à leur analyse ont été réalisées. Elles avaient pour but de caractériser spatialement plus finement la qualité des eaux de la Jalle dans des conditions climatiques opposées. C'est ainsi, qu'une vingtaine de sites ont été échantillonnés le long de la Jalle et de ses affluents, depuis le moulin de Bonneau à Saint Médard en Jalles (amont) jusqu'à l'exutoire de la Jalle au niveau du golf de Bordeaux Lac (aval) (Figure 13). La première campagne de prélèvements s'est déroulée en février 2016 lors de forts débits du cours d'eau consécutif à un mois de janvier particulièrement pluvieux. La deuxième campagne s'est déroulée en septembre 2016 lors de faibles débits consécutifs à une longue période (2 mois) de très faibles précipitations.

Il est à noter que pour les points d'échantillonnage situés sur des propriétés privées, l'une des principales contraintes est d'obtenir les autorisations pour y accéder.

Figure 13 *Carte des points de prélèvements pour les campagnes dédiées à l'analyse des métaux en fonction des conditions climatiques et hydrologiques.*

1.2 Les exutoires pluviaux (Ex. Pluv.)

Lorsque le réseau d'assainissement d'une ville est séparatif, c'est-à-dire que les eaux usées (EU) et les eaux pluviales (EP) sont collectées dans des canalisations différentes, les eaux pluviales sont récupérées dans d'importantes canalisations appelées collecteurs, puis sont directement rejetées dans le milieu naturel via des exutoires pluviaux (Ex. Pluv.). Dans le cadre du Plan micropolluants Bordeaux Métropole puis du projet REGARD, 10 exutoires pluviaux ont été sélectionnés pour être étudiés. Ils ont été choisis car ce sont les 10 plus gros exutoires pluviaux en volume annuel rejeté vers le milieu naturel (Figure 14) et par rapport aux différents cours d'eau récepteurs de l'agglomération bordelaise. Cumulés, les 10 points représentent plus de 80% des volumes d'eau rejetée par les réseaux séparatifs pluviaux de la métropole de Bordeaux. Leur répartition sur le territoire de Bordeaux métropole est visible sur la Figure 15.

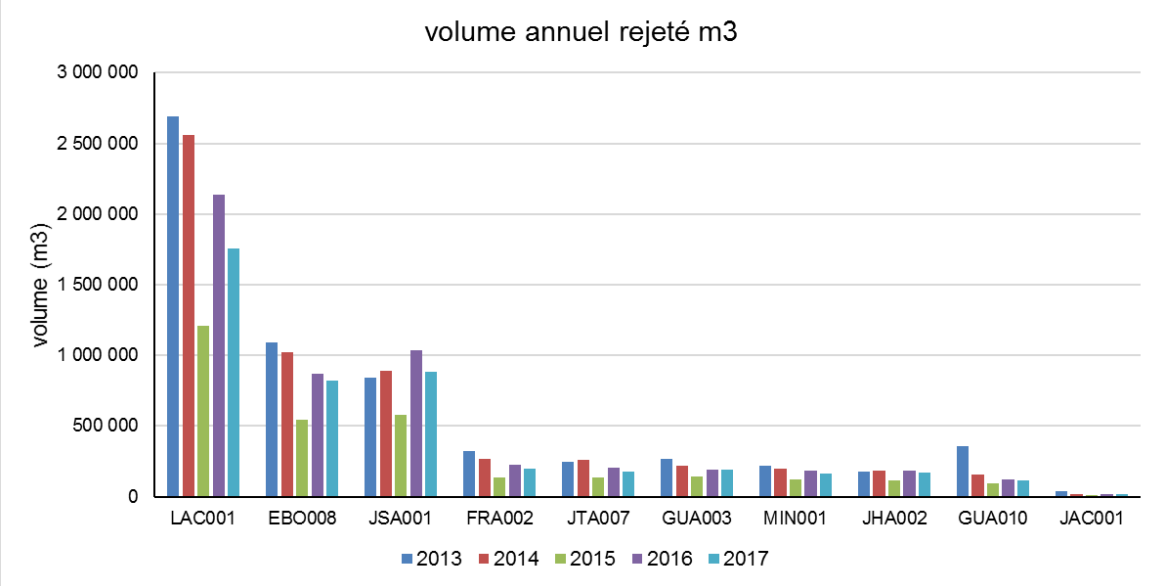


Figure 14 *Volumes annuels en m3 rejetés par les exutoires pluviaux vers le milieu naturel.*

Les noms de code de chacun des 10 exutoires pluviaux ainsi que leurs caractéristiques et celles de leur bassin versant sont présentés dans le Tableau 5. En plus des informations disponibles dans le tableau, la carte de la Figure 16 permet de visualiser les caractéristiques de l'occupation du sol des bassins versants de chacun des 10 exutoires. Ainsi il est possible de voir que si la majorité des bassins versants ont une forte proportion de leur surface occupée par de l'urbain (plus de 50% de leur surface), certains ont également une forte proportion de leur surface occupée par des industries (ex. JSA001 ou EBO008) ou dans une moindre mesure par la forêt (ex. JAC001 et JTA007) ou par des terrains agricoles (ex. JSA001 et JHA002). Les variations dans l'occupation du sol seront à mettre en relation avec les origines possibles des micropolluants et avec les variations obtenues dans les mesures de micropolluants.

L'annexe 1 permet de voir les réseaux associés à chacun de ces exutoires.

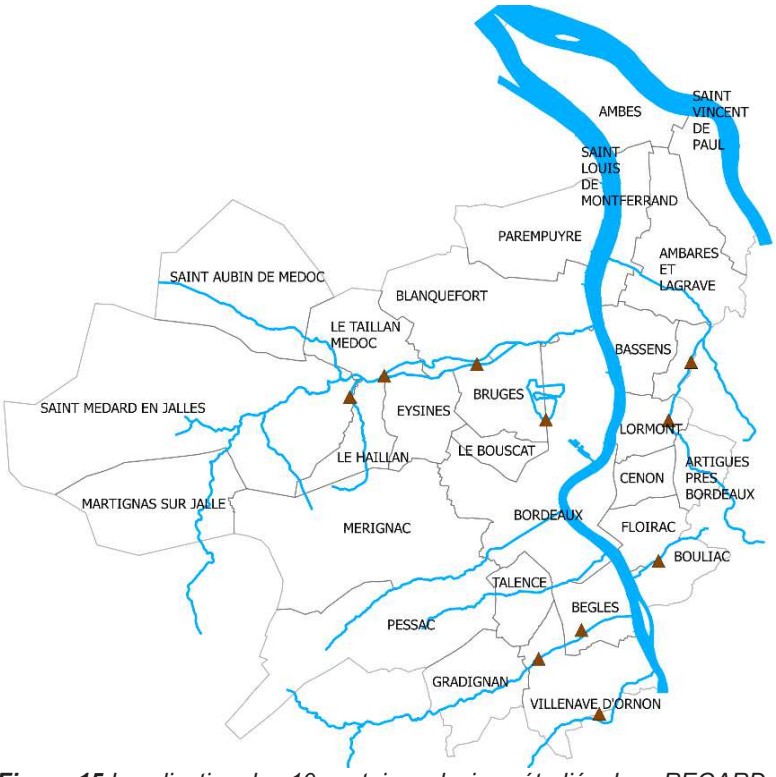


Figure 15 *Localisation des 10 exutoires pluviaux étudiés dans REGARD.*

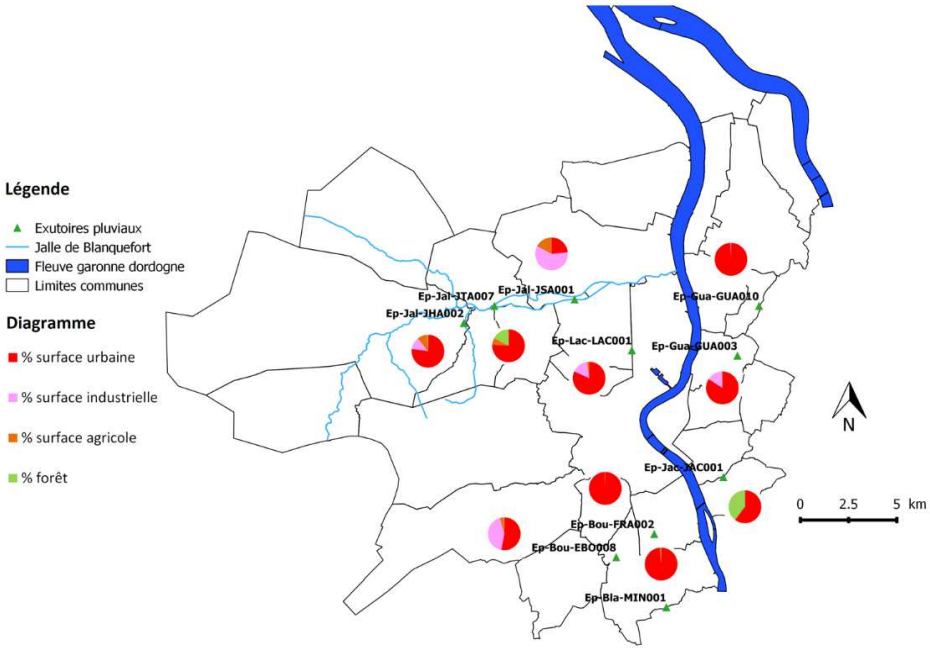


Figure 16 *Cartographie de l'occupation du sol des bassins versants de chacun des 10 exutoires pluviaux étudiés dans REGARD (extrait du rapport de stage de fin d'étude de M2 de Fanny Imart, 2015).*

Des prélèvements d'eau par temps de pluie sont réalisés sur chacun de ces 10 exutoires pluviaux afin de pratiquer des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro*. Il n'y a pas eu d'exposition d'échantillonneurs passifs puisque ces sites sont en eau uniquement lors des évènements pluvieux et donc une mesure en continue n'est pas pertinente.

Tableau 5 *Noms et caractéristiques des exutoires pluviaux et de leur bassin versant.*

		Ep-Lac-LAC001	Ep-Jal-JSA001	Ep-Jal-JTA007	Ep-Jal-JHA002	Ep-Bou-EBO008	Ep-Bou-FRA002	Ep-Bla-MIN001	Ep-Jac-JAC001	Ep-Gua-GUA003	Ep-Gua-GUA010
Milieu récepteur*		Lac de Bordeaux	Jalle du Sable (bras sud de la Jalle)	Jalle du Taillan (bras nord de la Jalle)	Ruisseau du Haillan (affluent de la Jalle)	L'Eau Bourde	L'Estey de Franck (affluent de l'Eau Bourde)	Le Minaou (affluent de l'Eau Blanche)	La Jacotte	L'Estey du Gua	L'Estey du Gua
Adresse de l'exutoire	**Rue***	Avenue Périer	Avenue des 4 ponts	Avenue de Soulac	Rue Edouard Herriot	Rue Jacques-Yves Cousteau	Rue Alexis Labro	Chemin du Minaou	Côte de Bouliac / route de Latresne	Rue Jean Lurcat / avenue de Paris	Avenue Victor Hugo
	Commune*	Bruges	Bruges	Le Taillan-Médoc	St Médard-en-Jalles	Villenave d'Ornon	Bègles	Villenave d'Ornon	Bouliac	Lormont	Carbon Blanc
Coordonnées géographiques	**X (Nord)**	44° 52' 41, 5"	44° 53' 05, 4"	44° 53' 46, 1"	44° 53' 12, 0"	44° 46' 55, 3"	44° 53' 16, 9"	44° 45' 42, 3"	44° 49' 13, 1"	44° 52' 35, 3"	44° 54' 05, 4"
	Y (West)	0° 34' 38, 9"	0° 36' 59, 2"	0° 40' 09, 2"	0° 41' 18, 0"	0° 34' 57, 8"	0° 37' 16, 0"	0° 32' 52, 9"	0° 30' 41, 1"	0° 30' 37, 8"	0° 29' 48, 1"
Diamètres du collecteur* (mm)		1 200	1 600	1 600	1 600	2 collecteurs : un de 2 000 et un de 1 400	2 collecteurs de 1 800	1 000	800	2 200	h 1000 x L 2000
Longueur du réseau amont (km)**		29	84	29	21	71	23	47	2	24	16
Surface du bassin versant (ha)**		162	1 167	335	182	748	227	207	14	127	103
Nb d'habitant**		2 277	6 619	3 105	2 950	7 930	6 763	5 634	151	10 933	2 645
Nb d'industries**		112	1 194	126	38	560	232	133	13	231	65
Nb d'activités liées au transport**		7	83	7	4	30	9	9	1	5	5
Voirie	**Longueur** (km)**	19	105	38	26	88	32	27	3	25	16
	Surface (ha)**	15	104	36	25	84	30	27	3	21	16
	Surface cat.1(1) (ha)**	0	38,2	0	0	2,2	0	0,02	0	0,02	0,00
Nb de non-conformités**		3	4	1	1	17	5	4	0	2	1

* données issues des fiches « Points de rejet EP » de la SGAC, pole innovation et environnement, septembre 2013.
** données issues du rapport de stage de fin d'étude de Master 2 de Fanny Imart, « Investigation sur les micropolluants : caractérisation des sources. Application au territoire de Bordeaux métropole », aout 2015.
(1) voirie de catégorie 1 c'est-à-dire autoroute et rocade/périphérique.

1.3 Les eaux pluviales du collecteur rocade nord (EP rocade)

Parmi les 10 exutoires pluviaux étudiés, une attention particulière est portée sur l'exutoire du collecteur d'eaux pluviales passant sous la rocade nord (et qui par la suite sera appelé « collecteur rocade nord ») car il est à la fois celui :

- Ayant le plus long linéaire de collecteurs amont parmi les 10 exutoires pluviaux étudiés (84 km de long),
- Drainant la plus grande surface de bassin versant (1 167 ha),
- Dont le bassin versant a la plus grande longueur et surface de voirie, y compris de voirie de catégorie 1 (respectivement 105 km de long et 104 ha de surface),
- Dont la surface du bassin versant est occupée à la fois par de l'urbain mais aussi par de l'industriel en quantité importante (cf. Figure 16),
- Rejetant le plus gros volume annuel parmi les 3 principaux exutoires pluviaux se rejetant dans la Jalle (cf. Figure 14).

Figure 17 *Tracé du collecteur rocade nord et localisation des sites d'étude, l'aéroport de Bordeaux Mérignac, le dégrilleur de Bois Gramond et le bassin autoroutier du pont d'Aquitaine.*

Le tracé du collecteur jusqu'à son exutoire dans la Jalle est visible sur la Figure 17. Cet exutoire pluvial collecte les eaux de voirie du nord de la rocade, une partie des eaux pluviales de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac et des eaux de ruissellement provenant de zones urbaines (habitations, industries, etc.). Pour étudier ces différentes contributions, des prélèvements d'eau ont été réalisés ou sont prévus en différents points :

- En entrée et en sortie d'un bassin de rétention des eaux pluviales de la rocade pour étudier la pollution apportée par les eaux pluviales issues uniquement des voiries de la rocade. Initialement, le bassin n°5 situé au niveau de l'échangeur n°12 en rocade extérieure avait été choisi pour cette étude, mais en raison des travaux pour la mise à 2 x 3 voies de la rocade, le bassin de collecte de ce bassin a été modifié et un nouvel ouvrage a été construit. L'étude de ce nouvel ouvrage s'étant révélée infructueuse, un nouveau bassin a été sélectionné. Il s'agit du bassin n°3 situé au pied du pont d'Aquitaine. Ce bassin récupère les eaux pluviales ayant ruisselées sur les 6 voies du point d'Aquitaine entre le pied du pont et la première pile (Figure 18). (*Remarque : ce*

bassin ne se rejette pas dans le collecteur rocade nord car il n'a pas été possible de réaliser des prélèvements sur un bassin de rétention situé dans la zone étudiée. En effet, au moment où nous réalisons notre étude, le secteur de la rocade nord est en travaux pour la mise à 2 x 3 voies, et ces travaux impactent les bassins de rétention de cette portion qui sont ceux qui se rejettent dans le collecteur rocade nord. Aussi nous utiliserons les résultats que nous obtiendrons sur le bassin n°3 en les considérant comme représentatifs de la pollution des eaux de voirie issues d'un bassin de rétention se rejetant dans le collecteur rocade nord) ;

- En aval de l'aéroport, en sortie de l'usine de traitement des eaux pluviales d'une partie du site, pour évaluer la contribution de ces eaux à la pollution du collecteur (Figure 19) (*Remarque : l'usine de traitement physico-chimique et biologique des eaux pluviales a été construite à la fin de l'été 2015 à la sortie de l'aéroport, au niveau du bassin à la sortie duquel nous avons échantillonné. Cependant, à notre connaissance, ce traitement n'était pas encore tout à fait mis en service au moment où les prélèvements ont été effectués)* ;

- En aval d'une zone urbaine. Ce prélèvement est réalisé dans le cadre des prélèvements « EP zones urbaines » décrits dans le paragraphe suivant. Comme pour le bassin de rétention de la rocade, les résultats sont supposés représentatifs et transposables.

Figure 18 *Bassin de rétention des eaux pluviales issues des voiries de la rocade situé au niveau du pont d'Aquitaine (bassin n°3).*

Figure 19 *Photo illustrant le type de pollution qui peut être lessivé par les eaux pluviales ruisselant sur le tarmac de l'aéroport.*

En plus de ces prélèvements, des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau du site du dégrilleur de Bois Gramond (Figure 20), ouvrage situé sur le collecteur rocade nord, quelques kilomètres en amont de l'exutoire vers la Jalle. En effet, dans la seconde partie du projet, un pilote de traitement sera testé pour voir s'il est possible, d'un point de vue technique et économique, de traiter les eaux pluviales pour les débarrasser des micropolluants. En raison de son espace, de son point d'accès à l'électricité et de la présence du dégrilleur, Bois Gramond est le site d'étude pressenti pour accueillir ce pilote de traitement. Néanmoins, c'est un site compliqué pour différentes raisons : 1) pour des raisons de sécurité car l'accès au site se fait via la bande d'arrêt d'urgence de la rocade, et parce que des interventions dans des gros collecteurs d'eaux pluviales représentent toujours un risque. Ces dangers nécessitent la mise en place de mesures de sécurité spécifiques comme des véhicules équipés de plaque de service et gyrophare, l'établissement d'une consigne « RAMSES » et d'un plan de prévention ; 2) pour des raisons de configuration car il y a deux arrivées d'eau avant le dégrilleur (Figure 20b), une amenant les eaux de la rocade et de l'aéroport et l'autre amenant les eaux du Limancet (un ruisseau canalisé). Une étude préliminaire approfondie du site a donc été nécessaire.

Au final, durant la première phase du projet, trois ensembles d'actions ont été réalisées au niveau de ce site :

1) L'action « continuum » qui consiste en la réalisation d'une campagne de prélèvement par temps de pluie avec des prélèvements réalisés au niveau des 2 entrées du site et au niveau de la sortie, pour étudier la contribution relative de chacune des 2 arrivées d'eau, ainsi que dans la Jalle en amont et en aval de l'exutoire du collecteur, prélèvement décalé du temps de trajet de l'eau dans le collecteur.

2) L'action « caractérisation » du site qui consiste en la réalisation de 4 campagnes de prélèvement par temps de pluie et de 3 campagnes de prélèvement par temps sec pour connaitre le niveau de pollution des eaux avant la mise en place du pilote de traitement. Les campagnes sont réalisées par temps de pluie et par temps sec, car même par temps sec, de l'eau arrive en continu de la canalisation provenant de l'aéroport et de la rocade. Cette eau provient de la Devèze, petit ruisseau qui longe l'aéroport avant de se rejeter dans le collecteur.

3) L'action « pollutogramme » qui consiste en la réalisation d'une campagne de prélèvement à haute fréquence par temps de pluie afin d'identifier l'arrivée, au niveau de ce site, du pic de pollution par rapport au pic hydraulique. 15 échantillons sont ainsi collectés lors d'un

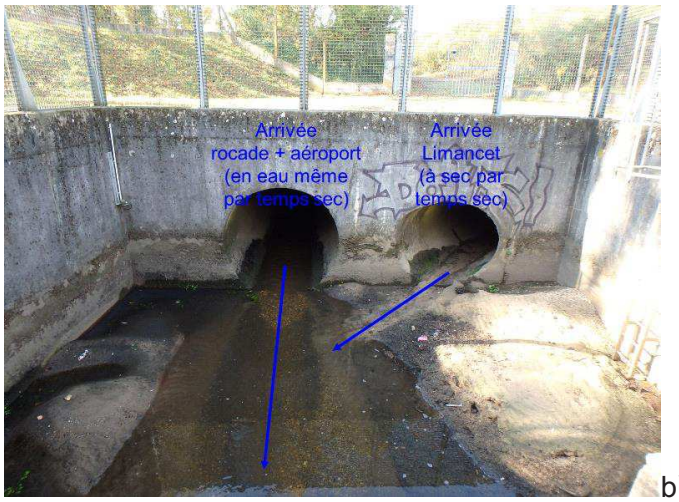
intense et même évènement pluvieux. Les prélèvements ont lieu à pas de temps fixes, très rapprochés au début et plus espacés vers la fin de l'opération.

Dans la deuxième phase du projet, les prélèvements d'eau seront réalisés uniquement sur ce site de Bois Gramond, en amont et en aval du pilote de traitement, pour évaluer l'efficacité du traitement.

Des analyses chimiques sont pratiquées sur l'ensemble des échantillons collectés. Des analyses biologiques *in vitro* sont pratiquées sur quelques échantillons collectés sur Bois Gramond (2 en temps sec, l'action continuum et 1 en temps de pluie). Il n'y a pas d'exposition d'échantillonneurs passifs ni d'organismes vivants prévues au niveau du collecteur rocade nord.

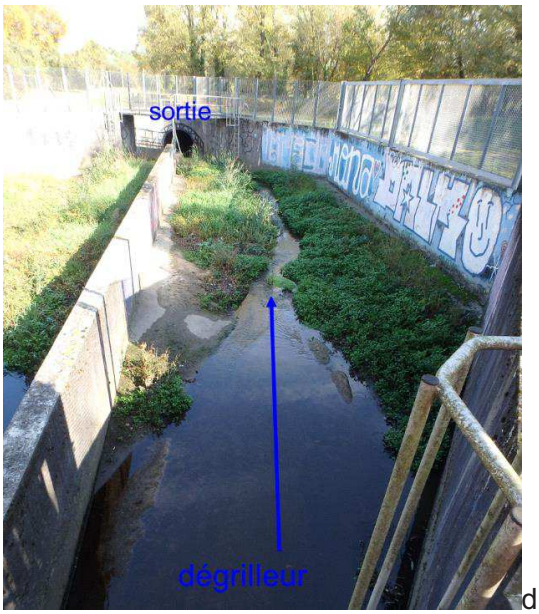
Ce site, extrêmement important dans REGARD pour l'étude de la source pluviale et la mise en œuvre d'une solution technique de traitement, est réellement complexe. Il a demandé un vrai effort de compréhension du site et de nombreux allers-retours dans les choix techniques sur les différents points possibles de prélèvement. Ce temps supplémentaire d'étude a finalement permis de mettre en place un protocole adapté aux besoins scientifiques de l'étude, aux contraintes techniques, sécuritaires et d'instrumentation de ce site.

a)



b)

c)



d)

e)

Figure 20 *Photos du site de Bois Gramond : (a) vue d'ensemble, (b) les 2 arrivées d'eau, (c) le dégrilleur, (d) le dessableur après le dégrilleur, (e) la sortie vers la Jalle.*

1.4 Les eaux pluviales en zones urbaines (EP zones urbaines)

Afin de remonter le plus possible aux origines des micropolluants dans le réseau d'assainissement et donc aux sources de pollution, des prélèvements d'eau de pluie, après ruissellement sur les espaces urbains (toitures, voiries, parking, trottoirs, espaces verts, terrains de sport, etc.) sont réalisés. Les points de collecte des échantillons d'eau ont été choisis dans des canalisations de réseaux séparatifs, à l'exception d'un point (EPZU-Fargue-NEUV), et en tête de réseau de façon à capter l'eau et connaitre son niveau de pollution avant que celui-ci ne soit influencé par des facteurs extérieurs (influence du temps de séjour dans les canalisations sur la composition chimique, dilution avec d'autres rejets plus en aval dans le réseau…).

Les sites de prélèvements ont été choisis en fonction des caractéristiques de leurs bassins versants et afin de représenter différents usages possibles : quartier résidentiel avec jardins individuels, centre-ville sans jardin, terrain de sport (foot/rugby/hippodrome), cimetière, parking d'un centre commercial, bâtiments récents, bâtiments anciens, etc. Le point EPZU-Fargue-NEUV, bien que situé sur un réseau unitaire, a été choisi car nous souhaitions avoir un point de prélèvement en plein centre-ville de Bordeaux, or à cet endroit il n'y a que du réseau unitaire. Un point de prélèvement sur un réseau strictement pluvial n'était donc pas possible. Pour compenser cette contrainte, ce point a été échantillonné un fois par temps sec (dans le cadre des EU domestiques) et une fois par temps de pluie (dans le cadre des EP zones urbaines).

La localisation des 6 points de prélèvement choisis est visible sur la Figure 21. Leurs caractéristiques ainsi que celles de leurs bassins versants sont récapitulées dans le Tableau 6. Les prélèvements d'eau permettent de réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro*. En raison du faible diamètre des canalisations et du manque d'eau par temps sec, il n'y a pas d'exposition d'échantillonneurs passifs. Il n'est pas non plus pertinent d'exposer des organismes vivants.

Figure 21 *Localisation des 6 points de prélèvement pour les eaux pluviales en zones urbaines.*

Tableau 6 *Caractéristiques des points de prélèvement des eaux pluviales en zones urbaines.*

		EPZU-Hil-LAVI	EPZU-Jac-ASCOT	EPZU-Fargue-NEUV	EPZU-Fargue-SOLEIL	EPZU-Fargue-LESSEPS	EPZU-Garonne-CASTERA
Exutoire		STEU Clos de Hilde*	Fossé ciel ouvert puis ruisseau Le Fourney	STEU Louis Fargue*	STEU Louis Fargue*	STEU Louis Fargue*	La Garonne
Remarques		Secteur d'étude commun avec EU domestiques, réseau séparatif		Secteur d'étude commun avec EU domestiques, réseau unitaire, prélèvement par temps de pluie			
Adresse	**Rue**	Rue Raymond Lavigne / quai de Queyries	Allée des Pelouses d'Ascot	Rue Neuve / rue de la Rousselle	Accès parking du personnel de carrefour	Rue Ferdinand de Lesseps	Rue des 4 Castéra
	Commune	Bordeaux	Bouliac	Bordeaux	Mérignac	Le Bouscat	Bègles
Coordonnées géographiques	**X (Nord)**	44°50'51.5''	44°49'22.5''	44°50'15.1''	44°49'40.6''	44°52'18.4''	44°48'11.8''
	Y (West)	0°33'51.4''	0°29'41.8''	0°34'10.8''	0°39'30.0''	0°36'57.4''	0°32'28.2''
Diamètres du collecteur (mm)		600	300	300	1 200	1 000	200
Longueur du réseau amont (m)		157	618	311	4 052	1 729	1 409 (en comptant les drains, sinon 370 m)
Caractéristiques		Quartier récent, habitat semi-collectif avec jardin, proche du centre-ville	Quartier pavillonnaire aisé avec jardins individuels, périphérie	Maisons anciennes de centre-ville, sans jardin	Parking du centre commercial Mérignac Soleil, 4000 places de stationnement	Terrain de foot/ rugby, hippodrome	Cimetière

*STEU car le réseau séparatif rejoint un réseau unitaire

1.5 Les eaux pluviales des techniques alternatives (EP TA)

Les solutions compensatoires, ou techniques alternatives (TA), sont des ouvrages permettant de compenser les effets de l'imperméabilisation des surfaces liées aux aménagements des agglomérations. Elles reposent sur un principe simple : gérer les eaux pluviales à la source pour limiter le ruissellement et favoriser l'infiltration en mettant en œuvre des ouvrages et équipements tels que des espaces de stockage des eaux pluviales avec restitution vers les nappes par infiltration et/ou à débit régulé vers les réseaux ou le milieu naturel.

L'arrêté d'autosurveillance du 21 juillet 2015 incite à la mise en place de ce type d'ouvrages « [...] les solutions de gestion des eaux pluviales le plus en amont possible sont étudiées afin de limiter les apports d'eaux pluviales dans le système de collecte ».
Ces ouvrages, dont la fonction première est quantitative par la limitation des volumes ruisselés et l'écrêtement des débits de pointe, soulèvent différents questionnements, notamment sur leur fonctionnement à long terme, ou leur influence sur la qualité des eaux pluviales rejetées vers le milieu récepteur.

Pour renforcer la connaissance et la compréhension du fonctionnement de ces ouvrages, un « observatoire des Techniques Alternatives » a été mis en place sur 5 TA de Bordeaux Métropole au fonctionnement et aux propriétés différentes :

- Un bassin d'infiltration végétalisé
- Un bassin de dépollution régulé (roseaux et végétaux sur membrane)
- Une noue d'infiltration régulée à alimentation diffuse
- Une noue d'infiltration régulée à alimentation concentrée
- Une structure alvéolaire ultralégère (SAUL) régulée et en partie infiltrante.

Les sites d'études ont été choisis sur le bassin versant de la Jalle en fonction du type d'ouvrage (bassin, noue, SAUL) et des caractéristiques de leur bassin versant (résidentiel, voirie, parc d'activité). Leur localisation est visible sur la Figure 22.

Figure 22 *Localisation des techniques alternatives étudiées et des points de prélèvements.*

Leur instrumentation va permettre de suivre le débit en continu et de réaliser des prélèvements d'eau en temps de pluie pour l'analyse des paramètres physico-chimiques classiques (matières en suspension (MES), carbone organique, etc.) et des micropolluants. Sur certains ouvrages, des prélèvements d'eau de nappe souterraine sont également prévus ainsi que des prélèvements de sol, plantes et dépôts.
Compte tenu des particularités de chaque site, un descriptif individuel est présenté dans les sous-paragraphes suivants.

1.5.1 Bassin d'infiltration – Bois de Germignan

Le bassin d'infiltration est situé dans le lotissement du Bois de Germignan au Taillan Médoc (Figure 23). Son bassin versant est résidentiel. Les photos de la Figure 24 permettent de visualiser l'ouvrage. Comme son nom l'indique, le but de ce bassin est d'infiltrer l'eau de pluie. Comme il est situé à proximité des champs captant du Thil-Gamarde, la nappe d'eau souterraine dans laquelle l'eau est infiltrée communique directement avec celles qui servent pour l'alimentation en eau potable. Il y a donc un enjeu à étudier l'infiltration et le devenir des micropolluants dans ce bassin. Ce bassin est équipé d'une surverse vers le ruisseau Cagaraou, pouvant être sollicitée en cas de très fortes pluies.

Des prélèvements d'eau par temps de pluie en entrée du bassin sont réalisés afin d'effectuer des analyses chimiques. Des prélèvements d'eau dans la nappe souterraine en aval hydraulique du bassin et des prélèvements de sol sont aussi effectués afin d'étudier le devenir des micropolluants. Par ailleurs, un piézomètre avait été installé de manière à mesurer le marnage du bassin en cas de fortes pluies et ainsi vérifier la capacité d'infiltration de l'ouvrage dans le temps. Le bassin ayant de très bonnes capacités d'infiltration le piézomètre n'a pas été utilisé et il a été déplacé sur un autre site (Vert-Castel).

Figure 23 *Localisation du bassin d'infiltration du Bois de Germignan au Taillan Médoc.*

Figure 24 *Photos illustrant la vue d'ensemble du bassin d'infiltration du bois de Germignan.*

1.5.2 Bassin de dépollution – RD1215

Le bassin de dépollution est situé sur la commune du Haillan, le long de la route départementale qui mène aux plages de Lacanau Océan et qui est très fréquentée en été (Figure 25). Le bassin versant de cet ouvrage est majoritairement routier. Les photos de la Figure 26 permettent de visualiser le bassin de dépollution et le bassin d'infiltration qui l'entoure (Figure 26a). Le bassin est nommé « bassin de dépollution » dans le SIG des ouvrages de Bordeaux Métropole car le fond du bassin est recouvert d'une géomembrane (Figure 26c et d), initialement destinée à imperméabiliser la structure et à retenir la pollution. En dépit de la géomembrane, des joncs poussent dans ce bassin (Figure 26b et d) et participent à la « dépollution naturelle » par biofiltration. Lors des faibles et moyennes pluies, ce bassin est régulé vers le réseau public d'eaux pluviales. En cas de fortes pluies, les eaux surversent vers le bassin d'infiltration entourant le bassin de dépollution.

Des prélèvements d'eau sont réalisés en entrée et en sortie de cet ouvrage. Des prélèvements de plantes sont également effectués afin de réaliser des analyses chimiques. Le but est d'évaluer la capacité épuratrice du bassin de dépollution et d'étudier les flux et la répartition des micropolluants. Des prélèvements de dépôts étaient initialement prévus mais les caractéristiques de l'ouvrage n'ont pas permis d'atteindre cet objectif. En effet, les racines ou la présence d'eau n'ont pas permis d'utiliser les techniques d'échantillonnage pressenties (carottier ou tarière).

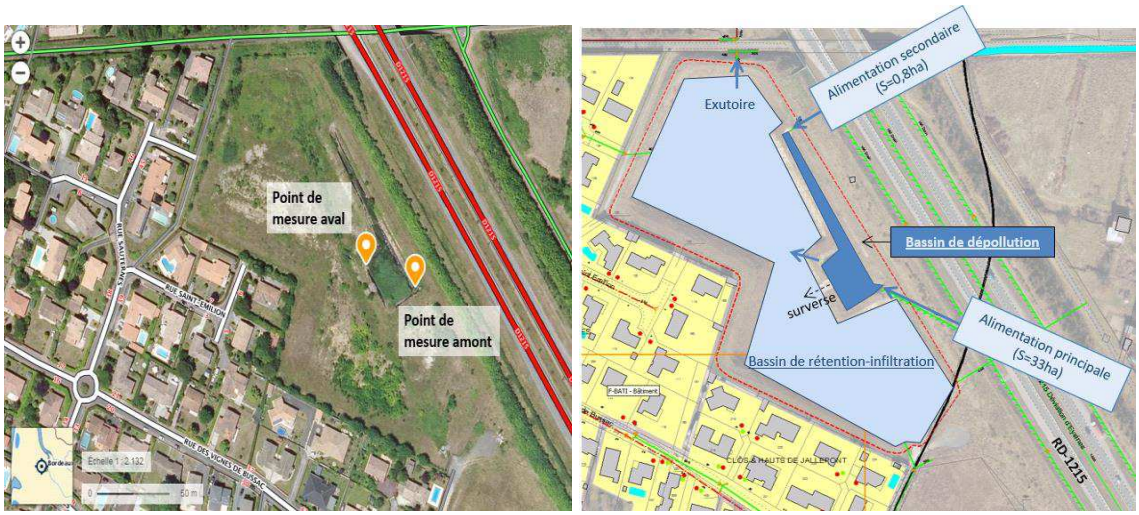


Figure 25 *Localisation du bassin de dépollution de la RD1215 au Haillan.*

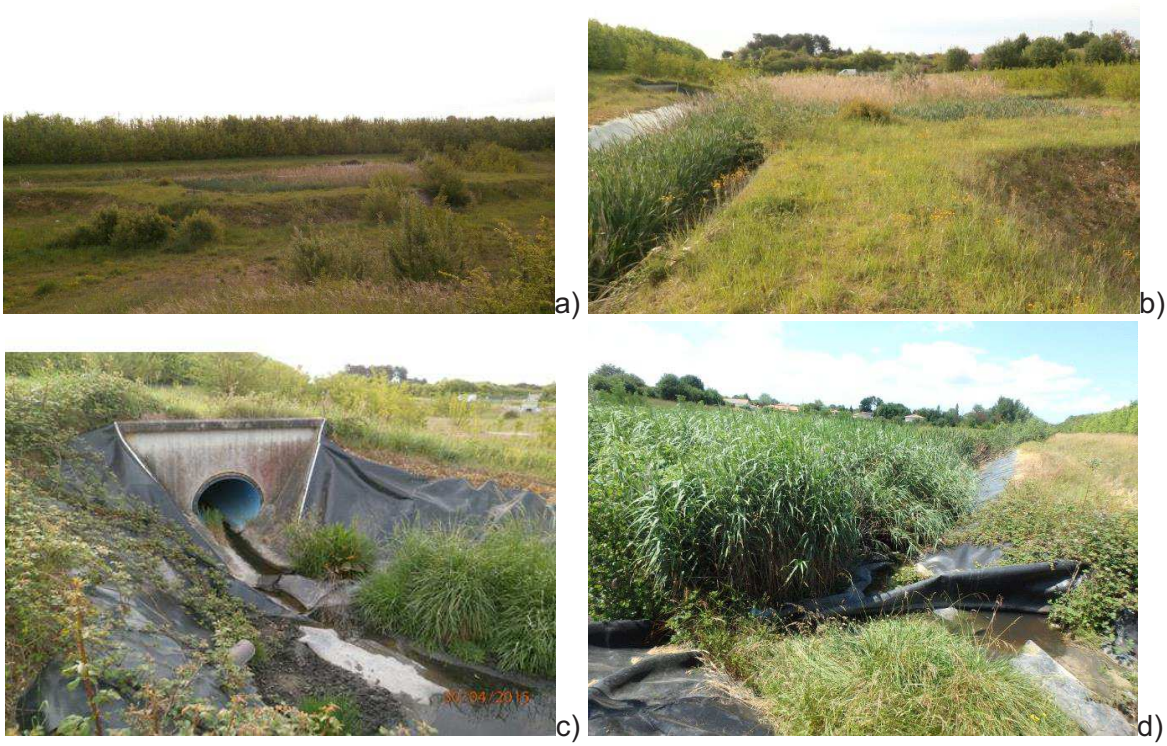


Figure 26 *Photos illustrant le bassin de dépollution situé le long de la RD1215.*

1.5.3 Noues – Parc d'activité Vert Castel

Sur ce site, c'est l'ensemble de deux noues situées dans la zone d'activité Vert-Castel à Mérignac (Figure 27) qui est étudié. Ces noues sont parallèles et se trouvent de part et d'autre du chemin d'accès au parc d'activité. Les eaux transitant dans les noues sont ensuite dirigées vers un même point ; la « sortie » de l'ouvrage est donc commune aux deux noues. Le bassin versant de cet ouvrage est plutôt industriel (ZAC). Les photos de la Figure 28 permettent de visualiser une des noues par temps sec (a) ou par temps pluvieux (b). Ces noues végétales permettent de gérer les eaux de pluie directement à la source : leur alimentation est diffuse et l'eau n'est pas amenée par des tuyaux (« 0 tuyau »). En revanche, cela rend l'instrumentation et le prélèvement d'eau plus difficile. Néanmoins des prélèvements d'eau en « entrée », au

niveau d'un petit canal d'amenée des eaux de voirie vers une des noues (Figure 28c), et en sortie sont réalisés afin de pratiquer des analyses chimiques. Le but est d'étudier la capacité épuratrice de l'ouvrage et le flux de micropolluants transitant dans les noues. Par ailleurs la pose d'appareil de mesure du débit en aval devrait permettre de suivre dans le temps la régulation hydraulique.

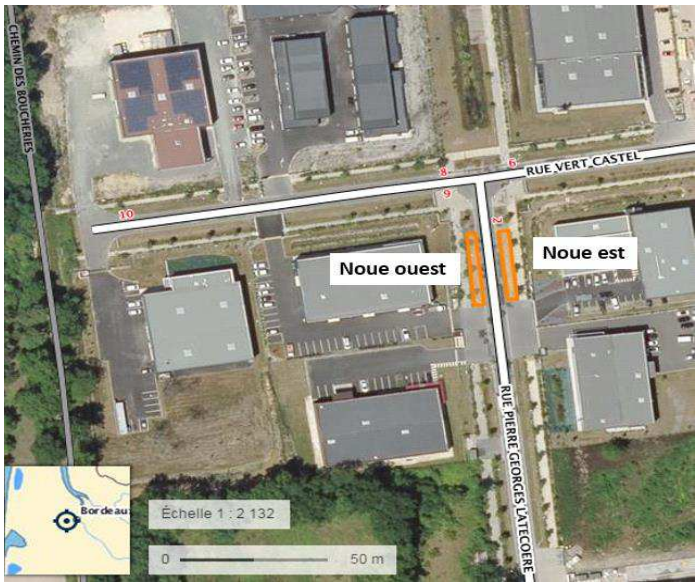


Figure 27 *Localisation des noues du parc d'activité Vert-Castel à Mérignac.*

a) b) c)

Figure 28 *Photos illustrant la noue par temps sec (a), après une pluie (b) et un petit canal d'amenée des eaux de voirie vers la noue (c).*

1.5.4 Noue – Clos Lacaussade

La noue est située dans le quartier du Clos Lacaussade au Taillan-Médoc (Figure 29). Son bassin versant est résidentiel. Les photos de la Figure 30 permettent de la visualiser. Contrairement aux noues du parc d'activité Vert-Castel, cette noue a une alimentation concentrée c'est-à-dire que les eaux de son bassin versant sont canalisées et arrivent dans la noue par une seule entrée principale et par une canalisation. Une fois qu'elles ont traversé la noue, les eaux sont rejetées à débit régulé vers le réseau public d'eaux pluviales. De plus, cet ouvrage est équipé de redents régulés qui sectorisent la noue, permettant ainsi de renforcer le stockage de l'eau et son infiltration vers le sous-sol, même pour des faibles pluies. Comme pour les noues de Vert-Castel, des prélèvements d'eau en entrée et en sortie de l'ouvrage sont réalisés afin de pratiquer des analyses chimiques. Le but est là aussi d'étudier la capacité épuratrice de l'ouvrage et le flux de micropolluants transitant dans la noue. La mesure du débit

en continu devrait également permettre de suivre la régulation hydraulique de l'ouvrage dans le temps.

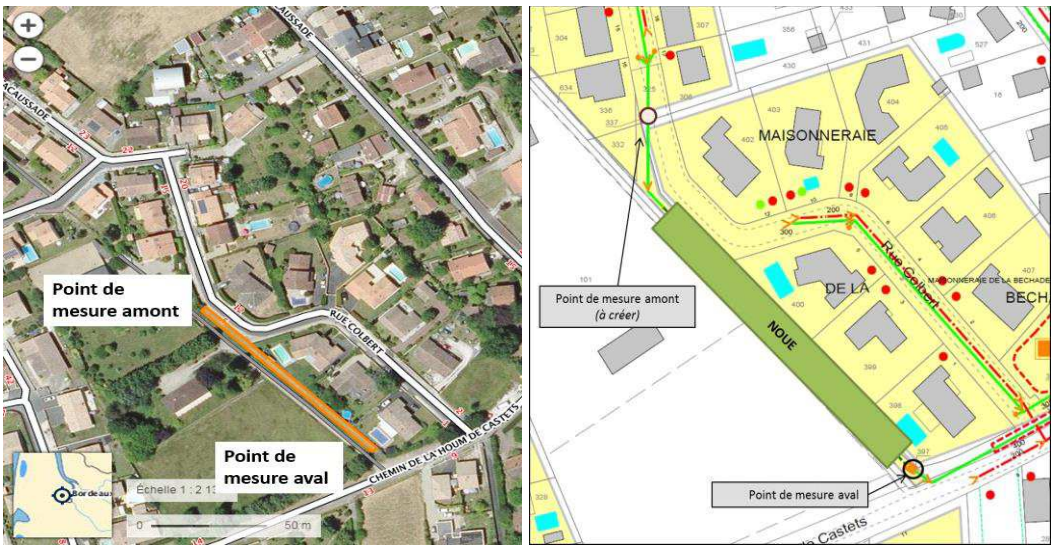


Figure 29 *Localisation de la noue du Clos Lacaussade au Taillan-Médoc.*

Figure 30 *Photos illustrant la rétention de l'eau via un redent régulé (a), et la sortie de la noue (b) du Clos Lacaussade.*

1.5.5 SAUL infiltrante – Avenue de la Boétie

La structure alvéolaire ultralégère (SAUL) infiltrante est située avenue de la Boétie au Taillan-Médoc (Figure 31). Son bassin versant est routier mais aussi un peu résidentiel. C'est un ouvrage récent qui est situé sous une piste cyclable (Figure 32). Le principe de fonctionnement d'un tel ouvrage est expliqué dans la Figure 33. Les eaux de pluie pénètrent dans la structure via des avaloirs à cloisons siphoïdes et une canalisation d'amenée puis elles sont stockées

pour être infiltrées et régulées vers le réseau d'assainissement. Comme pour les noues ou le bassin de dépollution, des prélèvements d'eau sont prévus en entrée et en sortie de l'ouvrage pour réaliser des analyses chimiques. Le but est là aussi d'étudier la capacité épuratrice de l'ouvrage, le flux de micropolluants transitant dans la SAUL et de suivre la régulation hydraulique de l'ouvrage dans le temps via la mesure du débit en continu.

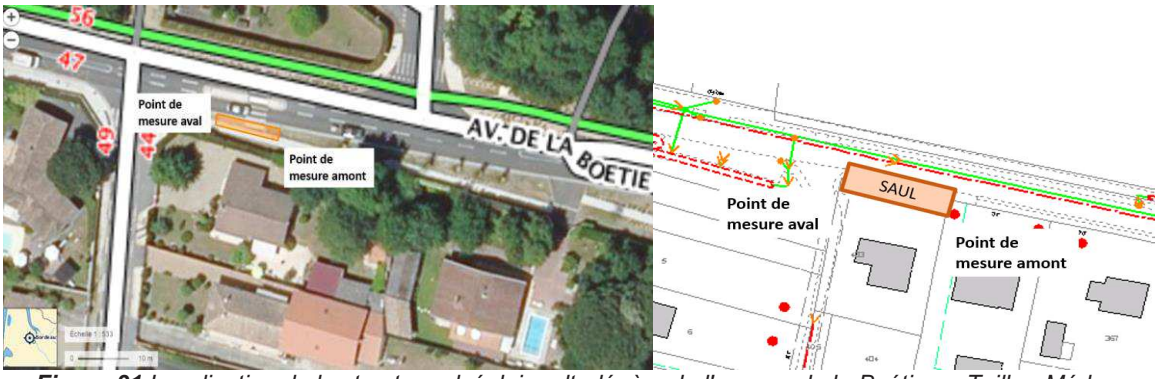


Figure 31 *Localisation de la structure alvéolaire ultralégère de l'avenue de la Boétie au Taillan-Médoc.*

Figure 32 *Photos illustrant l'intérieur (a) et l'extérieur d'une SAUL une fois la construction finie (b).*

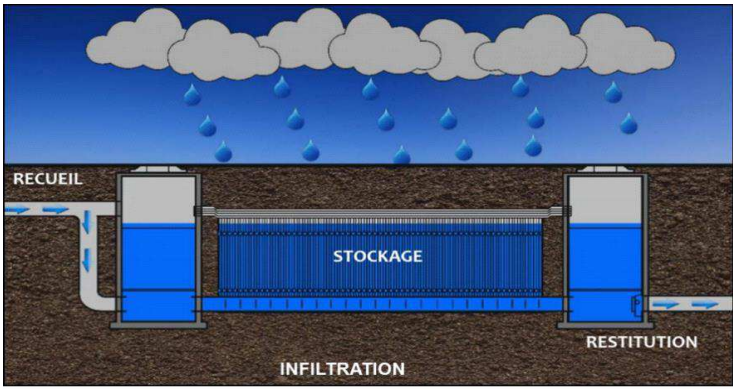


Figure 33 *Principe de fonctionnement d'une SAUL infiltrante. Source : http://www.hamon-watersolutions.com*

1.6 Les eaux usées domestiques (EU domestiques)

En parallèle des prélèvements d'eaux pluviales, des prélèvements d'eaux usées sont réalisés dans REGARD. Ils sont effectués dans diverses zones de façon à étudier les différentes origines possibles de la pollution de l'eau par les micropolluants (eaux usées domestiques, industrielles ou hospitalières). Dans ce paragraphe nous allons décrire les points d'échantillonnage des eaux usées domestiques (EU domestiques).

Les points de collecte des échantillons d'eau ont été choisis dans des canalisations de réseaux séparatifs, à l'exception d'un point (EPZU-Fargue-NEUV) en réseau unitaire. L'ensemble des points de collecte correspond à des têtes de réseau, l'objectif étant de connaitre le niveau de pollution avant que celui-ci ne soit trop influencé par des facteurs extérieurs (influence du temps de séjour dans les canalisations sur la composition chimique, dilution avec d'autres rejets plus en aval dans le réseau…). Les sites de prélèvements ont été choisis en fonction des caractéristiques de leurs bassins de collecte : nombre de ménages (entre 50 et 200), type d'habitat (maison individuelle ou habitat collectif), niveau de vie potentiel (aisé ou modeste), localisation (centre-ville ou banlieue), ancienneté des constructions (habitats récents ou anciens). La localisation des 8 points de prélèvements choisis est visible sur la Figure 34 et quelques photos illustrant la diversité des zones d'échantillonnage sont visibles Figure 35. Les caractéristiques des points d'échantillonnage ainsi que celles de leurs bassins versants sont récapitulées dans le Tableau 7.

Les prélèvements d'eau vont permettre de réaliser des analyses chimiques et des analyses biologiques *in vitro*. En raison du faible diamètre des canalisations et du faible débit d'eau la nuit, il n'y a pas d'exposition d'échantillonneurs passifs. Il n'est pas non plus pertinent d'exposer des organismes vivants.

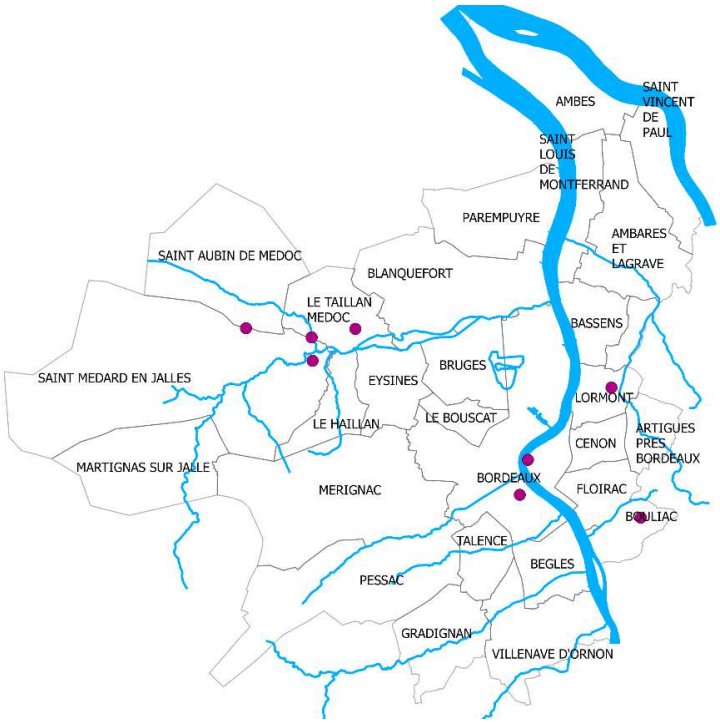


Figure 34 *Localisation des points de prélèvement des eaux usées domestiques.*

Les points de prélèvement d'eau usées à l'échelle de la maison individuelle et associés à l'expérimentation « Familles EAU défi » sont décrits dans le livrable associé à cette expérimentation.

a)

b)

c)

d)

e)

Figure 35 *Photos illustrant la diversité des points de prélèvement des EU domestiques : rural (a), pavillonnaire (b), maison individuelle et quartier potentiellement aisé (c), habitat collectif et quartier populaire (d), centre-ville (e).*

Tableau 7 *Caractéristiques des points de prélèvements des eaux usées domestiques.*

		EUdom-Hil-LAVI	EUdom-Hil-ASCOT	Eudom-Sab-LORM	EUdom-Cant-SOUR	EUdom-Cant-MAI	EUdom-Cant-DORE	EUdom-Cant-GENE	EUdom-Fargue-NEUV
STEU de rattachement		Clos de Hilde	Clos de Hilde	Sabarèges	Cantinolle	Cantinolle	Cantinolle	Cantinolle	Louis Fargue
Remarques		Secteur d'étude commun avec EP zones urbaines	Secteur d'étude commun avec EP zones urbaines				Secteur d'étude commun avec EP zones urbaines		Secteur d'étude commun avec EP zones urbaines
Adresse	**Rue**	Rue Raymond Lavigne / quai de Queyries	Allée des Pelouses d'Ascot / avenue de la belle étoile	Rue des garosses	Avenue du Thil	Rue du 8 mai 1945	Rue Gustave Doré	Allée des Genêts	Rue Neuve / rue de la Rousselle
	Commune	Bordeaux	Bouliac	Lormont	Saint Médard en Jalles	Le Taillan-Médoc	Le Taillan-Médoc	Saint Aubin du Médoc	Bordeaux
Coordonnées géographiques	**X (Nord)**	44°50'51.5"	44°49'21.5"	44°52'34.9"	44°53'27.6"	44°54'14.9"	44°54'02.0"	44°55'44.9"	44°50'15.1"
	Y (West)	0°33'51.4"	0°29'43.5"	0°31'09.8"	0°41'42.2"	0°40'10.2"	0°41'51.7"	0°45'19.8"	0°34'10.8"
Diamètres du collecteur (mm)		200	200	200	200	200	200	200	300
Longueur du réseau amont (m)		150	712	476	70	560	727	3 430	150
Caractéristiques	**Type de réseau**	Séparatif	Séparatif	Séparatif	Séparatif	Séparatif	Séparatif	Séparatif	Unitaire
	Type d'habitat	Semi-collectif	Maison individuelle	Collectif	Collectif	Maison de ville	Maison individuelle	Maison individuelle	Maison de ville
	Niveau de vie potentiel	+ +	+ + +	- - -	- - -	+	+ +	-	+
	Centre-ville / périphérie	Centre-ville + +	Périphérie + +	Centre-ville + +	Périphérie + + +	Centre-ville + + +	Centre-ville +	Périphérie + + +	Centre-ville + + +
	Ancien / récent	Récent + + +	Ancien +	Ancien + + +	Ancien + + +	Ancien + +	Ancien +	Ancien + +	Ancien + + +

1.7 Les eaux usées des zones industrielles (EU ZI)

Dans le cadre du projet, les eaux usées de 15 zones industrielles (14 ZI + 1 by-pass STEU de Cantinolle par temps de pluie) sont prélevées et analysées. La localisation de ces ZI est visible sur la Figure 36. 5 ZI différentes ont été étudiées chaque année en 2013, 2014 et 2015. Elles sont de dimensions différentes et les dimensions de leur bassin de collecte sont visibles sur les cartes de la Figure 37. Les plus grosses ZI ont été étudiées en 2013. Un exemple de zone de collecte est visible Figure 38. Les caractéristiques des 15 ZI sont indiquées dans le Tableau 8.

Les prélèvements d'eau sont réalisés pour analyses chimiques et analyses biologiques *in vitro*. Des échantillonneurs passifs sont également exposés sur ces différents points, sauf la dernière année, 2015, à cause du faible diamètre des canalisations ou du faible débit d'eau (risque d'obturer la canalisation ou que tous les capteurs ne soient pas immergés). Il n'y a pas eu d'exposition d'organismes vivants.

Figure 36 *Localisation des points de prélèvement des eaux usées des zones industrielles.*

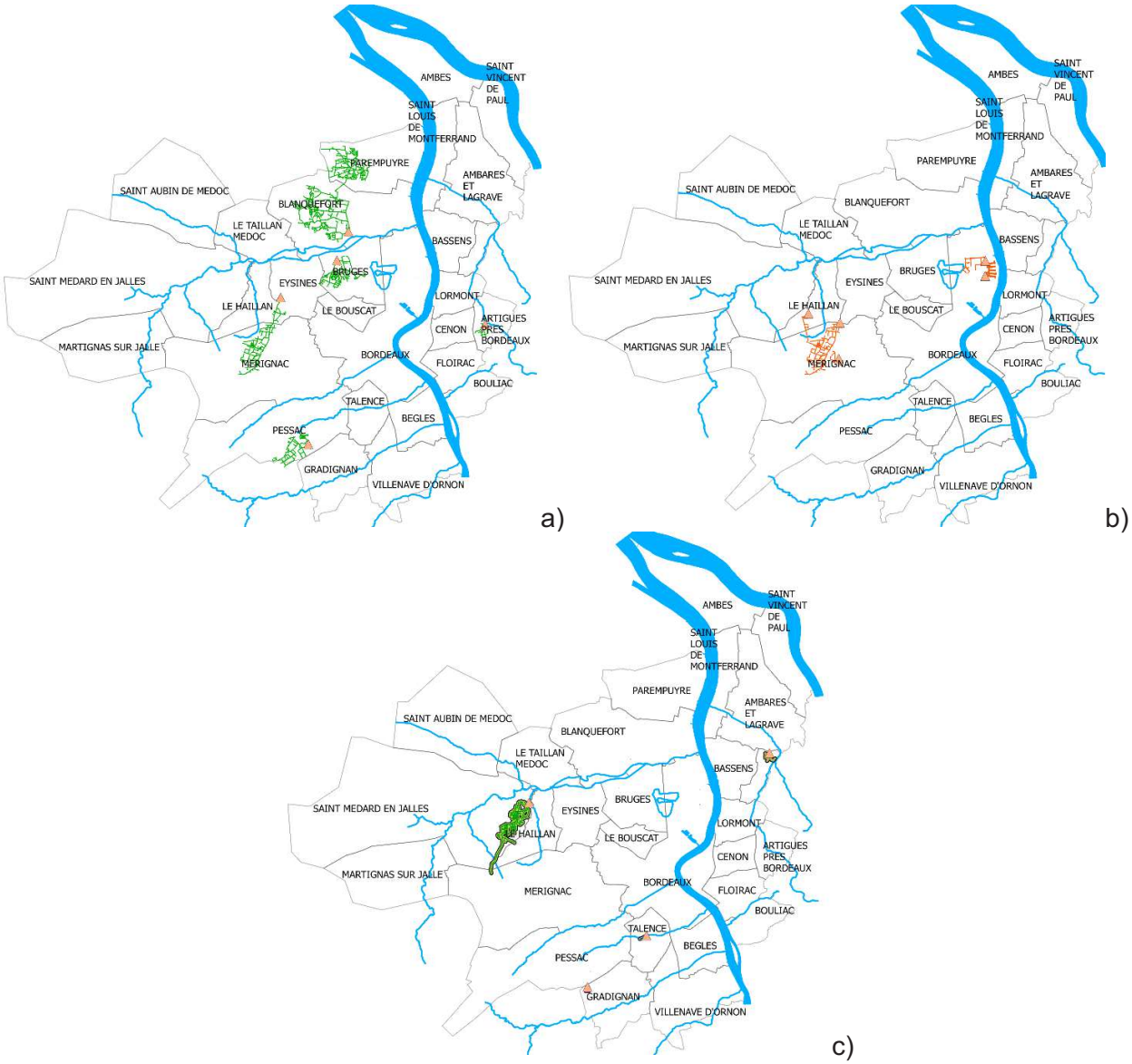


Figure 37 *Bassin de collecte des ZI étudiées en 2013 (a), 2014 (b) et 2015 (c).*

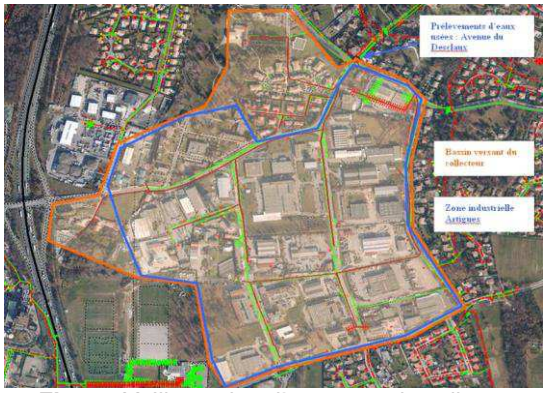


Figure 38 *Illustration d'une zone de collecte.*

Tableau 8 *Caractéristiques des points de prélèvements des zones industrielles.*

	Zi-Sab-ART	Zi-Lil-BLAN	Zi-Lil-BRU	Zi-Can-EYS	Zi-Hil-PES	Zi- Lil-FOIRE	Zi-Far-LABA	Zi-Cant-HAILL	Zi-Cant-PHARE	Zi-Far-VIGN	Zi-Hil-FAC	Zi-Hil-BERS	Zi-Sab-CARBON	Zi-cant-BERL	STEU-Jal-Bypass
STEU de rattachement	Sabarège	Lille Blanquefort	Lille Blanquefort	Cantinolle	Clos de Hilde	Lille Blanquefort	Louis Fargue	Cantinolle	Cantinolle	Louis Fargue	Clos de Hilde	Clos de Hilde	Sabarège	Cantinolle	
Détails	ZI d'Artigues	ZI de Blanquefort	ZI de Bruges	ZI d'Eysines	ZI Pessac Canejan	ZI Bordeaux Foire A	ZI Bordeaux Labarde	ZI Le Haillan	ZI Mérignac Phare	ZI Mérignac Vigneau	Fac de chimie (campus université de bordeaux)	ZI Bersol Gradignan	ZI Carbon Blanc	ZI Berlincan saint medard	By-pass Cantinolle
Adresse Rue	Avenue Desclaux	Avenue du Port du Roy	Avenue des 4 ponts	Avenue Jean Mermoz	Rue du serpent / avenue du Pontet	Cours Charles Bricaud	Avenue de Labarde	Rue de Venteille	Avenue Maurice Levy	Rue de Logey	Cours de la libération	Allée de Megevie	Rue André Marie Ampère	Allée Paul Doumerc	Avenue du médoc
Commune	Artigues	Blanquefort	Bruges	Eysines	Pessac	Bordeaux	Bordeaux	Le Haillan	Merignac	Mérignac	Talence	Gradignan	Carbon Blanc	Saint Médard-en-Jalle	Eysines
Coordonnées géographiques X (Nord)	44°51'27.3"	44°54'44.8"	44°53'41.6"	44°52'27.1"	44°47'21.3"	44°53'44.5"	44°53'05.9"	44°51'52.7"	44°50'58.9"	44°50'15.7"	44°48'28.9"	44°46'33.5"	44°54'45.2"	44°53'10.9"	44°53'42.5"
Y (West)	0°29'43.1"	0°36'15.7"	0°36'56.5"	0°39'37.8"	0°38'17.8"	0°33'56.1"	0°33'00.4"	0°41'28.2"	0°40'13.1"	0°39'60.0"	0°35'37.8"	0°38'23.5"	0°29'18.6"	0°41'18.6"	0°40'02.3"
Diamètres du collecteur (mm)	300	600	400 & 400	600	300	300 & 400	250	250 & 300	200 ; 300 & 500	250		200	250	250	
Longueur du réseau amont (m)*	4 199	90 172	13 645	32 451	18 329	6 293	4 394	3 687	26 460	2 608	542	pb APIC	2 095	28 612	
Surface bassin de collecte (ha)**	62,95	1 444,9	311,39	504,84	292,68	118,47	81,66	108,11	431,07	50,81					
Surface de la ZI (km²) ***	0,50	2,60	0,80	1,09	3,58	0,88	0,70	1,05	4,58	0,47					
Nb d'habitants***	134	11496	3189	1579	1187	45	18	62	1226	74					
Tissu agricole (%)***	0	19,2	23,6	11,5	0,9	28,6	2,5	8,3	9,6	0,0					
Tissu urbain (%)***	17,6	50,6	45,3	18,7	19,7	15,4	0,0	7,5	9,3	7,7					
Tissu industriel (%)***	81,0	24,2	31,1	67,6	78,0	56,0	91,1	71,1	80,2	92,3					
Nb d'entreprises***	88	549	342	825	277	16	133	86	736	67					
Nb d'établissement de santé***	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0					
Nb de vétérinaires***	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0					
Remarques	Réseau gravitaire	Réseau sous pression, poste de relevage	Réseau sous pression, poste de relevage, 2 canalisations	Réseau gravitaire	Réseau gravitaire	Réseau sous pression, poste de relevage, 2 canalisations	Réseau gravitaire	Réseau gravitaire, 2 canalisations	Réseau sous pression, poste de relevage, 3 canalisations	Réseau gravitaire					

* données issues du logiciel APIC

** données issues des fiches « exutoire zone industrielle » de la SGAC, pole innovation et environnement, septembre 2013.

*** données issues du rapport de stage de fin d'étude de Master 2 de Fanny Imart, « Investigation sur les micropolluants : caractérisation des sources. Application au territoire de Bordeaux métropole », aout 2015.

1.8 Les eaux usées du groupe hospitalier Pellegrin (EU CHU)

Afin d'étudier la source hospitalière et d'identifier la part relative des rejets de résidus médicamenteux et biocides d'un centre de soins par rapport aux différents apports domestiques, des prélèvements d'eaux usées sont réalisés à la sortie de différents services et bâtiments du Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU de Bordeaux. Le CHU de Bordeaux (2827 lits et 305 places pour accueillir des patients pour moins de 24 heures)[5] est l'un des gros pôles hospitaliers français, avec comme site principal l'hôpital Pellegrin qui déverse environ 265 000 m^3 d'eaux usées par an vers la station de traitement des eaux usées de Louis Fargue. L'impact relatif de cette source de pollution, et notamment des produits pharmaceutiques et biocides sur la composition de l'eau usée en entrée de STEU est donc probablement mesurable.

Fondé au 19ème siècle, le Groupe Hospitalier Pellegrin est le plus important des sites du CHU de Bordeaux (1359 lits et 169 places pour accueillir des patients pour moins de 24 heures)[5]. Il est situé au sud-ouest de Bordeaux et constitue un centre de soins aux compétences et équipements très étendus permettant la prise en charge et le traitement des pathologies les plus diverses : chirurgie, maternité, pédiatrie, urgences (enfants et adultes), SAMU-SMUR... et depuis avril 2008, un pôle de spécialités chirurgicales, le centre "François-Xavier Michelet" (CFXM), qui regroupe des spécialités telles que l'oto-rhino-laryngologie, la chirurgie maxillo-faciale, l'ophtalmologie, la chirurgie plastique et reconstructrice, les brûlés et la chirurgie de la main. Au nord-est du site CHU Pellegrin, on trouve l'Etablissement français du sang et au sud l'Université Bordeaux 2 (Figure 39).

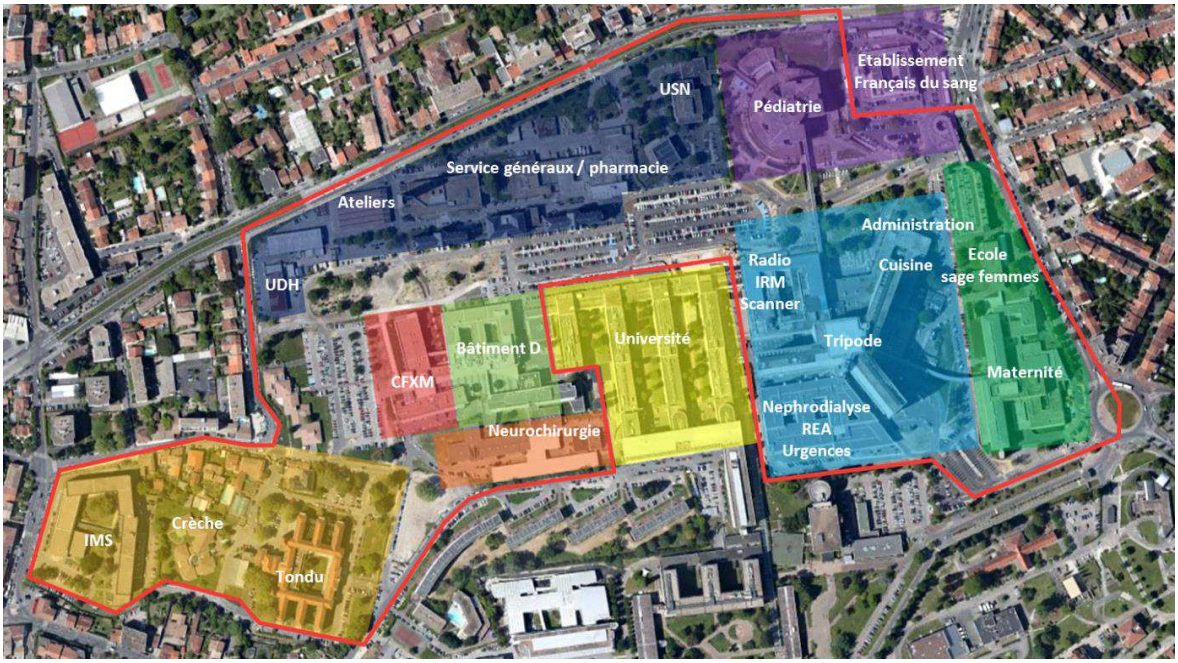


Figure 39 *Vue aérienne du Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU de Bordeaux et localisation des différents services et bâtiments de soin (USN : Unité de Soins Normalisés, UDH : zone blanche, IMS : école des infirmiers).*

On dénombre 14 bâtiments ou services principaux sur le site du Groupe Hospitalier Pellegrin. Les caractéristiques de ces bâtiments/services sont présentées dans le Tableau 9.

[5] Chiffres clés 2014, CHU Hôpitaux de Bordeaux

Tableau 9 *Fonctions des différents services / bâtiments du site Pellegrin du CHU de Bordeaux.*

Bâtiments	Services
Tripode	Biologie médicale multidisciplinaire Centre Anti-poison et de toxicologie Centre de ressources biologiques Bordeaux Biothèque Santé Centres de prélèvement des GH Coordination des prélèvements d'organes et de tissus Coordination des vigilances sanitaires Coordination et analyse de l'information médicale Informatique et archivistique médicales Laboratoire d'hygiène hospitalière Matériovigilance Méthodes d'évaluation en santé (UMES) Nosocomiovigilance Pharmacie du Groupe Hospitalier Pellegrin SAR = Service anesthésie-réanimation (SAR) SAR Maternité SAR neurochirurgie SAR Orthopédie SAR Réanimation chirurgicale Pellegrin SAR Unité ambulatoire SAR Uro-vasculaire Pellegrin Scanner, IRM Sécurité transfusionnelle et hémovigilance Service d'Accompagnement et de soins palliatifs Service de bactériologie Service de biochimie Service de Chirurgie vasculaire et générale Service de Médecine du travail et pathologies professionnelles Service de Médecine interne et post-urgences Service de Médecine nucléaire Service de Médecine physique et de réadaptation Service de Néphrologie-transplantation-dialyse Service de Neurochirurgie A Service de Neurochirurgie B Service de Neurologie Service de Parasitologie et mycologie Service de Pathologie Service de Pharmacologie médicale Service de Radiologie et de neuro-imagerie diagnostique et thérapeutique Service de Radiologie et d'imagerie diagnostique et interventionnelle de l'adulte Service de Réanimation médicale Service de Rhumatologie Service de Virologie et l'unité de surveillance biologique Service des Maladies infectieuses et tropicales Service d'Explorations fonctionnelles du système nerveux Service d'Explorations fonctionnelles respiratoires Service d'hématologie biologique Service d'immunologie et d'immunogénétique Service d'Urologie, andrologie et transplantation rénale Surveillance et prévention du risque infectieux Unité d'accueil et de soins des patients sourds Unité de Réanimation-déchocage Unité des Urgences adultes et de permanence d'accès aux soins de santé Unité d'Orthopédie et traumatologie périphérique Unité d'Orthopédie-traumatologie, Rachis I Unité d'Orthopédie-traumatologie, Rachis II USMR, coordination soutien méthodologique à la RC

Bâtiments	Services
Urgences adultes	Unité SAMU-SMUR
Hôpital des enfants	CAMSP polyvalent CRCM pédiatrique Dermatologie pédiatrique Endocrinologie pédiatrique Gastroentérologie pédiatrique Hématologie pédiatrique Lactariums et biberonnerie Néonatologie Néphrologie pédiatrique Neurologie pédiatrique Pneumologie pédiatrique Radiographie conventionnelle, écographie pédiatrique Réanimation pédiatrique Service anesthésie réanimation Service de Chirurgie infantile Service de génétique biologique Service de génétique clinique Urgences pédiatriques
Unité de Soins Normalisés (USN)	Maladies Neuromusculaires
Services Généraux	Bureaux
Ateliers	Atelier de mécanique Gestion du réseau d'assainissement et de l'arrivée d'eau Lavage véhicules Menuiserie Plomberie
PQR	Allergologie Laboratoire d'hygiène hospitalière Unité de coordination de la douleur Unité d'orthopédie dento-faciale Unité médicale d'omnipratique dentaire
CFXM	Audiologie Cataracte, chirurgie réfractive, cornée, glaucome, lentilles Chirurgie cervicale et cancérologie ORL Chirurgie de la main Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique - Brûlés - Transgenre Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique - Seins - Chirurgie dermatologique Ophtalmo-pédiatrie, orbite, paupières, allergologie Otologie et otoneurochirurgie Pédiatrie ORL Rétine, uvéites, neuro-ophtalmologie Rhinologie et chirurgie plastique Service Anesthésie Réanimation Service de Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Bâtiment D	Consultations du service d'ophtalmologie du CFXM
Institut des Métiers de la Santé (IMS)	Ecole de puériculture Ecole de sages-femmes Ecole d'infirmiers(ères) anesthésistes Ecole d'infirmiers(ères) de bloc opératoire Institut de formation d'aides-soignants Institut de formation des cadres de santé Institut de formation en ergothérapie Institut de formation en masso kinésitherapie Institut de formation en pédicurie podologie Institut de Formation en Soins Infirmiers(ères) (IFSI)
Crèche	Garderie

Bâtiments	Services
Tondu	Administration Centre de coordination de lutte contre les infections nosocomiales Comité de coordination Régionale de lutte contre l'infection due au VIH Aquitaine Maison des familles des œuvres de Saint-Jean
Ecole de sage-femme	Service de génétique biologique
Maternité Aliénor d'Aquitaine	Activité obstétricale et périnatale et gynécologie de dépistage Assistance médicale à la procréation Centre de la femme à risque de cancer (CEFERCA) Chirurgie gynécologique (blocs techniques) et Comité pilotage AMP Consultations externes - Hôpital de jour obstétrical Echographie anténatale, gynécologique, sénologie Grossesses pathologiques Gynécologie médicale - Planning familial Médecine fœtale Néonatologie bloc maternité Oncologie gynécologique Orthogénie Service de Biologie de la reproduction et CECOS Service de Radiologie et d'imagerie anténatale, de l'enfant et de la femme Urgences obstétricales - Salle de naissances (bloc obstétrical) Urgences-Hôpital de Jour-Chirurgie fonctionnelle

Sur ce site de Pellegrin, le tripode et la néphrodialyse (UNDR) représentent plus de la moitié des lits occupés par jour, avec 52% des 524 lits quotidiennement occupés. La maternité (20%) et la pédiatrie (15%) ont également une activité importante et représentent plus de 35% des lits. Avec un nombre de jours d'hospitalisations par an supérieur à 28 000 et un nombre de consultations supérieur à 25 000 sur l'ensemble du site de Pellegrin, l'activité est importante. Les Figure 40 et Figure 41 présentent la répartition des hospitalisations et des consultations de ce site. Ces figures mettent elles aussi en évidence une activité très importante au niveau du tripode et de l'UNDR.

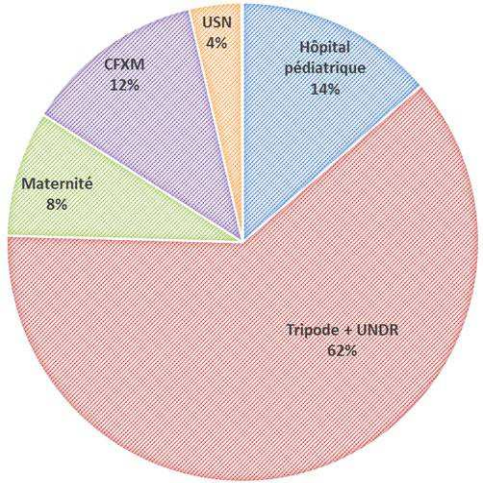


Figure 40 *Répartition des hospitalisations sur les différents services du site Pellegrin du CHU.*

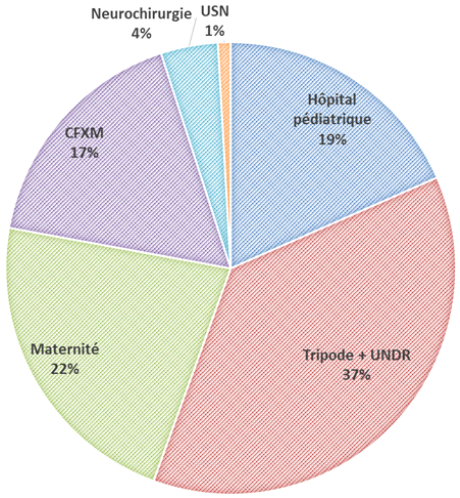


Figure 41 *Répartition des consultations sur les différents services du site Pellegrin du CHU.*

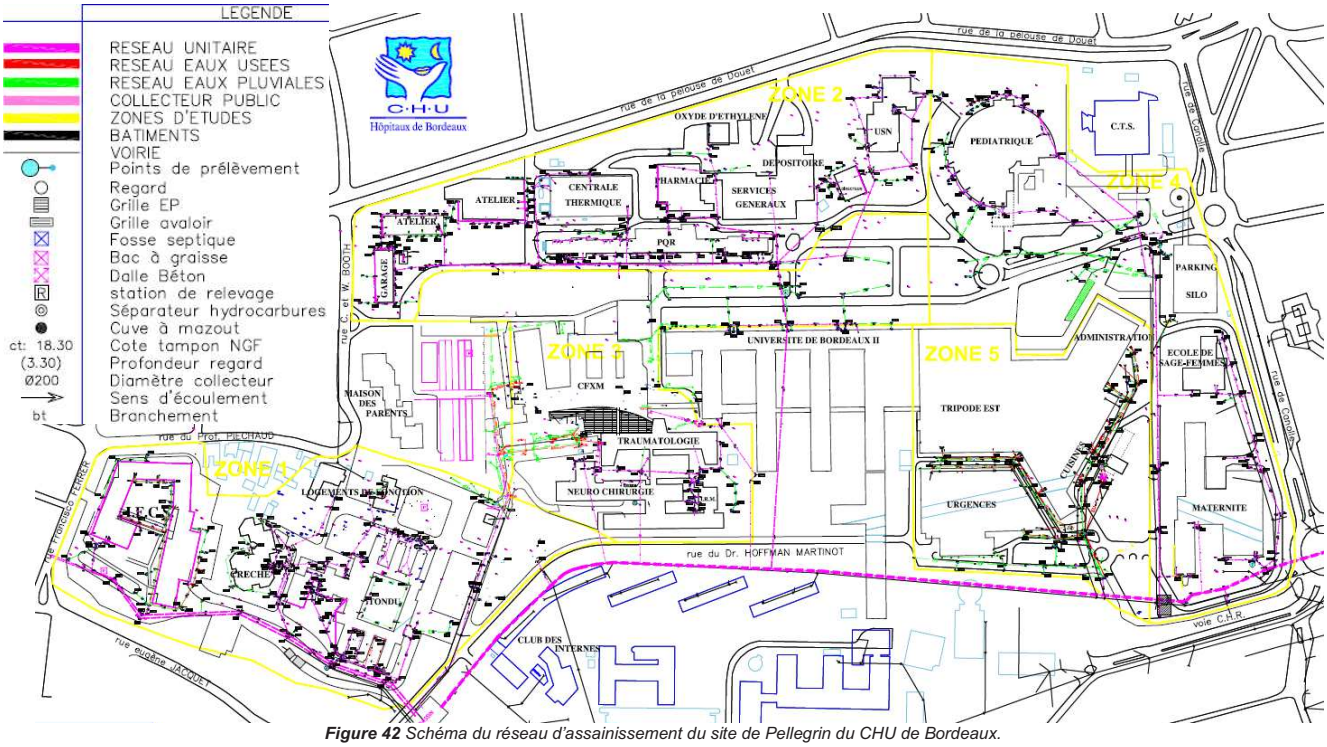


Figure 42 *Schéma du réseau d'assainissement du site de Pellegrin du CHU de Bordeaux.*

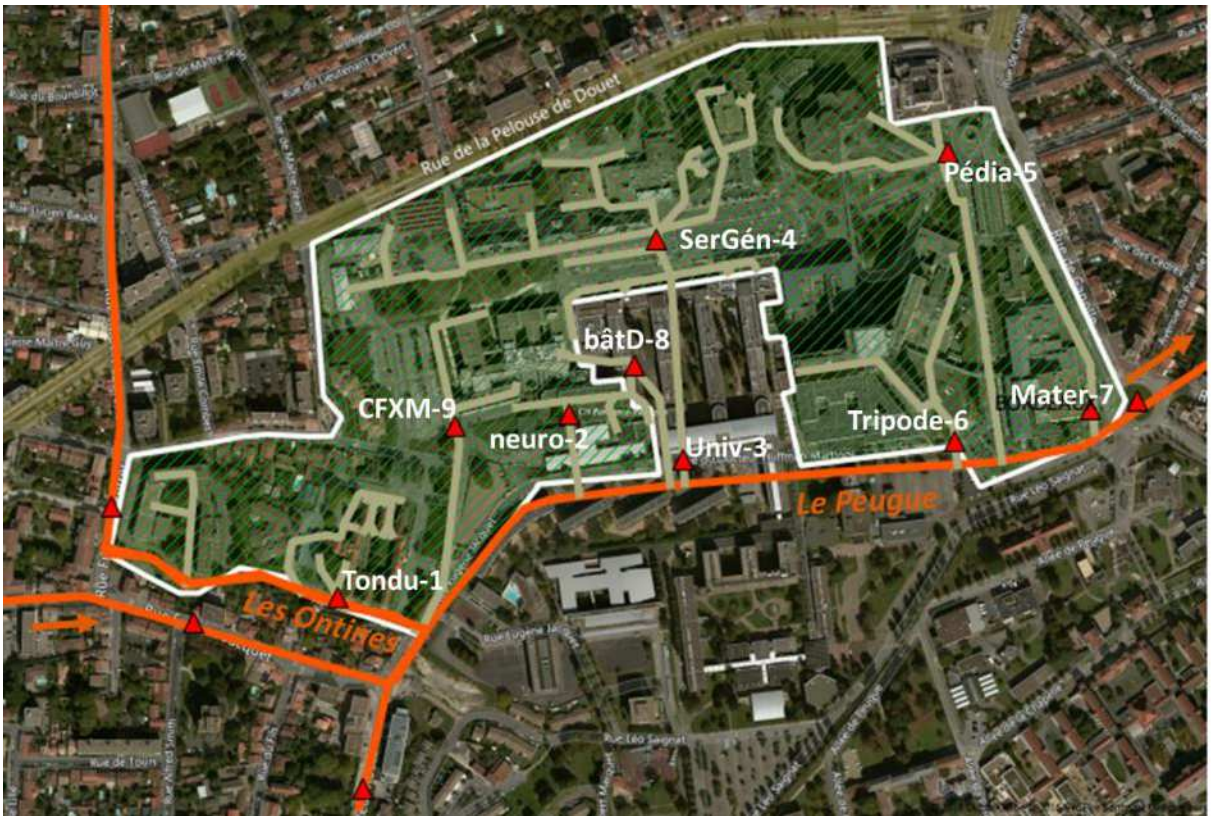


Figure 43 *Réseau d'assainissement simplifié du CHU Bordeaux Pellegrin et points de prélèvement.*

Une fois la caractérisation du site réalisée, les points d'échantillonnage ont été sélectionnés. Cette action a été possible grâce à l'aide des services généraux du CHU. L'obtention du plan du réseau d'assainissement du site de Pellegrin a permis d'identifier 8 branches principales d'assainissement (Figure 42 et Figure 43, les traits en gris représentant ces principaux réseaux d'assainissement). Chacune de ces branches récupère les eaux usées de l'ensemble des bâtiments et services du site mais elles ont des débits très hétérogènes. Les données de débits présentées dans le Tableau 10 ont été récupérées auprès des services exploitation de la SGAC et montrent de réelles différences avec le tripode qui représente 46% du rejet en eaux usées du site :

Tableau 10 *Débits de 8 des points de prélèvements.*

Points de prélèvements	Débit max (m^3/h)	Débit min (m^3/h)	MES (flux kg/j)
Tondu	0,4	0,0	0,6
Neurochirurgie	6,3	0,0	15,5
PQR	8,1	2,2	14,3
Pédiatrie	9,8	0,8	17,6
Tripodes	24,8	7,6	102,0
Maternité	2,5	0,4	8,1
CFXM est	0,9	0,0	1,1
CFXM ouest	0,9	0,1	3,0

En raison de ces différences, le choix a été fait de prélever de l'eau dans chacune des 8 branches, soit 8 points d'échantillonnage, afin d'être le plus représentatif possible de l'ensemble des rejets issus de ce site. Un neuvième point d'échantillonnage a été choisi en aval de l'Université de Bordeaux, au milieu du Groupe Hospitalier Pellegrin afin de dissocier les rejets du CHU de ceux de l'Université.

Les eaux usées collectées par ces 8 branches principales d'assainissement se déversent dans le Peugue et les Ontines, 2 rivières canalisées, qui passent au sud de l'établissement. Après Pellegrin, ces 2 rivières canalisées ne font plus qu'une, Le Peugue. Ce dernier est rattaché à la STEU de Louis Fargue où ses eaux sont traitées avant d'être rejetées dans la Garonne.

Ainsi, aux 9 points de prélèvement sur le site de Pellegrin, s'ajoutent 6 points de mesures sur le réseau d'assainissement, 3 en amont et 3 en aval de Pellegrin. Ces 6 points de prélèvement se répartissent de la façon suivante (Figure 44) :

- Sur les 3 canalisations majeures situées en amont du CHU dont celle des Ontines et celle du Peugue,
- Dans le Peugue directement en aval de Pellegrin,
- Sur le réseau à mi-chemin entre Pellegrin et la STEU Louis Fargue,
- En entrée de la STEU Louis Fargue.

La Figure 45 permet de localiser l'ensemble de ces 15 points d'échantillonnage (9 sur le site de Pellegrin et 6 sur le réseau d'assainissement) sur le territoire de Bordeaux Métropole.

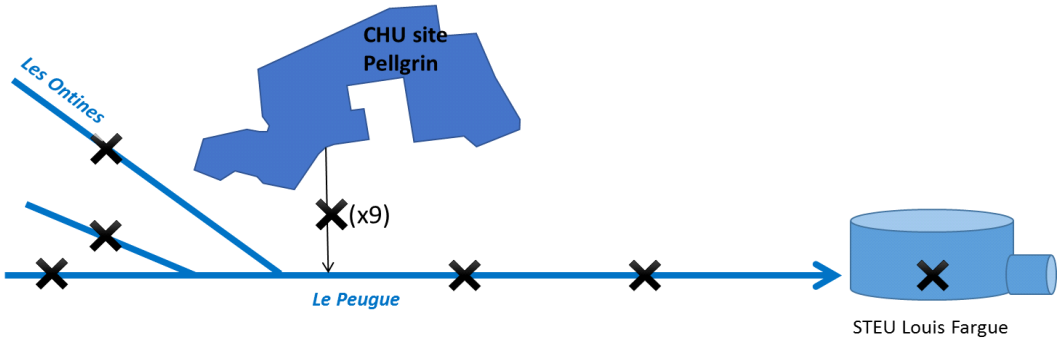


Figure 44 *Représentation schématique des différents prélèvements sur la source hospitalière.*

Figure 45 *Localisation des points de prélèvement sur le groupe hospitalier Pellegrin du CHU et des points de prélèvement le long du continuum jusqu'à l'entrée de la STEU de Louis Fargue.*

Les échantillons d'eau collectés au niveau des 15 points d'échantillonnage servent à la réalisation des analyses chimiques. Il n'y a pas d'analyses biologiques de prévues sur le site de Pellegrin (ni *in vitro*, ni *in vivo*). En parallèle des prélèvements d'eau, des échantillonneurs passifs (POCIS) sont exposés sur 2 des 6 points du réseau d'assainissement : en aval du site de Pellegrin et en entrée de la STEU de Louis Fargue. Une description des 15 points d'échantillonnage et du type d'échantillonnage pratiqué est indiquée dans le Tableau 11.

Tableau 11 *Description des points d'échantillonnage du Groupe Hospitalier Pellegrin.*

Points d'échantillonnage	Type d'échantillonnage	Description	Adresse	
			Nom de rue	Commune
CH-Pell-Tondu1	Prélèvement eau	EU du Tondu (administration)	Rue Eugène Jacquet	Bordeaux
CH-Pell-Neuro2	Prélèvement eau	EU de Neurochirurgie + bâtiment D (traumatologie) + un peu CFXM	Rue Hoffmann Martinot	Bordeaux
CH-Pell-Univ3	Prélèvement eau	EU Université Bordeaux + EU du point CH-Pell-SerGén4	Rue Hoffmann Martinot	Bordeaux
CH-Pell-SerGén4	Prélèvement eau	EU ateliers+ PQR (Odontologie) + morgue + UDH (zone blanche) + laboratoire d'anapathologie + services généraux + contrôle thermique et électrique + pharmacie + USN (rééducation fonctionnelle)	Rue de la pelouse de Douet	Bordeaux
CH-Pell-Pédia5	Prélèvement eau	EU Pédiatrie	Rue de Canolle	Bordeaux
CH-Pell-Tripode6	Prélèvement eau	EU Tripode + urgence + nephrodialyse + rénimation + laboratoire d'analyse + médecine nucléaire + cuisines + administration	Rue Léo Saignat	Bordeaux
CH-Pell-Mater7	Prélèvement eau	EU Maternité (salles d'accouchement) + école des sages-femmes	Rue Léo Saignat	Bordeaux
CH-Pell-BatD8	Prélèvement eau	EU CFXM (grands brulés et blocs opératoires) + laboratoires universitaires (biomoléculaire et opiacées)	Rue Hoffmann Martinot	Bordeaux
CH-Pell-CFXM9	Prélèvement eau	EU CFXM (consultation + hospitalisation)	Rue Eugène Jacquet	Bordeaux
UN-Peu-Rocaz1	Prélèvement eau	Peugue - amont CHU	Rue Docteur Rocaz	Bordeaux
UN-Ont-Jacquet2	Prélèvement eau	Ontines - amont CHU	Rue Eugène Jacquet	Bordeaux
UN-Ont-Ferrer3	Prélèvement eau	Branche Ontines - amont CHU	Rue Fransisco Ferrer	Bordeaux
UN-Peu-Saignat4	Prélèvement eau + exposition POCIS	Rond-point - Peugue aval CHU	Rue Léo Saignat	Bordeaux
UN-Peu-Lorraine5	Prélèvement eau	Peugue cours Alsace Lorraine = point autosurveillance "Peugue Amont"	Cours Alsace Lorraine	Bordeaux
UN-STEU-Fargues6	Prélèvement eau + exposition POCIS	Entrée STEU Louis Fargue / en haut des vis en amont des dessableurs	Cours Louis Fargue	Bordeaux

1.9 Les stations de traitement des eaux usées (STEU)

Bordeaux métropole compte 6 stations de traitement des eaux usées (STEU) localisables sur la carte de la Figure 46 : Clos de Hilde à Bègles, Louis Fargue à Bordeaux nord, Cantinolle à Eysines, Lille à Blanquefort, Sabarèges à Ambarès et CD10 à Ambes.

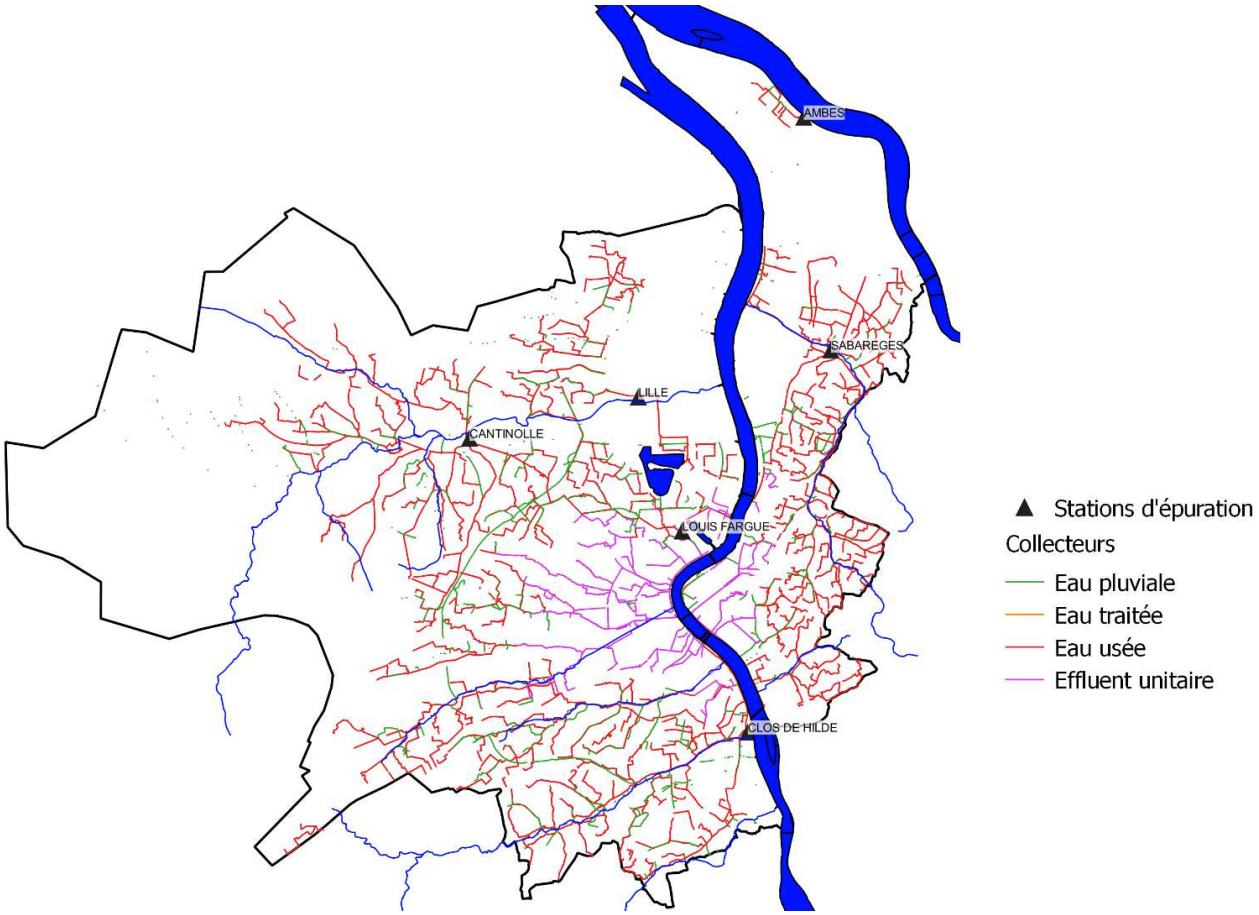


Figure 46 *Localisation des 6 stations de traitement des eaux usées de Bordeaux métropole et visualisation du réseau d'assainissement.*

La station de Clos de Hilde à Bègles traite les eaux usées des communes de Gradignan, Villenave d'Ornon, Bègles, Talence, Floirac, Bouliac, Cenon, une partie de Bordeaux Bastide, Mérignac et Pessac (Figure 47). Elle a été construite en deux phases : une première tranche entre 1992 et 1994 pour une capacité de 150 000 équivalent-habitants (EH) ; une seconde entre 2004 et 2007 pour fiabiliser les performances de la 1ère tranche et porter la capacité totale de l'installation à environ 410 000 EH (https://www. lyonnaise-des-eaux.fr/fiche/40666/la-station-d-epuration-de-clos-de-hilde). Le traitement des eaux usées est assuré par une décantation lamellaire suivi d'une biofiltration et celui des boues par une digestion suivi d'une centrifugation et d'un séchage. En 2014, la charge maximale en entrée était de 248 450 EH, le débit entrant moyen de 72 151 m^3/j et la production de boues de 2 494 tMS/an[6].

La station de Louis Fargue à Bordeaux traite les eaux usées de la commune du Bouscat et d'une partie des communes de Bordeaux, Mérignac, Eysines, Bruges, Talence et Pessac (Figure 47). Construite en 1974, l'usine a été modernisée et redimensionnée entre 2010 et 2014. Aujourd'hui, la station peut traiter 476 000 équivalent-habitants par temps

[6] http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/

de pluie et 366 000 EH par temps sec (https://www.lyonnaise-des-eaux.fr/fiche/40676/la-station-d-epuration-de-louis-fargue). Le traitement des eaux usées est assuré par une décantation lamellaire suivi d'une biofiltration et celui des boues par une digestion suivi d'une centrifugation et d'un séchage thermique. En 2014, la charge maximale en entrée était de 374 952 EH, le débit entrant moyen de 134 231 m^3/j et la production de boues de 4 444 tMS/an[6].

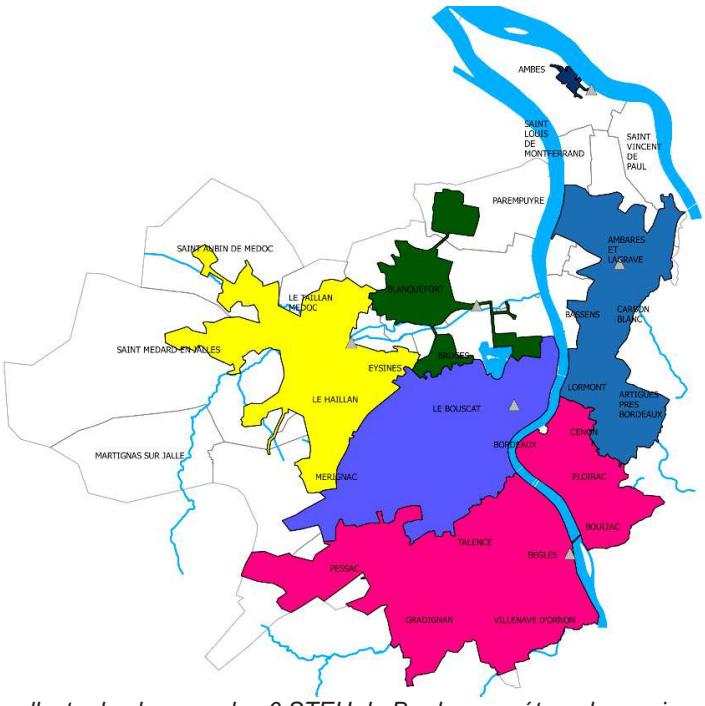


Figure 47 *Bassins de collecte de chacune des 6 STEU de Bordeaux métropole : en jaune celui de la STEU de Cantinolle, en vert celui de la STEU de Lille-Blanquefort, en bleu rive gauche celui de la STEU de Louis Fargue, en rose celui de la STEU de Clos de Hilde, en grand bleu rive droite celui de la STEU de Sabarèges et en bleu petit rive droite celui de la STEU d'Ambès.*

La station de Sabarèges à Ambarès traite les eaux usées des communes d'Artigues, Cenon, Lormont, Carbon Blanc, Bassens, Ambarès, Saint Louis de Montferrand et Saint Vincent de Paul (Figure 47). Mise en service en 1969, elle a été modernisée en 1979 et reconstruite en 2005 afin d'être conforme aux exigences réglementaires. Elle a une capacité de traitement de 116 700 équivalent habitants (https://www.lyonnaise-des-eaux.fr/fiche/ 40683/la-station-d-epuration-de-ambares-sabareges). Le traitement des eaux usées est assuré par une décantation lamellaire suivi d'une biofiltration et celui des boues par une digestion suivi d'une centrifugation. En 2014, la charge maximale en entrée était de 124 271 EH, le débit entrant moyen de 16 622 m^3/j et la production de boues de 778 tMS/an[7].

La station de Cantinolle à Eysines traite les eaux usées des communes du Haillan, Le Bouscat, Eysines et une partie de Saint Médard en Jalles, Saint Aubin de Médoc, Le Taillan-Médoc, Mérignac, Bruges, Bordeaux (Figure 47). Mise en service en 1973, elle a été modernisée en 1985 et reconstruite en 2005 afin d'être conforme aux exigences réglementaires. Elle a une capacité de traitement de 85 000 EH (https://www.lyonnaise-des-eaux.fr/fiche/40679/la-station-d-epuration-de-cantinolle). Le traitement des eaux usées est assuré par une décantation lamellaire suivi d'une biofiltration et celui des boues par une digestion suivi d'une centrifugation. En 2014, la charge maximale en entrée était de 154 251 EH, le débit entrant moyen de 14 950 m^3/j et la production de boues de 625 tMS/an[7].

[7] http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/

La station de Lille à Blanquefort traite les eaux usées d'une partie des communes de Blanquefort, Bruges, Parempuyre et le nord de Bordeaux (Figure 47). Mise en service en 1968, elle a été modernisée en 1978 et reconstruite en 2007 afin d'être conforme aux exigences réglementaires. Elle a une capacité de traitement de 66 700 EH (https://www.lyonnaise-des-eaux.fr/fiche/40686/la-station-d-epuration-de-blanquefort-lille). Le traitement des eaux usées est assuré par une boue activée à aération prolongée (très faible charge)[7] et celui des boues par une centrifugation. En 2014, la charge maximale en entrée était de 54 792 EH, le débit entrant moyen de 7 869 m^3/j et la production de boues de 671 tMS/an[7].

La station CD10 à Ambès traite les eaux usées d'une partie de la commune (Figure 47). Mise en service en 1978, elle a une capacité de traitement de 3 000 équivalent habitants (https://www.lyonnaise-des-eaux.fr/fiche/40689/la-station-d-epuration-de-ambes-cd-10). Le traitement des eaux usées est assuré par une boue activée à aération prolongée (très faible charge)[7] et celui des boues par stockage. En 2014, la charge maximale en entrée était de 3 636 EH, le débit entrant moyen de 652 m^3/j et la production de boues de 69 tMS/an[7].

L'ensemble des informations présentées dans les paragraphes ci-dessus est récapitulé dans le Tableau 12 extrait du Rapport Annuel du Délégataire (RAD) de 2016.

Tableau 12 *Caractéristiques des STEU de l'agglomération bordelaise (RAD 2016).*

	Clos de Hilde	Louis Fargue	Sabarèges	Cantinolle
Date de création	1994	1974	1969	1973
Date de réhabilitation et/ou extension	2007	2012 file Eau 2013 file Boues	1979	1985
Date de reconstruction			2005	2005
Capacité de traitement à fin 2007 (equivalent habitant : sur la base de 60 g DBO5 eq. hab)	408 300	366 700 Tps sec 476 700 Tps pluie	116 700	85 000
Type de traitement eau	décantation lamellaire - biofiltration	décantation lamellaire - biofiltration	décantation lamellaire - biofiltration	décantation lamellaire - biofiltration
Type de traitement boues	digestion centrifugation sécheur	digestion centrifugation sécheur	digestion centrifugation	digestion centrifugation
Type de traitement air	désodorisation générale	désodorisation générale	désodorisation générale	désodorisation générale

	Blanquefort	Ambès
Date de création	1968	1978
Date de réhabilitation et/ou extension	1978	
Date de reconstruction	2007	2016
Capacité de traitement à fin 2007 (equivalent habitant : sur la base de 60 g DBO5 eq. hab)	66 700	5 500
Type de traitement eau	boues activées	boues activées
Type de traitement boues	centrifugation	presse à vis
Type de traitement air	désodorisation générale	désodorisation générale

Au niveau législatif, seuls les paramètres physico-chimiques classiques tels que la DCO (Demande Chimique en Oxygène), la DBO_5 (Demande Biologique en Oxygène à 5 jours) et les MES (Matières en Suspension) sont réglementés (cf. Tableau 28 extrait du RAD 2016 en annexe 2). Il faut y ajouter l'Azote Total selon Kejdahl (NTK) ainsi que l'ammonium (NH4) dans le cas de STEU rejetant leurs eaux traitées dans un milieu classé comme sensible. C'est par exemple le cas de la STEU de Cantinolle.

Les concentrations en micropolluants des eaux usées traitées rejetées ne sont donc pas règlementées. Néanmoins, depuis 2002, l'action nationale RSDE (recherche des substances dangereuses pour l'environnement) oblige toutes les installations classées ICPE (Installation Classées pour la Protection de l'Environnement) et les STEU urbaines de plus de 10 000 EH à rechercher dans leurs effluents des micropolluants classés comme substances dangereuses au sens de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau). De plus, dans le cadre règlementaire, les rejets de boues des STEU sont également contrôlés.

Si les STEU de Bordeaux métropole fonctionnent toutes correctement et respectent la règlementation (cf. Tableau 29 en annexe 2), l'efficacité de leur filière de traitement des eaux usées et des boues vis-à-vis des micropolluants a été étudiée pour 3 d'entre elles dans le cadre de REGARD. Ainsi, les STEU de Cantinolle en 2014 et 2015 et de Lille et Louis Fargue en 2015, ont fait l'objet de prélèvements d'eau en entrée, au milieu (point intermédiaire, non prélevé sur Cantinolle en 2015) et à la sortie de la filière de traitement des eaux usées et en entrée et en sortie de la filière de traitement des boues. Les synoptiques de ces STEU et la localisation de l'ensemble de ces points de prélèvement sont visibles dans les Figure 48, Figure 49 et Figure 50.

Des analyses chimiques de micropolluants et de paramètres physico-chimiques sont réalisées sur ces échantillons d'eau et de boue. En supplément, des analyses biologiques *in vitro* sont réalisées pour les échantillons prélevés en 2015 en entrée et en sortie des filières de traitement des eaux usées des STEU de Cantinolle et Louis Fargue.

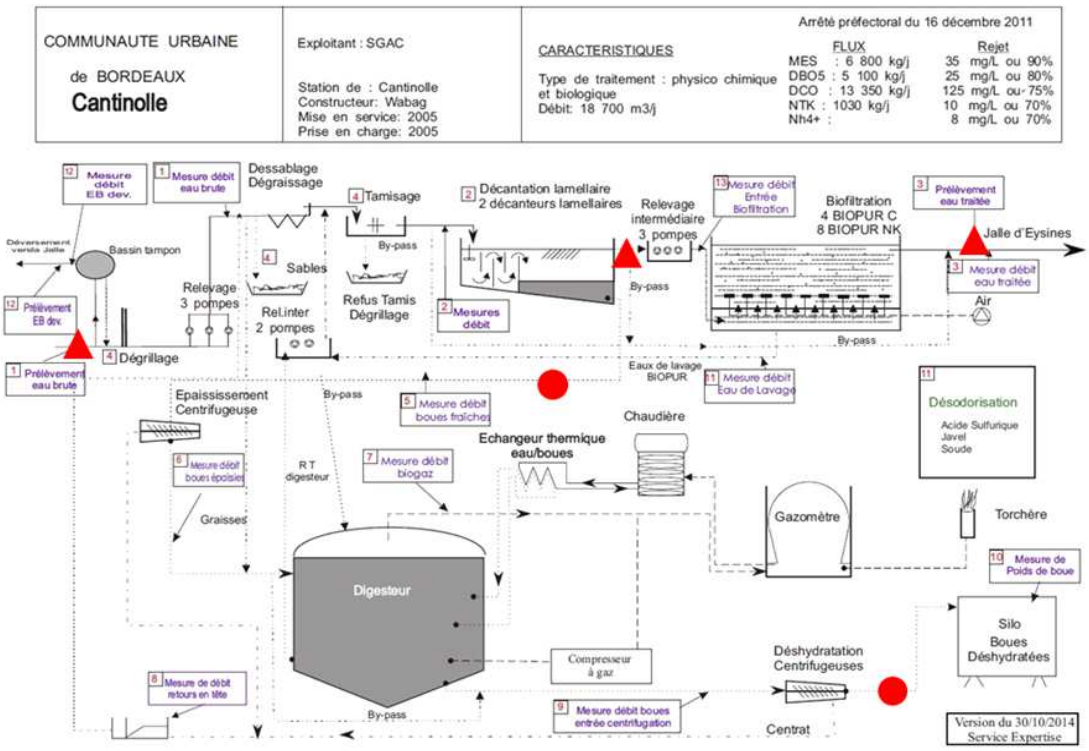


Figure 48 *Synoptique de fonctionnement de la STEU de Cantinolle et visualisation des points de prélèvement (triangles pour l'eau et ronds pour les boues).*

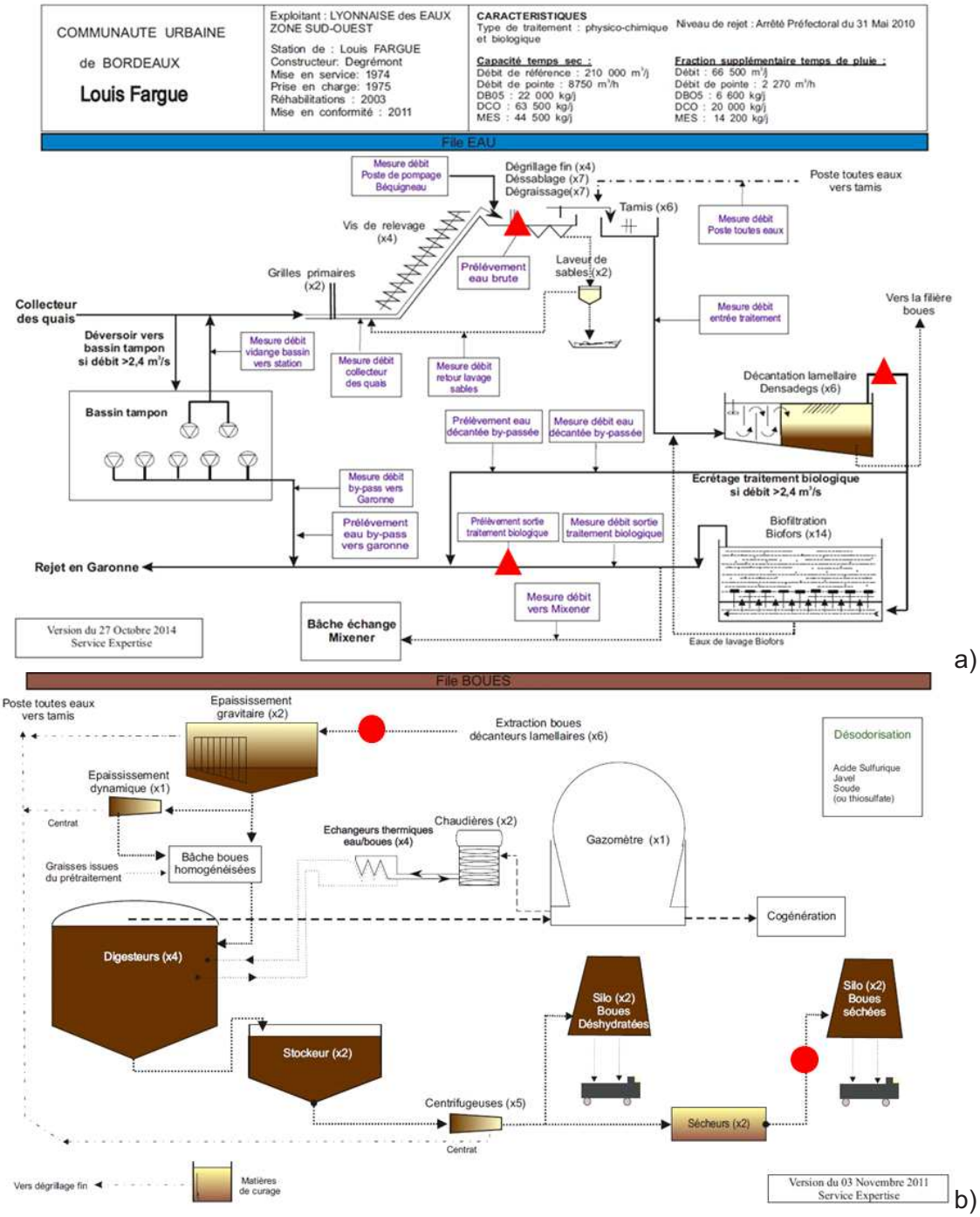


Figure 49 *Synoptiques de fonctionnement de la STEU de Louis Fargue et visualisation des points de prélèvement (triangles pour l'eau (a), et ronds pour les boues (b)).*

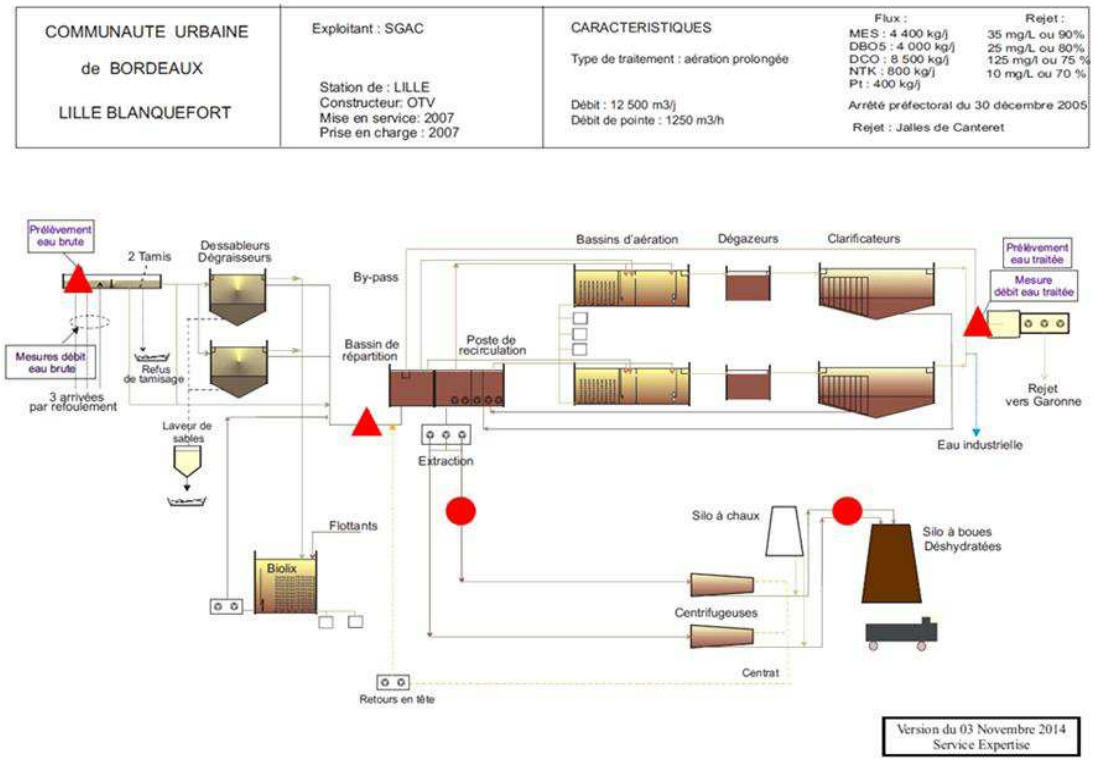


Figure 50 *Synoptique de fonctionnement de la STEU de Lille-Blanquefort et visualisation des points de prélèvement (triangles pour l'eau et ronds pour les boues).*

La Figure 1 présentée dans la synthèse opérationnelle permet de visualiser l'ensemble des sites et points de prélèvement étudiés dans la première phase de REGARD.

Les protocoles d'échantillonnage

2.1 Les prélèvements d'eau

Le prélèvement d'échantillons pour le dosage de micropolluants est une opération délicate. Afin de garantir la réussite et la fiabilité des prélèvements d'eau effectués dans le cadre de REGARD, une formation des agents préleveurs et des ingénieurs impliqués dans les opérations d'échantillonnage a été réalisée par l'INERIS
Les objectifs de la formation étaient :

- D'acquérir les principales notions permettant d'aborder une mission d'échantillonnage en eau de surface ou en réseau, dans le contexte de substances à l'état de trace,
- De connaitre les principes de base d'assurance qualité appliquées à l'échantillonnage en eau de surface ou réseau (pratiques AQUAREF),
- De vérifier concrètement sur le terrain la bonne utilisation des matériels, et la mise en pratique des méthodes et techniques d'échantillonnage ultra-traces.

Fabrizio Botta et Bénédicte Le Pot de l'INERIS (partenaire du projet) sont venus faire cette formation sur une journée aux techniciens des équipes du LyRE, de la SGAC et d'IRH qui effectuent les prélèvements pour le projet. Le compte rendu de cette journée de formation est disponible.

2.1.1 Les prélèvements d'eau du milieu naturel

Dans le milieu naturel, il y a 2 campagnes de prélèvement d'eau par an. Les prélèvements sont réalisés simultanément sur l'ensemble des points (décrits dans la partie 1.1) à l'aide de préleveurs automatiques de marque ISCO asservis au temps (Figure 51a). Les tuyaux en téflon qui permettent d'aspirer l'eau et de la reverser dans la bombonne du préleveur sont remplacés par des tuyaux neufs avant chaque campagne. Par temps sec et selon le volume final nécessaire, 100 mL ou 160 mL d'eau sont prélevés toutes les 15 minutes pendant 24 heures pour aboutir à un échantillon moyen 24h de 9,5 L (ou de 16 L en 2015). Par temps de pluie, 200 mL d'eau sont prélevés toutes les 5 minutes pendant la durée prévue de l'évènement pluvieux pour aboutir aussi à un échantillon moyen. L'échantillon moyen est collecté dans une unique bombonne en verre (Figure 51b) préalablement lavée et rincée à l'acétone. A l'issue du prélèvement, l'échantillon moyen est homogénéisé à l'aide d'une pale métallique fixée sur une perceuse/visseuse (Figure 51c) et est réparti dans les flacons des différents laboratoires d'analyses (Figure 51d).

Lorsque des problèmes de prélèvement surviennent (exemple : le préleveur tombe en panne ou la batterie ne tient pas la totalité de la durée du prélèvement), des prélèvements ponctuels avec un seau en inox sont réalisés (Figure 52).

Dans le cadre du projet, les prélèvements d'eau dans le milieu naturel ont eu lieu les 19 juillet et 20 septembre 2013, les 15 avril et 29 octobre 2014, les 24 juin et 20 aout 2015, les 7 février, 6 septembre et 5 novembre 2016, les 13 octobre et 16 novembre 2017 et le 29 juin 2018 (la 2ème campagne de 2018 sera réalisée au cours du second semestre 2018). En 2015, afin de pouvoir réaliser les analyses biologiques *in vitro* en plus des analyses chimiques des années passées, un volume d'eau par échantillon plus important a été nécessaire. En conséquence, soit 2 préleveurs automatiques ont été installés sur un même point de prélèvement soit un préleveur plus gros avec une bombonne d'une contenance de 16 L a été utilisé. Les détails des dates et protocoles de prélèvement sont indiqués dans le Tableau 13. Les volumes d'eau minimum nécessaires pour chaque type d'analyses et de laboratoires sont :

- 7,05 L pour les micropolluants organiques,

- Entre 100 mL et 250 mL pour les micropolluants inorganiques,
- 2,25 L pour les paramètres physico-chimiques classiques,
- 3 L pour les analyses biologiques *in vitro*.

a)

b)

c)

d)

Figure 51 *Prélèvements d'eau dans le milieu naturel sur 24h à l'aide de préleveurs automatiques (a), dans une unique bombonne en verre (b) puis homogénéisation à l'aide d'une perceuse (c) et répartition dans les flacons des différents laboratoires d'analyses (d).*

a)

Figure 52 *Prélèvement d'eau manuel dans le milieu naturel à l'aide d'un seau en inox (a) puis répartition dans les flacons des différents laboratoires d'analyses (b).*

Tableau 13 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux dans le milieu naturel.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse				
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Détergents	Bioessais in vitro
Mn-Jal-THILL1-1	19-juil.-13	Moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)		24h	82 080 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-CANT4-1	19-juil.-13			24h	73 859 429	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-ROC5-1	19-juil.-13			24h	73 859 429	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-RES6-1	19-juil.-13			24h	73 859 429	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-THILL1-2	20-sept.-13	Moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)		24h	89 856 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-CANT4-2	20-sept.-13			24h	80 771 429	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-ROC5-2	20-sept.-13			24h	80 771 429	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-RES6-2	20-sept.-13			24h	80 771 429	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-THILL1-3	15-avr.-14	Moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)		24h	177 984 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-HAILL2-3	15-avr.-14			24h	11 240 640	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-TAILL3-3	15-avr.-14			24h	31 104 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-CANT4-3	15-avr.-14			24h	161 800 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-ROC5-3	15-avr.-14			24h	161 800 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-RES6-3	15-avr.-14			24h	161 800 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-THILL1-4	29-oct.-14	Moyen ponctuel		24h	48 816 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-HAILL2-4	29-oct.-14			24h	488 160	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-TAILL3-4	29-oct.-14	Moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)		24h	19 008 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-CANT4-4	29-oct.-14			24h	40 166 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-ROC5-4	29-oct.-14			24h	40 166 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-RES6-4	29-oct.-14			24h	40 166 000	LPTC	UT2A	IPL		
Mn-Jal-THILL1-5	24-juin-15	Moyen, asservi au temps (160 mL toutes les 15 min.)	Manque d'eau pour physico-chimique, complété par un prélèvement ponctuel	< 24h	47 784 000	LPTC	UT2A + TGM	IPL		INERIS
Mn-Jal-HAILL2-5	24-juin-15		Manque d'eau pour IPL	< 24h	477 840	LPTC	UT2A + TGM			INERIS
Mn-Jal-TAILL3-5	24-juin-15			24h	19 138 000	LPTC	UT2A + TGM	IPL		INERIS
Mn-Jal-CANT4-5	24-juin-15			24h	40 200 000	LPTC	UT2A + TGM	IPL		INERIS
Mn-Jal-ROC5-5	24-juin-15	Ponctuel	Problème avec batterie du préleveur donc prélèvement ponctuel	30 min	40 200 000	LPTC	UT2A + TGM	IPL		INERIS
Mn-Jal-RES6-5	24-juin-15	Moyen		24h	40 200 000	LPTC	UT2A + TGM	IPL		INERIS
Mn-Jal-THILL1-6	20-août-15	Moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	Pas d'eau	24h	45 537 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
Mn-Jal-HAILL2-6	Pas d'eau				Pas d'eau					
Mn-Jal-TAILL3-6	20-août-15			24h	19 297 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
Mn-Jal-CANT4-6	20-août-15			24h	35 802 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
Mn-Jal-ROC5-6	20-août-15			24h	35 802 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
Mn-Jal-RES6-6	20-août-15			24h	35 802 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
Mn-Jal-ROC5-7P	7-févr.-16	Moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	Temps de pluie, continuum rocade, amont exutoire pluvial	5h	366 852 000	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
Mn-Jal-RES6-7P	7-févr.-16		Temps de pluie, continuum rocade, aval exutoire pluvial	5h	405 009 000	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
Mn-Jal-BONN-8	6-sept.-16	Moyen, asservi au temps (100 mL toutes les 15 min.)	Pas d'eau	24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-THILL1-8	6-sept.-16			24h	39 542 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-HAILL2-8	Pas d'eau				Pas d'eau					
Mn-Jal-TAILL3-8	6-sept.-16			24h	17 501 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CASS-8	6-sept.-16			24h	22 041 000	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	
Mn-Jal-CANT4-8	6-sept.-16			24h	32 899 000	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	
Mn-Jal-NOIR-8	6-sept.-16			24h	32 899 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-ROC5-8	6-sept.-16			24h	32 899 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-RES6-8	6-sept.-16			24h	36 302 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-BONN-9P	5-nov.-16	Moyen, asservi au temps (200 mL toutes les 5 min.)	Temps de pluie, 45 prélèvements de 200 mL toutes les 5 minutes, déclenchement à 1h du matin	3h40		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-THILL1-9P	5-nov.-16			3h40	54 091 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-HAILL2-9P	5-nov.-16			3h40		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-TAILL3-9P	5-nov.-16			3h40		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CASS-9P	5-nov.-16			3h40	34 812 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CANT4-9P	Pas d'eau			3h40	49 594 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-NOIR-9P	5-nov.-16			3h40		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-ROC5-9P	5-nov.-16			3h40		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-RES6-9P	5-nov.-16			3h40	62 639 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-BONN-10	13-oct.-17	Moyen, asservi au temps (150 mL toutes les 15 min.)	Travaux de voirie, pose d'un batardeau sur la Jalle qui a modifié les débits Influence possible des travaux au niveau de la Jalle noire	24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-THILL1-10	13-oct.-17			24h	251 016 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-HAILL2-10	13-oct.-17			24h	2 510 160	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-TAILL3-10	13-oct.-17			24h	39 402 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CASS-10	13-oct.-17			24h	211 614 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CANT4-10	13-oct.-17			24h	223 227 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-NOIR-10	13-oct.-17			24h	223 227 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-ROC5-10	13-oct.-17			24h	223 227 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-RES6-10	13-oct.-17			24h	226 723 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-BONN-11	16-nov.-17	Moyen, asservi au temps (150 mL toutes les 15 min.)		24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-THILL1-11	16-nov.-17			24h	110 156 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-HAILL2-11	16-nov.-17			24h	1 101 560	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-TAILL3-11	16-nov.-17			24h	22 796 000	LPTC	TGM	Labo LF		

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse				
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Détergents	Bioessais in vitro
Mn-Jal-CASS-11	16-nov.-17			24h	87 360 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CANT4-11	16-nov.-17			24h	99 693 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-NOIR-11	16-nov.-17			24h	99 693 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-ROC5-11	16-nov.-17			24h	99 693 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-RES6-11	16-nov.-17			24h	103 412 000	LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-BONN-12	29-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-THILL1-12	29-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-HAILL2-12	29-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-TAILL3-12	29-juin-18	Moyen, asservi au		24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CASS-12	29-juin-18	temps (150 mL		24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-CANT4-12	29-juin-18	toutes les 15 min.)		24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-NOIR-12	29-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-ROC5-12	29-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
Mn-Jal-RES6-12	29-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		

2.1.2 Les prélèvements d'eaux pluviales

Selon les sources étudiées, les modalités de prélèvement sont différentes. C'est pourquoi elles seront décrites séparément dans les paragraphes qui suivent. Néanmoins, 2 éléments restent communs pour ces prélèvements d'eau pluviale :

1) La contrainte du moment de prélèvement. Initialement 3 contraintes fortes étaient à respecter : (1) échantillonner que les pluies significatives c'est-à-dire celles supérieures à 6 mm cumulés de précipitation ; (2) échantillonner que les pluies après 5 jours de temps sec ; et (3) échantillonner que les pluies qui tombent en semaine car les échantillons ne peuvent être récupérés ni portés aux laboratoires d'analyses le week-end or, pour assurer la qualité de l'analyse, ils doivent être pris en charge immédiatement par les laboratoires pour les conditionner et/ou les traiter et cet impératif ne peut être réalisé qu'en semaine. En raison de la difficulté à réaliser des prélèvements en respectant ces 3 contraintes et pour les besoins de respect du calendrier du projet, ces contraintes ont pu être allégées sous certaines conditions. C'est ainsi que des prélèvements ont été réalisés le week-end en hiver quand les températures sont basses et que la conservation de l'échantillon n'est pas remise en cause ou après 3 jours de temps sec si de longues périodes pluvieuses se succèdent comme au début de l'année 2016.

2) Les volumes d'eau minimum nécessaires pour chaque type d'analyses et de laboratoires, soit :
   - Entre 4 L et 6 L pour les micropolluants organiques,
   - Entre 100 mL et 250 mL pour les micropolluants inorganiques,
   - 2,25 L pour les paramètres physico-chimiques classiques,
   - 1 L pour les analyses biologiques *in vitro*.

2.1.2.1 Les exutoires pluviaux

Deux campagnes de prélèvement par an ont été réalisées (la 2ème campagne de 2018 sera réalisée au second semestre) mais toutes n'ont pas été analysées par les laboratoires partenaires du projet. En effet, certaines campagnes (la 1ère de 2013 et celles de 2016 et 2017) n'ont pas été réalisées pour les besoins du projet mais pour répondre à un arrêté préfectoral en vigueur sur Bordeaux Métropole. De plus, il était initialement prévu d'échantillonner chaque année une pluie estivale et une hivernale. Malheureusement, l'échantillonnage par temps de pluie étant compliqué (cf. contraintes évoquées dans le paragraphe précédent) et les orages n'étant pas simultanés sur l'ensemble du territoire, les 10 exutoires n'ont pas toujours pu être échantillonnés en même temps et pour certains d'entre eux, les 2 conditions saisonnières n'ont pas pu être suivies.

Pour les exutoires pluviaux, les prélèvements sont réalisés à l'aide de préleveurs automatiques de marque ISCO équipés d'une seule bombonne en verre de 9,5 L et de tuyaux en téflon neufs installés avant chaque campagne. Les prélèvements sont asservis à la hauteur d'eau avec déclenchement du prélèvement suite à une augmentation de la hauteur d'eau dans la canalisation. Cette augmentation est définie de façon spécifique pour chaque exutoire pluvial en se basant sur la courbe de débit de temps sec de l'année passée de l'exutoire considéré. L'augmentation de la hauteur d'eau varie donc d'une année à l'autre et correspond à une augmentation relative, généralement de 5 cm, de la hauteur d'eau par rapport à celle de temps sec. Une fois les préleveurs enclenchés, ceux-ci prélèvent en une seule fois la totalité du volume de la bombonne en verre, soit la totalité des 9,5 L prélevés en moins de 5 minutes.

En parallèle, des débitmètres (capteurs hauteurs/vitesse avec sonde doppler) sont installés pour mesurer les débits et permettre de remonter au flux de micropolluants. Les dates, types et durées de prélèvement ainsi que les débits mesurés pour chacun des 10 exutoires pluviaux sont indiqués dans le Tableau 14.

Tableau 14 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux pluviales dans les exutoires pluviaux.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse			
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Bioessais in vitro
Ep-Bou-FRA002-1	30-avr.-13	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	1 430 900	Sous-traitant			
Ep-Lac-LAC001-1	30-avr.-13			5 min	1 026 400				
Ep-Jac-JAC001-1	29-mars-13			5 min	41 800				
Ep-Jal-JSA001-1	30-avr.-13			5 min	1 875 800				
Ep-Gua-GUA010-1	29-mars-13			5 min	380 900				
Ep-Gua-GUA003-1	11-avr.-13			5 min	2 128 300				
Ep-Jal-JHA002-1	29-mars-13			5 min	752 300				
Ep-Jal-JTA007-1	29-avr.-13			5 min	1 976 300				
Ep-Bou-EBO008-1	29-mars-13			5 min	1 668 100				
Ep-Bla-MIN001-1	29-mars-13			5 min	565 600				
Ep-Bou-FRA002-2	7-août-13	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	2 572 800	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Lac-LAC001-2	4-oct.-13			5 min	432 200	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jac-JAC001-2	7-août-13			5 min	119 100	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JSA001-2	25-juil.-13			5 min	28 789 900	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA010-2	25-juil.-13			5 min	5 327 400	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA003-2	17-sept.-13			5 min	312 800	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JHA002-2	25-juil.-13			5 min	5 380 600	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JTA007-2	25-juil.-13			5 min	7 839 500	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-EBO008-2	25-juil.-13			5 min	22 311 100	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bla-MIN001-2	25-juil.-13			5 min	20 358 900	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-FRA002-3	25-mars-14	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	1 165 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Lac-LAC001-3	25-mars-14			5 min	5 322 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jac-JAC001-3	25-mars-14			5 min	77 600	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JSA001-3	25-mars-14			5 min	6 385 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA010-3	25-mars-14			5 min	2 282 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA003-3	25-mars-14			5 min	2 891 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JHA002-3	25-mars-14			5 min	1 365 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JTA007-3	25-mars-14			5 min	1 764 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-EBO008-3	25-mars-14			5 min	3 914 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bla-MIN001-3	25-mars-14			5 min	870 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-FRA002-4	18-sept.-14	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	2 625 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Lac-LAC001-4	18-sept.-14			5 min	5 160 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jac-JAC001-4	18-sept.-14			5 min	96 300	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JSA001-4	18-sept.-14			5 min	9 162 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA010-4	18-sept.-14			5 min	428 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA003-4	18-sept.-14			5 min	549 000	LPTC	UT2A	IPL	

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse			
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Bioessais in vitro
Ep-Jal-JHA002-4	18-sept.-14			5 min	157 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JTA007-4	18-sept.-14			5 min	1 308 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-EBO008-4	18-sept.-14			5 min	23 567 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bla-MIN001-4	18-sept.-14			5 min	2 564 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-FRA002-5	16-avr.-15	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	133 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Lac-LAC001-5	15-mai-15			5 min	1 560 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jac-JAC001-5	16-avr.-15			5 min	24 200	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JSA001-5	15-mai-15			5 min	6 641 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA010-5	28-oct.-15			5 min	5 630 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Gua-GUA003-5	16-avr.-15			5 min	309 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JHA002-5	15-mai-15			5 min	94 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Jal-JTA007-5	15-mai-15			5 min	4 591 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-EBO008-5	28-oct.-15			5 min	635 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bla-MIN001-5	16-avr.-15			5 min	175 000	LPTC	UT2A	IPL	
Ep-Bou-FRA002-6	22-juil.-15	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	251 500	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Lac-LAC001-6	15-sept.-15			5 min	1 080 000	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Jac-JAC001-6	4-août-15			5 min	202 900	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Jal-JSA001-6	4-août-15			5 min	2 124 300	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Gua-GUA010-6	4-août-15			5 min	1 664 700	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Gua-GUA003-6	28-oct.-15			5 min	1 000 400	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Jal-JHA002-6	4-août-15			5 min	1 971 200	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Jal-JTA007-6	4-août-15			5 min	1 794 100	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Bou-EBO008-6	4-août-15			5 min	4 685 500	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Bla-MIN001-6	22-juil.-15			5 min	1 233 700	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Ep-Bou-FRA002-7	13-sept.-16	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	10 205 900	LDA			
Ep-Lac-LAC001-7	4-août-16			5 min	1 200 000				
Ep-Jac-JAC001-7	4-août-16			5 min	69 900				
Ep-Jal-JSA001-7	4-août-16			5 min	10 750 700				
Ep-Gua-GUA010-7	4-août-16			5 min	658 900				
Ep-Gua-GUA003-7	13-sept.-16			5 min	8 994 500				
Ep-Jal-JHA002-7	4-août-16			5 min	1 568 800				
Ep-Jal-JTA007-7	13-sept.-16			5 min	12 148 900				
Ep-Bou-EBO008-7	13-sept.-16			5 min	23 763 900				
Ep-Bla-MIN001-7	4-août-16			5 min	897 100				
Ep-Bou-FRA002-8	9-nov.-16	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	987 000	LDA			
Ep-Lac-LAC001-8	18-nov.-16			5 min	600 000				
Ep-Jac-JAC001-8	24-nov.-16			5 min	269 400				
Ep-Jal-JSA001-8	9-nov.-16			5 min	20 354 700				
Ep-Gua-GUA010-8	22-nov.-16			5 min	1 460 700				
Ep-Gua-GUA003-8	22-nov.-16			5 min	45 400				
Ep-Jal-JHA002-8	9-nov.-16			5 min	3 420 800				
Ep-Jal-JTA007-8	9-nov.-16			5 min	629 600				
Ep-Bou-EBO008-8	24-nov.-16			5 min	9 836 500				
Ep-Bla-MIN001-8	9-nov.-16			5 min	2 952 000				
Ep-Bou-FRA002-9	21-mars-17	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	269 100	LDA			
Ep-Lac-LAC001-9	21-mars-17			5 min	1 650 000				
Ep-Jac-JAC001-9	21-mars-17			5 min	74 000				
Ep-Jal-JSA001-9	21-mars-17			5 min	5 979 700				
Ep-Gua-GUA010-9	21-mars-17			5 min	571 700				
Ep-Gua-GUA003-9	21-mars-17			5 min	2 023 300				
Ep-Jal-JHA002-9	21-mars-17			5 min	827 800				
Ep-Jal-JTA007-9	21-mars-17			5 min	483 400				
Ep-Bou-EBO008-9	21-mars-17			5 min	2 674 100				
Ep-Bla-MIN001-9	21-mars-17			5 min	655 300				

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse			
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Bioessais in vitro
Ep-Bou-FRA002-10	18-oct.-17	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min	282 200	LDA			
Ep-Lac-LAC001-10	28-nov.-17			5 min	3 900 000				
Ep-Jac-JAC001-10	28-nov.-17			5 min	1 131 200				
Ep-Jal-JSA001-10	28-nov.-17			5 min	22 956 300				
Ep-Gua-GUA010-10	28-nov.-17			5 min	10 104 500				
Ep-Gua-GUA003-10	28-nov.-17			5 min	3 131 200				
Ep-Jal-JHA002-10	18-oct.-17			5 min	707 000				
Ep-Jal-JTA007-10	28-nov.-17			5 min	2 602 800				
Ep-Bou-EBO008-10	28-nov.-17			5 min	1 194 900				
Ep-Bla-MIN001-10	18-oct.-17			5 min	950 600				
Ep-Bou-FRA002-11	15-juin-18	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec de l'année (donc variable d'une année à l'autre)	5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Lac-LAC001-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Jac-JAC001-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Jal-JSA001-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Gua-GUA010-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Gua-GUA003-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Jal-JHA002-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Jal-JTA007-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Bou-EBO008-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	
Ep-Bla-MIN001-11	4-juin-18			5 min		LPTC	TGM	Labo LF	

Pour les besoins de l'étude du collecteur rocade nord (EP rocade), des prélèvements spécifiques sont réalisés au niveau du site de Bois Gramond, en sortie de l'aéroport ou au niveau du bassin autoroutier. Ces prélèvements se font à l'aide de préleveurs automatiques, équipés d'une unique bombonne en verre et de tuyaux en téflon neufs, changés avant chaque campagne de prélèvement. Ce collecteur étant alimenté dès son point de départ par le ruisseau de la Devèze, des prélèvements par temps sec au niveau de Bois Gramond sont réalisés en plus de ceux par temps de pluie. A l'exception de ces campagnes de temps sec qui sont asservies au temps, les campagnes de temps de pluie sont toutes asservies au débit. Pour cela, au niveau de Bois Gramond, les 2 entrées et la sortie, sont équipées de capteurs hauteur/vitesse doppler.

Les dates, types et durées de prélèvements ainsi que les débits mesurés sont présentés dans le Tableau 15. Ces campagnes peuvent être rassemblées afin de correspondre aux trois ensembles d'actions permettant l'étude approfondie du site de Bois Gramond et développés dans la partie 1.3. Ainsi, les campagnes des 4 et 18 décembre 2015, des 3 février, 22 mai, 5 novembre et 13 décembre 2016 et du 29 novembre 2017 sont à regrouper sous l'action « caractérisation » du site. La campagne du 7 février 2016 correspond à l'action « continuum » de l'étude, qui concerne l'analyse des 2 entrées et de la sortie du site pour déterminer la contribution de chacune des arrivées d'eau. Enfin, le prélèvement réalisé le 22 mai 2016 se situe en sortie de l'aéroport et a pour objectif d'identifier les micropolluants pouvant provenir de cette industrie particulière.

La campagne correspondant à l'action « pollutogramme », autrement dit la campagne de prélèvement à très haute fréquence, est développée plus loin dans le document (Partie 2.1.4 : Les prélèvements d'eau « haute fréquence »).

Les campagnes associées au suivi du pilote de traitement des eaux pluviales sont décrites dans le livrable dédié à l'étude de cette solution de traitement.

***Tableau 15**. Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux pluviales dans le collecteur rocade nord.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse				
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Détergents	Bioessais in vitro
EP-Jal-roc-BG-S-1sec	4-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 6 min.)		24h	395 000	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-BG-Ea-2sec	18-déc.-15	Asservi au débit entre 14h et 19h (100 mL tous les 18 m^3 puis 100 mL tous les 12 m^3 puis 500 mL tous les 6 m^3) puis ponctuel à 7h30		24h (en 2 temps)	480 000	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-BG-S-3	3-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 143 m^3)	Pluie de 23h30 le 02/02/16 à 1h le 03/02/16 soit 1 heure et 30 minutes. Pluie de 6,2 mm.	1h30	6 572 671	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-BG-Ea-4	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 108 m^3)	Pluie de 22h le 06/02/16 à 7h le 07/02/16 soit 9 heures. Pluie de 10,6 mm.	5h	20 447 104	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-BG-El-4	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 40 m^3)	Pluie de 22h le 06/02/16 à 7h le 07/02/16 soit 9 heures. Pluie de 10,6 mm.	5h	173 408	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-BG-S-4	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 198 m^3)	Pluie de 22h le 06/02/16 à 7h le 07/02/16 soit 9 heures. Pluie de 10,6 mm.	5h	20 695 698	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-BG-S-5	22-mai-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 418 m^3)	Pluie de 21h30 le 21/05/16 à 12h le 22/05/16 soit 14 heures et 30 minutes. Pluie de 23 mm.	10h	24 960 350	LPTC	TGM	Labo LF		INERIS
EP-Jal-roc-aeroport-1	14-sept.-16	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau	Augmentation du niveau d'eau de + 5 cm -/- à la courbe de débit de temps sec		3 267 236	LPTC	TGM	Labo LF		
EP-Jal-roc-BG-S-6	5-nov.-16	Moyen, asservi au débit	Pluie de 2h à 7h le 05/11/2016. Prélèvement du 04/11/2016 23h30 au 05/11/2016 11h.	11h30	5 679 027	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	
EP-Jal-roc-BG-S-7sec	13-déc.-16	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 6 min.)	Mesure de débit en parallèle, capteur hauteur/vitesse doppler. Prélèvement de 14h15 le 12/12/16 à 13h49 le 13/12/16	24h	2 980 765	LPTC	TGM	Labo LF		
Ep-Jal-JSA001-10	29-nov.-17	Ponctuel, asservi à la hauteur d'eau (augmentation de 5 cm)		5 min		LPTC	TGM	Labo LF		
EP-Jal-roc-BG-S-8	29-nov.-17	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 250 m^3)	Démarrage à 12h00 le 28/11/2017 ; fin à 17h00 le 28/11/2017	5h	13 184 000	LPTC	TGM	Labo LF		

2.1.2.2 Les zones urbaines

Une seule campagne de mesure a eu lieu sur les EP zones urbaines en février 2016. Les prélèvements sont réalisés à l'aide de préleveurs automatiques de marque ISCO, équipés d'une seule bombonne en verre de 9,5 L et de tuyaux en téflon neufs installés avant chaque campagne. Les prélèvements sont asservis au débit et sont réalisés en début de pluie. Selon la taille de la canalisation, les débits sont mesurés à l'aide de manchon et de débitmètres bulle à bulle ou de capteurs hauteur/vitesse doppler. Les informations de date, d'asservissement, de durée et débits sont présentées dans le Tableau 16.

Pour pouvoir asservir les préleveurs au débit, il faut au préalable estimer le débit qui va passer dans la canalisation. Pour connaître ce débit, deux options sont envisageables : (1) la méthode empirique qui consiste à réaliser une mesure de débit au niveau du point de prélèvement pour une ou deux pluies, préalablement à la campagne de mesure ; (2) la méthode théorique qui se base sur de la modélisation faite à partir des caractéristiques morphologiques du bassin versant de la zone considérée. Nous utilisons la première façon de procéder mais en cas de difficultés (ex. pluies trop peu intenses, trop variables ou pas assez nombreuses), nous utilisons la deuxième méthode.

Tableau 16 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux pluviales dans les zones urbaines.*

Code	Prélèvements					Laboratoire d'analyse			
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Bioessais in vitro
EPZU-Hil-LAVI-1	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 0,5 m^3)	Débitmètre capteur hauteur/vitesse doppler. Pluie de 22h le 06/02/16 à 7h le 07/02/16 soit 9 heures.	Début pluie	45 300	LPTC	TGM	Labo LF	INERIS
EPZU-Jac-ASCOT-1	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 2,3 m^3)	Débitmètre bulle à bulle. Pluie de 23h30 le 06/02/16 à 3h30 le 07/02/16 soit 4 heures.	Début pluie	89 400	LPTC	TGM	Labo LF	INERIS
EPZU-Fargue-NEUV-1	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 1 m^3)	Débitmètre bulle à bulle. Pluie de 2h40 à 5h21 le 07/02/16 soit 2 heures et 41 minutes.	Début pluie	10 980	LPTC	TGM	Labo LF	INERIS
EPZU-Fargue-SOLEIL-1	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 33,2 m^3)	Débitmètre capteur VLI hauteur/vitesse doppler. Pluie de 21h le 06/02/16 à 0h le 07/02/16 soit 3 heures.	Début pluie	1 407 000	LPTC	TGM	Labo LF	INERIS
EPZU-Fargue-LESSEPS-1	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 5,2 m^3)	Débitmètre capteur VLI hauteur/vitesse doppler. Pluie de 22h le 06/02/16 à 2h le 07/02/16 soit 4 heures	Début pluie	617 400	LPTC	TGM	Labo LF	INERIS
EPZU-Garonne-CASTERA-1	7-févr.-16	Moyen, asservi au débit (200 mL tous les 0,1 m^3)	Débitmètre bulle à bulle. Pluie de 22h le 06/02/16 à 4h le 07/02/16 soit 6 heures	Début pluie	400	LPTC	TGM	Labo LF	INERIS

2.1.2.3 Les techniques alternatives

Excepté pour les prélèvements d'eau de nappe du bassin de Germignan ou d'eau de pluie en entrée de la noue du Parc d'activité de Vert-Castel, l'ensemble des prélèvements sont réalisés à l'aide de préleveurs automatiques dédiés, de marque Hach Lange, équipés d'une unique bombonne en verre de 15 L et de tuyaux en téflon neufs. Les prélèvements sont asservis au débit. En fonction de la configuration de l'ouvrage, les mesures de débit sont réalisées de différentes façons.

2.1.2.3.1 Bassin d'infiltration - bois de Germignan

En entrée du bassin, les prélèvements ont lieu sur la canalisation centrale. Les deux autres arrivées d'eau, qui étaient colmatées, ont été fermées afin de ne pas dévier le flux (Figure 53). Le débit est mesuré à l'aide d'une boite déversoir rectangulaire, d'une lame déversante calibrée et d'un capteur ultrasons IJINUS. Le préleveur automatique est positionné à proximité du point de mesure du débit. Au point le plus bas du bassin, un piézomètre avait été installé de façon à mesurer le niveau de remplissage du bassin. Cependant, les capacités d'infiltration du bassin sont telles que ce dernier ne se met jamais en charge ; le piézomètre a donc été enlevé et déplacé sur un autre site (Vert Castel). Le tube PVC vissé à un socle qui servait à protéger le capteur piézométrique a été laissé sur site. L'ensemble de l'instrumentation du site est visible sur la photo de la Figure 54.

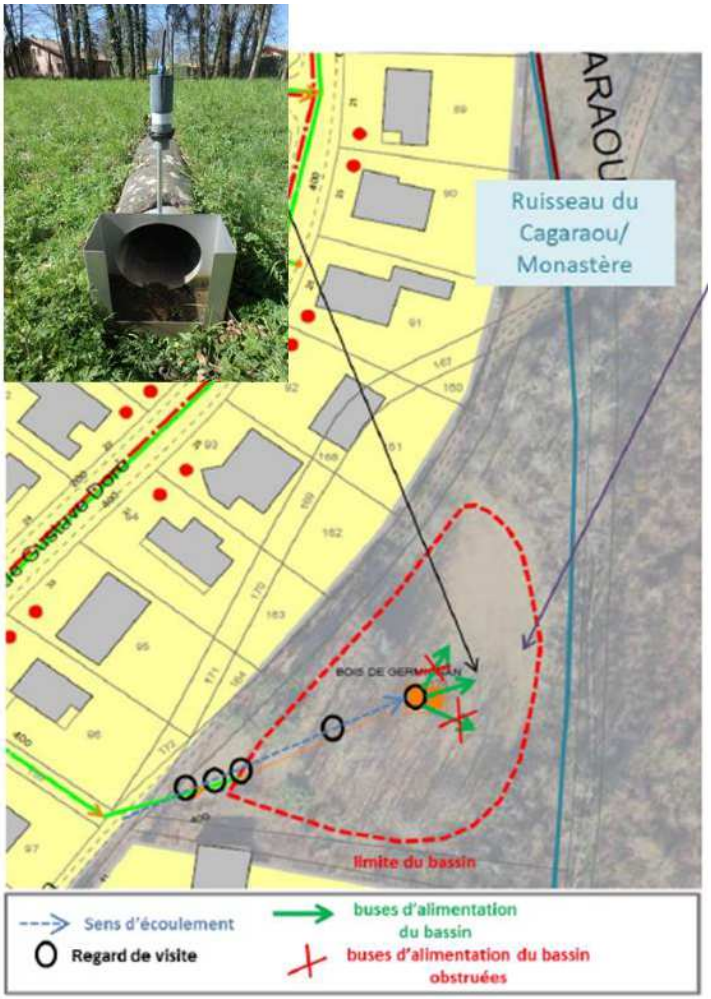


Figure 53 *Identification du point de prélèvement en entrée du bassin d'infiltration de Germignan.*

En plus des prélèvements d'eaux pluviales, des prélèvements d'eau de nappes sont réalisés en aval du site. La zone d'étude disposant déjà de nombreux piézomètres (Figure 55), deux d'entre eux ont été sélectionnés pour effectuer les mesures de hauteur d'eau et les prélèvements. Il s'agit des piézomètres P29 et P30 situés immédiatement à l'aval du bassin d'infiltration. Les campagnes de prélèvements sont ponctuelles et se déroulent sur une demi-journée. Les prélèvements sont effectués à l'aide de matériel propre. Une sonde est descendue dans le tube afin de connaître la hauteur d'eau par rapport au haut du piézomètre. Connaissant la profondeur et le diamètre du piézomètre, le volume d'eau à l'intérieur de celui-ci peut être déterminé. La pompe est ensuite mise en place et une vidange du piézomètre correspondant à 3 fois le volume initial est effectué de manière à rincer la pompe et à ne pas

prélever de l'eau qui aurait stagné trop longtemps dans le piézomètre. Une fois la vidange du piézomètre et le rinçage de la pompe effectué, le prélèvement se fait de façon directe pour remplir les flacons des laboratoires d'analyse.

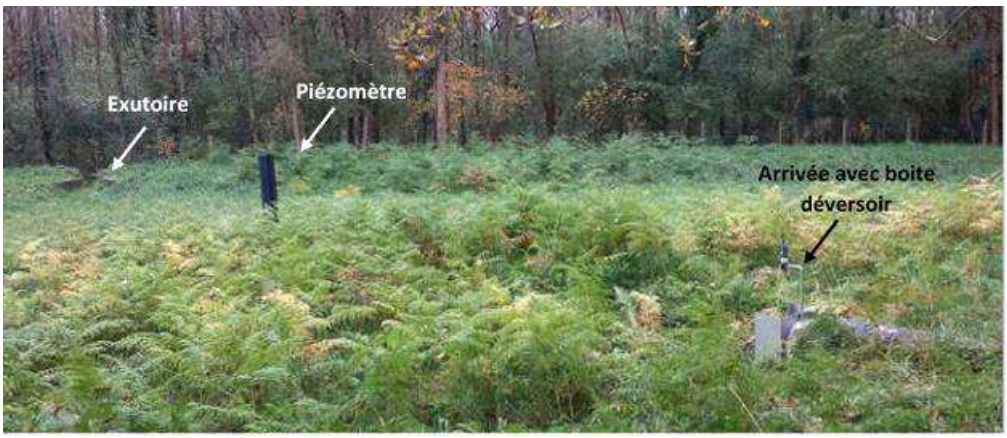


Figure 54 *Instrumentation du bassin d'infiltration du Bois de Germignan.*

Figure 55 *Ouvrages piézométriques autour du bassin du Bois de Germignan. Source : Infoterre – dossiers du sous-sol*

Le Tableau 17 ci-après donne les détails et les caractéristiques de chacune des campagnes de prélèvements.

Tableau 17 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux de nappe*

Code	Prélèvements			Laboratoires d'analyse		
	Date	Type	Remarques	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique
EPTA-nappe-DORE-P29-1	13-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement après 3 vidanges des piézo	LPTC	TGM	Labo LF
EPTA-nappe-DORE-P30-1	13-juil.-17	Ponctuel		LPTC	TGM	Labo LF
EPTA-nappe-DORE-P29-2	26-juin-18	Ponctuel	Prélèvement après 3 vidanges des piézo	LPTC	TGM	Labo LF
EPTA-nappe-DORE-P30-2	26-juin-18	Ponctuel		LPTC	TGM	Labo LF
EPTA-nappe-DORE-P29-3	5-juil.-18	Ponctuel	Prélèvement après 3 vidanges des piézo	LPTC	TGM	Labo LF
EPTA-nappe-DORE-P30-3	5-juil.-18	Ponctuel		LPTC	TGM	Labo LF

2.1.2.3.2 Bassin de dépollution – RD1215

En amont du bassin, la mesure de débit se fait à l'aide d'un capteur hauteur-vitesse Doppler Nivus installé dans la canalisation d'alimentation et relié à un télétransmetteur GSM IJINUS (Figure 56). Le préleveur automatique est installé dans un regard cachette spécifiquement créé pour lui et situé à proximité de la canalisation d'alimentation.

En aval du bassin, la mesure de débit est réalisée à l'aide d'une boite déversoir rectangulaire, d'une lame déversante et d'un capteur piézométrique qui permet de connaître la hauteur d'eau (Figure 57).

L'ensemble des mesures effectuées sur ce site est récapitulé sur le schéma de la Figure 58, y compris les mesures non décrites dans ce paragraphe.

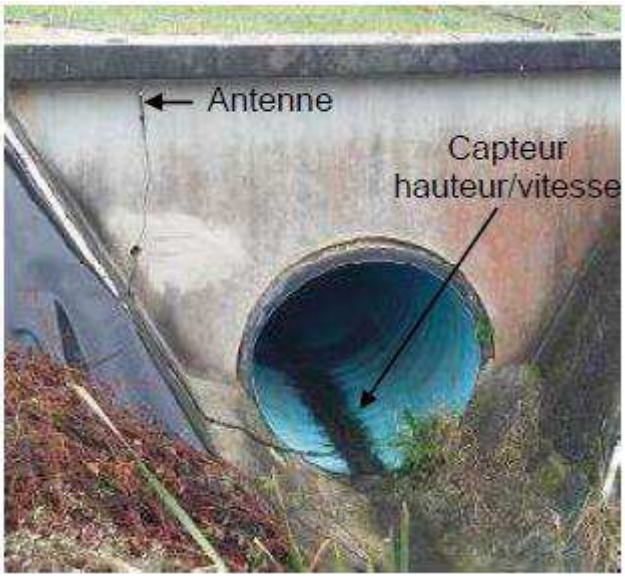


Figure 56 *Installation du débitmètre au point de mesure amont du bassin de dépollution.*

Figure 57 *Installation du débitmètre au point de mesure aval du bassin de dépollution.*

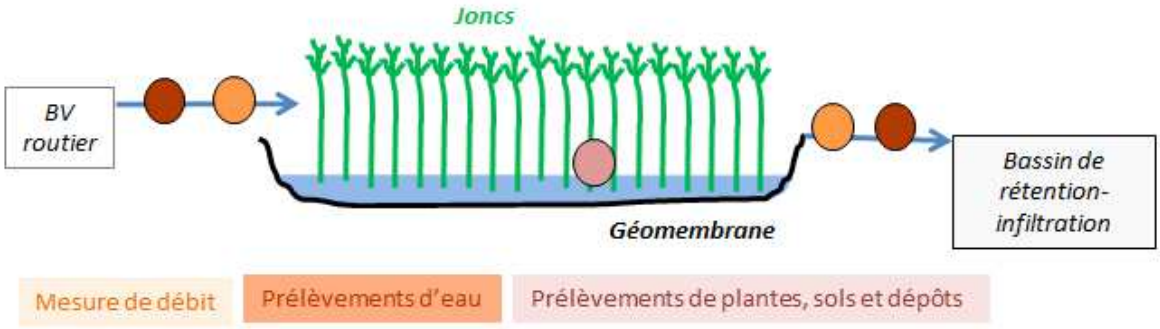


Figure 58 *Schéma d'instrumentation du bassin de dépollution de la RD 1215.*

2.1.2.3.3 Noues – Parc d'activité Vert Castel

Comme l'alimentation de la noue est diffuse, il n'y a pas de mesure de débit en amont. Les prélèvements d'eau sont réalisés à l'aide d'une bombonne en verre placée au niveau d'un petit canal d'amenée d'eau vers la noue (Figure 59).
A l'aval, la mesure de débit se fait à l'aide d'une boite déversoir triangulaire, d'une lame déversante calibrée et un capteur ultrasons IJINUS (Figure 60) et les prélèvements d'eau se font dans le regard de jonction des noues. Le préleveur automatique est installé dans un regard cachette spécifiquement créé pour lui et situé à proximité du regard de jonction des noues.

L'ensemble des mesures effectuées sur ce site est récapitulé sur le schéma de la Figure 61.

Figure 59 *Prélèvement d'eau en amont de la noue à l'aide d'une bombonne en verre et d'un système de collecte en inox.*

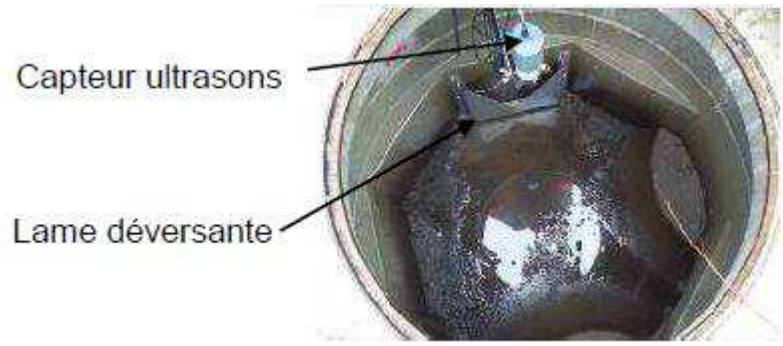


Figure 60 *Installation des équipements de mesure de débit au point de mesure aval des noues de Vert-Castel.*

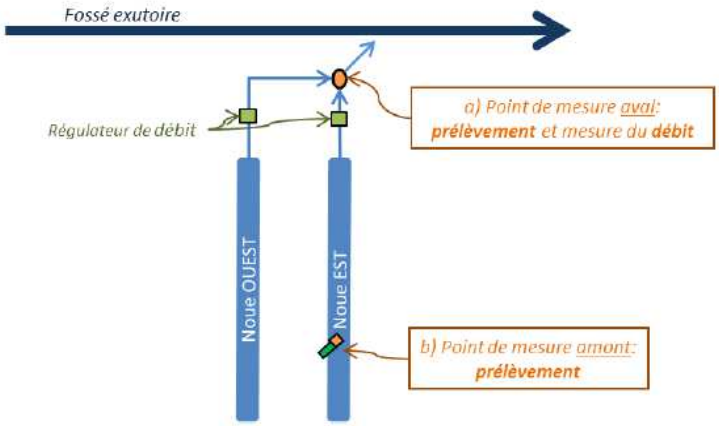


Figure 61 *Schéma d'instrumentation des noues du parc d'activité Vert- Castel.*

2.1.2.3.4 Noue – Clos Lacaussade

En amont comme en aval de la noue, la mesure de débit se fait à l'aide d'une boite déversoir triangulaire, une lame déversante calibrée et un capteur ultrasons IJINUS (Figure 62). En amont, le préleveur automatique est installé dans un regard cachette spécifiquement créé pour lui et situé à proximité du regard utilisé pour la mesure de débit. En aval, le préleveur automatique est placé sous la grille à côté du dispositif de mesure de débit.

L'ensemble des mesures effectuées sur ce site est récapitulé sur le schéma de la Figure 63.

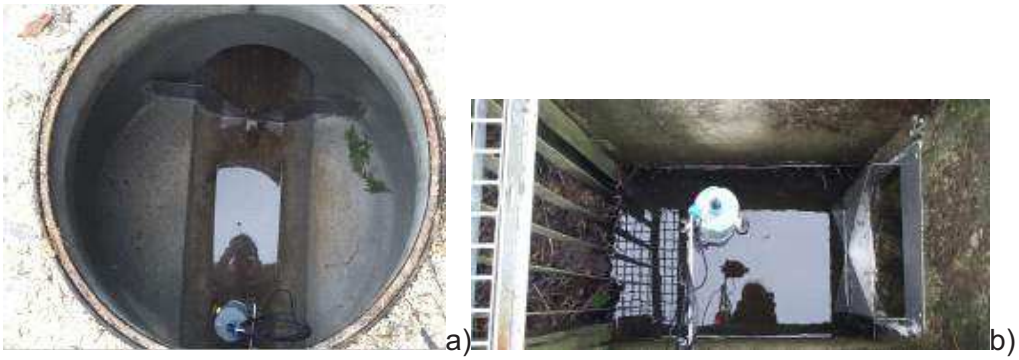


Figure 62 *Installation des débitmètres aux points de mesure amont (a) et aval (b) de la noue du Clos Lacaussade.*

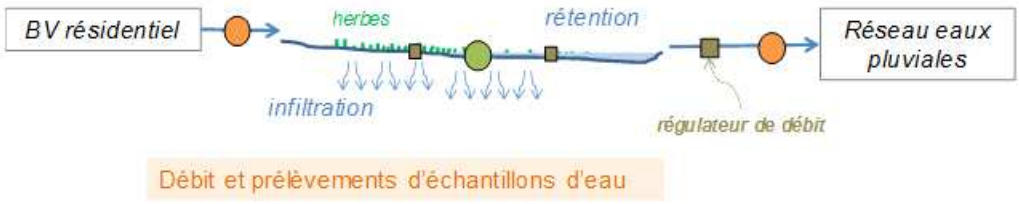


Figure 63 *Schéma d'instrumentation de la noue du Clos Lacaussade.*

2.1.2.3.5 SAUL infiltrante – Avenue de la Boétie

Dans le regard amont, un cheminement PVC a été installé pour récupérer les eaux des deux arrivées. La mesure de débit se fait avec une lame déversante et un capteur ultrasons IJINUS (Figure 64). Le préleveur automatique est placé dans ce même regard. En aval, une boite déversoir triangulaire a été mise en place. La mesure de débit se fait après le régulateur de

débit et avant la chute vers le réseau public. Le préleveur automatique est placé dans ce même regard.

L'ensemble des mesures effectuées sur ce site est récapitulé sur le schéma de la Figure 65.

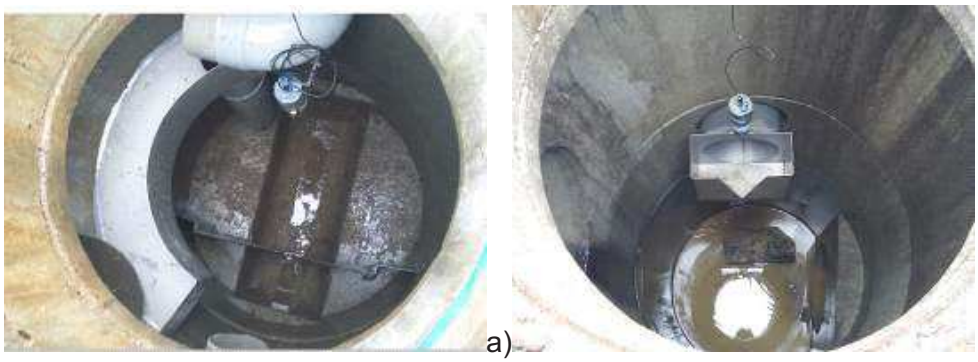


Figure 64 *Installation des débitmètres aux points de mesure amont (a) et aval (b) de la SAUL avenue de la Boétie.*

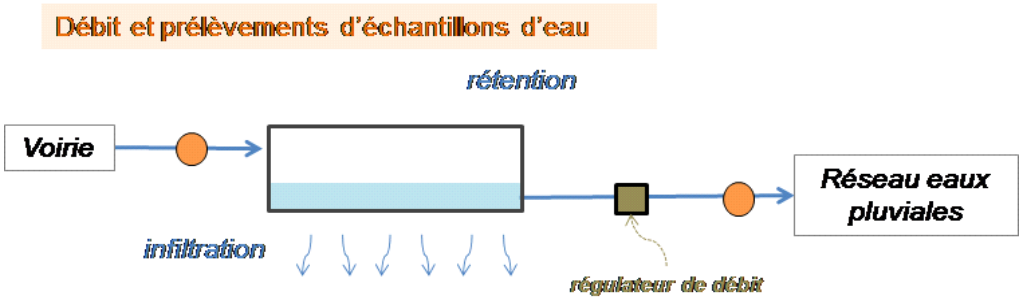


Figure 65 *Schéma d'instrumentation de la SAUL avenue de la Boétie.*

2.1.3 Les prélèvements d'eaux usées

Les prélèvements d'eaux usées se font à l'aide de préleveurs automatiques de marque ISCO, équipés d'une unique bombonne en verre et de tuyaux en téflons neufs, changés avant chaque campagne de prélèvement. Lorsque cela est possible, les préleveurs sont installés et cachés dans les regards (Figure 66a et b). Dans le cas contraire, ils sont disposés à côté du regard de prélèvement (Figure 66c). Une fois l'échantillon moyen 24 heures collecté, celui-ci est homogénéisé à l'aide d'un barreau aimanté et d'un agitateur magnétique (Figure 67a) ou à l'aide d'une pâle métallique fixée sur une perceuse/visseuse (Figure 67b). Il est ensuite réparti entre les différents flacons des différents laboratoires d'analyses. Les volumes d'eau minimum nécessaires pour chaque type d'analyse et de laboratoires sont :

- 4,05 L pour les micropolluants organiques,
- Entre 100 mL et 250 mL pour les micropolluants inorganiques,
- 2,25 L pour les paramètres physico-chimiques classiques,
- 500 mL pour les analyses biologiques *in vitro*.

Les prélèvements ont été asservis au temps pour les EU domestiques et les 6 points situés sur le réseau d'assainissement pour le CHU et asservis au débit pour les EU ZI, les EU CHU situées sur le site du CHU et les EU STEU. Dans tous les cas, des mesures de débit ont lieu en parallèle afin de pouvoir remonter au flux.

Les tableaux ci-après (Tableau 18, Tableau 19, Tableau 20, Tableau 21) donnent les détails et les caractéristiques (dates, type et durée des prélèvements) de chacune des campagnes de prélèvements.

Les campagnes associées au suivi chimique des Familles EAU défi sont présentées dans le livrable dédié à cette action.

a)

b)

c)

Figure 66 *Photos illustrant les 2 façons d'installer un préleveur automatique pour réaliser les prélèvements d'eaux usées. 1er cas : quand le point de prélèvement est sur la chaussée par exemple utilisation d'un plateau de soutien (a) et préleveur caché dans le regard (b) ou 2ème cas : préleveur laissé à l'extérieur avec une zone de balisage (c)*

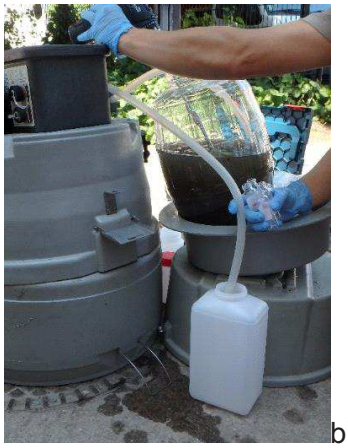
a)

b)

Figure 67 *Photos illustrant la répartition d'un échantillon d'eau usée entre les flacons des différents laboratoires d'analyses. L'échantillon est homogénéisé pendant toute la durée de la répartition à l'aide d'un agitateur magnétique et d'un barreau aimanté (a) ou à l'aide d'une pâle métallique fixée à une perceuse/visseuse actionnée manuellement (b)*

Tableau 18 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées dans les zones industrielles.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse			
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Bioessais in vitro
Zi-Sab-ART-1	9-juil.-13	Moyen, asservi au débit (70 mL tous les 1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	166 417	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Lil-BLAN-1	9-juil.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 20 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	5 981 250	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Lil-BRU-1	9-juil.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	1 439 440	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-EYS-1	9-juil.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 8 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	1 230 000	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Hil-PES-1	9-juil.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 5 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	1 150 500	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Sab-ART-2	10-sept.-13	Moyen, asservi au débit (70 mL tous les 1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	103 667	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Lil-BLAN-2	10-sept.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 20 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	4 830 000	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Lil-BRU-2	17-sept.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	1 267 680	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-EYS-2	10-sept.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 8 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	1 683 750	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Hil-PES-2	10-sept.-13	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 5 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	1 207 750	LPTC	UT2A	IPL	
Zi- Lil-FOIRE-3	12-juin-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 2 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	511 825	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Far-LABA-3	12-juin-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,5 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	124 125	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-HAILL-3	12-juin-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 2 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	652 667	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-PHARE-3	12-juin-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	959 867	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-VIGN-3	12-juin-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	226 750	LPTC	UT2A	IPL	
Zi- Lil-FOIRE-4	16-oct.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 2 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	607 880	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Far-LABA-4	16-oct.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,5 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	286 000	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-HAILL-4	16-oct.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 2 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	673 000	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-PHARE-4	16-oct.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Poste de relevage, boitier d'acquisition	24h	1 477 680	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Cant-VIGN-4	16-oct.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	354 400	LPTC	UT2A	IPL	
Zi-Hil-FAC-5	1-juil.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,2 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	54 900	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Zi-Hil-BERS-5	1-juil.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	193 000	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Zi-Sab-CARBON-5	24-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,3 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	49 000	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Zi-cant-BERL-5	24-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	626 000	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
STEU-Jal-Bypass-1	7-janv.-16	Moyen, asservit au temps (100 mL toutes les 2 min)	Prélèvement de 0 heure à 5 heures	5h	17 843 000	LPTC	UT2A	Labo LF	
Zi-Hil-FAC-6	16-oct.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	27 900	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Zi-Hil-BERS-6	15-oct.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	193 000	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Zi-Sab-CARBON-6	15-oct.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,3 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	50 600	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
Zi-cant-BERL-6	15-oct.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	745 000	LPTC	UT2A	IPL	INERIS
STEU-Jal-Bypass-2	7-févr.-16	Moyen, asservit au temps (100 mL toutes les 3 min)	Prélèvement de 0 heure à 8 heures	8h	19 520 000	LPTC	UT2A	Labo LF	

Tableau 19 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées domestiques.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse				
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Détergents	Bioessais in vitro
EUdom-Hil-LAVI-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	94 469	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Hil-ASCOT-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	29 709	LPTC	TGM			INERIS
Eudom-Sab-LORM-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	14 419	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Cant-SOUR-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	11 796	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Cant-MAI-1	28-juin-15	Ponctuel à 12h, mélasse - préleveur bouché	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	5 min	pb débitmètre	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Cant-DORE-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	21 268	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Cant-GENE-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	26 118	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Fargue-NEUV-1	28-juin-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	21 797	LPTC	TGM			INERIS
EUdom-Hil-LAVI-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	18 886	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
EUdom-Hil-ASCOT-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	25 517	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
Eudom-Sab-LORM-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	14 510	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
EUdom-Cant-SOUR-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	10 552	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
EUdom-Cant-MAI-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	pb enregistrement	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
EUdom-Cant-DORE-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	22 708	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
EUdom-Cant-GENE-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	24 380	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS
EUdom-Fargue-NEUV-2	3-déc.-15	Moyen, asservi au temps (60 mL toutes les 10 min)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	28 232	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	INERIS

Tableau 20 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées sur le site Pellegrin du CHU.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse				
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Détergents	Bioessais in vitro
CH-Pell-Tondu1-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,02 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	3 690	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-Neuro2-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,1 m^3)		24h	26 300	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-Univ3-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1 m^3)		24h	211 000	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-SerGén4-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,4 m^3)		24h	71 700	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-Pédia5-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,2 m^3)		24h	42 700	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-Tripode6-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)		24h	492 000	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-Mater7-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,2 m^3)		24h	34 100	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-BatD8-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,08 m^3)		24h	12 400	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-CFXM9-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,15 m^3)		24h	31 100	LPTC	UT2A	IPL		
UN-Peu-Rocaz1-1	27-nov.-14	Moyen, asservi au tps (100 mL toutes les 15 min)	Mesure de débit en parallèle	24h	8 822 140	LPTC	UT2A	IPL		
UN-Ont-Jacquet2-1	27-nov.-14			24h	7 269 420	LPTC	UT2A	IPL		
UN-Ont-Ferrer3-1	27-nov.-14			24h	332 500	LPTC	UT2A	IPL		
UN-Peu-Saignat4-1	27-nov.-14			24h	22 513 760	LPTC	UT2A	IPL		
UN-Peu-Lorraine5-1	27-nov.-14			24h	72 184 083	LPTC	UT2A	IPL		
UN-STEP-Fargues6-1	27-nov.-14			24h	99 720 000	LPTC	UT2A	IPL		
CH-Pell-Tondu1-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,02 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	3 560	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-Neuro2-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,1 m^3)		24h	33 800	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-Univ3-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1,5 m^3)		24h	389 000	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-SerGén4-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 1 m^3)		24h	242 000	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-Pédia5-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,2 m^3)		24h	32 400	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-Tripode6-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 4 m^3)		24h	875 000	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-Mater7-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,2 m^3)		24h	34 200	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-BatD8-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,08 m^3)		24h	16 500	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-CFXM9-2	4-juin-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,08 m^3)		24h	12 000	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
UN-Peu-Rocaz1-2	4-juin-15	Moyen, asservi au tps (100 mL toutes les 15 min)	Mesure de débit en parallèle	24h	9 816 491	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
UN-Ont-Jacquet2-2	4-juin-15			24h	6 882 466	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
UN-Ont-Ferrer3-2	4-juin-15			24h	181 456	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
UN-Peu-Saignat4-2	4-juin-15			24h	20 062 617	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
UN-Peu-Lorraine5-2	4-juin-15			24h	63 187 650	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
UN-STEP-Fargues6-2	4-juin-15			24h	82 451 583	LPTC	TGM et UT2A	IPL		INERIS
CH-Pell-Tripode6-3	22-sept.-16	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 3 m^3)	Gravitaire, débitmètre bulle à bulle	24h	624 000				ISA	
CH-Pell-Mater7-3	22-sept.-16	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,2 m^3)		24h	40 000				ISA	
CH-Pell-CFXM9-3	22-sept.-16	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 0,1 m^3)		24h	14 200				ISA	

Tableau 21 *Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées dans les STEU.*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse				
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique	Détergents	Bioessais in vitro
STEU-Cant-E1	8-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre à ultrasons	24h	12 460 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-i1	8-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Signal impulsionnel	24h	17 496 500	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-S1	8-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre bulle à bulle	24h	12 318 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-E2	9-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre à ultrasons	24h	12 484 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-i2	9-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Signal impulsionnel	24h	17 575 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-S2	9-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre bulle à bulle	24h	12 378 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-E3	10-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre à ultrasons	24h	11 368 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-i3	10-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Signal impulsionnel	24h	16 987 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-S3	10-juil.-14	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre bulle à bulle	24h	11 340 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Cant-E4	9-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre à ultrasons	24h	10 652 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Cant-S4	9-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre bulle à bulle	24h	10 676 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Fargue-E1	2-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 300 m^3)	Signal impulsionnel	24h	66 426 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Fargue-i1	2-sept.-15	Moyen, asservi au tps (70 mL tous les 10 min)	Pas de débit	24h	98 310 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Fargue-S1	2-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 300 m^3)	Débitmètre ultrasons	24h	66 232 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Fargue-E2	3-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 300 m^3)	Signal impulsionnel	24h	64 742 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Fargue-i2	3-sept.-15	Moyen, asservi au tps (70 mL tous les 10 min.)	Pas de débit	24h	95 726 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Fargue-S2	3-sept.-15	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 300 m^3)	Débitmètre ultrasons	24h	64 318 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Lille-E1	9-sept.-15	Moyen, asservi au débit (80 mL tous les 40 m^3)	Signal impulsionnel	24h	5 830 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Lille-i1	9-sept.-15	Moyen, asservi au tps (70 mL tous les 10 min.)	Pas de débit	24h	5 830 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Lille-S1	9-sept.-15	Moyen, asservi au débit (80 mL tous les 40 m^3)	Débitmètre ultrasons	24h	5 916 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Lille-E2	10-sept.-15	Moyen, asservi au débit (80 mL tous les 40 m^3)	Signal impulsionnel	24h	5 562 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Lille-i2	10-sept.-15	Moyen, asservi au tps (70 mL tous les 10 min.)	Pas de débit	24h	5 562 000	LPTC	UT2A	IPL		
STEU-Lille-S2	10-sept.-15	Moyen, asservi au débit (80 mL tous les 40 m^3)	Débitmètre ultrasons	24h	5 856 000	LPTC	UT2A	IPL		INERIS
STEU-Cant-E5	19-juil.-16	Moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre à ultrasons	24h	10 641 000	LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-S5	19-juil.-16	Moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre bulle à bulle	24h	11 018 000	LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-E6	16-nov.-16	Moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre à ultrasons	24h	10 970 000	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	
STEU-Cant-S6	16-nov.-16	Moyen, asservi au débit (70 mL tous les 60 m^3)	Débitmètre bulle à bulle	24h	11 644 000	LPTC	TGM	Labo LF	ISA	
STEU-Cant-E7	28-sept.-17	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 70 m3)		24h	11 257 000	LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-S7	28-sept.-17	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 70 m3)		24h	11 788 000	LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-E8	28-nov.-17	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 70 m3)		24h	12 592 000	LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-S8	28-nov.-17	Moyen, asservi au débit (50 mL tous les 70 m3)		24h	11 267 000	LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-E9	14-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-S9	14-juin-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-E10	19-juil.-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		
STEU-Cant-S10	19-juil.-18			24h		LPTC	TGM	Labo LF		

2.1.4 Les prélèvements d'eau « haute fréquence »

Les concentrations peuvent varier significativement à l'échelle d'un évènement pluvieux ou à l'échelle d'une journée ou d'une semaine pour les eaux usées en raison de processus physico-chimiques et/ou de rejets liés aux activités humaines (domestiques, industrielles, …) qui elles-mêmes varient au cours de la journée ou de la semaine. La caractérisation précise de ces variations (si elles existent) peut aider à l'identification de processus et source et permet de quantifier plus précisément les flux.

C'est ainsi que des suivis à haute fréquence sont réalisés :
- Sur le collecteur de la rocade nord, au niveau du site de Bois Gramond, lors d'un épisode pluvieux intense de façon à réaliser un pollutogramme,
- A la sortie du tripode, un des bâtiments du CHU et le plus gros point de rejet en volume du site de Pellegrin, pour identifier une heure et/ou une période (une journée, semaine, week-end) où les rejets de métaux et résidus médicaments sont plus particulièrement importants.

Dans le premier cas, pour réaliser le pollutogramme, des prélèvements sont réalisés à pas de temps définis. Au début de l'évènement pluvieux, le pas de temps est resserré de façon à s'assurer d'échantillonner le pic de pollution potentiellement lié au pic de débit du début de pluie. Puis l'échantillonnage est réalisé de façon plus espacé pour couvrir jusqu'à la fin de l'évènement pluvieux. Des analyses de micropolluants organiques (pesticides, HAP, PFAS et médicaments) et métalliques sont effectuées sur la totalité des 15 échantillons collecté sur la durée de l'évènement. Les détails de ce suivi sont présentés dans le Tableau 22.

Dans le deuxième cas, le suivi du Tripode s'effectue en 2 temps : (1) un suivi horaire durant 24h puis, (2) selon les résultats obtenus, un suivi journalier durant 15 jours. Ces deux stratégies permettent de nous assurer de la représentativité temporelle de nos prélèvements et de quantifier plus précisément les flux de contaminants. A l'heure actuelle, seul le suivi horaire durant 24h a été effectué. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un préleveur automatique équipé de 24 flacons en plastique. Les détails des campagnes de prélèvement sont présentés dans le Tableau 23.

Dans les 2 cas, une mesure de débit est effectuée en parallèle des prélèvements d'eau afin d'être en mesure de calculer des flux.

Tableau 22 *Détails sur les campagnes de prélèvement à haute fréquence des eaux pluviales (action « pollutogramme ») dans le collecteur rocade nord*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse		
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-1	13-sept.-16	Ponctuel à 19h16 (début) et fin à 19h20	Mesure de débit en parallèle, capteur hauteur/vitesse doppler	5 min	549 154	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-2	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 19h25		5 min	587 144	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-3	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 19h29		4 min	608 350	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-4	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 19h35		6 min	1 149 686	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-5	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 19h42		7 min	1 845 622	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-6	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 19h50		8 min	1 997 700	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-7	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 19h55		5 min	1 197 458	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-8	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 20h08		13 min	2 466 942	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-9	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 20h21		13 min	1 550 326	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-10	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 20h30		9 min	763 652	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-11	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 20h49		19 min	1 381 861	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-12	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 21h11		22 min	1 718 291	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-13	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 21h40		29 min	2 268 004	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-14	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 22h18		38 min	2 138 521	LPTC	TGM	Labo LF
EP-JAL-ROC-BG-S-polluto-15	13-sept.-16	Ponctuel, fin à 23h16		58 min	2 955 641	LPTC	TGM	Labo LF

Tableau 23 *Détails sur les campagnes de prélèvement à haute fréquence des eaux usées du CHU*

Code	Prélèvements					Laboratoires d'analyse	
	Date	Type	Remarques	Durée	Débits (L/j ou L/évènement)	MP organiques	Métaux
CH-Pell-Tripode-HauteF-1	22-sept.-16	Ponctuel à 15h30	Prélèvement de 900 mL toutes les heures, écoulement gravitaire, débitmètre bulle à bulle	1h00	25 200	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-2	22-sept.-16	Ponctuel à 16h30		1h00	25 300	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-3	22-sept.-16	Ponctuel à 17h30		1h00	25 300	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-4	22-sept.-16	Ponctuel à 18h30		1h00	23 700	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-5	22-sept.-16	Ponctuel à 19h30		1h00	20 600	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-6	22-sept.-16	Ponctuel à 20h30		1h00	18 900	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-7	22-sept.-16	Ponctuel à 21h30		1h00	13 080	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-8	22-sept.-16	Ponctuel à 22h30		1h00	11 270	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-9	22-sept.-16	Ponctuel à 23h30		1h00	12 600	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-10	23-sept.-16	Ponctuel à 0h30		1h00	12 920	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-11	23-sept.-16	Ponctuel à 1h30		1h00	11 450	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-12	23-sept.-16	Ponctuel à 2h30		1h00	8 750	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-13	23-sept.-16	Ponctuel à 3h30		1h00	6 930	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-14	23-sept.-16	Ponctuel à 4h30		1h00	9 540	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-15	23-sept.-16	Ponctuel à 5h30		1h00	10 100	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-16	23-sept.-16	Ponctuel à 6h30		1h00	15 400	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-17	23-sept.-16	Ponctuel à 7h30		1h00	21 700	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-18	23-sept.-16	Ponctuel à 8h30		1h00	27 500	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-19	23-sept.-16	Ponctuel à 9h30		1h00	31 900	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-20	23-sept.-16	Ponctuel à 10h30		1h00	35 000	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-21	23-sept.-16	Ponctuel à 11h30		1h00	33 200	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-22	23-sept.-16	Ponctuel à 12h30		1h00	30 600	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-23	23-sept.-16	Ponctuel à 13h30		1h00	33 400	LPTC	TGM
CH-Pell-Tripode-HauteF-24	23-sept.-16	Ponctuel à 14h30		1h00	31 700	LPTC	TGM

2.2 Les prélèvements de boues

Les échantillons de boue sont des échantillons moyens 2 heures.

Les boues liquides sont prélevées à l'aide d'un seau en inox (Figure 68). Deux litres de boues sont ainsi prélevés toutes les 30 minutes pendant 2 heures. Les 5 prélèvements sont mélangés au fur et à mesure dans une unique bombonne en verre. A la fin des prélèvements, ils sont homogénéisés à l'aide d'une pale métallique puis sont répartis dans les flacons des différents laboratoires d'analyses.

Figure 68 *Photos illustrant un prélèvement de boues liquides.*

Les boues solides sont prélevées à l'aide d'une tige de prélèvement (Figure 69). Le volume de 4 tiges de prélèvement est recueilli toutes les 30 minutes pendant 2 heures. Les échantillons élémentaires prélevés sont déposés sur une surface plane sur du papier kraft. L'ensemble des échantillons prélevés est stocké sur le papier kraft durant toute la période d'échantillonnage. Une fois l'ensemble des prélèvements réalisé, les différents prélèvements élémentaires sont mélangés, homogénéisés et mis en tas sur le papier kraft pour former un cône. L'ensemble de la boue est ensuite réduit à un échantillon global de 2 litres environ selon la méthode des quarts (Figure 70). Cette méthode consiste à diviser l'échantillon en 4 quarts, uniformes en épaisseur et en diamètre en tenant compte de la forme irrégulière de la boue. Les quarts diamétralement opposés sont gardés et mélangés à nouveau. Les 2 autres quarts sont éliminés. Ce processus est répété jusqu'à ce que les deux derniers quarts produisent la masse d'échantillons nécessaires (soit environ 2 litres de boue).

L'échantillon global ainsi obtenu et ensuite réparti dans les contenants des différents laboratoires d'analyses : une barquette en aluminium pour l'analyse des micropolluants organiques, des flacons en plastique pour l'analyse des micropolluants métalliques ou des paramètres physico-chimiques généraux.

Figure 69 *Photos illustrant un prélèvement de boue solide.*

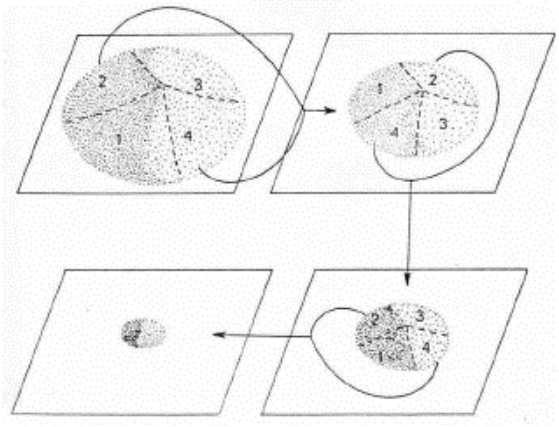


Figure 70 *Schéma expliquant la constitution d'un échantillon de boues homogène avec la méthode des quarts.*

2.3 Les prélèvements de sol

Le bassin d'infiltration d'eau pluviale du Bois de Germignan est alimenté via une canalisation. Les observations réalisées sur le terrain ont révélé que l'eau s'infiltre très rapidement dans une zone restreinte (quelques mètres) dans la continuité du point de rejet où l'écoulement a creusé un sillon (Figure 71).

L'infiltration étant totale, des prélèvements et des analyses de sol sont réalisées pour en déterminer la teneur en micropolluants au regard de ceux qui arrivent avec les eaux pluviales en entrée du bassin et de ceux qui sont mesurés à l'aval dans la nappe. L'enjeu est de caractériser le rôle du sol en termes de rétention des micropolluants. Une hypothèse complémentaire de rétention différentielle des différents horizons du sol, différant notamment par leur structure, leur composition ou leur granulométrie, est aussi étudiée.

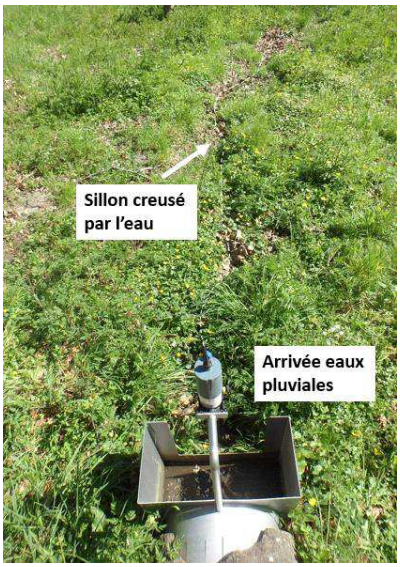


Figure 71 *Sillon creusé par l'écoulement des eaux.*

Figure 72 *Tarière utilisée pour les sondages et les prélèvements de sol.*

Figure 73 *Manche en bois permettant de signaler les sondages.*

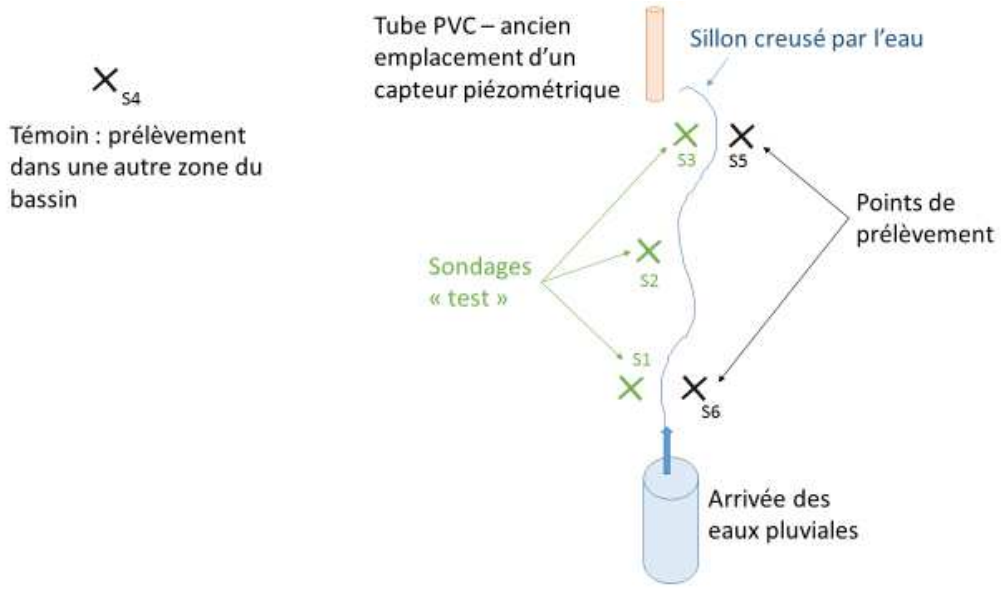


Figure 74 *Positionnement des sondages et des points de prélèvement, vue de dessus.*

Préalablement à la réalisation des prélèvements, il est nécessaire de connaître l'organisation du sol. Pour cela, des sondages sont réalisés à l'aide d'une tarière (Figure 72).
Des carottages réalisés dans les années 1980 lors de la mise en place du bassin montrent que la profondeur du sol varie entre 3 et 6 m selon la zone et que le sol est sableux et plus ou moins argileux. Dans notre étude, le carottage se limite à la profondeur accessible à la tarière soit 1m.

Par ailleurs, il est décidé que les sondages et les prélèvements sont effectués dans la zone fréquemment sollicitée, soit à proximité immédiate du sillon creusé par l'eau. Les sondages se font uniquement d'un côté du sillon et les prélèvements de l'autre côté pour ne pas que les premiers puissent influencer les derniers (Figure 74).

Trois sondages sont réalisés à la tarière à gauche le long du sillon (sondages S1, S2 et S3) et sont signalés avec des manches en bois (Figure 73). Ces sondages ont révélé 3 horizons de sol bien distincts (Figure 75) :
- Le premier horizon, d'une trentaine de centimètres d'épaisseur pour les 3 sondages, est de nature sableux et de couleur sombre. Le sol est frais en S1 et S2 et sec au niveau du point S3.
- Le deuxième horizon, d'une quarantaine de centimètres d'épaisseur, est de nature sableux et de couleur marron clair. Cet horizon est humide en S1 et S2 et est frais en S3.
- Le troisième horizon, d'une quarantaine de centimètres au moins (limite liée à la taille de la tarière), est de nature sableux. Il n'y a pas d'élément grossier en S1 et S2 mais des graviers sont présents en S3. En S1, l'horizon est de couleur ocre, avec de petites tâches rouille. En S2, il est de couleur plus claire (marron clair) et en S3, il est de couleur encore plus claire (beige). Cet horizon est humide en S1 et S2 et est frais en S3.
En conclusion de ces sondages, le point S2 paraît être une transition entre les points S1 et S3. C'est pourquoi, il est décidé de réaliser les prélèvements uniquement en début et en fin de sillon (et pas au milieu).

Figure 75 *Les différents horizons visibles dans les 4 points de sondage.*

En plus des prélèvements à proximité du sillon, le prélèvement d'un échantillon témoin est aussi réalisé dans une zone du bassin éloignée du point de rejet (S4). En ce point, 4 horizons sont identifiés (Figure 75), tous sableux :
- Le premier horizon (H1) est d'une couleur similaire à celle du premier horizon proche du sillon mais est d'une épaisseur inférieure (une dizaine de centimètres contre une trentaine au niveau du sillon). Cet horizon est sec.
- Le deuxième horizon (H2), d'une trentaine de centimètres s'apparente au deuxième horizon repéré dans les sondages S1, S2 et S3. Il est sec et contient quelques éléments grossiers.

- Le troisième horizon (H3), d'une quarantaine de centimètres s'apparente au 3ème horizon du sondage S3 (bout du sillon). Il est frais, contient quelques éléments grossiers et est de couleur claire (beige).
- Le quatrième horizon (H4), non visible sur les sondages S1, S2 et S3, est de couleur ocre, frais et sans élément grossier.

In fine, les échantillons de sol sont prélevés en trois points (dont le témoin) à trois profondeurs différentes correspondant aux trois horizons pédologiques identifiés préalablement. Les prélèvements sont faits du côté droit du sillon au niveau des points S5 et S6 et au niveau du point témoin S4 (Figure 74). Au niveau du point S4, le 4ème horizon, qui n'avait pas été identifié dans les autres sondages, n'a pas fait l'objet de prélèvement. Les prélèvements se font à la tarière (Figure 72) et il n'est retenu que la partie centrale de l'échantillon n'ayant pas été en contact avec l'outil. La méthode des quarts est ensuite appliquée (Figure 70) pour constituer les échantillons au niveau des 3 points de prélèvements et pour chacun des 3 horizons identifiés. Les masses finales de sol nécessaires aux analyses sont de 50 g pour l'analyse des micropolluants organiques et de 10 g pour l'analyse des micropolluants inorganiques et la granulométrie.
Les échantillons sont répartis dans les contenants fournis par les laboratoires d'analyses : des barquettes en aluminium pour l'analyse des micropolluants organiques et des sachets en plastique pour l'analyse des micropolluants inorganiques.

A la fin de la campagne d'échantillonnage, les sondages sont rebouchés pour éviter de créer un écoulement préférentiel de l'eau à leur niveau.

Le Tableau 24 ci-après donne les détails et les caractéristiques de la campagne de prélèvements de sols.

Tableau 24 *Détails sur les campagnes de prélèvement de sol au niveau du bassin d'infiltration du bois de Germignan.*

Code	Prélèvements			Laboratoires d'analyse		
	Date	Type	Remarques	MP organiques	Métaux	Paramètres physico-chimique
EPTA-sol-DORE-S4-H1	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S4-H2	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S4-H3	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S5-H1	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S5-H2	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S5-H3	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S6-H1	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S6-H2	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	
EPTA-sol-DORE-S6-H3	21-juil.-17	Ponctuel	Prélèvement à la tarière	LPTC	TGM	

2.4 Les prélèvements de dépôts et de plantes

Les prélèvements de dépôts et de plantes se font au niveau du bassin de dépollution de la RD1215. Ce bassin de dépollution naturelle par biofiltration (l'espèce végétale largement majoritaire étant le roseau *Phragmites australis*) est étanchéifié par une bâche.
L'enjeu est d'évaluer la contribution des différents compartiments de ce bassin (dépôts sédimentaires et plantes) à la dépollution. De plus, afin d'être en mesure de préconiser un mode de gestion de la végétation (fauche régulière avec exportation de la biomasse hors du site par exemple), les parties aériennes et parties souterraines sont distinguées.

Les prélèvements de dépôts sédimentaires se font à l'aide d'un carottier (Figure 76). Plusieurs essais ont été faits en deux points du bassin et en utilisant les différents embouts fournis (l'un plutôt adapté aux sédiments vaseux et l'autre aux sédiments plus durs, Figure 77). Ces essais n'ont pas été concluants, le carottier aspirant essentiellement un mélange d'eau vaseuse qui ne correspondait pas à l'échantillon attendu. En conséquence, aucun échantillon de dépôts sédimentaires n'a pu être prélevé.

Figure 76 *Carottier utilisé pour les prélèvements de dépôts sédimentaires.*

*Fi**gure 77** Les différents embouts du carottier : en haut, l'embout pour sédiments durs ; à droite, l'embout pour sédiments vaseux ; en bas à gauche, le joint sur lequel on fixe la tige en métal qui sert de piston.*

Pour les plantes, un échantillon moyen est constitué à partir de prélèvements effectués au niveau de 4 points du bassin (le 5ème point initialement prévu a été abandonné en raison de la présence d'un serpent le jour des prélèvements, Figure 78). En chaque point, 3 roseaux présentant le même stade de croissance (mesurant environ 1,8m) sont prélevés puis les parties aériennes et racinaires sont séparées. Les parties racinaires sont rincées à l'eau déminéralisée pour éviter de contaminer l'analyse par des fragments de sol et les parties aériennes des 3 mêmes plantes sont elles aussi rincées à l'eau déminéralisée.

Après rinçage, les végétaux (l'ensemble des 12 roseaux) sont pesés et découpés en petits morceaux pour former les échantillons (Figure 79). Cette étape est effectuée à l'aide de ciseaux en céramique. Pour que l'échantillon des parties aériennes soit représentatif de la plante, tiges et feuilles sont séparées, pesées, puis l'échantillon est constitué au prorata de la masse des tiges et des feuilles par rapport à la masse totale des roseaux. Les racines sont elles aussi découpées à l'aide des ciseaux.

Afin de s'assurer que l'homogénéité des échantillons et la variabilité induite par le protocole restent faibles, il est décidé de multiplier le nombre d'échantillons prélevés dans chaque compartiment. Ainsi, 3 échantillons sont constitués pour chaque compartiment (total de 6 échantillons). Les échantillons sont répartis dans les contenants fournis par les laboratoires d'analyses : des barquettes en aluminium pour l'analyse des micropolluants organiques et des sachets en plastique pour l'analyse des micropolluants inorganiques. Le Tableau 25 donne les détails et les caractéristiques de la campagne de prélèvements de sols.

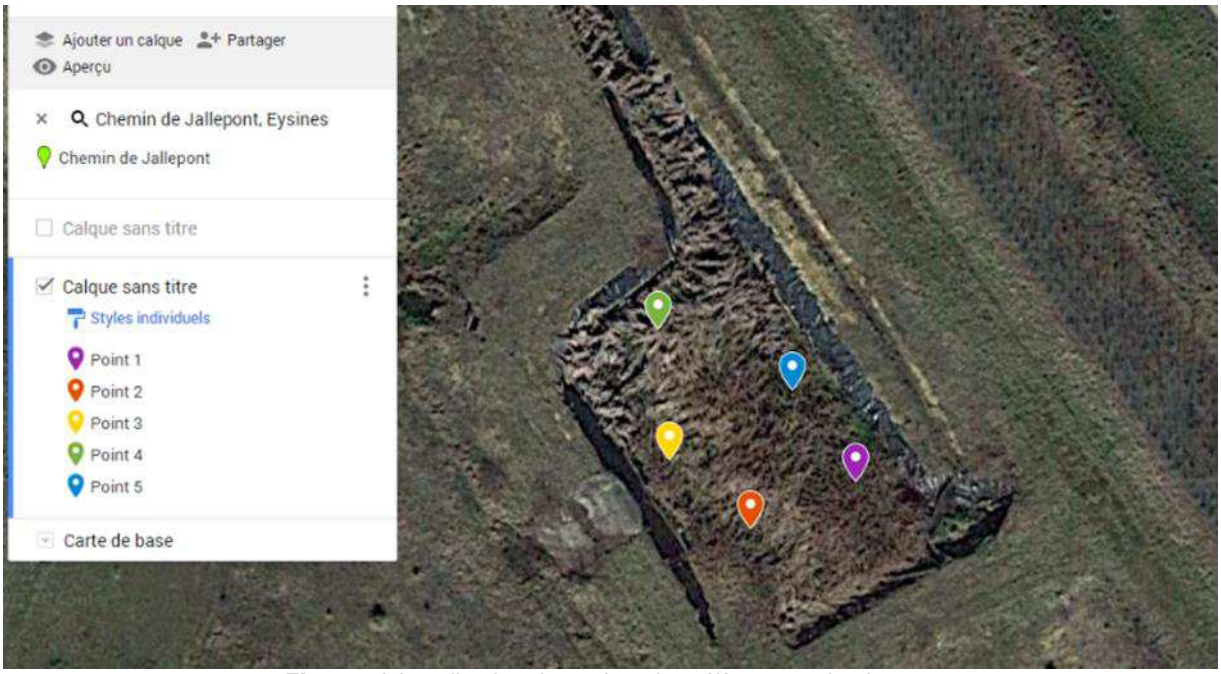


Figure 78 *Localisation des points de prélèvement de plantes.*

a)

b)

c)

d)

Figure 79 *Prélèvements de plantes : a) roseaux entiers avant découpage, b) feuilles découpées, c) tiges découpées, d) quartage des parties racinaires.*

Tableau 25 *Détails sur les campagnes de prélèvement de plantes au niveau du bassin de dépollution RD1215.*

Code	Prélèvements			Laboratoires d'analyse	
	Date	Type	Remarques	MP organiques	Métaux
EPTA-plantes-aérien-RD1215E-1	5-sept.-17	Mixe	Prélèvements en 4 pts du bassin puis découpage et mélange des tiges et des feuilles et réalisation de 3 échantillons. Idem pour les racines (mix de 4 pts de prélèvements, réalisation de 3 échantillons)	LPTC	TGM
EPTA-plantes-aérien-RD1215E-2	5-sept.-17	Mixe		LPTC	TGM
EPTA-plantes-aérien-RD1215E-3	5-sept.-17	Mixe		LPTC	TGM
EPTA-plantes-racines-RD1215E-1	5-sept.-17	Mixe		LPTC	TGM
EPTA-plantes-racines-RD1215E-2	5-sept.-17	Mixe		LPTC	TGM
EPTA-plantes-racines-RD1215E-3	5-sept.-17	Mixe		LPTC	TGM

2.5 L'exposition des échantillonneurs passifs

Les échantillonneurs passifs utilisés dans REGARD sont des POCIS (Polar Organic Chemical Intergative Sampler). Ces outils sont adaptés pour échantillonner des composés organiques hydrophiles.
Les POCIS, exposés en triplicat, sont attachés sur un support de fixation et ce dernier est installé dans une cage en inox qui permet de les protéger (Figure 80). La cage est ensuite immergée dans le cours d'eau (Figure 80d) ou dans le réseau d'assainissement (Figure 80e) et est maintenue avec une ficelle.
Dans le milieu naturel, les capteurs sont exposés pendant une quinzaine de jours alors que dans le réseau d'assainissement, en raison de problème d'encrassement et de concentrations plus fortes, ils ne sont exposés que 10 jours maximum.

Figure 80 *Exposition des POCIS : un POCIS (a), fixation du POCIS sur le support (b), positionnement du support dans la cage de protection (c), exposition en milieu naturel (d), exposition dans le réseau d'assainissement (e).*

2.6 L'exposition des *Corbicula fluminea* (bioessais *in vivo in situ*)

Des *Corbicula fluminea* ou palourdes d'eau douce provenant d'un site de référence (pisciculture expérimentale d'IRSTEA à St Seurin sur l'Isle) ont été exposées dans le milieu naturel au niveau des points d'échantillonnage décrits dans la partie 1.1 afin d'étudier l'impact des micropolluants sur les organismes vivants. Au niveau de chaque point d'échantillonnage, 2 cages contenant chacune 20 individus, soit 40 individus par point, ont été immergées (Figure 81). Les durées et périodes d'exposition sont variables (1 mois en période estivale et 3 mois le reste de l'année). Elles sont indiquées dans la Figure 82.

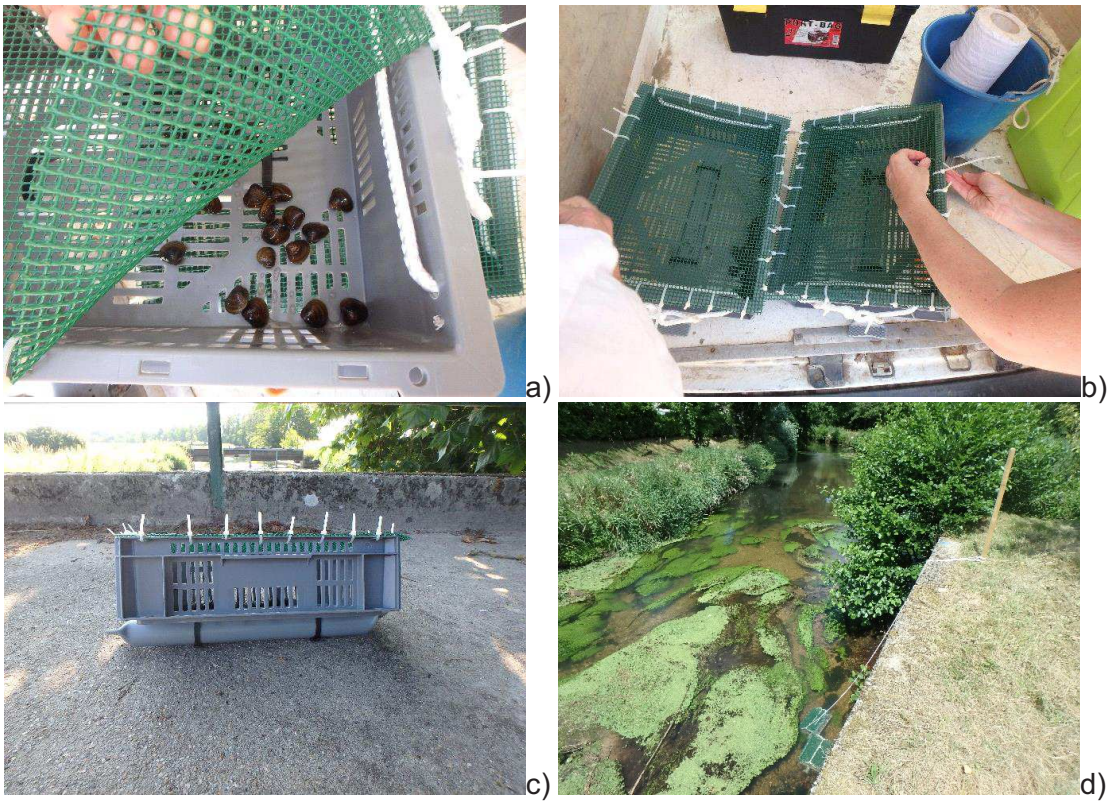


Figure 81 *Exposition des Corbicula fluminea : disposition des organismes dans la cage (a), fermeture de la cage (b), la cage avec son leste (c), exposition dans le milieu naturel (d).*

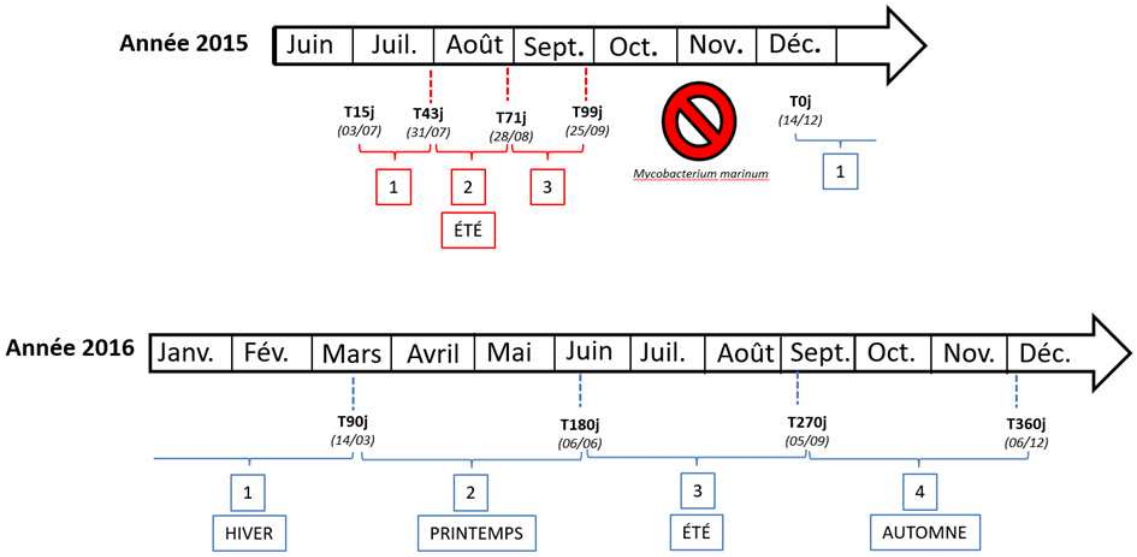


Figure 82 *Périodes d'encagement des bivalves filtreurs dans la Jalle de Blanquefort le long d'un linéaire « amont – aval ». Les périodes encadrées en rouge et bleu correspondent respectivement à 30j et 90j de transplantation.*

Les analyses pratiquées

3.1 Les analyses de micropolluants organiques

Le Tableau 26 présente la liste des classes, des familles et des noms des micropolluants organiques recherchés pour le milieu naturel et pour chaque source étudiée dans le projet. Il indique également dans quelles matrices ces molécules seront cherchées en fonction de leurs propriétés physico-chimiques (phase dissoute et particulaire des échantillons d'eau, échantillons de boue). Le fait de rechercher certaines molécules ou familles de molécules dans certaines sources par rapport à d'autres a été guidé par les usages et mode d'utilisation des produits. Par exemple, les pesticides et les HAP sont majoritairement recherchés dans les eaux pluviales alors que les parabènes et les filtres UV sont recherchés dans les EU domestiques dans un premier temps et ne seront recherchés dans les EU de STEU et dans le milieu naturel que s'ils sont retrouvés dans les EU domestiques, de façon à étudier tout le continuum de pollution, depuis la source jusqu'au milieu naturel. Cette logique sera appliquée à toutes les molécules.

Le plus grand nombre de molécules recherchées est dans le milieu naturel avec 220 molécules recherchées et le plus faible dans les EP-TA et EP-ZU avec 69 molécules recherchées.

Des analyses de médicaments et de pesticides sont également effectuées sur les POCIS. La liste des molécules analysées dans les POCIS et la même que celle des molécules analysées dans les échantillons d'eau correspondant c'est-à-dire les eaux du milieu naturel, celles des ZI et celles du CHU (molécules communes avec EU ZI et Mn).

Tableau 26 *Noms et nombre des micropolluants organiques recherchés pour chaque sources et milieu étudié.*

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
Médicaments				46	43	43	71	43	36	13	13	13
	antiviral	abacavir	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant	acide 4-chlorobenzoïque	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	acébutolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant (métabolite clofibrate)	acide clofibrique	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant (métabolite fenofibrate)	acide fénofibrique	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antidépresseur	amitriptyline	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	aténolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant	atorvastatine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	hypolipémiant	bézafibrate	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	bisoprolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	psychostimulant	caféine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiepileptique	carbamazépine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antihistaminique	cétirizine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiagrégant plaquettaire	clopidogrel	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anti-inflammatoire AINS	diclofénac	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiarythmique	disopyramide	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antidépresseur	fluoxétine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	antiepileptique	gabapentine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	hypolipémiant	gemfibrozil	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anti-inflammatoire AINS (métabolite ibuprofène)	hydroxy-ibuprofène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	anti-inflammatoire AINS	ibuprofène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	anti-inflammatoire	kétoprofène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antiviral	lamivudine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiepileptique	lévétiracétam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	anxiolytique	lorazépam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antihypertenseur	losartan	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anxiolytique	méprobamate	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	métoprolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	anti-inflammatoire AINS	naproxène	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiviral	névirapine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
	anxiolytique	nordazépam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	anxiolytique	oxazépam	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	analgésique	paracétamol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	hypolipémiant	pravastatine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	antiepileptique	primidone	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	propranolol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiulcereux	ranitidine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	antiviral	ritonavir	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	b-bloquant	sotalol	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	bronchodilatateur - psychostimulant	théophylline	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
	antiviral	zidovudine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	analgésique	aspirine	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X				
	anti-inflammatoire AINS	acide salicylique	EAU (dissous) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	antibiotique (fluoroquinolone)	ciprofloxacine	EAU (dissous)	X			X					
	antibiotique	ofloxacine	EAU (dissous)	X			X					
	anticancéreux	cyclophosphamide anhydre	EAU (dissous)	X			X					
	anti-inflammatoire	acide niflumique	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	amisulpride	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	bromazépam	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	clarithromycine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	clorazépate	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	cloxacilline	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	cyamémazine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	diazépam	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	duloxétine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	hydroxyzine	EAU (dissous)				X					
	antiepileptique	lamotrigine	EAU (dissous)				X					
	anti-parasitaire	malathion	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	méthadone chlorhydrate	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	norofloxacine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	paroxétine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	prazépam	EAU (dissous)				X					
	bronchodilatateur	salbutamol	EAU (dissous)				X					
	antiviral	saquinavir	EAU (dissous)				X					

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
	vasodilatateur	sildénafil	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	sulfaméthoxazole	EAU (dissous)				X					
	antibiotique	triméthoprime	EAU (dissous)				X					
	antiepileptique	valpromide	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	venlafaxine	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	zolpidem	EAU (dissous)				X					
	anxiolytique	zopiclone	EAU (dissous)				X					
Pesticides				62	62	62	62	60	31	24	24	24
	herbicide (métabolite diuron)	1-(2,4-dichlorodiphényl)urée	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (métabolite diuron)	1-(3,4-dichlorodiphényl)urée	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (métabolite acétochlore)	acétochlore ESA (acide sulfonique)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	acrinathrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	alachlore	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	atrazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite atrazine)	atrazine-2-hydroxy	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite atrazine)	atrazine-déséthyl (DEA)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	herbicide (métabolite atrazine)	atrazine-déisopropyl (DIA)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	fongicide	azoxystrobine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	bifenthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	carbendazime	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	chlorfenvinphos	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	chlorotoluron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	chlorpyrifos-éthyl	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	cyfluthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	cyperméthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (métabolite diuron)	DCPMU (1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthyl-urée)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	diazinon	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	insecticide	dichlorvos	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	difénoconazole A B	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	diflufénican	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	dimétachlore	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	diuron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	fongicide (métabolite dichlofluanide)	DMSA (diméthyl-phénylsulfamide)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
	fongicide (métabolite tolylfluanide)	DMST (diméthyl-tolylsulfamide)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	insecticide	endosulfan	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	epoxiconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	esfenvalérate + fenvalérate	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	famoxadone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	fongicide	fenbuconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	fipronil	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (métabolite fipronil)	fipronil-désulfinyl	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (métabolite fipronil)	fipronil-sulfide	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (métabolite fipronil)	fipronil-sulfone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	flazasulfuron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	fluquinconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	flutriafol	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	hexazinone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
	herbicide (métabolite simazine)	hydroxy-simazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide	imidaclopride	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	isoproturon	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	lambda-cyhalothrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	linuron	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	métolachlore	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite métolachlore)	métolachlore ESA (acide sulfonique)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite métolachlore)	métolachlore OXA (acide oxanilique)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	insecticide (& aussi métabolite diméthoate)	ométhoate	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	perméthrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	propiconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	simazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	fongicide	spiroxamine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	insecticide	tau-fluvalinate	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	tebuconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide (& aussi métabolite terbuthylazine)	terbutryne	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide	terbuthylazine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	herbicide (métabolite terbuthylazine)	terbuthylazine-déséthyl	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
	fongicide	tétraconazole	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	fongicide	trifloxystrobine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	trifluraline	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
	herbicide	glyphosate	EAU (dissous)	X	X	X	X		X	X	X	X
	herbicide (métabolite glyphosate)	AMPA (acide aminométhylphosphonique)	EAU (dissous)	X	X	X	X		X	X	X	X
	fongicide	mancozèbe							X			
AkP				7	7	7	7	7	2	0	0	2
		octylphénol (OP)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			X
		octylphénol monoéthoxylate (OP1EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		octylphénol diéthoxylate (OP2EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		nonylphénol (NP)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			X
		nonylphénol monoéthoxylate (NP1EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		nonylphénol diéthoxylate (NP2EO)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
		acide nonylphénoxyacétique (NP1EC)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
BTEX				4	4	4	4	4	4	0	0	0
		Benzène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
		Ethylbenzène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
		Toluène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
		Xylènes	EAU (dissous)	X	X	X	X	X	X			
COV				8	8	8	8	8	0	0	0	0
		chlorure de vinyle	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		trichlorométhane	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		dichlorométhane	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		1,2-dichloroéthane	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		tétrachlorure de carbone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		tétrachloroéthylène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		trichloroéthylène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		hexachlorobutadiène	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
OCP				15	15	15	15	15	0	0	0	0
		endrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		isodrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		aldrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		2,4'-DDT	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		4,4'-DDT	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		2,4'-DDD (+CB 154 + 77)	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		lindane	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		mirex	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		heptachlore	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		chlordécone	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		CIS-chlordane	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		4,4'-DDD	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		2,4'-DDE	EAU (dissous - particulaire)	X	X	X	X	X				
		4,4'-DDE + Dieldrine	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
PCB				8	8	8	8	8	8	0	0	0
		PCB 28 (2,2',4,6 tétrachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 50 (2,4,4' trichlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 52 (2,2',5,5' tétrachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 101 (2,2',4,5,5' pentachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 118 (2,3',4,4',5 pentachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 138 (2,2',3,4,4',5' hexachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 153 (2,2',4,4',5,5' hexachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
		PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5' heptachlobiphényle)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
PBDE				4	4	4	4	4	0	0	0	0
		BDE 47 (2,2',4,4' tétrabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		BDE 100 (2,2',4,4',6 pentabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		BDE 99 (2,2',4,4',5 pentabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
		BDE 153 (2,2',4,4',5,5' hexabromodiphényl éther)	EAU (dissous)	X	X	X	X	X				
HAP				15	12	12	12	12	15	15	15	15

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		anthracène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[a]anthracène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[a]pyrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[b+j+k]fluoranthène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		benzo[g,h,i]pérylène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		chrysène + triphénylène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		fluoranthène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		indéno[1,2,3-cd]pyrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		naphtalène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		phénanthrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		pyrène	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		acénaphthène	EAU (dissous – particulaire)	X					X	X	X	X
		acénaphthylène	EAU (dissous – particulaire)	X					X	X	X	X
		fluorène	EAU (dissous – particulaire)	X					X	X	X	X
Phtalates				1	1	1	1	1	1	0	0	0
		DEHP (Di(2-éthylhexyl)phtalate)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X			
Plastifiants				1	0	1	0	0	1	0	0	0
		BPA (Bisphénol A)	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
Filtres UV				6	0	6	0	0	6	0	0	0
	oxybenzone	benzophénone 3	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	avobenzone	butyl méthoxydibenzoylméthane	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	EHMC	ethylhexyl méthoxycinnamate	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	ODPABA	ethylhexyl diméthyl paba	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	4-MBC	4-méthylbenzylidène camphre	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
	Octocrylène	octocrylène	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
Parabènes				8	0	8	0	0	8	0	0	0
		4-hydroxybenzoate de métyle	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		4-hydroxybenzoate d'éthyle	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		benzyl paraben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		butylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		isobutylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		isopropylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
		pentylparaben	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		propylparabène	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X			
PFAS				17	0	17	0	0	17	17	17	17
		PFBA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFPeA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHxA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHpA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFOA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFNA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFDA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFBS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHxS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFHpS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		PFOS	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		6:2 FTSA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		8:2 FTSA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		FOSA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		FOSAA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		MeFOSAA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
		EtFOSAA	EAU (dissous - particulaire*)	X		X			X	X	X	X
Biocides				2	0	2	2	0	2	0	0	0
		triclosan	EAU (dissous - particulaire*)	X		X	X		X			
		chlorhéxidine	EAU (dissous - particulaire*)	X		X	X		X			
Détergents				16	0	16	16	0	16	0	0	0
		benzotriazole	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		BDDAC	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		BDTAC	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		stepanquat GA 90	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		lauryl pyridinium	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		incromine SD	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		sodium 2-ethylhexyl sulfate	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		sodium dodecyl sulfate	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C10	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C11	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			

Classe	Famille	Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		LAS C12	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		LAS C13	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		texapon N 701 S	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		comperlan 100	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		triton X100	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
		cetyl betaïn	EAU (dissous - particulaire)	X		X	X		X			
Total				**220**	**164**	**214**	**210**	**162**	**147**	**69**	**69**	**71**

Particulaire* l'analyse de cette matrice dépendra de la quantité de particules et des développements analytiques en cours si retrouvé dans les EU domestiques et selon les volumes d'échantillon disponibles

3.2 Les analyses de micropolluants inorganiques (métaux)

La liste des métaux recherchés dans les échantillons d'eaux (phase filtrée et particulaire) et de boues est indiquée dans le Tableau 27.

Tableau 27 *Noms et nombre des micropolluants inorganiques recherchés pour chaque source et milieu étudié.*

Substances	Matrice	Milieu naturel	Exutoire pluviaux	STEU	EU CHU	EU Zi	EU domestique	EP zone urbaine	EP TA	EP collecteur rocade
		20	18	20	20	18	19	19	19	19
Aluminium (Al)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Antimoine (Sb)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Argent (Ag)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Arsenic (As)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cadmium (Cd)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chrome (Cr)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cobalt (Co)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuivre (Cu)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Etain (Sn)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fer (Fe)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mercure (Hg)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X				
Nickel (Ni)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plomb (Pb)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Strontium (Sr)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Thorium (Th)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Uranium (U)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vanadium (V)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Zinc (Zn)	EAU (dissous - particulaire) - BOUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Baryum (Ba)	EAU (dissous – particulaire)	X		X	X		X	X	X	X
Molybdène (Mo)	EAU (dissous – particulaire)	X		X	X		X	X	X	X

3.3 Les bioessais *in vitro*

Les bioessais *in vitro* pratiqués sont destinés à mesurer le potentiel perturbateur endocrinien des échantillons d'eau. Pour cela, ce sont les activités œstrogéniques (ER), androgéniques (AR) ou encore glucocorticoïdes de la phase dissoute des échantillons d'eau qui sont évaluées. Parallèlement, les activités dioxine-like et HAP-like de ces mêmes échantillons sont évaluées. Les résultats de ces analyses permettront d'obtenir des concentrations exprimées en TEQ (toxicité équivalent) et de les comparer aux concentrations mesurées avec les analyses chimiques.

3.4 Les bioessais *in vivo* in situ

Les expositions de *Corbicula fluminea* dans le milieu naturel vont permettre d'évaluer les capacités de bioaccumulation métallique de ces organismes et les impacts de l'ensemble des micropolluants présents. Les métaux (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V et Zn) sont mesurés dans les organismes entiers. Les effets étudiés sont la mortalité et l'indice de condition (qui témoigne d'une inhibition de croissance), les concentrations en métallothionéines (protéines de détoxication et de réponse au stress oxydant) et les impacts génétiques à partir du séquençage du transcriptome (ARN messagers produits suite à la modulation de l'expression des gènes). En plus de ces paramètres, l'impact de la saison d'exposition (été/hiver) est aussi étudié.

Table des figures

Figure 1 Localisation des 2 sites d'étude et des points d'échantillonnage sur le territoire de Bordeaux Métropole. La ligne en pointillés verts correspond au site d'étude du bassin versant de la Jalle de Blanquefort et celle en pointillés rouges au site d'étude pour la source hospitalière. 4
Figure 2 Organigramme du programme de recherche REGARD. 11
Figure 3 Localisation de la Jalle (https://www.geoportail.gouv.fr/carte). 14
Figure 4 Localisation des secteurs amont (en jaune foncé) et aval (en jaune clair) du bassin versant de la Jalle, échelle 1/200'000 (carte issue du site internet de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne http://adour-garonne.eaufrance.fr/carto). 15
Figure 5 Pressions sur la masse d'eau du secteur amont de la Jalle (état des lieux 2013). 16
Figure 6 Pressions sur la masse d'eau du secteur aval de la Jalle (état des lieux 2013). 16
Figure 7 Etat des masses d'eau des secteurs amont (en haut) et aval (en bas). 17
Figure 8 Localisation du réseau d'assainissement structurant sur le bassin versant de la Jalle (en rouge : le réseau des eaux usées brutes, en jaune : le réseau des eaux usées traitées, en vert : le réseau des eaux pluviales, en violet : le réseau unitaire). 17
Figure 9 Localisation de la zone d'étude sur La Jalle et des points d'échantillonnage dans cette zone. 18
Figure 10 Carte des points de prélèvements dans la Jalle. 19
Figure 11 Exposition de POCIS dans la cage en acier inoxydable. La présence de feuilles arrêtées par les dispositifs de protection des échantillonneurs, prouve la présence d'eau au début de la période d'exposition). 20
Figure 12 Illustration des principaux points de prélèvements. 21
Figure 13 Carte des points de prélèvements pour les campagnes dédiées à l'analyse des métaux en fonction des conditions climatiques et hydrologiques. 24
Figure 14 Volumes annuels en m3 rejetés par les exutoires pluviaux vers le milieu naturel. 25
Figure 15 Localisation des 10 exutoires pluviaux étudiés dans REGARD. 26
Figure 16 Cartographie de l'occupation du sol des bassins versants de chacun des 10 exutoires pluviaux étudiés dans REGARD (extrait du rapport de stage de fin d'étude de M2 de Fanny Imart, 2015).. 26
Figure 17 Tracé du collecteur rocade nord et localisation des sites d'étude, l'aéroport de Bordeaux Mérignac, le dégrilleur de Bois Gramond et le bassin autoroutier du pont d'Aquitaine. 28
Figure 18 Bassin de rétention des eaux pluviales issues des voiries de la rocade situé au niveau du pont d'Aquitaine (bassin n°3). 29
Figure 19 Photo illustrant le type de pollution qui peut être lessivé par les eaux pluviales ruisselant sur le tarmac de l'aéroport. 30
Figure 20 Photos du site de Bois Gramond : (a) vue d'ensemble, (b) les 2 arrivées d'eau, (c) le dégrilleur, (d) le dessableur après le dégrilleur, (e) la sortie vers la Jalle. 32
Figure 21 Localisation des 6 points de prélèvement pour les eaux pluviales en zones urbaines. 33
Figure 22 Localisation des techniques alternatives étudiées et des points de prélèvements. 35
Figure 23 Localisation du bassin d'infiltration du Bois de Germignan au Taillan Médoc. 36
Figure 24 Photos illustrant la vue d'ensemble du bassin d'infiltration du bois de Germignan. 37
Figure 25 Localisation du bassin de dépollution de la RD1215 au Haillan. 38
Figure 26 Photos illustrant le bassin de dépollution situé le long de la RD1215. 38
Figure 27 Localisation des noues du parc d'activité Vert-Castel à Mérignac. 39
Figure 28 Photos illustrant la noue par temps sec (a), après une pluie (b) et un petit canal d'amenée des eaux de voirie vers la noue (c). 39
Figure 29 Localisation de la noue du Clos Lacaussade au Taillan-Médoc. 40
Figure 30 Photos illustrant la rétention de l'eau via un redent régulé (a), et la sortie de la noue (b) du Clos Lacaussade. 40
Figure 31 Localisation de la structure alvéolaire ultralégère de l'avenue de la Boétie au Taillan-Médoc. 41
Figure 32 Photos illustrant l'intérieur (a) et l'extérieur d'une SAUL une fois la construction finie (b). .. 41
Figure 33 Principe de fonctionnement d'une SAUL infiltrante. Source : http://www.hamon-watersolutions.com 41
Figure 34 Localisation des points de prélèvement des eaux usées domestiques. 42
Figure 35 Photos illustrant la diversité des points de prélèvement des EU domestiques : rural (a), pavillonnaire (b), maison individuelle et quartier potentiellement aisé (c), habitat collectif et quartier populaire (d), centre-ville (e). 43
Figure 36 Localisation des points de prélèvement des eaux usées des zones industrielles. 45

Figure 37 Bassin de collecte des ZI étudiées en 2013 (a), 2014 (b) et 2015 (c). 46
Figure 38 Illustration d'une zone de collecte. 46
Figure 39 Vue aérienne du Groupe Hospitalier Pellegrin du CHU de Bordeaux et localisation des différents services et bâtiments de soin (USN : Unité de Soins Normalisés, UDH : zone blanche, IMS : école des infirmiers). 48
Figure 40 Répartition des hospitalisations sur les différents services du site Pellegrin du CHU. 51
Figure 41 Répartition des consultations sur les différents services du site Pellegrin du CHU. 51
Figure 42 Schéma du réseau d'assainissement du site de Pellegrin du CHU de Bordeaux. 52
Figure 43 Réseau d'assainissement simplifié du CHU Bordeaux Pellegrin et points de prélèvement. 53
Figure 44 Représentation schématique des différents prélèvements sur la source hospitalière. 54
Figure 45 Localisation des points de prélèvement sur le groupe hospitalier Pellegrin du CHU et des points de prélèvement le long du continuum jusqu'à l'entrée de la STEU de Louis Fargue. 54
Figure 46 Localisation des 6 stations de traitement des eaux usées de Bordeaux métropole et visualisation du réseau d'assainissement. 56
Figure 47 Bassins de collecte de chacune des 6 STEU de Bordeaux métropole : en jaune celui de la STEU de Cantinolle, en vert celui de la STEU de Lille-Blanquefort, en bleu rive gauche celui de la STEU de Louis Fargue, en rose celui de la STEU de Clos de Hilde, en grand bleu rive droite celui de la STEU de Sabarèges et en bleu petit rive droite celui de la STEU d'Ambès. 57
Figure 48 Synoptique de fonctionnement de la STEU de Cantinolle et visualisation des points de prélèvement (triangles pour l'eau et ronds pour les boues). 59
Figure 49 Synoptiques de fonctionnement de la STEU de Louis Fargue et visualisation des points de prélèvement (triangles pour l'eau (a), et ronds pour les boues (b)). 60
Figure 50 Synoptique de fonctionnement de la STEU de Lille-Blanquefort et visualisation des points de prélèvement (triangles pour l'eau et ronds pour les boues). 61
Figure 51 Prélèvements d'eau dans le milieu naturel sur 24h à l'aide de préleveurs automatiques (a), dans une unique bombonne en verre (b) puis homogénéisation à l'aide d'une perceuse (c) et répartition dans les flacons des différents laboratoires d'analyses (d). 63
Figure 52 Prélèvement d'eau manuel dans le milieu naturel à l'aide d'un seau en inox (a) puis répartition dans les flacons des différents laboratoires d'analyses (b). 63
Figure 53 Identification du point de prélèvement en entrée du bassin d'infiltration de Germignan. 71
Figure 54 Instrumentation du bassin d'infiltration du Bois de Germignan. 72
Figure 55 Ouvrages piézométriques autour du bassin du Bois de Germignan. Source : Infoterre – dossiers du sous-sol 72
Figure 56 Installation du débitmètre au point de mesure amont du bassin de dépollution. 73
Figure 57 Installation du débitmètre au point de mesure aval du bassin de dépollution. 73
Figure 58 Schéma d'instrumentation du bassin de dépollution de la RD 1215. 74
Figure 59 Prélèvement d'eau en amont de la noue à l'aide d'une bombonne en verre et d'un système de collecte en inox. 74
Figure 60 Installation des équipements de mesure de débit au point de mesure aval des noues de Vert-Castel. 74
Figure 61 Schéma d'instrumentation des noues du parc d'activité Vert- Castel. 75
Figure 62 Installation des débitmètres aux points de mesure amont (a) et aval (b) de la noue du Clos Lacaussade. 75
Figure 63 Schéma d'instrumentation de la noue du Clos Lacaussade. 75
Figure 64 Installation des débitmètres aux points de mesure amont (a) et aval (b) de la SAUL avenue de la Boétie. 76
Figure 65 Schéma d'instrumentation de la SAUL avenue de la Boétie. 76
Figure 66 Photos illustrant les 2 façons d'installer un préleveur automatique pour réaliser les prélèvements d'eaux usées. 1er cas : quand le point de prélèvement est sur la chaussée par exemple utilisation d'un plateau de soutien (a) et préleveur caché dans le regard (b) ou 2ème cas : préleveur laissé à l'extérieur avec une zone de balisage (c) 77
Figure 67 Photos illustrant la répartition d'un échantillon d'eau usée entre les flacons des différents laboratoires d'analyses. L'échantillon est homogénéisé pendant toute la durée de la répartition à l'aide d'un agitateur magnétique et d'un barreau aimanté (a) ou à l'aide d'une pâle métallique fixée à une perceuse/visseuse actionnée manuellement (b) 77
Figure 68 Photos illustrant un prélèvement de boues liquides. 83
Figure 69 Photos illustrant un prélèvement de boue solide. 84
Figure 70 Schéma expliquant la constitution d'un échantillon de boues homogène avec la méthode des quarts. 84
Figure 71 Sillon creusé par l'écoulement des eaux. 85

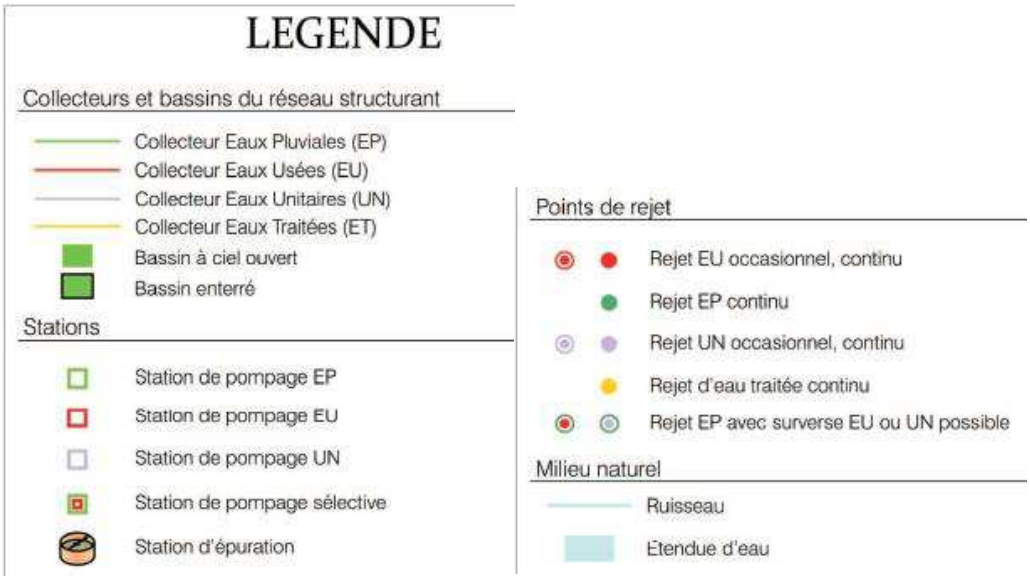
Figure 72 Tarière utilisée pour les sondages et les prélèvements de sol. 85
Figure 73 Manche en bois permettant de signaler les sondages. 85
Figure 74 Positionnement des sondages et des points de prélèvement, vue de dessus. 85
Figure 75 Les différents horizons visibles dans les 4 points de sondage. 86
Figure 76 Carottier utilisé pour les prélèvements de dépôts sédimentaires. 88
Figure 77 Les différents embouts du carottier : en haut, l'embout pour sédiments durs ; à droite, l'embout pour sédiments vaseux ; en bas à gauche, le joint sur lequel on fixe la tige en métal qui sert de piston. 88
Figure 78 Localisation des points de prélèvement de plantes. 89
Figure 79 Prélèvements de plantes : a) roseaux entiers avant découpage, b) feuilles découpées, c) tiges découpées, d) quartage des parties racinaires. 89
Figure 80 Exposition des POCIS : un POCIS (a), fixation du POCIS sur le support (b), positionnement du support dans la cage de protection (c), exposition en milieu naturel (d), exposition dans le réseau d'assainissement (e). 90
Figure 81 Exposition des Corbicula fluminea : disposition des organismes dans la cage (a), fermeture de la cage (b), la cage avec son leste (c), exposition dans le milieu naturel (d). 91
Figure 82 Périodes d'encagement des bivalves filtreurs dans la Jalle de Blanquefort le long d'un linéaire « amont – aval ». Les périodes encadrées en rouge et bleu correspondent respectivement à 30j et 90j de transplantation. 91
Figure 83 Collecteur de l'exutoire pluvial LAC001. 107
Figure 84 Collecteurs des exutoires pluviaux JHA002 et JTA007. 108
Figure 85 Collecteur de l'exutoire pluvial JAC001. 108
Figure 86 Collecteur de l'exutoire pluvial JSA001. 109
Figure 87 Collecteurs des exutoires pluviaux GUA030 et GUA010. 110
Figure 88 Collecteurs des exutoires pluviaux EBO008, MIN001 et FRA002. 111

Table des tableaux

Tableau 1 : Nombre de sites de prélèvement, de campagnes et d'échantillons. 5
Tableau 2 : Modalités de prélèvement des échantillons d'eau. 6
Tableau 3 Nombre de molécules par classe recherchées dans les différentes sources et milieux étudiés, et nature de la matrice dans lesquelles elles sont recherchées (pour la phase particulaire cela dépendra de la quantité de particules et des développements analytiques).* 7
Tableau 4 Code, description et référencement des points d'échantillonnage dans le milieu naturel. .. 23
Tableau 5 Noms et caractéristiques des exutoires pluviaux et de leur bassin versant. 27
Tableau 6 Caractéristiques des points de prélèvement des eaux pluviales en zones urbaines. 34
Tableau 7 Caractéristiques des points de prélèvements des eaux usées domestiques. 44
Tableau 8 Caractéristiques des points de prélèvements des zones industrielles. 47
Tableau 9 Fonctions des différents services / bâtiments du site Pellegrin du CHU de Bordeaux. 49
Tableau 10 Débits de 8 des points de prélèvements. 53
Tableau 11 Description des points d'échantillonnage du Groupe Hospitalier Pellegrin. 55
Tableau 12 Caractéristiques des STEU de l'agglomération bordelaise (RAD 2016). 58
Tableau 13 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux dans le milieu naturel. 64
Tableau 14 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux pluviales dans les exutoires pluviaux. 66
Tableau 15. Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux pluviales dans le collecteur rocade nord. 69
Tableau 16 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux pluviales dans les zones urbaines. 70
Tableau 17 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux de nappe 72
Tableau 18 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées dans les zones industrielles. 78
Tableau 19 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées domestiques. 79
Tableau 20 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées sur le site Pellegrin du CHU. 80
Tableau 21 Détails sur les campagnes de prélèvement des eaux usées dans les STEU. 81
Tableau 22 Détails sur les campagnes de prélèvement à haute fréquence des eaux pluviales (action « pollutogramme ») dans le collecteur rocade nord 82
Tableau 23 Détails sur les campagnes de prélèvement à haute fréquence des eaux usées du CHU . 83
Tableau 24 Détails sur les campagnes de prélèvement de sol au niveau du bassin d'infiltration du bois de Germignan. 87
Tableau 25 Détails sur les campagnes de prélèvement de plantes au niveau du bassin de dépollution RD1215. 89
Tableau 26 Noms et nombre des micropolluants organiques recherchés pour chaque sources et milieu étudié. 93
Tableau 27 Noms et nombre des micropolluants inorganiques recherchés pour chaque source et milieu étudié. 102
Tableau 28 Synthèse des critères permettant de juger de la conformité réglementaire des rejets de STEU (RAD, 2016). 112
Tableau 29 Rendement d'épuration des STEU de Bordeaux Métropole pour les paramètres règlementaires. 112

Annexes

- **Annexe 1 : Carte des collecteurs correspondant aux exutoires pluviaux étudiés**



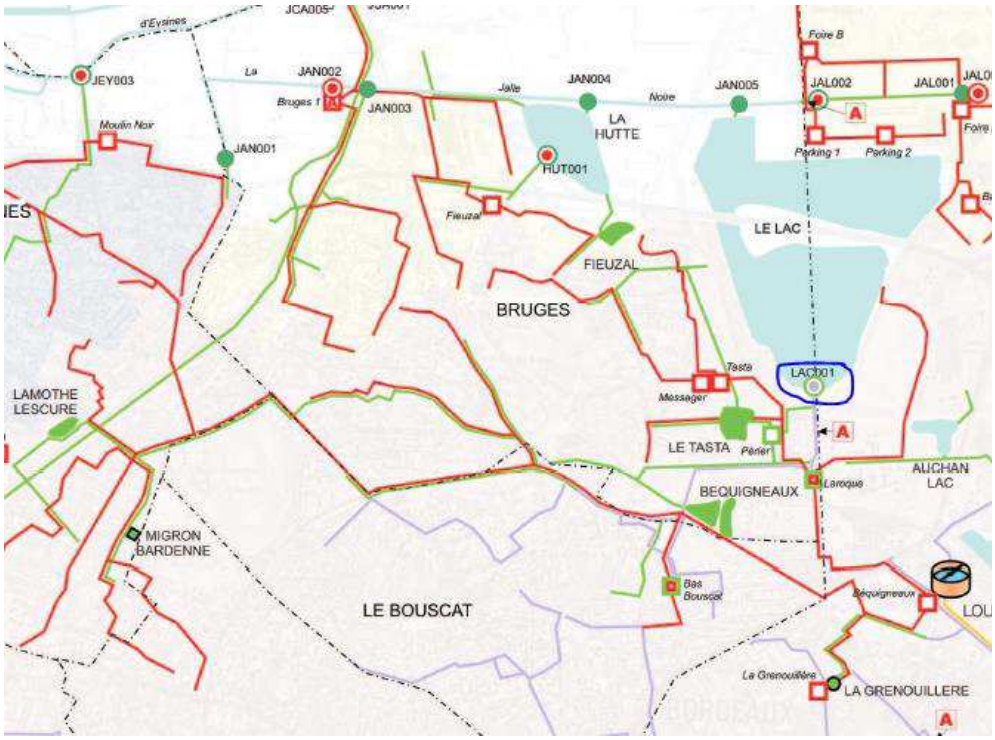


Figure 83 *Collecteur de l'exutoire pluvial LAC001.*

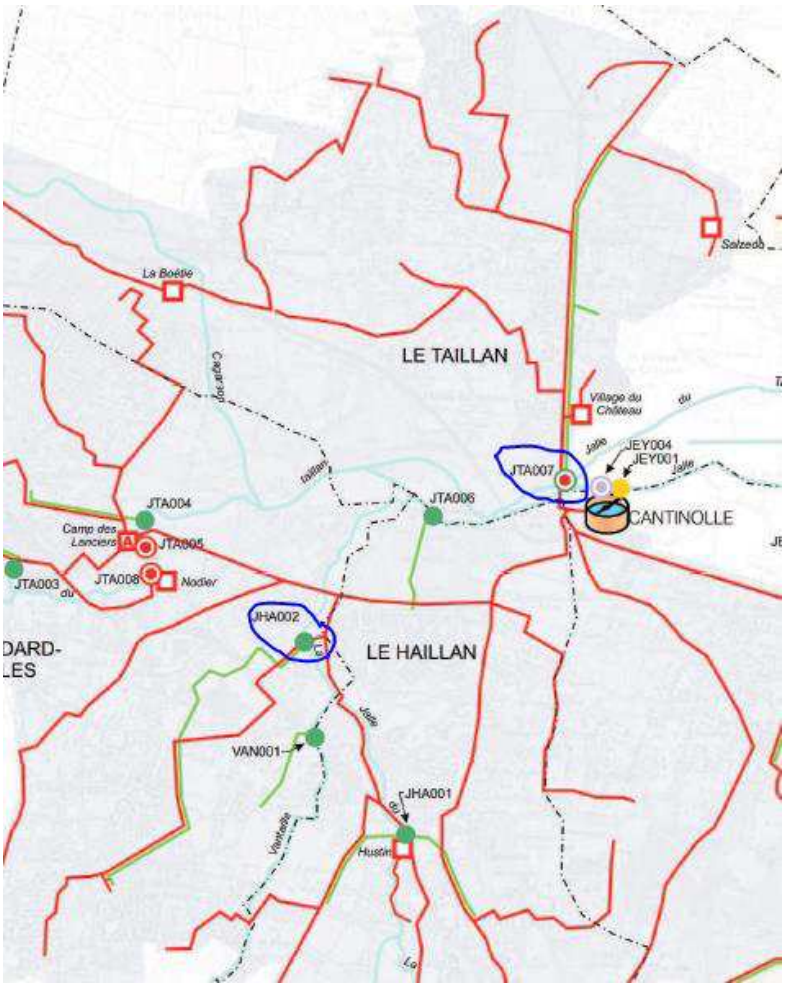


Figure 84 *Collecteurs des exutoires pluviaux JHA002 et JTA007.*

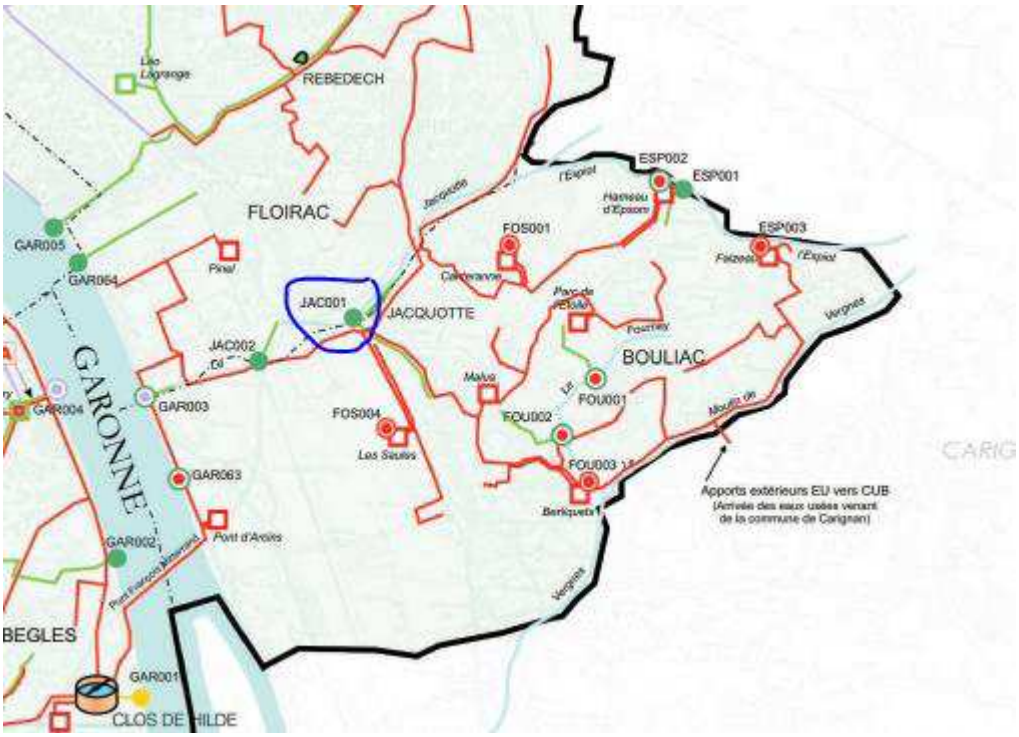


Figure 85 *Collecteur de l'exutoire pluvial JAC001.*

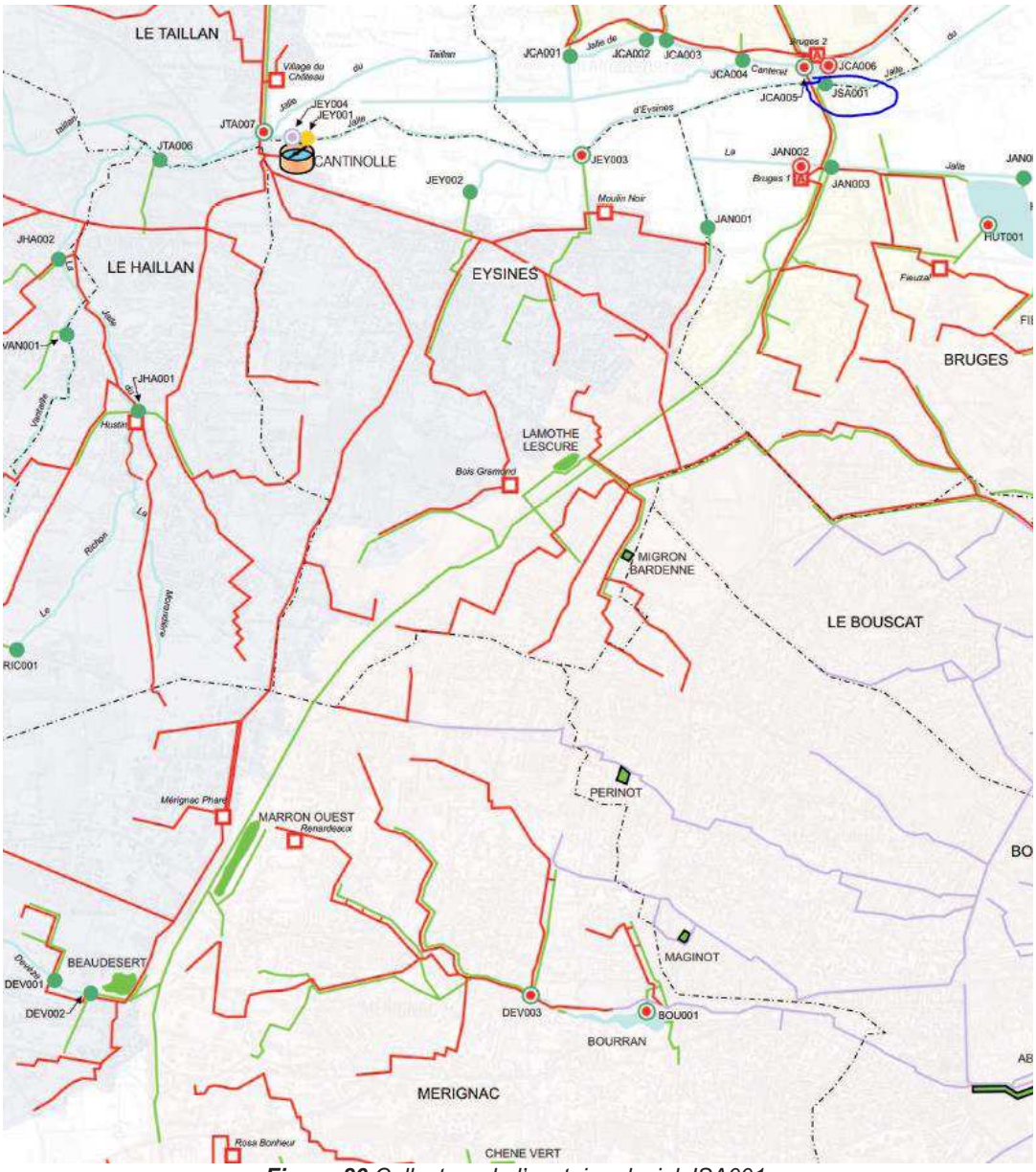


Figure 86 *Collecteur de l'exutoire pluvial JSA001.*

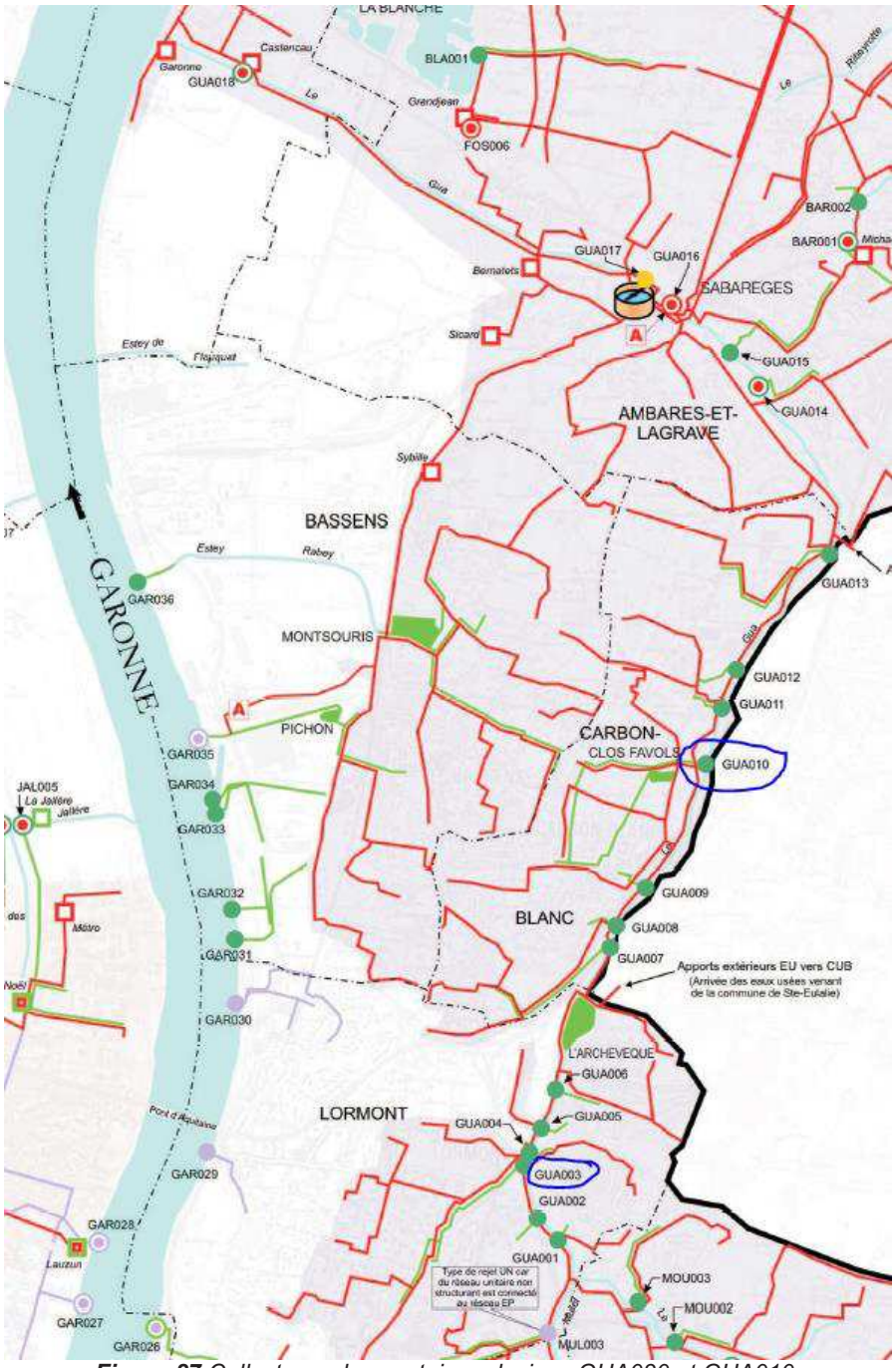


Figure 87 *Collecteurs des exutoires pluviaux GUA030 et GUA010.*

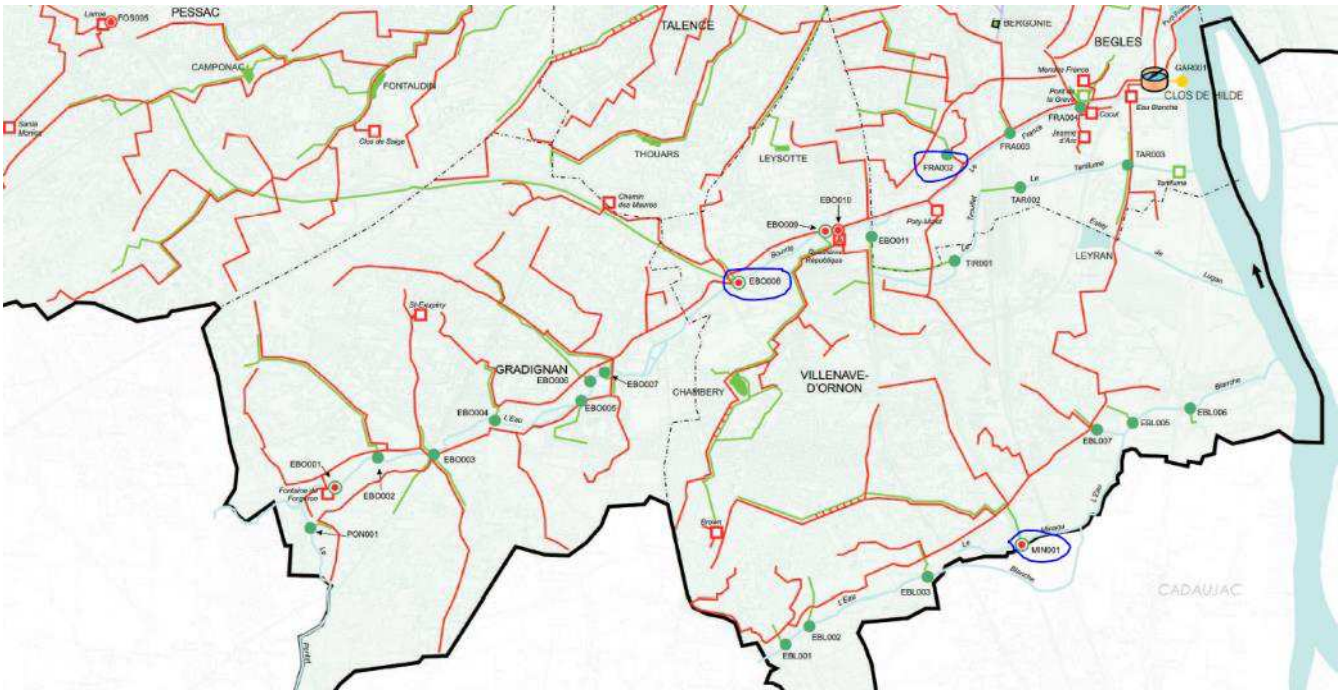


Figure 88 *Collecteurs des exutoires pluviaux EBO008, MIN001 et FRA002.*

- **Annexe 2 : Critères réglementaires et conformité des STEU de Bordeaux métropole**

Tableau 28 *Synthèse des critères permettant de juger de la conformité réglementaire des rejets de STEU (RAD, 2016).*

Synthèse des critères permettant de juger de la conformité réglementaires des rejets des stations d'épuration Suivant l'arrêté du 21 Juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO						
	Louis Fargue	Clos de Hilde	Lille Blanquefort	Sabarèges	Cantinolle	Ambès CD10
Date arrêté préfectoral	31/05/2010	30/12/2005	06/01/2015	11/09/2006	16/12/2011	30/12/2005
Echéance de l'arrêté préfectoral	2025	2020	2030	2018	2018	2020
Débit de référence (m3/j)	210 000	100 000	12 500	22 500	18 700	750 (jusqu'en juillet 2016) / 1550 (à partir d'août 2016) xxx
Paramètres de rejet	DBO5, DCO, MES	DBO5, DCO, MES	DBO5, DCO, MES, NTK	DBO5, DCO, MES	DBO5, DCO, MES, NTK, NH4	DBO5, DCO, MES
Concentration maximale autorisée (mg/L)	DBO5 = 25 DCO = 125 MES = 35	DBO5 = 25 DCO = 125 MES = 35	DBO5 = 25 DCO = 125 MES = 35 NTK = 10	DBO5 = 25 DCO = 125 MES = 35	DBO5 = 25 DCO = 125 MES = 35 NTK = 10 NH4 = 8	DBO5 = 25 DCO = 125 MES = 35
Rendement minimal à respecter (%) *	DBO5 > 80 DCO > 75 MES > 90	DBO5 > 80 DCO > 75 MES > 90	DBO5 > 80 DCO > 75 MES > 90 NTK > 70	DBO5 > 80 DCO > 75 MES > 90	DBO5 > 80 DCO > 75 MES > 90 NTK > 70 NH4 > 70	DBO5 >70 DCO > 75 MES > 90
Nombre maximal d'échantillons non conformes par an	DBO5 = 25 DCO = 25 MES = 25	DBO5 = 25 DCO = 25 MES = 25	DBO5 = 5 DCO = 9 MES = 9 NTK = **	DBO5 = 9 DCO = 13 MES = 13	DBO5 = 5 DCO = 9 MES = 9 NTK ET NH4 =**	DBO5 = 2 DCO = 2 MES = 2
Concentration rédhibitoire à ne pas dépasser (mg/L)	DBO5 = 50 DCO = 250 MES = 85	DBO5 = 50 DCO = 250 MES = 85	DBO5 = 50 DCO = 250 MES = 85 NTK = 15	DBO5 = 50 DCO = 250 MES = 85	DBO5 = 50 DCO = 250 MES = 85	DBO5 = 50 DCO = 250 MES = 85
Fréquence des mesures en nombre de jours par an	365	365	DBO5 = 52 DCO = 104 MES = 104 NTK =52	DBO5 = 104 DCO = 156 MES = 156	DBO5 = 52 DCO = 104 MES = 104 NTK = 52 NH4= 52	DBO5 = 12 DCO = 12 MES = 12

* : Louis Fargue : Performances de traitement pour le débit supplémentaire par temps de pluie de 66 500 m3/j, rendement DBO5 > 40%, DCO > 45% et MES > 70%

** : pour parametre NTK et NH4 : conformité par respect de concentration ou rendement en moyenne annuelle

xxx : Mise en service de la nouvelle usine en août 2016

Tableau 29 *Rendement d'épuration des STEU de Bordeaux Métropole pour les paramètres règlementaires.*

Rendement stations d'épuration			
	MES	**DCO**	**DBO5**
Louis Fargue	91%	82%	88%
Clos de Hilde	97%	89%	94%
Sabarèges	96%	90%	94%
Cantinolle	97%	92%	97%
Lille	99%	96%	99%
Ambès CD10	93%	89%	94%
Minimum	**91%**	**82%**	**88%**
Maximum	**99%**	**96%**	**99%**
Moyenne	**95%**	**90%**	**94%**

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.2 DESCRIPTION DES SOURCES ET IDENTIFICATION DES LEVIERS D'ACTION

Livrable 12 :
Rapport présentant l'approche multi-sources sur une territoire donné, les résultats de l'analyse par source et les leviers d'action par source

Livrable de synthèse de l'ensemble des 6 livrables de la tache 1.2

Version finale
Septembre 2018

Auteurs : S. Gombert-Courvoisier, J. Barrault, C. Domenc, G. Carrere, B. Barillon, N. Pouly, SJ. Krieger, ML. Félonneau, D. Salles, M. Puybonnieux

Résumé

Partie 1 : Description des sources et identification des leviers d'action

1. Introduction

L'évolution des modes de production et de consommation a entrainé la mise sur le marché et l'utilisation de nombreux produits contenant des substances toujours plus diverses. Ces dernières se retrouvent en partie libérées dans les différents compartiments environnementaux (air, eau, sol). L'écosystème aquatique est fortement soumis aux rejets de ces substances et les organismes aquatiques particulièrement sensibles sont impactés par ces pollutions. Afin d'atteindre les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) sur la préservation et la restauration de la qualité des milieux aquatiques, de nombreuses études sont mises en place afin de détecter et de quantifier les composés présents dans l'environnement aquatique, et d'identifier leurs sources.

La lutte contre les micropolluants en milieu urbain représente de ce fait un enjeu environnemental et sociétal complexe. Dans le projet REGARD (REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole borDelaise), cet enjeu est abordé de manière multiple, croisant ainsi les enjeux techniques et scientifiques, économiques et industriels, politiques et règlementaires. En effet, en milieu urbain, les sources de micropolluants dans les écosystèmes aquatiques sont nombreuses. Dans cette tâche 1.2 du projet, relative à la description des différentes sources et à l'identification des leviers d'action, il a par conséquent été choisi d'analyser 5 types de sources : la source *domestique*, la source *pluviale*, la source *collectivités*, la source *industrielle* et la source *hospitalière*. L'objectif étant de caractériser les différentes sources urbaines sur la métropole bordelaise, afin de préconiser par source, des leviers d'actions de réduction des micropolluants.

Les parties suivantes visent à présenter les résultats synthétiques de chacune des sources étudiées. Pour plus de détails concernant chacune de ces parties, il est recommandé de se référer aux livrables et la synthèse opérationnelle associée.

2. La source « domestique »

L'étude de la source domestique vise à identifier les micropolluants issus de cette source afin de réduire leurs impacts sur les systèmes aquatiques et la santé. 4 objectifs principaux ont été fixés : (1) mieux connaître les représentations des populations à l'égard des micropolluants, (2) identifier les comportements domestiques pouvant contribuer au rejet de ces molécules, (3) faire émerger des leviers d'action et (4) informer et sensibiliser les usagers. Pour ce faire, les investigations ont été menés à l'aide de 2 outils : un Living Lab au plus près des citoyens (250 participants) et une enquête populationnelle menée à plus grande échelle par questionnaire en ligne (1 081 réponses exploitables) dont les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

On observe tout d'abord une certaine méconnaissance du petit cycle de l'eau. De ce fait, les répondants voient peu de lien entre leurs pratiques domestiques et la pollution des milieux aquatiques. Les usagers n'ont également pas conscience de la source où est puisée l'eau. Cette ignorance de toute la « machinerie » qui préside à la consommation et au rejet de l'eau potable entretient la conception de l'eau comme invulnérable. Il s'avère de ce fait nécessaire de renforcer les actions pédagogiques pour amener les citoyens à accroitre leurs connaissances par rapport aux ressources en eau potable ainsi que la conscience de leur contribution d'apports de micropolluants.

D'autre part, les personnes interrogées attribuent la pollution des milieux aquatiques principalement aux activités agricoles et industrielles, puis à la source hospitalière, et enfin à la source domestique. Néanmoins cette dernière source est admise, contribuant à accroitre la réceptivité des citoyens face à des propositions d'action pour réduire les émissions. Outres les activités émettrices, les répondants pointent aussi du doigt la responsabilité des élus quant à la pollution des milieux aquatiques.

En ce qui concerne la présence des micropolluants dans les produits domestiques, les personnes répondent que les polluants sont présents « partout » avec une prépondérance pour les produits

d'entretien, d'hygiène et les médicaments. Plusieurs résultats peuvent être mentionnés concernant les effets connus ou imaginés de l'usage de ces produits sur les milieux aquatiques. Les participants estiment que les risques issus de l'usage des produits de douche et d'entretien du linge sont modérés pour les milieux aquatiques et que ces produits sont bien éliminés par les STEU. Peu de lien est perçu entre le fait d'administrer de l'antipuce à son animal domestique et l'impact sur les milieux aquatiques. Pour les insecticides, la réalité est connue par les répondants, les efforts doivent donc porter sur les manières de s'en passer ou d'en réduire les usages. Enfin, pour une large majorité des répondants, les médicaments sont perçus comme très dégradants pour les milieux aquatiques, une reconnaissance qui devrait faciliter la mise en place de comportements basés sur une réduction avisée de certains traitements. Plus globalement, les conséquences environnementales (très probables) et sanitaires (moins probables selon les répondants) sont considérés comme très graves contrairement aux conséquences économiques.

3. La source « pluviale »

L'étude de la source pluviale vise à répondre à plusieurs questionnements. Il s'agit d'identifier et de comprendre les différentes origines des micropolluants dues aux rejets par temps de pluie dans les systèmes aquatiques, afin d'être en mesure de proposer des solutions de réduction ou de traitement. Les micropolluants présents dans les réseaux unitaires ou séparatifs ont en effet plusieurs origines. Dans cette étude, seules les sources liées aux eaux de ruissellement et à l'érosion des structures urbaines, pour lesquelles des actions de réduction à la source sont envisageables, ont été considérées.

Une revue bibliographique a permis d'identifier plusieurs sources de micropolluants : (1) les toitures (matériaux composants, peintures, produits d'entretien, HAP et pesticides issus des retombées atmosphériques), (2) les voiries (bitume et mobilier urbain, véhicules, usages des voiries), (3) les façades (métaux, ciments, bois, peintures, plastiques/PVC), (4) l'entretien des espaces verts, cimetières et des terrains de sport (produits phytosanitaires), (5) l'entretien des chemins de fer (HAP, métaux). Des interviews et des enquêtes (observations) terrain ont également été réalisées pour identifier les origines des micropolluants sur le territoire de la métropole bordelaise. Les origines apparaissent diverses et variées : artisans, commerçants, industriels, particuliers, cimetières, terrains de sport.

4. La source « collectivités »

L'étude de la source collectivités, vise à présenter les résultats d'investigations menées concernant l'étude de la prise en compte des micropolluants au sein des services publics territoriaux. L'état des lieux des services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants a permis d'identifier 10 thématiques susceptibles d'être concernées par cette problématique. Il s'agit : (1) de l'assainissement, (2) de l'eau potable, (3) des déchets/propreté, (4) de la voirie, (5) des cimetières, (6) des terrains de sport, (7) des espaces verts, (8) des moyens généraux, (9) de l'hygiène/santé/environnement, et enfin (10) des déplacements. Pour chacune de ces 10 thématiques, les principales activités potentiellement émettrices de micropolluants tant au niveau des eaux usées que des eaux pluviales ont été également identifiées.

Plusieurs entretiens réalisés en 2016 au sein des différents services de Bordeaux Métropole mais aussi au sein des communes du territoire métropolitain ont permis de recueillir : le degré de connaissances et le niveau de prise en compte de la problématique des micropolluants, l'identification des actions de réduction déjà en place et la discussion sur les leviers d'actions supplémentaires ainsi que les freins pour réduire les émissions de micropolluants à la source. Ces entretiens révèlent que le terme « micropolluants » n'est pas connu de la majorité des personnes interrogées. Ils sont très souvent assimilés aux produits phytosanitaires. En 2017, des investigations complémentaires ont été réalisées avec une approche psychosociale sur la thématique des pesticides.

Concernant les émissions dans les eaux usées, les principales émissions de micropolluants peuvent être rassemblées en 3 groupes : (1) Produits/effluents de nettoyage (tous services), (2) Produits de traitement et effluents (services eau, assainissement et déchets), et enfin (3) Rodenticides (services assainissement et hygiène). Elles proviennent essentiellement des activités de nettoyage et d'entretien des véhicules, locaux et bâtiments. Ces nettoyages peuvent entrainer des émissions de micropolluants par les produits lavant utilisés, les souillures lavées, et la désagrégation/entrainement de matériaux lavés. Des produits liés à des activités plus spécifiques (dans les stations d'épuration ou les stations d'eau potable) sont également susceptibles d'émettre des micropolluants dans les eaux usées.

Les émissions dans les eaux pluviales concernent principalement la famille des pesticides. D'après les investigations menées, il s'avère que l'utilisation des pesticides est commune à 6 services métropolitains et communaux : (1) l'assainissement, (2) l'eau, (3) les espaces verts, (4) les cimetières, (5) les terrains et sport et (6) les voiries. Les pesticides majoritairement rencontrés sont le Glyphosate, le Flazasulfuron et le Triclopyr.

En matière d'usages de pesticides dans les espaces publics, il est important de savoir que la loi Labbé interdit depuis le 1er janvier 2017 l'utilisation de produits phytosanitaires par l'Etat, les collectivités locales et les établissements publics pour l'entretien des espaces verts, de promenade, les forêts et les voiries. La commercialisation et la détention de produits phytosanitaires à usage non professionnels seront également interdites à partir du 1er janvier 2019. Cependant, il existe des exceptions, c'est le cas notamment pour l'entretien des voiries dans les zones étroites ou difficiles d'accès ou pour des raisons de sécurité. Il y a aussi le cas particulier des terrains de sport et des cimetières qui ne sont aujourd'hui pas considérés comme des lieux de promenade avérés. Sur le territoire de la métropole bordelaise, un programme est déjà en place, il s'agit de la démarche « Ma Métropole Sans Pesticides » lancée depuis plusieurs années et qui vise à répondre aux obligations règlementaires et à permettre l'amélioration globale du cadre de vie en intégrant la santé et l'environnement tout en veillant à préserver les usages. Grâce à cette démarche, d'autres problématiques d'émission de micropolluants dans les eaux pluviales ont pu être identifiés : (1) l'embaumement des corps des défunts, (2) les produits anti-mousses utilisé au niveau des terrains de tennis, (3) la signalisation (peintures de marquage) et (4) le traçage des terrains sportifs.

5. La source « industrielle »

L'étude de la source industrielle, vise à répondre à plusieurs questionnements. Il s'agit d'identifier et de comprendre les différentes origines des micropolluants dans les rejets de type industriel afin d'être en mesure de proposer des solutions de réduction ou de traitement.

Au niveau national, le référentiel RSDE pour Recherche et réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau a permis d'identifier les rejets de plus de 2 500 installations industrielles potentiellement émettrices d'une centaine de substances. L'analyse détaillée de ces résultats avait pour objectif d'identifier les substances principales rejetées par chaque secteur industriel, et un bilan des substances prioritaires dangereuse a été effectué. Pour chacune des substances sont indiqués : (1) le nombre de secteurs d'activités concernés par ces substances dans leurs effluents, (2) les 3 secteurs d'activités présentant les rejets les plus importants en termes de flux et de pourcentage associé, et enfin, (3) les 3 secteurs d'activités présentant les plus importants rejets en termes d'occurrence et de pourcentage associé.

Au niveau régional (Aquitaine), l'action RSDE menée a permis de dresser le bilan des substances quantifiées sur la base de 142 sites industriels. En comparaison avec les substances les plus fréquemment quantifiées dans les rejets des sites industriels au niveau national, 4 différences majeures ont été observées :

- Le zinc, le monodibutylétain et le mercure ont des pourcentages plus élevés en Aquitaine qu'au niveau national ;
- Le chloroforme possède un pourcentage moins élevé en Aquitaine qu'au niveau national ;
- Le 4-ter butylphenol, le trichloréthylène et le chlorure de méthylène sont absents de la liste en Aquitaine ;
- Le diuron est présente en Aquitaine mais absent de la liste nationale.

Pour la source industrielle, le choix d'une solution pour la réduction des émissions de substances doit être basé sur la prise en compte de différents critères : nature de la ou des substances visées par les objectifs de réduction, importance des émissions en termes de flux, raccordement ou non de l'entreprise au réseau collectif, taille de l'entreprise, espace disponible sur site.

6. La source « hospitalière »

La question initiale était de savoir : *quels sont les ressorts du processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides ?* Pour y répondre, 4 outils méthodologiques ont été choisis : (1) une analyse documentaire pour étudier les différents règlements et textes de loi, (2) une analyse lexicologique ayant pour objectif d'étudier les journaux internes du CHU de Bordeaux afin de mettre en lumière les évolutions et positions

actuelles du CHU, (3) une observation menée au sein des laboratoires d'analyses pour étudier les filières de déchets et les différentes dispositifs de retenue des effluents, et enfin, (4) 42 entretiens semi-directifs auprès des différents services, des instances et organisation en charge de la gestion du CHU, des acteurs institutionnels et des associatifs parties prenantes de la problématique environnementale liés aux résidus médicamenteux et biocides.

Il a ainsi été mis en évidence des processus d'écologisation très hétérogènes au sein des différents services du CHU. Au sein de la pharmacie, le processus d'écologisation est *contraint*. Les pharmaciens et les préparateurs ont pour la majorité conscience du problème environnemental lié à la contamination des eaux par les médicaments. Cependant le processus d'écologisation semble soumis à 2 contraintes majeures : (1) la priorisation de la santé sur le risque environnemental et (2) les enjeux de santé publics auxquels se doit de répondre l'hôpital. Pour les médecins et infirmiers, le processus d'écologisation est *restreint*. La priorisation du domaine de la santé sur l'environnement parait être la contrainte majeure. L'usage des médicaments se caractérise alors par une hétérogénéité des pratiques avec deux approches : l'approche protocolisée qui applique les protocoles médicaux (une forme de systématisation de l'usage du médicament), et l'approche réflexive qui s'adapte à la singularité de la patientèle (une possibilité de diminuer voire supprimer la prescription de certains médicaments). Au sein des services d'hygiène, le processus d'écologisation est *partiel*. Il se fonde sur la distinction entre hygiène hôtelière (dédiée aux zones à faibles risques sanitaires) et hygiène hospitalière (dédiée aux zones à plus forts risques sanitaires). Au sein des laboratoires d'analyses, le processus d'écologisation des pratiques s'illustre à travers l'utilisation d'un *treffler*, un dispositif technique permettant de traiter les effluents par javellisation et ozonation. Enfin, pour le service plaies et cicatrices, une technique de soins par le miel appelée « *apithérapie* » a été mise en place en 2010. C'est une mesure avantageuse économiquement et bénéfique pour l'environnement intervenant dans le cadre de plaies chroniques.

Par ailleurs, il apparait qu'avec l'amélioration des techniques médicales et le développement des soins ambulatoires, les usagers peuvent désormais se soigner à domicile. Ce parcours de soins s'accompagne d'une nouvelle forme de responsabilité hospitalière : la gestion extra-muros, qui fait émerger une nouvelle responsabilité environnementale vis-à-vis du devenir des produits hospitaliers utilisés à domicile. Un enjeu d'autant plus important à prendre en compte qu'à ce jour le cas des rejets médicamenteux ne fait l'objet d'aucune réglementation.

Au final, il est important de retenir 4 points majeurs dans cette étude :

- Le CHU de Bordeaux évolue vers une gestion hospitalière extra-muros, ce qui entraine l'émergence d'une nouvelle forme de responsabilité environnementale.
- La priorisation de la santé sur l'environnement reste la contrainte majeure au processus d'écologisation des pratiques hospitalières.
- Le risque de santé au travail et les enjeux économiques sont deux portes d'entrée pour aborder la question de la contamination des milieux aquatiques.
- La prise de conscience du problème de contamination de l'eau par les médicaments et les biocides est très hétérogène au sein de la communauté hospitalière.

7. Les leviers d'action identifiés par source

Tous les leviers d'actions proposés pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques semblent pertinents et cela malgré les contreparties en termes de coûts (financier et comportemental). Un travail de co-construction pour trouver des solutions apparait comme un moyen pertinent et efficace pour une meilleure appropriation des propositions a priori plus coûteuses pour les individus. De plus, le fait d'aborder les enjeux locaux de la pollution aquatique sur un territoire connu et proche est un moyen permettant d'amener les citoyens à agir. Il est important de noter qu'un soutien important de la part des structures associatives et des pouvoirs publics serait sans nul doute un levier d'action efficace et permettrait notamment de clarifier le rôle des élus.

Plusieurs leviers d'actions ont de ce fait été préconisés pour les différentes sources et figurent dans le Tableau 1. Ils sont soit préventifs à travers une réduction des émissions à la source, soit curatifs pour certains déversements très polluants. Les actions peuvent être proposées à court, moyen ou long terme.

Tableau 1 : Les principaux leviers d'actions identifiés au sein de chaque source.

Type de source	**Domestique**	**Pluviale**	**Collectivités**	**Industrielle**	**Hospitalière**
Leviers d'action identifiés	La personnalisation et la relocalisation de la question de la pollution des milieux aquatiques. La reconnexion à l'environnement par l'intermédiaire d'activités en lien avec la nature. Le remplacement des produits domestiques « polluants » par d'autres « plus sains ». La formation des citoyens. L'information et la sensibilisation des citoyens concernant les « mauvais » rejets de substances.	**CURATIFS** • Pour les *toitures* : Matériaux non métalliques + remplacement toitures anciennes Nettoyage manuel Optimisation de la dose d'anti-mousse Traitement avec produits bio Récupération des eaux de rinçage • Pour les *voiries* : Traitement à la source des eaux de ruissellement Remplacements matériaux des glissières de sécurité Utilisation de peinture anti-urine • Pour les *façades* : Décapage à la brosse métallique Décapage à l'amidon de blé Décapage au laser Utilisation de peintures naturelles • Pour la *gestion des espaces publics* : Sensibilisation/communication auprès des usagers/riverains Gestion différenciée des espaces Interdiction des herbicides dangereux Utilisation de produits bio **PREVENTIFS** • Pour le *réseau pluvial* : Traitement innovant des micropolluants	**Pour les EAUX USEES (EU) :** La systématisation de l'usage des produits éco-labellisés. Le remplacement de la dératisation chimique par des techniques mécaniques. L'intégration du critère micropolluants dans les matériaux utilisés. La caractérisation du potentiel d'apport de micropolluants pour les produits utilisés en grande quantité. L'optimisation de la gestion (stockage, rejets, …). La systématisation de la mise en place de prétraitement des effluents. La sensibilisation des acteurs. L'établissement d'un catalogue de clauses spécifiques sur la problématique des micropolluants. L'amélioration du suivi des prestations exécutées. **Pour les EAUX PLUVIALES (EP) :** La mise en œuvre de nouvelles pratiques de conception de l'espace public et de nouveaux modes de gestion. La généralisation du désherbage mécanique ou manuel. La communication auprès des usagers et l'implication des citoyens dans une démarche d'amélioration du cadre de vie. L'intégration de la gestion des terrains de sport en matériaux inertes dans la démarche zéro phyto. La rédaction d'un arrêté type municipal relatif à la gestion des trottoirs par les riverains. La clarification des incertitudes de la loi Labbé sur la gestion des terrains de sport et des cimetières.	L'interdiction ou l'absence de production de certaines substances en France. L'interdiction dans certains usages. La substitution. L'optimisation des procédés et du recyclage. Le traitement. Autres : taxations, communication, étiquetage…etc.	**A court terme :** La visibilité des risques liés aux résidus médicamenteux et biocides et le développement de la prise de conscience des problèmes santé-environnement par les acteurs hospitaliers. La restitution des résultats des programmes de recherche actuels et antérieurs menés sur le CHU. La réalisation d'une vidéo-scribing pour une communication en interne. La proposition d'un module d'enseignement en santé-environnement. La réalisation de séminaires d'échanges entre les hôpitaux menant des actions de gestion à la source et d'une concertation sur les problèmes environnementaux liés aux activités de soins. L'introduction en communication interne de la question de l'impact environnemental des activités de soins. L'orientation de la ligne éditoriale des journaux internes du CHU autour des problèmes de santé-environnement. **A moyen terme :** La mise en place des dispositifs de gestion à la source des résidus médicamenteux. La mise en place d'une filière de gestion des déchets issus des médicaments et des déchets liquides. La mise en place d'un système de récupération des selles et des urines. **A long terme :** La mise en place d'une gestion extra-muros des activités de soins. La mise en place d'un niveau de gestion intermédiaire entre l'hôpital et le domicile des patients. L'accompagnement d'une réflexion du personnel sur le rôle social des soignants. La réalisation de séminaires.

Partie 2 : Identification de leviers d'action par type de pratiques

Les risques relatifs aux micropolluants présents dans les milieux aquatiques sont difficiles à percevoir du fait : (1) de leur imperceptibilité, de la dépendance de la science pour les mesurer et de l'absence de seuils règlementaires pour beaucoup d'entre eux, 2) de leurs effets difficilement prédictibles et de la difficulté de faire le lien entre les impacts sur les espèces du milieux aquatiques et les impacts sur la santé humaine, (3) du non-choix quant à notre exposition à ces composés présents dans le milieu aquatique.

Alors que pour les experts, la notion de risque est clairement établie, pour les non-experts à l'inverse, le risque n'est pas un risque en soi mais le devient dès lors où il est représenté comme tel. Ainsi, la mise en risque résulte d'un changement dans les représentations de la majorité des consciences d'une population donnée, entrainé par tout un système formé de multiples changements de représentations des acteurs scientifiques, médiatiques, militants et politiques.

De ce fait, les questions des risques dus à la contamination des milieux aquatiques par les micropolluants, liés à la caractérisation des substances, de leurs sources et de leurs impacts, renvoient nécessairement à une multiplicité d'approches. Dans le projet REGARD, un grand nombre de disciplines, telles que : la chimie, l'écotoxicologie, la sociologie, la psychologique sociale, l'écologie humaine ou encore l'économie ont été mises en œuvre et croisées. Chacune de ces disciplines participe à une part de la compréhension de l'objet, mais c'est grâce à une étroite collaboration entre elles qu'une compréhension plus globale du système et de sa complexité est possible.

Concernant la réflexion sur les sources, cinq sources ont été abordées dans la tâche 1.2 du projet REGARD (Cf. Partie 1). Cependant, cette typologie en cinq types de sources pose un problème de délimitation du périmètre de chacune d'entre elles. En effet, à part quelques cas spécifiques, les micropolluants ne semblent pas véritablement caractéristiques d'une source ou d'une autre. Cela nous amène donc à réfléchir non plus par source ni même par type de composé, mais de façon plus globale et plus systémique. Ce sont les usagers et leurs pratiques qui se retrouvent alors au centre d'une analyse intégrée.

Les usagers sont définis comme les acteurs mettant en œuvre les pratiques à l'origine des émissions de micropolluants (les citoyens et les services techniques considérés). Ainsi, les leviers d'action doivent porter sur les produits et/ou matériaux contenant ces substances et les pratiques associées. Ces pratiques, bien que diversifiées, peuvent être regroupées en plusieurs grandes catégories : pratiques relatives à l'hygiène et à la beauté, usage des médicaments, entretien intérieur et extérieur, gestion des nuisibles, usages et traitements industriels ou artisanaux et pratiques associées aux déplacements et aux transports.

Néanmoins, si les usagers se retrouvent au centre de cette analyse, ils ne doivent pas pour autant être les seules cibles des mesures préconisées de réduction. En effet, les leviers d'actions ciblant les usagers doivent être cohérents avec l'ensemble des actions mises en œuvre tout au long du cycle de vie des produits. Les leviers d'action doivent alors porter sur tous les acteurs intervenant dans la chaîne de responsabilités influençant les pratiques (Figure 1). La priorisation des risques vis-à-vis de certaines substances doit donc intégrer le législateur en amont de cette chaîne de responsabilités mais aussi y associer les acteurs du système de production-distribution. Les leviers d'action doivent également cibler l'ensemble des acteurs influençant les pratiques qualifiés d'informateurs-prescripteurs (les scientifiques, les prescripteurs de santé, les médias, les collectivités). Enfin, les leviers d'action doivent aussi concerner les gestionnaires (de réseaux d'eaux usées/eaux pluviales ou de déchets).

Les leviers d'actions peuvent alors être spécifiques des micropolluants en ciblant autant l'achat des produits/matériaux qui contiennent ces substances, que leurs usages et leurs rejets. L'objectif de ces leviers d'action est alors de remplacer les produits/matériaux utilisés ou de changer les pratiques par des changements comportementaux ou structuraux. *In fine*, il est possible de proposer une synthèse des leviers d'action non plus par source mais en fonction de diverses catégories d'action (éduquer et sensibiliser, réglementer, traiter, substituer, réduire et gérer) et de divers acteurs (législateur, producteur-distributeur, gestionnaire, informateur-prescripteur, usager) (Tableau 2).

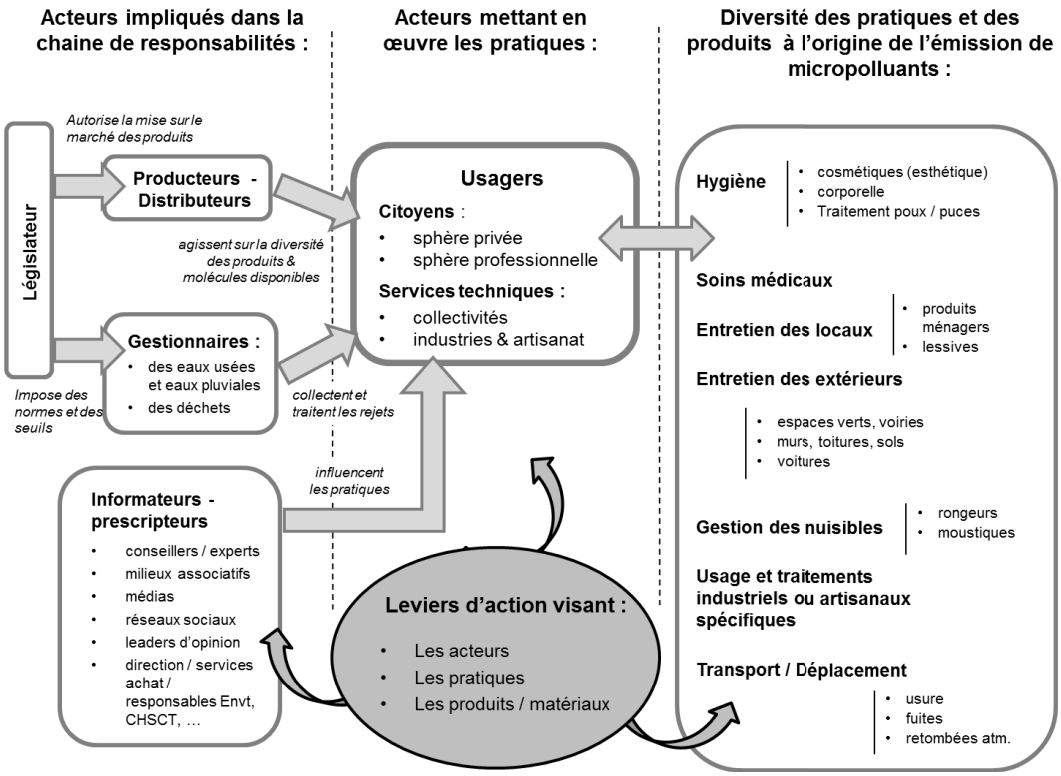


Figure 1 : Analyse systémique de la problématique du rejet des micropolluants.

Tableau 2 : Catégorisation des leviers d'action et identification des acteurs concernés.

Catégorie de leviers d'action	Exemples de leviers d'actions	Acteurs ciblés
Eduquer et sensibiliser	Diffuser aux citoyens de l'information scientifique territorialisée sur la pollution des milieux aquatiques à l'exemple du Book du Living Lab, de la restitution des résultats du programme de recherche RESEAU aux acteurs hospitaliers ou encore des restitutions publiques annuelles « Regard citoyen sur les micropolluants ».	Informateurs-prescripteurs (experts, direction)
	Proposer aux citoyens des activités de nature pour reconnecter les gens à la nature.	Informateurs-prescripteurs (tissu associatif)
	Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie : « Trottoirs vivants », « Famille Eau Défi » …	Informateurs-prescripteurs (experts, direction) Usagers (citoyens, services techniques)
	Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usages courant.	Législateurs, producteurs-distributeurs, informateurs-prescripteurs, experts (chercheurs), gestionnaires.
	Développer la prise de conscience des liens santé-environnement.	Informateurs-prescripteurs (experts, médias)
	Proposer un module d'enseignements en santé-environnement à destination des professionnels de soins et des services techniques des collectivités.	Informateurs-prescripteurs (experts, gestionnaires, usagers (services techniques)
	S'appuyer sur des personnes ou structures référentes ou relais pour informer et mener des actions pour limiter l'impact environnemental des pratiques.	Informateurs-prescripteurs (associations, direction)
Réglementer	Mieux suivre la pollution, renforcer les contrôles et appliquer des pénalités.	Gestionnaires, législateur
	Taxer l'usage de certains produits/substances.	Législateur, producteurs distributeurs, informateurs-prescripteurs (direction, achat)
	Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses, ou interdire leur usage dans certains secteurs d'activité.	Législateur, producteurs-distributeurs
Traiter	Récupérer et traiter les eaux contaminées.	Gestionnaires, producteurs-distributeurs (collecte, traitement des eaux)
	Systématiser les prétraitements.	Usagers (services techniques), informateurs-prescripteurs (direction)
	Traiter les effluents avant rejet.	Usagers (citoyens) informateurs-prescripteurs (direction, experts)
	Optimiser les procédés industriels pour limiter les pertes de matières actives pour tendre vers un objectif de « zéro rejet liquide ».	Usagers (citoyens) informateurs-prescripteurs (direction, experts)
	Mettre en place des dispositifs de gestion à la source des résidus médicamenteux.	Usagers (services techniques), informateurs-prescripteurs (direction)
	Mettre en place un système de récupération des selles et urines.	Usagers (services techniques), informateurs-prescripteurs (direction)
Substituer, réduire et gérer	Substituer les produits par des produits plus sains ou par des actions mécaniques. Réduire les fréquences, les doses ou la diversité des produits pour un même usage.	Usagers (citoyens, services techniques), informateurs-prescripteurs (médias, milieu associatif, direction, achat)
	Intégrer le critère « micropolluants » dans les matériaux utilisés et dans les clauses des marchés publics.	Informateurs-prescripteurs (direction, achat)
	Remplacer les matériaux à l'origine des micropolluants.	Usagers (citoyen, services techniques), informateurs-prescripteurs (direction, achat)

Sommaire

Résumé 3
Sommaire 11
Partie1. Introduction 13
1. Contexte 13
2. L'étude des sources dans le cadre du projet REGARD 13
3. Les méthodes et outils utilisés 14
Partie 2. Synthèse concernant la source domestique 20
1. Bilan méthodologique au regard des objectifs visés 20
2. Pistes d'actions pour réduire les émissions de micropolluants 21
2.1. Le devenir des eaux usées 21
2.2. Les vecteurs de contamination des milieux aquatiques 22
2.3. La présence des micropolluants dans les produits domestiques 24
2.4. Quelles incidences des produits domestiques sur les milieux aquatiques ? 25
2.5. La prise en compte du risque 27
2.6. L'appropriation des leviers d'actions 28
2.7. De la responsabilité au devoir d'agir 30
2.8. La norme pro-environnementale 31
2.9. Les profils de répondants comme variable explicative 32
2.10. Les freins à la prise de conscience de l'impact des micropolluants 33
3. Leviers d'action préconisés 33
Partie 3. Synthèse concernant la source pluviale 35
1. Introduction 35
2. Sources des micropolluants dans les eaux pluviales 35
2.1. Toitures 36
2.2. Voiries 37
2.3. Façades 38
2.4. Entretien des cimetières 38
2.5. Entretien des chemins de fer 38
3. Origine des micropolluants sur le territoire de Bordeaux Métropole 39
3.1. Enquête terrain sur les pratiques liées aux surfaces et structures urbaines 39
3.2. Enquête sur les pratiques du traitement des toitures 40
3.3. Enquête sur les pratiques liées aux espaces verts 41
3.4. Autres agents d'émission 42
4. Leviers d'action de réduction à la source 42
Partie 4. Synthèse concernant la source Collectivités 45
1. Les services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants 45
2. Les activités potentiellement émettrices 46
3. Prise en compte des micropolluants au sein de Bordeaux Métropole et des communes 48
3.1. Politiques achat 49
3.2. Politique de développement durable 49
3.3. Politique de l'eau de Bordeaux Métropole 49
4. Focus sur les émissions dans les eaux usées 50
4.1. Leviers d'actions, freins et moteurs 51
4.2. Produits éco labellisés et autres techniques alternatives 53
5. Focus sur les émissions dans les eaux pluviales 53
5.1. Rappel des obligations réglementaires en matière d'usage de pesticides dans les espaces publics : 54
5.2. Démarche zéro pesticide sur le territoire de Bordeaux Métropole 55
5.3. Leviers d'action, freins et moteurs 56
Partie 5. Synthèse concernant la source industrielle 58

1. Introduction 58
2. Sources des micropolluants dans les eaux industrielles 58
2.1. Substances au niveau national 59
2.2. Substances au niveau régional 63
3. Leviers d'action de réduction à la source 64
Partie 6. Synthèse concernant la source hospitalière 67
1. La contamination de l'eau par les médicaments et les biocides : un risque environnemental émergent 67
1.1. Éléments de contexte 67
1.2. La réglementation des activités hospitalières 67
1.3. Actions mise en place par le CHU de Bordeaux 68
2. Matériels et méthodes 69
3. Mise à l'agenda et processus d'écologisation : les acteurs hospitaliers face à la contamination des effluents 70
3.1. Vers l'émergence d'une nouvelle responsabilité environnementale 70
3.2. Des processus d'écologisation hétérogènes 71
3.3. Des voies d'alternatives : les laboratoires d'analyses et le service plaies et cicatrices 74
4. Conclusions et préconisations 76
Partie 7. Discussion générale 79
1. Le rôle de la science dans la problématique des micropolluants 79
1.1. La science « en amont » des micropolluants 79
1.2. La science « en aval » des micropolluants 79
1.3. La mise en risque des micropolluants 80
2. Apports de l'interdisciplinarité 81
2.1. Pour aborder la complexité 81
2.2. Pour aborder le risque 81
2.3. Interdisciplinarité et SHS 82
2.4. Indicateurs de réussite 83
3. Réflexion sur les sources : la nécessité d'une approche systémique pour proposer des leviers d'action pertinents 83
3.1. Les sources en questions 83
3.2. La nécessité d'une approche systémique 85
3.3. Synthèse sur les leviers d'action 87
Bibliographie 90
Table des figures 93
Table des tableaux 94

Partie1. Introduction

1. Contexte

L'évolution des modes de production et de consommation et la globalisation des échanges a entraîné la mise sur le marché et l'utilisation de nombreux produits contenant une diversité de substances toujours plus importante. Ces substances se retrouvent en partie libérées dans les différents compartiments environnementaux (eau, air, sol) pour y suivre un cycle biogéochimique souvent méconnu et complexe à élucider. L'écosystème aquatique, en tant que réceptacle des eaux usées et pluviales, est fortement soumis aux rejets de ces substances et les organismes aquatiques sont particulièrement sensibles à ces pollutions. Afin de préserver et de restaurer la qualité des eaux superficielles, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000) impose d'arrêter les rejets des substances « dangereuses prioritaires » d'ici 2021, de réduire les rejets des substances « prioritaires » et d'acquérir des connaissances sur les molécules « à surveiller ». Ainsi, de nombreuses études sont mises en place afin de détecter et quantifier les composés présents dans l'environnement aquatique ainsi que de caractériser leurs sources dans le but d'atteindre les objectifs fixés par la DCE.

La lutte contre les micropolluants des eaux urbaines représente donc un enjeu environnemental et sociétal véritablement important et complexe. Dans le projet REGARD (REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole Bordelaise) et plus précisément dans la tâche 1.2. « Description des sources et identification des leviers d'action », cet enjeu est abordé de manière multiple, à la croisée des enjeux techniques et scientifiques, économiques et industriels, politiques et réglementaires. La complexité, quant à elle, est appréhendée en fonction du sens du latin « *complexus* » (tissé ensemble) puisqu'y sont imbriqués de nombreux enjeux, liés à des domaines, acteurs, sciences, représentations, pratiques et connaissances multiples (Barrault et Dumas, 2016).

2. L'étude des sources dans le cadre du projet REGARD

En milieu urbain, les sources de micropolluants dans l'écosystème aquatique sont multiples : dépôt atmosphérique, ruissellement et exutoire des eaux de pluie, rejets des activités domestiques, industrielles, artisanales ou encore hospitalières dans les eaux usées. Une connaissance fine de ces sources doit permettre de déterminer les stratégies les plus pertinentes pour contrôler et réduire ces apports.

Sur le territoire bordelais, si la connaissance de l'état écologique et chimique des masses d'eau s'est améliorée grâce aux projets de recherche menés depuis plusieurs années (ETIAGE, MEDIC'EAU, BIOTRYTIS, Plan Micropolluants Bordeaux Métropole, RESEAU), la contribution des différentes sources à ces apports reste encore insuffisante pour identifier des leviers d'action pour réduire ces émissions de micropolluants. C'est pourquoi la tâche 1.2 du projet REGARD vise à mieux connaître et caractériser les différentes sources urbaines sur la métropole bordelaise grâce à un diagnostic des acteurs et organisations concernés, des représentations sur l'eau et les micropolluants et des pratiques mises en œuvre afin de préconiser, par source, des leviers d'action de réduction de micropolluants dans les eaux urbaines.

Une source peut être définie ici comme une organisation sociale composée d'un certain nombre d'individus, regroupés au sein de leur sphère privée et/ou professionnelle, autour de laquelle gravite un système d'acteurs plus ou moins structuré et complexe et qui est à l'origine de ces contaminations, de par les produits ou procédés qu'elle utilise dans ses activités propres et qui sont rejetés dans les réseaux d'eaux urbaines (eaux usées ou eaux pluviales).

À partir de cette définition, nous avons choisi d'analyser 4 types de sources pouvant émettre des micropolluants dans les eaux usées ou pluviales de la métropole bordelaise :

- **la source « domestique »** (pilote : UMR PASSAGES - ex UMR ADESS)
- **la source « industrielle »** (pilote : CIRSEE)
- **la source « hospitalière »** (pilote : IRSTEA)
- **la source « collectivités »** (pilote : Bordeaux Métropole, Direction de l'Eau)

Nous avons choisi d'y ajouter une 5e source :

- **la source « pluviale »** (pilote : CIRSEE). Cette dernière s'intéresse uniquement aux apports d'origine pluviale, qu'ils soient dus aux matériaux (toitures, voiries, mobilier urbain), ou aux pratiques et produits utilisés (entretien des toitures, façades, voiries, cimetières, chemins de fer), et ce, par différents types d'acteurs (citoyens, entreprises privées, collectivités).

Précisons que les travaux menés sur chaque source ne sont pas de même teneur ni ampleur ; cela peut être justifié au regard de différents éléments. Si le nombre de chercheurs en SHS impliqués dans le projet REGARD est important, il ne permettait pas de couvrir l'étude sociologique de chacune des sources de façon aussi approfondie. La source domestique et la source hospitalière ont bénéficié des études les plus avancées mobilisant diverses méthodes (cf. infra). En effet jusqu'à présent, aucune étude ou très peu s'étaient intéressées aux pratiques des ménages ou à l'hôpital sous l'angle des rejets de micropolluants. Également, la spécificité et la complexité inhérentes à ces deux « sources », notamment en termes d'organisation et de représentations sociales, de comportements, nécessitaient une approche sociologique et psychosociologique dédiée. Enfin, chacune de ces sources (ainsi que la sous-tâche concernant les enjeux globaux des micropolluants) a fait l'objet d'un livrable fourni aux commanditaires en décembre 2016 (Barillon et Alferes, 2016, Barillon et Ferré, 2016, Barrault et Dumas, 2016, Barrault *et al*., 2016, Carrere et Salles, 2016a, Pouly et Buil, 2016), l'objectif étant de fournir un bilan détaillé de chacune d'elles.

L'objectif du présent livrable est de faire une synthèse globale et partagée de la tâche 1.2. « Description des sources et inventaire des leviers d'action ».

3. Les méthodes et outils utilisés

La tâche 1.2 relative à la description des différentes sources et à l'identification des leviers d'action est abordée à travers de nombreux outils et méthodes, la plupart relevant du domaine des Sciences Humaines et Sociales (Figure 2).

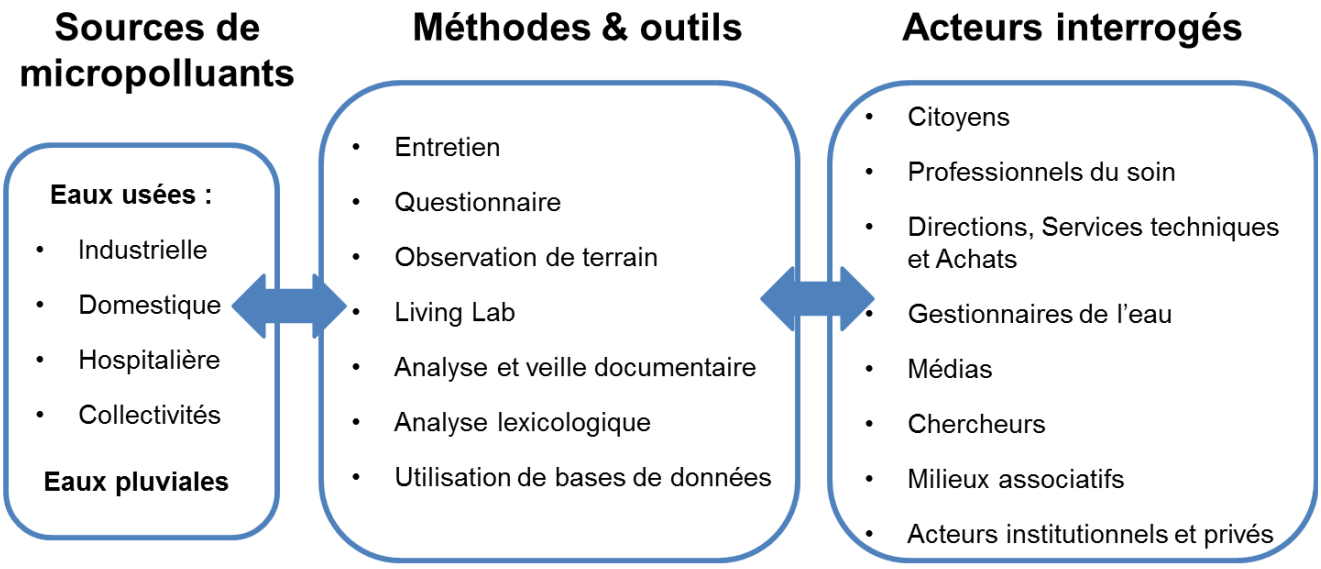


Figure 2. Méthodes mises en œuvre et acteurs ciblés

Ainsi,

- une analyse de la littérature, plus ou moins approfondie selon les sous-tâches, a été mise en œuvre,
- de nombreux entretiens et questionnaires ont été réalisés pour interroger différents acteurs dans l'ensemble des sous-tâches (Tableau 3).
- plus spécifiquement, des observations de terrain ont été effectuées au sein de la tâche 1.2.2. (source pluviale) et un Living Lab a été mis en place auprès des citoyens dans la tâche 1.2.3 (source domestique).

Tableau 3. Nombre et diversité des types d'acteurs interrogés/observés dans les différentes sous-tâches

	Citoyens	Acteurs spécifiques de la source	Agences et acteurs privés	Acteurs institutionnels	Acteurs associatifs	Acteurs scientifiques
Enjeux globaux des micropolluants			3 acteurs au sein de : SUEZ (Direction technique et scientifique ; Maison de l'eau), Technicités	9 acteurs : Agences Eau (AEAG, AERMC), Bordeaux Métropole (Comité de Développement Durable de Bordeaux Métropole, Direction de l'eau), Ministère de l'envirt (bur. de la biodiv.), AFB, Mairie de Bassens	2 acteurs : GRAIE, SEPANSO	5 acteurs : Université de Lausanne, U. Paris Sud, INERIS, EPOC, CIRSEE
Source pluviale	20 questionnaires remplis (14 centre-ville Bordeaux + 6 quartier résidentiel de Talence)		Couvreurs (5 questionnaires remplis / 21 contacts) Revendeurs / grandes enseignes (3 / 7) Fournisseurs (4 / 7) SGAC (service convention de déversement)	Service incivilités Bordeaux Métropole Brigade verte de Bordeaux (détagage) Réseau ferré français (Direction Régionale Aquitaine-Poitou-Charentes) Services techniques (gestion espaces verts) communes de Bordeaux Métropole (stagiaire Bordeaux Métropole)		Bibliographie
Source domestique	250 participants au Living Lab 1081 répondants à l'enquête populationnelle					
Source industrielle	Pas d'acteurs interrogés : travail bibliographique + bilan des contrôles inopinés SGAC					

	Citoyens	Acteurs spécifiques de la source	Agences et acteurs privés	Acteurs institutionnels	Acteurs associatifs	Acteurs scientifiques
Source hospitalière		31 acteurs de différents services du CHU : Soins, Pharmacie, Pharmacologie, Hygiène, Administratifs *	6 acteurs : LyRE, Agence Nationale de Sécurité du Médicament, ARS, ANSES, SANOFI	2 acteurs : Direction générale de la Santé, MEDDE/Bureau de la lutte contre les pollutions domestiques et industrielles	2 acteurs : SEPANSO, Association Santé Environnement France	1 acteur : Groupe d'Evaluation et de Recherche sur la Protection en Atmosphère Contrôlée (GERPAC)
Source collectivités		21 acteurs de différentes Directions de Bordeaux Métropole ** 27 acteurs dans les mairies de la métropole ***	2 acteurs : SGAC, Suez Eau France			

** Pour la source hospitalière, les 31 acteurs interrogés au CHU sont répartis de la façon suivante :* ***Soins (15)*** *[8 médecins, 5 infirmiers, 1 laborantin, 1 cadre de santé] ;* ***Pharmacie (6)*** *[4 pharmaciens ; 2 préparateurs en pharmacie] ;* ***Pharmacologie (3)*** *[2 médecins ; 1 pharmacien] ;* ***Hygiène (3)*** *[1 médecin, 1 responsable du service d'entretien, 1 technicienne d'entretien] ;* ***Administratifs (4)*** *[1 à la Direction de la stratégie-coopération et développement durable, 2 au Département des ressources matérielles, 1 à l'Unité d'achat biologie].*

*** Pour la source Collectivités, les 21 acteurs interrogés dans les services de Bordeaux Métropole sont répartis de la façon suivante :* ***Direction des espaces verts (2)*** *[1 directeur adjoint, 1 chef de centre] ;* ***Direction des Infrastructures et Déplacements (signalisation) (2)*** *[1 chef de régie, 1 agent de maitrise) ;* ***Direction gestion des déchets et propreté (3)*** *[1 chef de service collecte, 1 chef de centre matériels, 1 chef de centre apports] ;* ***Direction écologie énergie développement durable (4)*** *[3 chargées de mission, 1 chef de projet] ;* ***Direction prévention (santé environnement) (2)*** *[1 inspecteur de salubrité, 1chef de centre] ;* ***Direction performance achat (1)*** *[1 acheteur] ;* ***Direction Gestion espace public (PT Bordeaux) (1)*** *[1 responsable parc matériel] ;* ***Direction de l'immobilier (1)*** *[1 chef de centre nettoyage] ;* ***Direction logistique et magasins (1)*** *[1 chef de service] ;* ***Direction appui administratif financier (services activités funéraires) (2)*** *[2 chefs de centre] ;* ***Direction Gestion espace public (PT Sud) (1)*** *[1 chef de centre espaces verts] ;* ***Direction Gestion espace public (PT Rive droite) (1)*** *[1 chef de centre propreté/espaces verts].*

**** Pour la source Collectivités, les 27 acteurs interrogés dans les mairies de la Métropole bordelaise sont répartis de la façon suivante :* ***Mairie Ambès (1)*** *[1 directeur services techniques] ;* ***Mairie Bassens (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Bègles (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Blanquefort (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Bruges (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Cenon (3)*** *[1 chargé agenda 21, 1 directeur services techniques, 1 adjoint maire] ;* ***Mairie Gradignan (1)*** *[1 directeur services techniques] ;* ***Mairie Le Haillan (2)*** *[1 chargé agenda 21, 1 directeur services techniques] ;* ***Mairie Lormont (2)*** *[1 agent, 1 responsable marchés publics] ;* ***Mairie Martignas sur Jalles (2)*** *[1 chargé agenda 21, 1 directeur services techniques] ;* ***Mairie Pessac (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Parempuyre (2)*** *[1 chargé agenda 21, 1 directeur services techniques] ;* ***Mairie St Aubin de Médoc (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie St Louis Montferrand (2)*** *[1 directeur services techniques, 1 directeur services urbanismes] ;* ***Mairie St Médard en Jalles (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Talence (1)*** *[1 chargé agenda 21] ;* ***Mairie Villenave d'Ornon (4)*** *[2 chargés de missions, 1 responsable achat, 1 chargé agenda 21].*

La mise en place de ces différents outils et méthodes nous permettent d'apporter des éléments de réponse aux différents objectifs :

- comprendre les enjeux des micropolluants
- connaître les représentations
- identifier les comportements à l'origine des émissions des micropolluants
- sensibiliser les acteurs interrogés
- faire émerger des leviers d'action

Le Tableau 4 propose une analyse semi-quantitative de la réponse à ces différents objectifs en fonction de l'étude des différentes sources.

Tableau 4. Adéquation des outils et méthodes aux objectifs de la tâche 1.2.

		Comprendre les enjeux des MP pour différents acteurs	Connaître les représentations	Identifier les comportements à l'origine des émissions de micropolluants	Faire émerger des leviers d'action	Sensibiliser
Enjeux globaux	Analyse documentaire	**++**				
	Entretiens	**+++**	**++**			**++**
Source Domestique	Living Lab		**++**	**+**	**+++**	**+++**
	Enquête populationnelle		**+++**	**+++**	**+**	**+**
Source hospitalière	Entretiens		**+++**	**+++**	**+++**	**+++**
	Observation		**+++**	**+++**	**+++**	**++**
	Analyse lexicologique		**+++**	**+**	**+++**	**+**
	Analyse documentaire		**+++**	**+**	**+++**	**+**
Source Collectivités	Entretiens - Questionnaires		**++**	**+++**	**+++**	**++**
Source pluviale	Enquête terrain (observation + interviews usagers)		**++**	**+**	**+++**	**+**
	Interviews téléphoniques (professionnels du traitement des toitures)		**++**	**++**	**++**	**++**
	Interview SGAC		**++**	**++**	**+**	**+**

On voit ainsi que :

- l'objectif « comprendre les enjeux des micropolluants pour différents acteurs » est bien appréhendé dans le livrable 1.2.1 sur les « Enjeux globaux des micropolluants » ;
- l'objectif « connaître les représentations » est bien analysé pour la source domestique à travers l'enquête populationnelle et pour la source hospitalière ;

- l'objectif « identifier les comportements à l'origine des émissions de micropolluants » est bien cerné pour les sources domestique, hospitalière et collectivités ;
- enfin, l'objectif « sensibiliser » est rempli à travers le Living Lab pour la source domestique et les entretiens pour la source hospitalière.

Les parties suivantes (parties 2 à 6) visent à présenter les synthèses de chacune des sources étudiées. Pour plus de détails concernant chacune de ces parties, il est recommandé de se référer aux livrables associés.

Partie 2. Synthèse concernant la source domestique

Cette partie présente la synthèse du livrable concernant la sous-tâche « source domestique » de la tâche 1.2 du projet REGARD (Barrault *et al*., 2016).

1. Bilan méthodologique au regard des objectifs visés

Dans le cadre général du projet REGARD, l'objectif de la sous-tâche 1.2.3, vise à identifier les micropolluants issus de la source domestique afin de réduire leurs impacts sur les systèmes aquatiques et la santé. Dans la perspective de proposer des leviers d'action auprès des citoyens, des élus, des producteurs/distributeurs, ou encore des gestionnaires de l'eau, il était tout d'abord nécessaire de mieux cerner les relations existant au sein de la population entre les activités domestiques et les micropolluants. Cette étape est en effet déterminante pour apprécier la pertinence des préconisations aussi bien en matière de faisabilité que d'appropriation par les citoyens.

Quatre objectifs principaux ont alors été fixés : i) mieux connaître les représentations des populations à l'égard de ces « micropolluants », ii) identifier les comportements domestiques pouvant contribuer au rejet de ces molécules dans les eaux usées et également les eaux pluviales pour quelques pratiques, iii) faire émerger des leviers d'action et, d'un point de vue pédagogique, iv) informer et sensibiliser.

Les investigations ont été conduites avec deux outils : 1) le Living Lab mené au plus près des citoyens (250 participants), 2) l'enquête populationnelle menée à grande échelle par questionnaire (1081 réponses exploitables). Ces deux outils présentent de fortes complémentarités. Tout d'abord, le quiz du Living Lab et certaines questions de l'enquête visent à cerner des connaissances précises ainsi que des positionnements personnels vis-à-vis de certaines situations quotidiennes. Ensuite, de façon plus distante et moins impliquante, ils visent à appréhender le positionnement et les représentations des répondants à l'égard d'une palette plus large de questionnements. Enfin, ils visent à faire émerger des solutions, pouvant être traduites en leviers d'action pour tenter de réduire les rejets mais également à identifier les freins vis-à-vis de certaines propositions. Par ailleurs, afin d'assurer une certaine continuité cognitive et de tester le degré de cohérence entre les deux publics, quelques questions identiques ont été proposées dans ces deux approches. Rappelons que ces publics ne sont que partiellement représentatifs de la population de la Métropole Bordelaise du fait, pour l'un, de la fréquentation à un centre de médiation scientifique et, pour l'autre, de l'appartenance à des catégories socioprofessionnelles et des niveaux d'éducation se situant sensiblement au-dessus des fréquences observées au sein de la population dans son ensemble[1].

Globalement, l'adéquation entre les outils mis en œuvre et les objectifs initialement fixés est satisfaisante. Du fait du nombre important de participants (répondants au questionnaire ou acteurs du Living Lab), une grande quantité d'informations a été collectée assurant une certaine robustesse aux conclusions émises. Les premières analyses réalisées confortent un certain

[1] De tels biais sont néanmoins souvent associés à ce type d'outils. Redresser l'échantillon de l'enquête populationnelle pour avoir un échantillon plus représentatif de la métropole bordelaise nécessiterait d'interroger la population par des moyens autres qu'un questionnaire en ligne (par exemple par téléphone ou dans la rue), ce que nous n'avons pas prévu de faire pour des raisons liées à la longueur du questionnaire d'une part et au temps imparti à cette mission d'autre part.

nombre d'hypothèses avancées dans la littérature. L'ensemble des éléments ainsi collectés représente un support fort utile pour la poursuite du programme, à savoir les études très fines conduites auprès de ménages référents. Toutefois, le déroulement des deux approches mises en œuvre montrent forcément quelques biais, qu'il s'agisse de la représentativité des échantillons par rapport à l'ensemble de la population, du biais de compréhension de certaines questions, ou encore du crédit que l'on peut accorder aux informations obtenues sur le mode déclaratif, dans le questionnaire.

2. Pistes d'actions pour réduire les émissions de micropolluants

À terme, l'objectif de limitation des micropolluants dans les milieux aquatiques au niveau de la source domestique suppose la mise en place et l'adoption de nouveaux comportements de la part des usagers. Mais, encore faut-il que ceux-ci soient en position et en capacité de changer, qu'on leur en donne les moyens et qu'ils soient convaincus de l'utilité de ces changements ou soient contraints de les adopter. Un des prérequis est sans doute l'accès à l'information et l'acquisition d'un savoir minimal sur la problématique de la dégradation de la qualité des milieux aquatiques par les micropolluants. De ce point de vue, en prolongement des résultats obtenus par le Living Lab, l'enquête populationnelle permet de recueillir des données concernant les connaissances des usagers, leurs attitudes, leurs comportements auto-déclarés ainsi que les modalités d'action possibles et de cibler plus spécifiquement les carences révélées. Les réflexions initiées dans la tâche 1.2.1 sur les enjeux globaux trouvent également ici une résonnance intéressante et qu'il convient de faire apparaître.

Les propos suivants visent à présenter, à partir de l'analyse des résultats de l'enquête populationnelle, des pistes de réflexion pouvant s'avérer pertinentes pour la mise en œuvre de leviers d'action. Ils sont dans certains cas complétés par les résultats du quizz du Living Lab.

2.1. Le devenir des eaux usées

On observe une **certaine méconnaissance du petit cycle de l'eau** pour une partie des répondants notamment du fait qu'environ 30% des répondants[2] pensent que l'eau distribuée chez les ménages provient des eaux prélevées en sortie de station de traitement des eaux usées. Cette erreur peut être expliquée soit par un désintérêt ou une certaine insouciance portée à l'eau consommée, soit par une confiance sans borne accordée aux technologies de traitement et d'épuration des eaux et, indirectement, au service de l'eau. Une des conséquences possibles de cette représentation erronée peut être un gaspillage de l'eau potable qui, selon ce schéma de pensée, est recyclée sans fin puisque si on la « salit », elle sera « nettoyée » et réutilisée. Cette représentation a également pour conséquence de minimiser le risque perçu pour la qualité des milieux aquatiques puisque les effluents domestiques ne sont pas rejetés dans les cours d'eau après traitement des eaux usées mais recyclées dans le cycle « distribution-usage-traitement-distribution-usage… ». Les répondants voient donc peu le lien entre leurs pratiques domestiques et la pollution des milieux aquatiques.

Les réflexions posées dans l'étude sur les enjeux globaux des micropolluants, et notamment celles sur la notion **d'imperceptibilité de l'eau** nous sont utiles ici pour mieux interpréter ces représentations du petit cycle de l'eau et de l'eau en elle-même. En effet, l'eau peut être considérée comme imperceptible par nature au sens où elle ne peut être saisie par les sens : elle

[2] Résultats similaires entre le quiz du Living Lab et l'enquête populationnelle.

est inodore, n'a (en général) pas de goût, ne se sent pas lorsqu'elle nous entoure si l'on ne bouge pas, ne fait pas de bruit si elle est contenue, et est transparente.

Nos enquêtes illustrent pour partie le déficit de connaissances sur le cycle de l'eau (petit ou grand)[3]. Ainsi, cette partie des usagers n'a pas conscience de la source où est puisée l'eau qui arrive par leurs robinets et du cheminement qu'elle a parcouru pour y parvenir et font également abstraction du processus de traitement de l'eau qui se déroule après le rejet de nos eaux usées. Pour l'usager, l'eau, arrivant au robinet et en repartant par des tuyaux enterrés[4], ne provient de nulle part, comme si elle était créée par le robinet lui-même et va nulle part, elle n'a pas de vie en dehors de la durée de son rapport avec lui. L'eau n'a ni provenance ni destination ; elle semble sans temps et sans espace. Comme le disait très justement Alfred Sauvy : « *L'eau vient du robinet comme le courant de la prise électrique et l'argent de la banque* ». Cette ignorance de toute la « machinerie » qui préside à la consommation et au rejet de l'eau potable entretient la **conception de l'eau comme invulnérable**. Il existe une contradiction entre deux visages de la représentation que les usagers ont de l'eau : ils ont en partage le côté utilitariste de la représentation moderne de l'eau mais il leur manque la connaissance scientifique et technique qui régit de plus en plus l'eau qu'ils consomment et rejettent.

Ces résultats et réflexions nous amènent à conclure qu'il s'avère **nécessaire de renforcer les actions pédagogiques** pour amener les citoyens à accroître leurs connaissances par rapport aux ressources en eau potable et à accroître leur conscience de leur contribution d'apports de micropolluants aux diverses phases du cycle de l'eau. Rendre visible de façon pédagogique et à grande échelle la « machinerie » de l'eau, en expliquant pourquoi on en est arrivé là et les limites de la technique (l'incomplétude des traitements en STEU notamment) serait également un aspect important de la prise de conscience des individus. Le cycle de l'eau est inscrit aux programmes scolaires (primaires et collèges notamment), et de plus en plus lié, dans ces apprentissages à la notion de développement durable, de pollutions. Il faut maintenir et accroître l'apprentissage de ce lien et diffuser ces connaissances plus largement dans la société.

2.2. Les vecteurs de contamination des milieux aquatiques

Les causes de la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants sont tout d'abord attribuées, par les personnes interrogées, **aux activités agricoles et aux activités industrielles**, avec cependant la reconnaissance d'une source hospitalière et, en dernier lieu, à la source domestique émanant de leur propre consommation (Figure 3). Même si, pour les répondants, les activités domestiques contribuent le moins fortement à la pollution des milieux aquatiques, cette source semble néanmoins admise (score moyen supérieur à la moyenne des scores de l'échelle représentée par le trait rouge). Cet élément peut donc **contribuer à accroître la réceptivité des citoyens face à des propositions d'action pour réduire les émissions**.

[3] Au sein du projet de l'AAP Micropolluants dans les eaux urbaines Lumieau, mené à Strasbourg, une enquête a spécialement été dédiée aux représentations du « tout à l'égout » ; il serait intéressant de croiser ses résultats avec les nôtres à ce propos de la connaissance et des représentations du petit cycle de l'eau.

[4] Agnès Jeanjean écrit à ce propos : *"L'enfouissement des eaux usées, leur parcours souterrain, le silence qui les entoure sont le produit du refoulement, non seulement des pulsions anales, mais aussi de la vie organique, refoulement auquel les bourgeois du XIXe siècle, par la mise en place de dispositifs d'assainissement urbain ont grandement contribué"* (Jeanjean & Pétonnet, 2006).

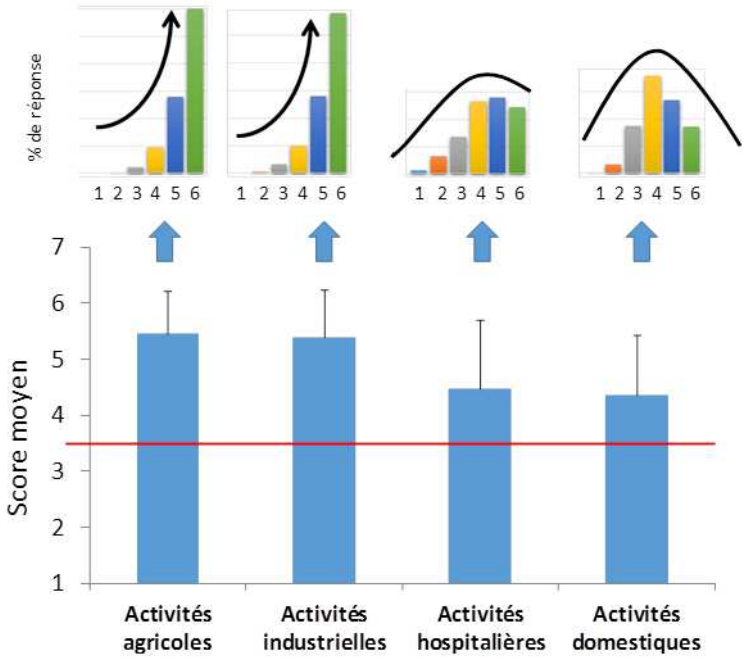


Figure 3. Activités jouant un rôle dans la pollution des milieux aquatiques selon les participants (Q.5 : « Selon vous, les activités suivantes contribuent-elles à la pollution des milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'activité, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout à 6-fortement)

Si l'on considère, non plus les activités, mais les acteurs responsables des rejets de micropolluants on retrouve, logiquement, en tant que premiers responsables les industriels et les agriculteurs (Figure 4). La première place allouée aux industriels est sans doute à mettre en lien avec la multitude de produits manufacturés, dont le cycle de production est complexe et lointain, à l'origine de nombreux scandales (exemple des constituants des jouets, des images de pollutions généralisées dans des zones industrielles, de foyers de maladies…), et de ce fait associés à des impacts négatifs pour les systèmes aquatiques. Le rôle des agriculteurs est sans doute lié à l'impact de plus en plus médiatisé des intrants agricoles et phytosanitaires sur l'environnement (phénomènes des algues vertes) et la santé (perturbateurs endocriniens, cancérogènes).

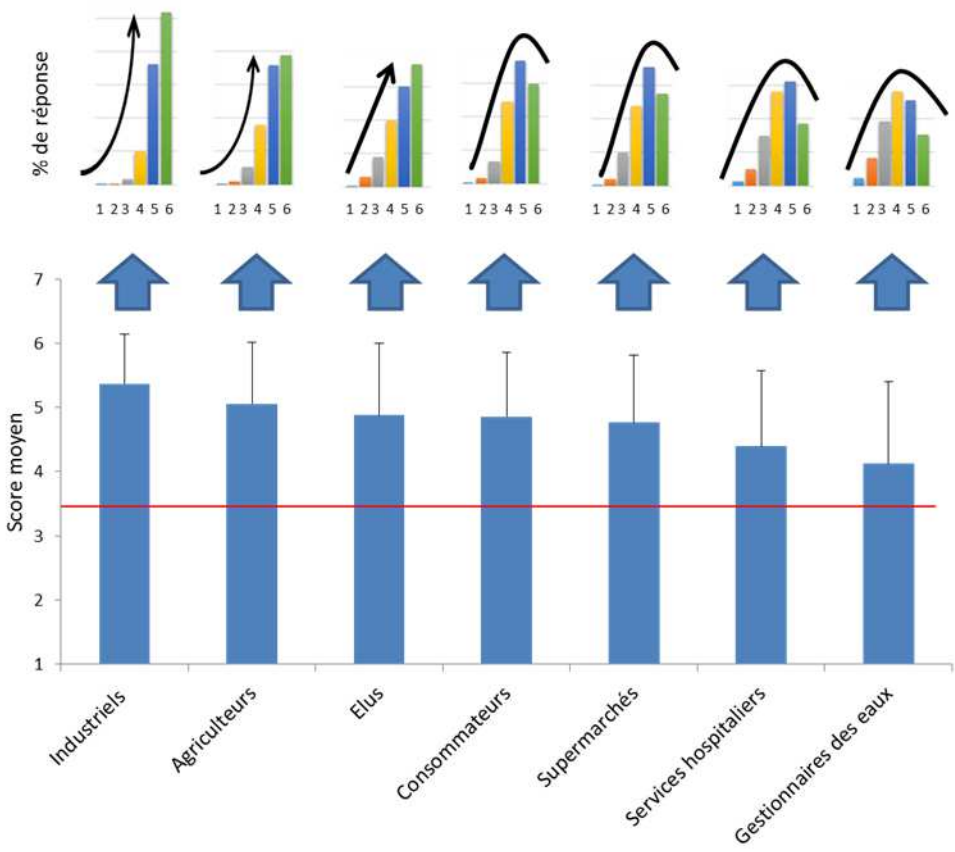


Figure 4. Responsables de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques (Q.37 : « À votre avis, qui est responsable de la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'acteur, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout responsables à 6-très responsables)

Outre ces deux acteurs économiques, de façon moins classique mais tout aussi claire, les répondants mettent en exergue les élus. Ce résultat pose la question de la représentation de l'élu par ses administrés, de son rôle, de ses responsabilités et de ses moyens. Là encore, une clarification serait nécessaire pour délimiter à l'échelle locale les prérogatives d'un maire ou d'un président de Région, et pour préciser quels leviers d'action pourraient être mobilisés à l'échelle territoriale pour légiférer, contrôler, sensibiliser, ou encore avoir le courage politique consistant à dire des choses non agréables aux administrés… Plus largement, **le statut et les fonctions des élus sont à repositionner par rapport aux autres acteurs du domaine de l'eau** : Ministère de l'Environnement, ONEMA-AFB, Agences de bassin, syndicats de gestion des eaux, sociétés de pêche, etc.…

2.3. La présence des micropolluants dans les produits domestiques

D'une façon générale, les personnes répondent que les **polluants sont présents partout**, avec une prépondérance pour les produits d'entretien, d'hygiène et les médicaments (cités respectivement par 90%, 88% et 79% des répondants). Cela peut être interprété de plusieurs façons non exclusives les unes des autres : i) un manque d'information sur les constituants des produits utilisés en lien avec la difficulté à décrypter les étiquettes apposées sur les flaconnages et emballages (taille des caractères, formules chimiques, pictogrammes de dangers …) ; ii) une méconnaissance de la fabrication des produits, associée au nombre croissant des substances chimiques à la complexité des circuits de production et de distribution auxquels les

consommateurs n'ont quasiment plus accès ; iii) une suspicion généralisée, due à une multitude de messages alarmistes, à l'égard de l'ensemble des produits de consommation courante proposés par les fabricants et les distributeurs, bien que la mise sur le marché soit autorisée par la réglementation.

Ainsi, il y aurait donc tendance à considérer que l'ensemble des produits utilisés par les ménages sont toxiques pour l'environnement. Par contre, cette représentation ne présage pas de l'adoption de comportements pro-environnementaux. On constate ainsi la disjonction classique entre les niveaux cognitif et comportemental. S'agissant de levier d'action, on comprend aisément que **l'information, indispensable dans une première étape, ne suffit pas à transformer les habitudes !**

2.4. Quelles incidences des produits domestiques sur les milieux aquatiques ?

Concernant les effets connus ou imaginés de l'usage des produits d'usage courant sur les milieux aquatiques, les résultats montrent que :

- Pour les **produits de douche ou d'entretien du linge** les réponses sont assez bien distribuées en fonction des scores de perturbation, avec des pourcentages de réponses les plus importants centrés sur les scores 3-4-5[5]. Cette relative modération quant aux risques pour les milieux aquatiques générés par ces deux familles de produits peut être liée à la **sécurité attendue** vis-à-vis des produits d'hygiène corporelle ou vestimentaire. S'agit-il aussi d'une **forme de déni** basé sur l'idée que ce que l'on utilise au plus près du corps ne peut (doit ?) pas être nocif pour les humains que nous sommes, et donc pour les autres espèces présentes dans les écosystèmes aquatiques. Enfin, de nombreux articles « grand public » récents (*Que Choisir, 60 millions de consommateurs*) ont largement fait la part des choses en invitant les consommateurs à éviter certaines substances contenues dans ces produits et en les rassurant pour d'autres produits considérés comme « plus sains ». Par ailleurs, les résultats du quiz du Living Lab nous indiquent également que les participants estiment que les substances présentes dans les produits d'usage courant comme les shampoings (parabènes par exemple) doivent être plutôt bien éliminées par les STEU et, de ce fait, engendreraient moins de perturbations pour les milieux aquatiques.
- Concernant **l'entretien des véhicules**, la plupart des répondants déclarent nettoyer leur voiture dans des centres de lavage (Lavomatics). Pour les personnes qui pratiquent cette opération au domicile, les incidences à l'égard des systèmes aquatiques sont perçues comme plutôt polluantes. Le levier de diminution des rejets le plus pertinent serait donc sans doute d'inciter les personnes à utiliser les services proposés par les centres de lavage agréés, sous réserve que les stations de lavage aient mis en place des équipements retraitant les eaux usées, en limitant les consommations d'eau et utilisant des agents nettoyants à faible impact écologique. Pour le lavage des véhicules au domicile, on peut préconiser de généraliser la mise sur le marché de produits lessiviers moins toxiques, ou encore, d'informer les citoyens, en expliquant le parcours de ces eaux de lavage (et le fait que les eaux s'infiltrant dans les sols ou collectées par certains collecteurs du pluvial ne sont pas traitées).

[5] Sur une échelle de 1 : pas du tout à 6 : fortement

- **L'usage des antipuces** ne concerne également qu'une partie des répondants et est peu perçu comme problématique, sans doute parce que les répondants **perçoivent peu le lien entre l'administration du produit sur leur animal et les milieux aquatiques**. Pourtant, ces biocides (aux PNEC[6] très faibles) se retrouvent dans les cours d'eau et peuvent présenter des risques pour la faune et la flore. La sous-estimation de ce type de risques appelle les scientifiques, gestionnaires, associations et revues spécialisées (notamment celles consacrées aux animaux domestiques) à préciser ces risques encore mal évalués mais aussi à rappeler comment le dépôt d'une très faible quantité de ces molécules sur l'animal, peut par divers cheminements, malgré des stations de traitement des eaux, se retrouver dans les rivières (Dufour *et al*., 2016). Cette prise de conscience peut cependant se heurter à l'attachement porté à l'animal traité, dont le soin prime sur les conséquences négatives éventuelles sur les milieux aquatiques. Déjà identifiée dans la source hospitalière (cf partie 6), on retrouve la supériorité de la santé sur l'environnement avec peu de vision à long terme.
- **Pour les insecticides**, leurs fonctions de biocides en font des agents de contamination très importantes. Cette réalité étant reconnue par les répondants, les efforts devront porter sur les manières de s'en passer ou du moins d'en réduire leur usage : alternatives douces ou moyens mécaniques. Par ailleurs, un élément qui intervient souvent dans la surutilisation d'insecticides relève de la peur des piqures, des maladies véhiculées et aussi, assez souvent, des phobies. Il serait donc judicieux de relativiser la dangerosité de certains insectes au regard de la dangerosité potentielle de l'exposition chronique aux substances chimiques, ou de mieux informer quant aux moyens préventifs de leur présence (par ex. en posant des moustiquaires sur les fenêtres ou en évitant les points d'eau, gîtes de ponte de moustiques).
- Pour une large partie de répondants **les médicaments** sont perçus comme très dégradants pour les milieux aquatiques en référence sans doute à l'efficacité à l'égard des dysfonctionnements biologiques mais aussi au vu des effets secondaires pouvant apparaître chez les êtres humains. Cette reconnaissance de faits devrait faciliter la mise en place de comportements basés sur une réduction avisée de certains traitements qui apparaissent quelquefois comme surmédicalisés au regard de l'efficacité de ces traitements et des coûts générés. Certains répondants déclarent être prêts à pratiquer des méthodes de soin douces ou encore à utiliser des produits écologiques plus sains. Mais ces substances plus « douces » (comme par exemple les huiles essentielles) sont-elles pour autant sans impact pour les milieux aquatiques ? Les politiques et messages de santé publique sont sans doute des leviers d'action efficaces pour accompagner cette inflexion (citons par exemple la campagne : « les antibiotiques, c'est pas automatique »). Par ailleurs, une réflexion globale et systémique est certainement à engager pour lutter contre la sur-médication. En effet, l'adoption de modes de vie plus équilibrés en termes de nourriture, de rythmes de vie, d'exercices physiques sont à favoriser en mettant en place tout un ensemble de mesures et de structures (médecins généralistes et médecins du travail, soutiens de proximité, réseaux de transport publics) visant à favoriser le bien-être des citoyens et ainsi réduire le recours aux médicaments. Par ailleurs, cette réflexion systémique est également envisagée pour appréhender la gestion hospitalière extra-muros liée aux soins ambulatoires et aux parcours de soins (cf Livrable 1.2.5 sur la source hospitalière).

[6] Predicted No Effect Concentration

La Figure 5 permet de comparer les représentations concernant la perturbation des milieux aquatiques par les différents types de produits utilisés dans les pratiques quotidiennes.

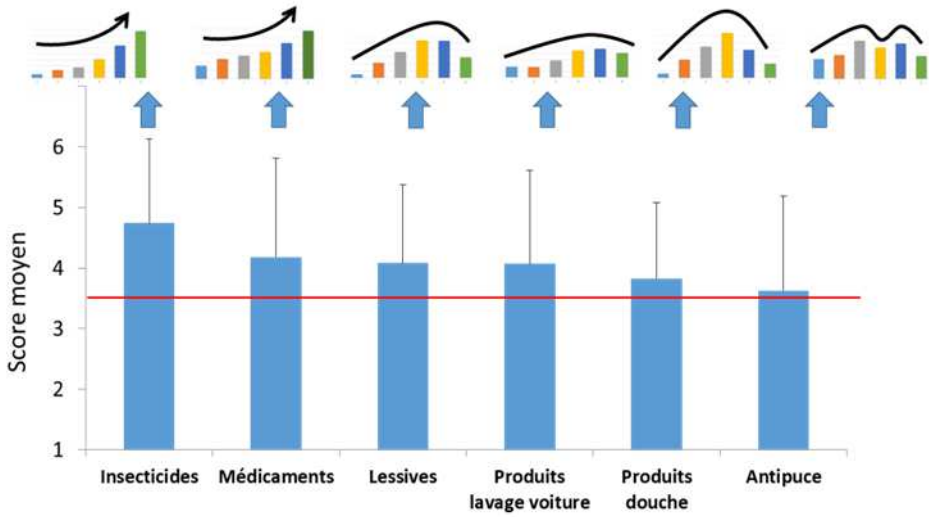


Figure 5. Comparaison des représentations concernant la perturbation des milieux aquatiques par les insecticides (Q.27), les médicaments (Q.31), les lessives (Q.15), les produits de nettoyage des voitures (Q.19), les produits pour la douche (Q.11) et les produits antipuces (Q.23) utilisés dans les pratiques domestiques

Enfin, plus globalement, les incidences sur les milieux aquatiques comme la diminution ou la perturbation des espèces aquatiques abordées avec le quizz du Living Lab sont jugées non seulement très graves mais également très probables. *A contrario*, si les troubles sanitaires chez les humains apparaissent comme très graves, ils sont jugés moins probables. En bref, les conséquences environnementales et sanitaires sont jugées comme très graves contrairement aux conséquences économiques (Tableau 5).

Tableau 5. Conséquences de la pollution des milieux aquatiques en termes de probabilité et de gravité

	Probabilité	Gravité
Diminution ou perturbation des espèces aquatiques	+	+
Augmentation des coûts pour traiter les eaux usées et de la facture d'eau	~	-
Interdiction de la pêche ou de certains coquillages	~	~
Augmentation des conflits entre usagers de l'eau	~	+
Apparition de troubles sanitaires chez les humains	-	+

2.5. La prise en compte du risque

Les perceptions du risque encouru pour l'environnement et pour la santé humaine vis-à-vis des micropolluants doivent également être remises dans un contexte plus général et théorique. Elles s'inscrivent ainsi dans le paradoxe de la montée en puissance des risques dans un monde de plus en plus sécurisé. La qualité de l'eau n'a jamais été si analysée et contrôlée ; pourtant, on se

trouve en présence de substances que l'on peine à détecter et qui présentent un danger potentiel pour l'homme et son environnement. La crise environnementale actuelle réinterroge notre conception de la nature. Elle nous rappelle que nos interactions avec notre environnement vont dans les deux sens. Nos actions ont un impact sur la nature mais toutes les perturbations causées par l'homme sur la nature ont un impact sur lui en retour. La notion de risque n'est-elle pas aujourd'hui en passe d'être remplacée par celle de vulnérabilité ?

Une autre grille de lecture est celle de la « société du risque ». Nos sociétés du risque proviennent-elles d'une multiplication des dangers ou d'une nouvelle attitude à l'égard des risques ? Selon Anthony Giddens, le risque est devenu une « culture » : « *un aspect culturel fondamental de la modernité, par lequel la conscience des risques encourus devient un moyen de coloniser le futur* » (Giddens, 1991, p. 244). Les hommes ne sont plus tournés vers le passé mais vers le futur et ils anticipent ce futur en aiguillant leurs actions sur les représentations objectives et subjectives du risque qui leur sont données.

« La vraie originalité des sociétés contemporaines réside peut-être moins dans l'apparition de nouvelles menaces, écologiques, technologiques ou sanitaires, que dans la diffusion d'une nouvelle norme comportementale qui régirait aussi bien les rapports à soi que les rapports aux autres. » (Peretti-Watel, 2007).

Les effets des micropolluants sont difficiles à déterminer : cela est fonction de leur dangerosité, de leur occurrence dans le milieu et de l'exposition à ces substances, peu quantifiable. C'est leur imperceptibilité et l'imperceptibilité de leurs effets sur le court terme qui les rend inassurables et qui questionnent le lien de cause à effet. Les micropolluants confrontent la société à un problème à la fois temporel et spatial : celui classique de leur appréhension dans le temps par la prévision de leurs effets, mais aussi celui de leur appréhension dans l'espace, relatif à leur difficile détection dans le présent. Leur imperceptibilité est, elle aussi, double : elle touche à la fois le néophyte et le scientifique. Elle rend leur perception via les sens, via une expérience sensible par le sujet, impossible et une appréhension objective, par les scientifiques, limitée.

2.6. L'appropriation des leviers d'actions

Tous les leviers d'action préconisés pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques semblent pertinents pour les répondants, et cela **malgré les contreparties en termes de coûts** (financier, comportemental, de perte de confort ou de choix) qui avaient bien été spécifiés dans le questionnaire (Figure 6). On peut cependant se poser la question de savoir si le mode de collecte des données, sur la base du déclaratif, restitue fidèlement la réalité de mise en place ou d'appropriation de telles préconisations.

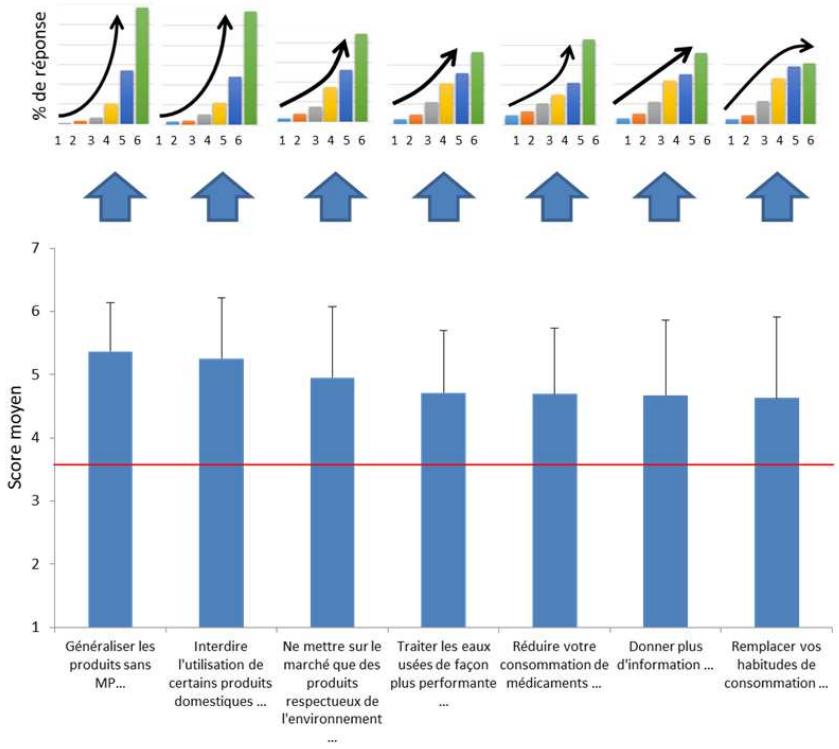


Figure 6. Pistes d'actions pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques (Q.34 : « selon vous, réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques nécessiterait de …»)

Les préconisations plébiscitées concernent tout d'abord des solutions en provenance de « l'extérieur ». Certaines engagent les producteurs-distributeurs, comme « généraliser les produits sans micropolluants » et « ne mettre sur le marché que des produits respectueux de l'environnement ». D'autres concernent le réglementaire comme « interdire certains produits domestiques ». Concernant l'usage des médicaments, les répondants se disent prêts à les réduire pour les petits maux, sans doute grâce au développement de certaines solutions alternatives (homéopathie, usage d'huiles essentielles…) qui facilitent ainsi la réduction des médicaments classiques. **Les leviers « internes » concernant un changement personnel de comportements sont les moins approuvés**.

Les résultats de l'enquête sont plus tranchés que ceux issus des propositions de leviers d'actions du Living Lab, où les changements comportementaux apparaissent comme les plus cités après la substitution de produits, et avant l'innovation sur le produit et le tri à la source. Le fait que ce soient les citoyens qui proposent eux-mêmes les leviers d'action les rendent sans doute plus acceptables. Ainsi, le **travail de co-construction semble un moyen pertinent et efficace permettant une meilleure appropriation** de propositions *a priori* plus coûteuses pour les individus. En outre, impliquer ainsi les individus permet de les engager et favorise le changement comportemental davantage que lorsque des propositions de changement sont anticipées et proposées par d'autres types d'acteurs.

S'agissant des attitudes pro-environnementales, les résultats de l'enquête indiquent que le degré de préoccupation à l'égard des questions environnementales prédit en quelque sorte la tolérance à la contrainte et donc la mise en place de comportements. En effet, les personnes les plus concernées préconisent des efforts consistant à supporter des prix de produits plus élevés, des coûts de traitement des eaux supérieurs, une perte de confort et de temps et vont même jusqu'à soutenir une réduction de médicaments pour les maux mineurs.

2.7. De la responsabilité au devoir d'agir

Qui devrait agir pour réduire les émissions de micropolluants ? Selon les répondants, c'est tout d'abord aux industriels d'agir, en lien avec leur responsabilité reconnue (pour leurs rejets dans les milieux naturels ou en lien avec leur fabrication de produits contenant des substances polluantes). Mais c'est ensuite aux élus d'agir (Figure 7). Cela renvoie, comme déjà mentionné, à une attente d'action de la part des élus dont le rôle doit être éclairé auprès des citoyens. On peut à nouveau s'interroger sur les moyens des élus pour faire face à la problématique des micropolluants, mais aussi sur les informations apportées par les scientifiques aux élus qui ont sans doute eux-mêmes, dans leur majorité, très peu de connaissances sur le sujet.

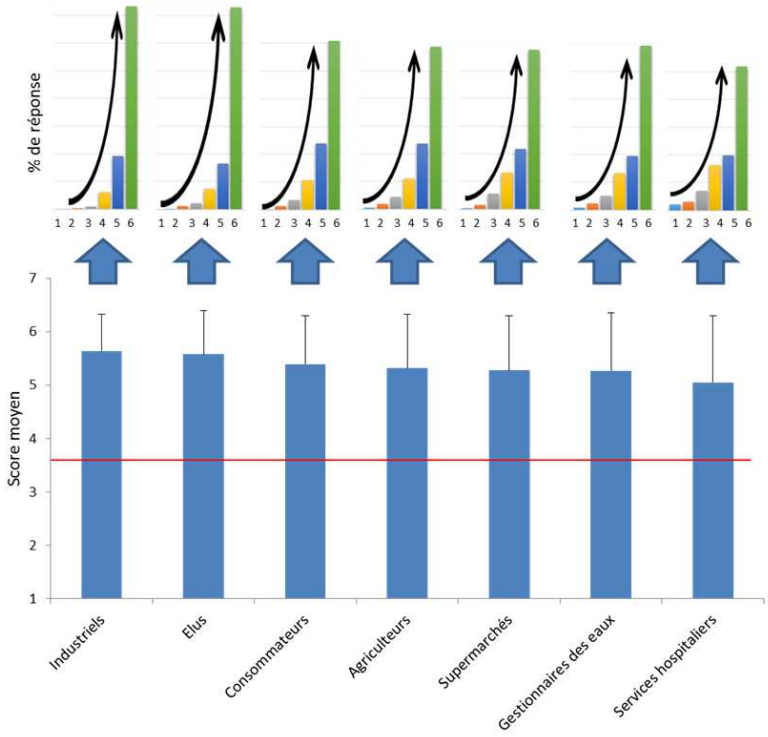


Figure 7. Acteurs devant agir pour la réduction des micropolluants (Q.38 : « Qui devrait agir pour réduire la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? »)

Bien que se trouvant moins responsables que les acteurs précités, les répondants, en tant que consommateurs, estiment également devoir agir pour réduire la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques. Ils s'estiment en quelque sorte dans l'obligation morale d'agir opposant la responsabilité au consentement à agir. Hormis le fait que ces déclarations donnent une image de générosité publique (« bien que peu responsable, je dois assumer cependant une part de responsabilité ! »), des motivations plus profondes sont sans doute à considérer. En effet, ces polluants représentent une cause d'inquiétude qu'il leur importe de réduire, si l'on s'en réfère au degré élevé de risque qu'ils jugent pour la santé. Pour ce faire, la mobilisation des acteurs économiques et des élus n'étant pas assurée à leurs yeux, ils se sentent dans l'obligation de s'impliquer aussi. Déjà, la très grande majorité d'entre eux déclare adopter des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement même si cela leur paraît contraignant (Figure 8).

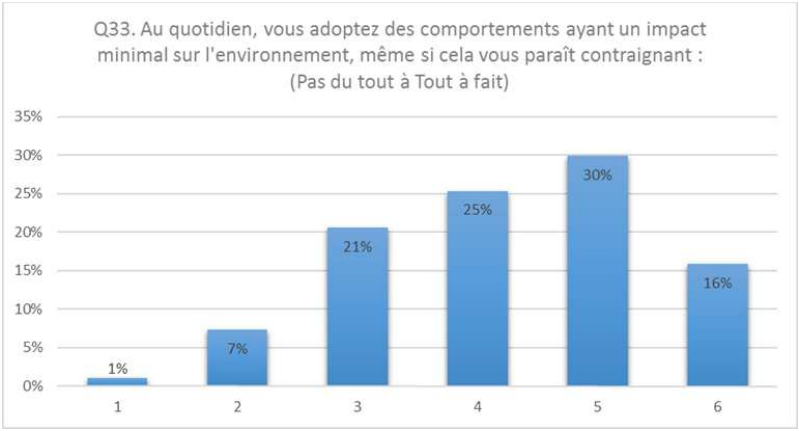


Figure 8. Réponses à la Q.33 : « Vous adoptez des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement, même si cela vous paraît contraignant »

Si on prend un peu de recul, on peut dire que l'imperceptibilité des micropolluants rend la maitrise de son exposition quasi-impossible pour l'usager et instaure une dépendance complète au savoir scientifique (et à la médiation de celui-ci à travers les pouvoirs publics, les associations, les médias etc.). Pourtant l'usager est en amont et en aval de l'eau : il se trouve en amont de sa pollution puisqu'il produit des eaux usées mais il se trouve aussi à l'autre bout de la chaîne puisqu'il consomme aussi l'eau ou des denrées provenant de l'eau. La méconnaissance de la nature technique de l'eau, et plus précisément du devenir de l'eau après leur utilisation, accentue cette déresponsabilisation des usagers.

Si les enquêtés se disent prêts à se mobiliser, ils conditionnent ces actions. Il faut que cela bénéficie à leur environnement proche, qu'il soit environnemental ou familial. Ainsi, **le fait de « montrer » la pollution sur le territoire local peut amener les citoyens à agir**. Le diagnostic territorial du projet REGARD paraît de ce fait beaucoup plus efficient qu'un diagnostic national. Ainsi, dans le choix des produits courants, l'environnement proche des citoyens serait sensiblement privilégié par rapport aux environnements lointains (régionaux ou nationaux), le positionnement du bien-être des proches par rapport aux autres prenant une position intermédiaire, et l'environnement des générations futures aurait une préférence par rapport à leur environnement actuel. Se pose la question de savoir comment ils imaginent préserver les générations futures tout en optant pour leur satisfaction personnelle actuelle ? Sachant que pour les répondants prêts à une telle implication, **un soutien important de la part des structures associatives et des pouvoirs publics serait sans doute un levier d'action efficace en lien avec les actions nombreuses et permettrait notamment de clarifier le rôle des élus, comme évoqué précédemment**.

2.8. La norme pro-environnementale

En lien avec les structures associatives, les résultats montrent également l'importance de l'influence groupale et des pratiques en lien avec la nature sur la préoccupation environnementale, résultat que l'on trouve de façon récurrente dans la littérature (Olivos *et al*., 2011). Plus précisément, l'appartenance à une association de protection de l'environnement accroît la propension au pro-environnementalisme, tant au niveau des attitudes que des comportements.

Toutefois, malgré les déclarations de volonté d'agir, on observe la saillance de la norme environnementale qui explique notamment le « biais de conformité supérieure de soi » : en réponse à la volonté de se référer à la norme pro-environnementale, les enquêtés s'estiment largement plus préoccupés par les questions environnementales que les autres en général (Figure 9). Ce processus psychologique récurrent dans de nombreux champs liés à la prévention, a une répercussion immédiate sur la qualité de réception des messages de sensibilisation. En effet, **plus on a une conformité supérieure de soi élevée, moins on se sent concerné par les messages préventifs qui « finalement ne s'adressent qu'aux autres !»**.

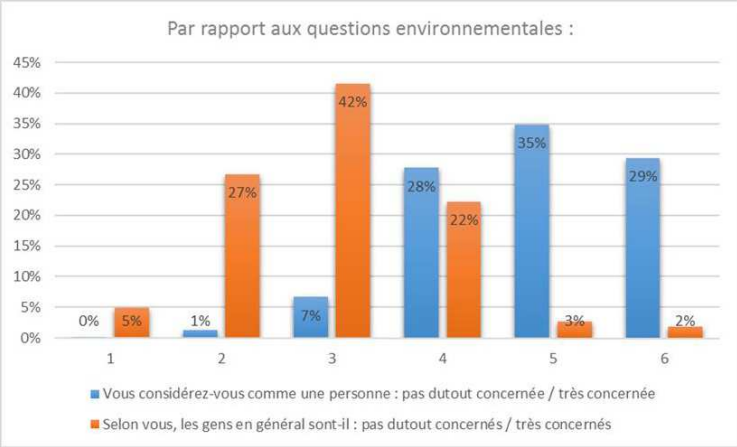


Figure 9. Illustration du biais de Conformité supérieure de soi (Q.39)

2.9. Les profils de répondants comme variable explicative

Afin de cibler et d'adapter au mieux les leviers d'action aux situations des ménages, il est intéressant de constituer des groupes de personnes (clusters) présentant si possible des profils similaires (à partir des déterminants sociodémographiques et économiques présents dans le questionnaire).

En l'état actuel de l'analyse des données, très peu de variables sociodémographiques n'ont d'effets directs sur la préoccupation environnementale (représentations et comportements) : aucun effet par exemple du niveau d'étude, de la CSP (Catégorie Socio-Professionnelle) ou du type de logement. Il existe par contre conformément à la littérature (Félonneau & Causse, 2016) un léger effet du sexe qui associe les femmes à un pro-environnementalisme supérieur aux hommes. En revanche, l'effet le plus intéressant est obtenu à partir de la variable « revenus du ménage ». Les résultats montrent que l'on est d'autant plus préoccupé par l'environnement (en termes d'attitudes et de comportements auto-déclarés) que l'on dispose soit des revenus les plus faibles, soit des revenus les plus élevés. Les catégories en position moyenne paraissent les moins concernées[7]. D'une part, on peut penser que la norme environnementale est prégnante dans la partie de l'échantillon la plus favorisée économiquement, pour qui le pro-environnementalisme ferait l'objet d'une forte valorisation sociale et serait assimilée à un style de vie. D'autre part, pour les plus défavorisés, il correspondrait à une stratégie d'adaptation à des contraintes économiques liées au déclassement social (Inove.com, 2016).

[7] Contrairement à ce qui est souvent dit : que l'écologie est une valeur de classe moyenne

2.10. Les freins à la prise de conscience de l'impact des micropolluants

En somme, les freins à la prise de conscience de l'impact des micropolluants sont liés à plusieurs facteurs, relatifs :

i) à la faible connaissance du cycle/circuit de l'eau et de la nature technique de l'eau,
ii) à la croyance en l'efficacité des stations de traitement des eaux usées (au point que pour certains on puisse boire immédiatement ensuite cette eau)
iii) à l'imperceptibilité des micropolluants
iv) à leur diversité dans une multitude de produits disponibles sur le marché (question du choix des consommateurs)
v) au déficit de connaissances scientifiques sur les micropolluants qui laisse persister doutes et controverses quant à leurs impacts potentiels (environnement et santé)
vi) à la difficulté de relier les usages de la sphère domestique à leur présence dans les eaux usées et à la pollution des milieux aquatiques.
vii) au biais de conformité supérieure de soi en référence à la norme pro-environnementale qui rend moins efficaces les messages de prévention

3. Leviers d'action préconisés

Sans doute, les individus sont-ils partagés entre l'idée diffuse d'une toxicité généralisée des produits (diffusée par les médias au sein de notre « société du risque ») et la difficulté à établir une continuité entre les différentes échelles spatiales (entre le chez-soi et le milieu aquatique en général, entre le cours d'eau à proximité et le grand fleuve plus lointain) et temporelles (mes consommations actuelles et leurs conséquences à long terme).

La question du choix (de consommation, d'exposition) est également importante à resituer ici. Si on s'autorise une illustration, il est couramment dit qu'il est moins dangereux d'habiter près d'une centrale nucléaire que de fumer des cigarettes, pourtant pour la plupart des gens, le risque perçu est plus grand dans le premier cas que dans le second parce que l'exposition au risque n'est pas volontaire, elle n'est pas le résultat d'un choix. De la même façon, la question du choix est importante dans la problématique des micropolluants. C'est la possibilité de choisir librement de son exposition ou de sa non-exposition à certaines molécules, qui détermine sa tolérance ou son intolérance. Par exemple, certaines molécules « toxiques » qui font l'objet d'utilisations thérapeutiques ne sont alors pas du tout « vues » de la même façon que si on y est exposé de manière involontaire. On a donc deux types de risques : les risques auxquels nous sommes prêts à nous exposer pour atteindre un bienfait et les risques qui n'ont pas d'intérêt pour nous. La question du choix est donc cruciale et doit être prise en compte.

Leviers d'action :

- Il est donc nécessaire de **personnaliser et relocaliser la question de la pollution des milieux aquatiques**, en apportant aux individus des connaissances territorialisées concernant le petit cycle de l'eau et les impacts observés, à l'exemple de la synthèse réalisée sur le sujet et ciblée sur la métropole bordelaise dans le cadre du Living Lab (« Book », cf Barrault *et al*., 2016°)

- En lien avec l'invisibilité de la pollution de l'eau, cette personnalisation peut également être réalisée grâce à une reconnexion à l'environnement, par exemple par **l'intermédiaire d'activités en lien avec la nature** dont on sait qu'elles encouragent le pro-environnementalisme

Il est également important de faire entrer cette question dans la sphère privée c'est-à-dire à **conférer un sens au changement de comportements domestiques, et préciser le lien entre comportements et rejets**. Ces leviers d'action peuvent concerner les 3 phases de la consommation, lors de l'acquisition des produits, lors de leur usage ou lors de leur rejet. Par exemple, certaines pratiques (hygiène/soin du corps, entretien de la maison, ..) seront suivies par les ménages eux-mêmes lors de l'expérimentation « Familles EAU défi » mise en place dans le lot 3 du projet REGARD. Autre exemple concernant la phase d'acquisition et d'usage : des messages d'information et de sensibilisation renforçant les connaissances déjà acquises et surtout invitant les usagers à être plus attentifs aux produits utilisés et aux substances qu'ils contiennent pourraient être bénéfiques (même si les résultats nous montrent que les représentations ne sont pas forcément des prédicteurs du changement comportemental)

- Les leviers doivent aussi concerner le **remplacement des produits « polluants » par d'autres « plus sains »**, (ce qui a souvent été observé à la suite de scandales impliquant le lien santé-environnement)
- Cependant, si cette substitution de produits est souvent plébiscitée par les consommateurs eux-mêmes, on peut se questionner sur l'innocuité totale des nouveaux produits mis sur le marché, en matière d'impact sanitaire et environnemental. Ainsi, le levier d'action le plus efficace est sans doute **d'éduquer les citoyens afin d'accroître leur expertise**. A titre d'exemple de leviers d'actions : réduire le nombre de produits différents utilisés pour un même usage (pour réduire la diversité des substances associées aux produits) ; diminuer les quantités de produits utilisés pour un même usage (par des moyens techniques comme des systèmes de distribution de doses adaptées ou par des moyens comportementaux comme le fait de remplir le tambour de sa machine à laver…).
- Enfin concernant les « mauvais » rejets de substances (restes de peintures, médicaments périmés, huiles…) dans les éviers, toilettes et caniveaux rejets, **l'information et la sensibilisation** est primordiale, comme l'étiquetage sur les produits, les messages de proximité en provenance des élus et des services de l'Eau.

Partie 3. Synthèse concernant la source pluviale

Cette partie présente la synthèse du livrable concernant la sous-tâche « source pluviale » de la tâche 1.2 du projet REGARD (Barillon et Ferré, 2016). A noter que ce travail réalisé sur la source pluviale a été réalisé de manière concertée avec la source « Collectivités » (Partie 4).

1. Introduction

L'urbanisation croissante et notamment l'imperméabilisation des sols en milieu urbain a accru les impacts des eaux pluviales : les volumes d'eau ruisselés sont plus importants et le lessivage des surfaces charge les eaux pluviales en polluants provenant de l'activité humaine. Il est à présent communément admis que les eaux pluviales sont des vecteurs de pollution et peuvent être responsables de pics toxiques dans les écosystèmes aquatiques. Un certain nombre de projets et de programmes de recherche ont, ces dernières années, mis en évidence la présence de micropolluants (MP) dans ces eaux pluviales et leur contribution significative à la pollution des milieux récepteurs.

La protection des plans d'eau, liée à la réglementation européenne, comme la Directive Cadre sur l'eau (2000), nécessite de savoir identifier, délimiter et quantifier les sources de contamination dans le but d'identifier les leviers d'actions possibles pour lutter en amont contre ces rejets de micropolluants. Dans le cas où ces sources ne pourraient être réduites, des solutions curatives telles que le traitement de ces eaux pluviales pourraient être envisagées afin de limiter l'émission de ces polluants dans les milieux récepteurs.

L'objectif de la sous-tâche 1.2.2 du projet REGARD est de répondre aux questions suivantes concernant la source pluviale :

- **Quelles sont les origines des MP présents dans la source pluviale ?**
- **Quelles actions peut-on mettre en place pour empêcher/réduire les rejets de MP ?**

Il s'agit donc d'identifier et de comprendre les différentes origines des micropolluants dues aux rejets par temps de pluie dans les systèmes aquatiques afin d'être en mesure de proposer des solutions de réduction ou de traitement.

Les eaux pluviales revêtent une importance particulière sur le territoire de Bordeaux Métropole qui est déjà engagée dans une stratégie de maîtrise des inondations et de réduction des rejets par temps de pluie avec la mise en place d'une gestion dynamique.

2. Sources des micropolluants dans les eaux pluviales

Les micropolluants présents dans les réseaux d'assainissement, unitaires ou séparatifs, ont plusieurs origines : la pollution atmosphérique, les eaux de ruissellement des surfaces urbaines et l'érosion des structures urbaines et la remise en suspension des dépôts dans les réseaux eux-mêmes. Les polluants issus des retombées sèches constituent un flux minoritaire même si non négligeable comparé au flux de polluants issus du ruissellement.

Dans cette étude, seules les sources liées aux eaux de ruissellement et à l'érosion des structures urbaines, pour lesquelles des actions de réduction à la source dans le périmètre d'une agglomération sont envisageables, ont été considérées.

Une **revue bibliographique** a permis d'identifier les sources et/ou agents à l'origine des émissions de micropolluants liées aux surfaces et structures urbaines.

2.1. Toitures

Les eaux de ruissellement sur les toitures sont essentiellement contaminées par des métaux, dans des concentrations variables selon le type de toiture.

Les HAP et pesticides présents sont issus des retombées atmosphériques sur la toiture. Cependant certaines molécules antialgues ou autres, comme par exemple la terbutryne utilisée comme biocide dans les peintures et matériaux de construction, peuvent provenir des peintures appliquées.

Matériaux composant les toitures

Les eaux ruissellant sur les toitures présentent des concentrations moyennes en Cd, Cu, Pb et Zn 4 à 6 fois plus élevées que les eaux de voiries et 20 à 30 fois supérieures à celles des EU de temps sec (Gromaire-Mertz, 2001).

Les matériaux utilisés (aluminium, zinc, etc.) influencent beaucoup la concentration des eaux de ruisselement. Les apports en zinc par les toitures entièrement revêtues de zinc sont de 5 à 60 fois supérieures à celles de toitures qui ne présentent aucune partie ou accessoire en zinc. (Gromaire-Mertz, 1998).

Les quantités de métaux issus du ruisselement sur toiture dépendent de nombreux paramètres environnementaux tels que le niveau de contamination atmosphérique, le volume des précipitations, l'acidité et l'intensité de la pluie, l'alternance des périodes sèches et humides, la vitesse et la direction du vent, mais aussi de certaines caractéristiques du matériau telles que l'âge et la composition par exemple.

Les toitures métalliques anciennes génèrent un plus large éventail de micropollutants dans les eaux de ruissellement. Les flux annuels en métaux sont plus importants. Par ailleurs, certains matériaux traités comme l'anthra-zinc entraine la libération de Ni.

Les matériaux de toitures métalliques les moins polluants sont l'aluminium, l'acier inoxydable et l'acier galvanisé pré-peint. Les matériaux de gouttières les moins contaminants sont l'aluminium (pré-peint ou non). Les meilleurs choix de matériaux sont : la tuile, l'ardoise, le ciment et le béton à condition qu'il n'y ait aucun élément en Zn ou Cu.

Produits d'entretien des toitures

Il existe diffférents produits d'entretien des toitures (d'après Van de Voorde, 2012) :

Tableau 6. Liste des produits d'entretien des toitures

Produits	Composition	Commentaires
Produits de nettoyage	Détergents alcalins, tensioactifs anioniques	
Produits de traitement	Biocides, fongicides et agents de surface Contiennent en général du chlorure de benzalkonium	
Produits imperméabilisants	Peuvent contenir des hydrocarbures	Surtout répandus sur les toitures anciennes
Peintures de toitures	Certaines contiennent pyrithoine de zinc et terbutryne (juqu'à 1%)	

4 produits de démoussage et nettoyage/décapage de toiture ont été analysés dans l'étude « *DCE & Artisanat* ». Parmi les substances analysées, 14 ont été quantifiées dans les produits (dilués

aux concentrations d'utilisation pour se rapprocher le plus possible des conditions de rejets sur chantiers) à des concentrations supérieures aux Normes de Qualité Environnementale ou aux Valeurs Guides Environnementales : (1) Métaux : Mercure, Plomb, Nickel, Chrome, Cuivre, Arsenic et Titane, (2) BTEX: *Xylènes, Toluène et Ethylbenzène*, (3) Alkylphénols : Ethoxylates de Nonylphénols, (4) Chlorophénols : 2,4-dichlorophénol et (5) Autres : Fluorures et Formaldéhyde[8].

2.2. Voiries

Les micropolluants issus de la voirie sont essentiellement des métaux. Les eaux de ruissellement de voiries présentent aussi de fortes concentrations en HAP. La présence des HAP est due principalement aux dépôts générés par le trafic routier provenant de la combustion des carburants ou de fuites d'huiles et graisses.

Bitume et mobilier urbain

Les bitumes peuvent être des agents d'émission de HAP (naphtalène et le phénanthrène). Ils contiennent aussi des métaux en mélanges complexes.
Certains éléments en bois présents sur la voirie (poteaux électriques, etc.) peuvent être traités à la créosote pour ses propriétés biocides et leurs caractéristiques hydrofuges. Ainsi, les HAP présents dans celles-ci permettent de lutter efficacement contre la pourriture.
L'utilisation de créosote est fortement limitée par la réglementation mais il est possible d'en utiliser pour la préservation du bois par dérogation.
Les peintures de marquage au sol sont également à l'origine d'une émission potentielle de métaux (Chocat,1997), en particulier le Pb.
Les glissières contribuent en grande partie aux flux de Zn dans les eaux de ruissellement sur la chaussée

Véhicules

Les pneumatiques de véhicules contiennent des métaux, notamment Zn, et des HAP. Les plaquettes de frein peuvent générer des métaux : Cu, Pb, Zn. Leur abrasion est l'agent principal du Cu issu des voiries.

Usage des voiries

Certains sels de déneigement, selon leur provenance, contiennent des métaux.

D'autres micropolluants ont pour origine les déchets des habitants des villes tels que les déchetteries illégales, les déjections canines, les mégots de cigarettes. Ces déchets sont à l'origine de chlorométhane (CH_3Cl) et de HAP (Zgheib, 2009).

Les activités artisanales peuvent être à l'origine de micropolluants si leurs eaux de lavage et rinçage sont éliminées dans les caniveaux des voiries. (Fischer, 2014). Ces activités (sédentaires ou sur chantiers) peuvent être : (i) Garages, carénage et carrosserie métiers de l'automobile, (ii) Imprimerie, (iii) Prothésiste dentaire, (iv) Coiffure, (v) Pressing, (vi) Métiers du bois, (vii) Peinture de bâtiment et (viii) Nettoyage de locaux.

[8] En italique sont indiquées les substances quantifiées à des concentrations maximales importantes par rapport aux VGE (valeurs Guide Environnementales) ou aux NQE (Norme de Qualité Environnementale)

2.3. Façades

Les activités du bâtiment et travaux publics ont pour matériaux principaux les métaux, ciments, bois, peintures et plastiques/PVC. Les revêtements les plus courants sont les additifs, retardateurs de flammes, agents biocides et plastifiants. Les micropolluants organiques et non-organiques constituants de ces matériaux sont très diversifiés et jusqu'à présent peu identifiés.

En Europe le Pb est un additif fréquemment utilisé lors de la fabrication du PVC afin d'augmenter sa résistance. L'influence des radiations UV, de l'acidité de l'eau et de la concentrations en anions sur le relargage du plomb dans le PVC a été démontré (Al-Malack, 2001). De nombreux métaux sont également retrouvés dans les peintures (métaux biocides, comme le titane et l'argent et les produits de traitement). Des façades en bois peint peuvent par exemple être à l'origine d'émissions de Pb ou Ag. Kaegi a étudié les emissions de nanoparticules de Ag issus de ruisselement d'eau de pluie sur des peintures d'extérieur fraichement appliquées (Kaegi, 2010).

Les biocides sont régulièrement incorporés dans les peintures et autres revêtements afin de prévenir du développement de végétaux et microorganismes. De nombreuses études montrent que les biocides peuvent être libérés lors du ruissellement d'eau de pluie sur certaines façades. Des concentrations de l'ordre du µg/L de biocides ont été détectées dans les eaux de ruissellement de réseaux séparatifs (Plagellat, 2004). Les composés principaux recherchés sont le diuron et l'isothiazolinone, mais également la terbutryne et la carbendazime.

La grande diversité des molécules en jeu et l'apparition continuelle de nouveaux composés de synthèse rend la description des micropolluants originaires du BTP difficile. Les émissions de micropolluants provenant de matériaux du BTP ne semblent pas suivre une tendance saisonnière, à la différence des pesticides de l'agriculture.

2.4. Entretien des cimetières

Parmi tous les espaces susceptibles d'être désherbés en ville (cimetières, terrains de sport, trottoirs, parcs), ce sont les cimetières et les terrains de sport qui nécessitent encore le plus l'utilisation de produits phytosanitaires. Le traitement des cimetières est problématique car les pesticides sont directement déposés sur les sols bétonnés et imperméables, puis entrainés par ruissellement. Le programme Compamed estime qu'un cimetière est traité 3 fois par an, à raison de 656,4 g/ha de glyphosate.

2.5. Entretien des chemins de fer

Une prolifération de la végétation sur les voies de chemin de fer peut entraîner une diminution de la visibilité des conducteurs de trains, le patinage des trains et l'usure des ouvrages de génie civil. L'utilisation de pesticides est alors obligatoire (Les traitements chimiques de la végétation des voies ferrées par la SNCF, 2016).

La SNCF utilise par ailleurs des créosotes lourdes (distillation entre 200 et 450°C) pour les traverses de chemin de fer. Leur usage décroît au profit des traverses en béton (utilisées pour l'entretien de lignes traditionnelles existantes).

D'après le département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, les substances ayant pour origine les voies de chemin de fer sont les HAP issus des traverses en bois, les métaux tels que Fe, Cu, Zn, Cr et Ni. Ce sont les composants de la ligne de contact, du matériel roulant et notamment des freins ainsi que des rails (fer seulement) et les pesticides. Depuis les années 90 le glyphosate est utilisé et, dans des cas particuliers, le Triclopyr. Il n'existe cependant pas de données sur les flux associés.

Pour synthétiser, les agents à l'origine de micropolluants dans les eaux pluviales concernent les matériaux (toitures, bitumes, mobilier urbain), les produits et pratiques d'entretien (toitures et façades, voiries, cimetières, chemins de fer), ainsi que l'usage des véhicules (usure, fuites).

3. Origine des micropolluants sur le territoire de Bordeaux Métropole

Cette 2ème étape de l'étude à consister à réaliser des **interviews** et des **enquêtes terrain** auprès d'usagers, de professionnels (artisans, commerçants) ainsi que des **observations terrain** dans des quartiers urbains choisis de Bordeaux Métropole dans le but d'identifier les pratiques et les usages qui seraient susceptibles de contribuer à l'émission de micropolluants dans les eaux pluviales. Ces émissions ont été recherchées principalement parmi les sources de micropolluants liées aux surfaces et structures urbaines décrites dans la section 2.

3.1. Enquête terrain sur les pratiques liées aux surfaces et structures urbaines

Objectif : étudier simultanément les pratiques liées aux voiries (entretien, peinture au sol), aux façades (ravalement, peinture anti-urine et nettoyage des tags), aux usagers, aux artisans, aux commerçants.

Périmètre : Milieu *urbain*, préférentiellement connecté à un réseau séparatif, même si ce n'est en général pas le cas des zones du centre ville bordelais : (i) Quartier de la cathédrale Saint André (Bordeaux) densément emprunté par les piétons, (ii) Marché de Saint Michel et des Capucins (Bordeaux), (iii) Quartier densément emprunté par les automobilistes, Boulevard du Président Franklin Roosevelt (Bordeaux) et (iv) Quartier résidentiel de la ville de Talence avec un parc.

Méthodologie

- Tous les éléments potentiellement polluants sont notés : décharges illégales, produits déversés dans les caniveaux par des passants ou des artisans, autres déchets notables.
- **Observation** des pratiques couplée à l'interview d'usagers et de commerçants par le biais d'un **questionnaire** court et simplifié.
- **Contacts** et **enquêtes** auprès de différents services techniques de la ville de Bordeaux (cf Point 3. sur la source « Collectivités »).

Résultats

- **Issus du questionnaire** : pour les usagers de la voirie de Bordeaux, les résultats sont peu concluants : habitués des questionnaires de rue, les piétons n'ont pas donné d'informations utiles pour le projet REGARD : faible fréquence des phénomènes recherchés et capacité limitée des passants à observer des évènements marquants.
- **Observations** principales :
  - présence de poubelles débordantes sur les trottoirs *(*cartons, postes de matériel électro-ménager usagés, etc.) ;

- aucun déversement illégal dans les caniveaux n'a été observé. La faible fréquence de ce type de pratique peut expliquer ce résultat ;
- aucun déversement suspect par des artisans travaillant sur les façades de bâtiment n'a pu être observé.

- **Autres enquêtes :**
  - Les produits suivants, pouvant ruisseler vers les avaloirs, sont utilisés pour le nettoyage des espaces publics : trottoirs, routes, places publiques, abord de fontaines, …) :

Produit	Détails	Utilisation	Substance active
Decol'Affiches	Détergent	Décoller les affiches Utilisation faible	Anionique
Ecotar	Antitartre corrosif sans phosphate et non fumant	Pulvérisation puis rinçage à l'eau autour des bassins et des fontaines (non dilué)	Acide méthanesulfonique
Stopmous Pro	Anti-mousse corrosif	Élimination des mousses végétales des fontaines (non dilué)	Ion ammonium quaternaire
Major NM880	Dégraissant corrosif	Dans les nettoyeuses pour dégraisser les rues piétonnes. Produit réabsorbé par la machine mais restes sur la route (dilution à 2%)	Hydroxyde de potassium
Lit Sol Indus	Nettoyant pour sols industriels, corrosif et décapant	Même application que la Major (dilution à 5%)	Non disponible
Masquodor	Lutte contre les odeurs	Dans les nettoyeuses (dilution jusqu'à 500 x)	Composés aromatiques

- Activités des façades : les pompes à béton souvent postées en bordures de chantier peuvent être à l'origine de salissures et de déversement d'eaux dans les avaloirs : émission potentielle de graisses, d'hydrocarbures et de métaux.
- Marquage au sol pour les travaux. Ces peintures peuvent contenir différents polluants tels que des métaux.
- Élimination des tags : 2 produits biodégradables utilisés, appliquées au pinceau sur les murs tagués : Le STG5 Bio et le STG3 Bio dont les substances actives sont le N-Méthyl-2-pyrrolidone et Hydroxy méthyl cellulose respectivement.

3.2. Enquête sur les pratiques du traitement des toitures

Méthodologie : Interviews téléphoniques avec des couvreurs, des professionnels du nettoyage de toitures, les grandes surfaces et fournisseurs de produits de nettoyage et traitement de toiture

Résultats

Grandes surfaces et revendeurs :

Ils fournissent les particuliers et les professionnels en une grande variété de produits antimousses, anti-algues, nettoyants, imperméabilisants et hydrofuges.

Le composé retrouvé le plus souvent est le chlorure de benzalkonium, de la famille des ammoniums quaternaires. D'une manière générale, la quantité d'ammoniums quaternaires

épandue par mètre carré de toiture est toujours du même ordre de grandeur quelques soient les produits, soit *4 à 8 g/m².*

L'un des produits antimousses vendu, le SIKA a été par ailleurs analysé par le CNIDEP. Les micropolluants suivants ont été détectés : benzène (2.6 µg/L), Chrome (0.01 mg/L), 2-4dichlorophénol (2.2 µg/L), toluène (16 µg/L).

La plupart de ces produits sont vendus comme hautement biodégradables (> 90% de biodégradabilité).

Les produits antimousses utilisés sont vendus sans conseils particuliers vis-à-vis de la protection de l'environnement et des milieux récepteurs. Les ventes se font majoritairement dans l'intervalle printemps-automne.

Professionnels de l'entretien des toitures

Les produits antimousses utilisés sont majoritairement des solutions aqueuses de sels d'ammoniums quaternaires.

L'un des produits utilisés contient de l'isothiazolinon et de la terbutryne (Technicide+, Techniclean). Le produit concentré a par ailleurs été analysé par le CNIDEP. Les micropolluants suivants ont été détectés : benzène (1.8 µg/L), tétrachloroéthylène-1,1,2,2 (0.9 µg/L), 2,4-dichlorophénol (34 µg/L), ethyl-benzène (16 µg/L), toluène (3.1 µg/L), xylène (13 µg/L).

3.3. Enquête sur les pratiques liées aux espaces verts

Parmi tous les espaces susceptibles d'être désherbés en ville (cimetières, terrains de sport, trottoirs, parcs, …), cimetières et terrains de sport sont ceux dont l'entretien nécessite l'utilisation la plus importante de produits phytosanitaires. En 2015, 14 communes de l'agglomération de Bordeaux utilisent des produits phytosanitaires.

Entre 5 et 10L de chaque produit sont utilisés chaque année pour ces cimetières. Les trois produits les plus utilisés au sein des communes sont les suivants :

Produit	Usage	Substance active
Round up	Herbicide	Sel d'isopropylamine de glyphosate
Aikido	Herbicide	Flazasulfuron
Katoun	Herbicide « biologique »	Acide pelargonique

Pour les terrains de sports, en 2015, 15 communes utilisent des produits phytosanitaires. Une politique « zéro phytosanitaire » est appliquée sur certains terrains mais pas à l'échelle globale de la commune. Viennent compléter la liste des produits mentionnés pour l'entretien des cimetières :

Produit	Usage	Substance active
Greenor	Désherbant sélectif des gazons graminés	MCPA sel de potassium
Enclean	Anti-mousse concentré biologique	Acide nonanoïque
Floranid gazon	Engrais chimique	Azote + anhydride sulfurique

3.4. Autres agents d'émission

Aux agents d'émission précédemment cités, il faut aussi rajouter celles des activités rejetant légalement leurs eaux dans le réseau pluvial. Conformément à l'article L.1331-10 du Code de la Santé Publique, Bordeaux Métropole délivre les autorisations de déversement des eaux usées autres que domestiques au réseau d'assainissement à des industriels, artisans et commerçants situés sur le territoire métropolitain.

11 entreprises ont été répertoriées par la SGAC. Cette liste est donc non exhaustive et peut être non représentative des rejets d'eaux usées autres que domestiques dans le réseau pluvial. La SGAC ne possède des mesures de polluants que pour 4 de ces établissements :

Activité	Principaux polluants détectés (contrôles inopinés)
Station de nettoyage de camions	HAP, Al, Zn Cu
Fabrication d'accumulateurs	Zn, Cd, Cr, Cu, HAP (naphthalene, anthracene, fluoranthene), nonylphenols,
Fabrication du béton	Métaux : Cu, Al, Zn, Mn, Fe, Ti
Fabrication du vin	Métaux, chloroforme, dibutylétain cation, nonylphénols, trichloroéthylène

4. Leviers d'action de réduction à la source

Les leviers d'action qu'il serait possible d'actionner afin de réduire les pollutions en micropolluants de la source pluviale peuvent être soit préventifs soit curatifs (Tableau 7).

Les **leviers préventifs** auront pour objectif de réduire les micropolluants **à la source** ou d'éviter d'introduire les substances dangereuses dans les réseaux pluviaux. Malgré tout, certaines solutions **curatives de traitement** avant rejet en milieu récepteur pour certains déversements très polluants peuvent également être des leviers efficaces à développer.

Les leviers d'actions, identifiés pour limiter les émissions de micropolluants, liées aux surfaces et structures urbaines ou liées aux pratiques et usages en milieu urbain, dans les eaux pluviales ou bien pour limiter la charge de micropolluants rejetés en milieu naturel à l'exutoire des réseaux pluviaux sont résumés dans les tableaux ci-après.

Dans le cadre des leviers de type préventifs et pour chacune des sources d'émission sont indiqués :

- les micropolluants concernés
- la liste des leviers identifiés
- les freins potentiels liés à la mise en place de ces actions

Tableau 7. Leviers d'action pour réduire les micropolluants dans la source pluviale

Source	Micropolluants ciblés	Leviers	Commentaires	Freins potentiels
PREVENTIF				
Toitures	Métaux : Pb, Cu, Cd, Zn, Fe	**Remplacement des toitures anciennes** et **privilégier les matériaux non métalliques** pour les nouvelles constructions	**Matériaux non métalliques** : *tuile, l'ardoise, le ciment ou le béton.* Proscrire tout élément de jointure en Zn, Pb ou Cu **Matériaux de toitures métalliques** les moins polluants : aluminium, acier inoxydable et acier galvanisé pré-peint.	Coût
			Toitures végétalisées : forte capacité de rétention hydraulique et des métaux, avantage pour la récupération d'eau de pluie	Composition des rejets dépendante des conditions hydriques, de l'épaisseur de la toiture, du type de végétaux, composants de la toiture… Rejets en nonylphenols déjà mesurés
	Métaux Alkylphénols Organoétains HAP Chlorophénols BTEX Phtalates Pesticides COHV	Nettoyage manuel des toitures	Utilisation d'une brosse dure et rinçage à l'eau (nettoyeur haute pression)	Procédure contraignante
		Optimisation de la dose de produits anti-mousse	Quantité souvent employée de façon empirique	Aucun
		Récupération et traitement des eaux de rinçage après traitement		- Coût de modification du système de gouttières - Traitement à identifier
		Traitement avec produit biodégradable		Analyses du produit à effectuer avant recommandation
Voiries	Métaux : Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, Zn HAP	**Traitement à la source** des eaux issues du ruissellement par **dispositif** de décantation/ filtration/ adsorption	Exemples des solutions testées dans le projet ROULEPUR ou dans le projet REGARD (parking perméable, filtre planté horizontal, accotements végétalisés, dispositif compact de décantation)	Peu d'évaluations in situ à ce jour
		Infiltration à la source des eaux issues du ruissellement	- revêtement voies rapides : route poreuse - revêtement voies lentes et parkings : route perméable - revêtement spécifiques des trottoirs	Coût
	Zn	**Remplacement des matériaux des glissières de sécurité** (bois sans traitement)		Prix d'achat équivalent mais durée de vie 2 fois plus courtes (15 ans vs 30)
	Produits pharmaceutiques Hormones	**Utilisation de sanitaires** par ex. de type « Pop Up » (UriLift)	Limiter les « incivilités » des piétons: sanitaires: unités logées sous le niveau de la rue pouvant sortir au niveau du sol et être disponible gratuitement pour les piétons. Les sanitaires sont connectés au réseau d'eaux usées	Acceptation par les usagers
	Produits pharmaceutiques	**Utilisation de peinture anti-urine**	Ex : peinture UtraEver Dry d'Ultratech	Prix : 500 € / 6m2 Adhérence de la peinture aux murs de pierre

Source	Micropolluants ciblés	Leviers	Commentaires	Freins potentiels
Façades	Métaux Alkylphénols Organoétains HAP Chlorophénols BTEX Phtalates Pesticides COHV Autres : phénols, formaldéhyde,..	**Décapage à la brosse métallique**	Employé par un artisan lors de l'enquête	Méthode longue
		Décapage à l'amidon de blé	Pas d'utilisation de produits chimiques : projection de particules d'amidon 0.8-1.5 mm par air comprimé 08-3 bar	Aucun identifié
		Décapage au laser	Impulsion lumineuse du laser transforme les 1ers µm de la couche à éliminer en plasma puis détente du plasma éjectant les polluants	Aucun ?
		Utilisation de peintures naturelles / biologiques		Analyses du produit à effectuer avant recommandation Coûts plus élevés
Gestion des espaces verts, cimetières et terrains de sport	Pesticides	**Sensibilisation / Communication** auprès des riverains et usagers	Prise de conscience des dangers liés aux produits phytosanitaires	Acceptation des changements de pratiques
		Gestion différenciée des espaces	Principe : limiter l'entretien et les traitements phytosanitaires et favoriser le développement d'une diversité faunistique et floristique. Utilisation de nouvelles techniques permettant de réduire les consommations de pesticides : désherbeur thermique, lutte biologique,…	Acceptation des changements de pratiques du fait de la remise en cause de la culture professionnelle des employés des jardins et de la propreté Couts supplémentaires (surcoût main d'œuvre)
		Interdiction à la vente des herbicides dangereux		Réglementaire
		Utilisation des produits biologiques		Analyses du produit à effectuer avant recommandation Coûts plus élevés
CURATIF				
Réseau pluvial	Pesticides, métaux, HAP, substances pharmaceutiques,.	**Traitement innovant des micropolluants**	Filtre technologie Salsnes avec coagulant/floculant et charbon actif si nécessaire. Pilote testé dans la phase suivante du projet REGARD	Analyse technico-économique à effectuer

Partie 4. Synthèse concernant la source Collectivités

Le document présente les principaux résultats des investigations menées dans le cadre de deux stages de master 2, (février à août 2016 et avril à septembre 2017), concernant l' « Etude de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein des services publics territoriaux » qui se sont déroulés au sein de la Direction de l'eau de Bordeaux Métropole (Buil, 2016 et Philippe, 2017). Une partie des résultats de ce travail a été présenté dans le livrable concernant la sous-tâche « source Collectivités » de la tâche 1.2 du projet REGARD (Pouly et Buil, 2016). A noter que ce travail a été réalisé de manière concertée avec la source « Pluviale » (Partie 3).

1. Les services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants

L'état des lieux des services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants identifie 10 thématiques susceptibles d'être concernées par cette problématique :

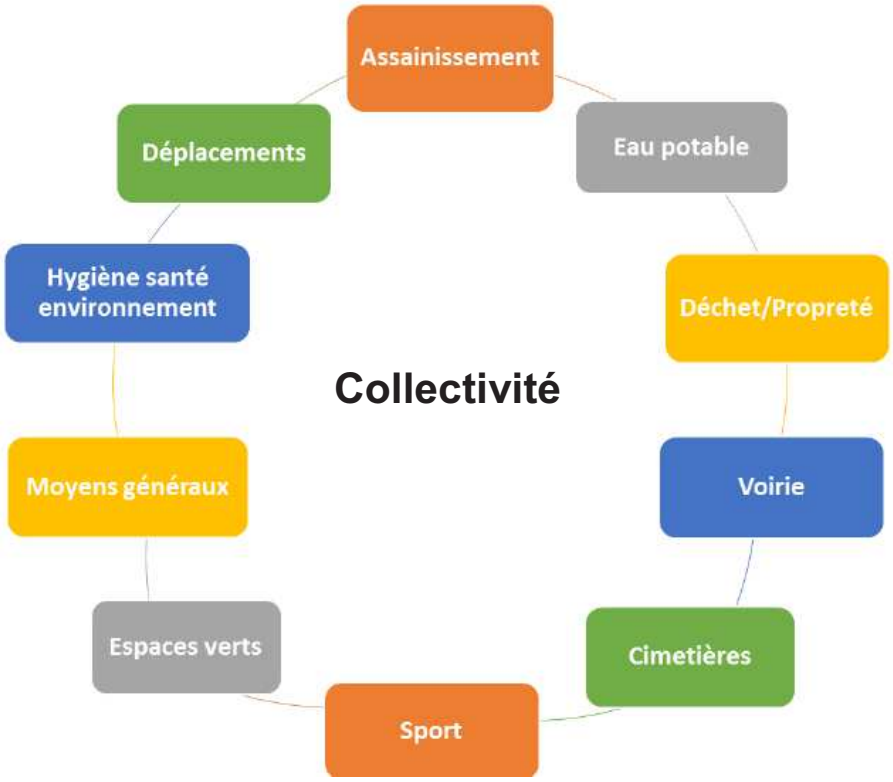


Figure 10. Etat des lieux des services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants

2. Les activités potentiellement émettrices

Pour chacune des 10 thématiques identifiées, les principales activités potentiellement émettrices de micropolluants tant au niveau des eaux usées que des eaux pluviales sont mentionnées ci-dessous (Figure 11).

Il ressort de l'analyse des activités pratiquées au sein de chacun de ces services que, pour la quasi-totalité d'entre elles, les émissions de micropolluants sont susceptibles de concerner les eaux usées comme les eaux pluviales.

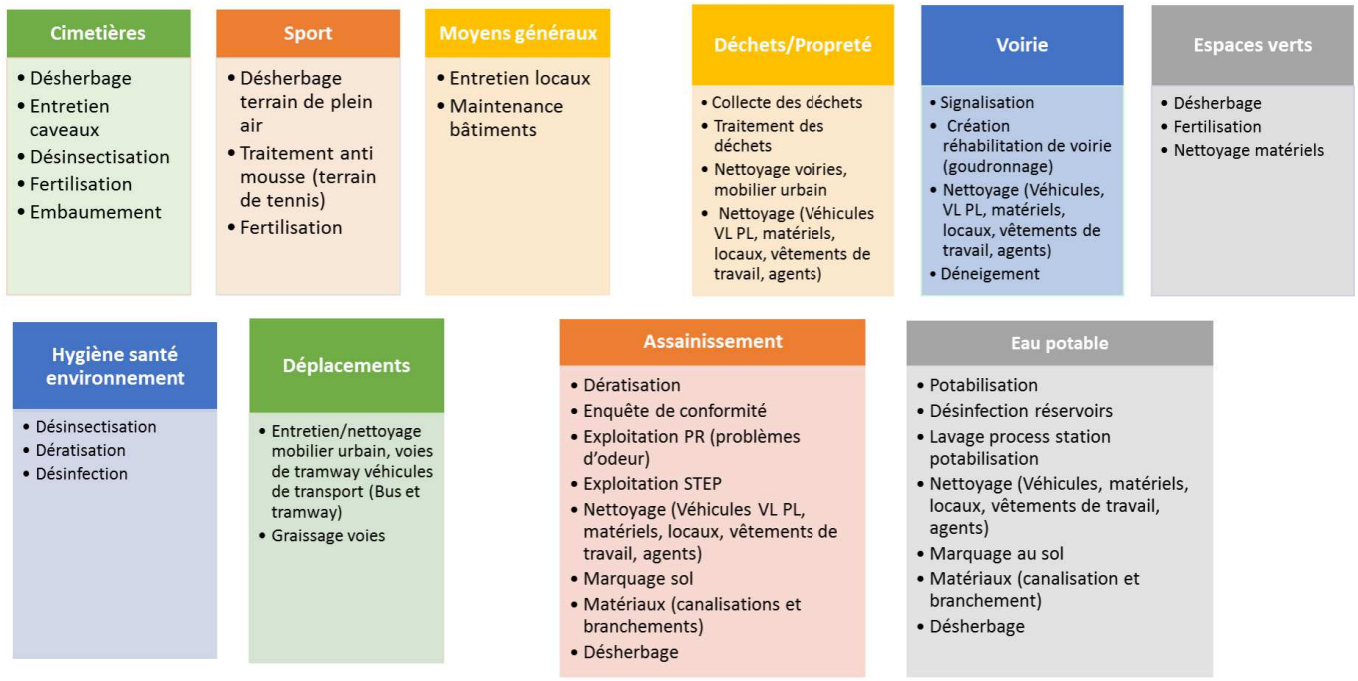


Figure 11. Activités potentiellement émettrices de micropolluants au sein des différents services de la collectivité

3. Prise en compte des micropolluants au sein de Bordeaux Métropole et des communes

En 2016, les entretiens réalisés au sein des différents services de Bordeaux Métropole mais également au sein des communes du territoire métropolitain ont permis :

- de recueillir des informations,
- de jauger le degré de connaissance et le niveau de prise en compte de la problématique des micropolluants,
- le cas échéant identifier les actions de réduction déjà mises en place,
- d'évoquer les leviers et les freins pour réduire les émissions de micropolluants à la source.

Bilan des entretiens :

- **30 entretiens réalisés**
- **50 personnes rencontrées**
- **21 communes**

Profil des personnes interviewées :

- **Dans les communes** : Chargés Agenda 21, Directeurs services techniques
- **Dans services métropolitains :** Chefs de service, chefs de centre, agents

Figure 12. Bilan des entretiens 2016 pour la source « Collectivités »

Globalement, le terme « micropolluants » n'est pas connu de la majorité des personnes interviewées.

Les micropolluants sont assimilés aux produits phytosanitaires. En effet, cette problématique est commune à plusieurs services urbains qui sont sensibilisés compte tenu des obligations règlementaires fixées notamment par la loi Transition énergétique pour la croissance verte à partir du 1er janvier 2017.

Au niveau des politiques métropolitaines et communales (notamment achat, développement durable) la prise en compte des micropolluants se fait de manière indirecte et cette problématique ne constitue pas un sujet en tant que tel.

En 2017, des investigations complémentaires ont été réalisées avec une approche psychosociale sur la thématique des pesticides. Un focus a été fait sur le cas particuliers de cimetières qui ne sont pas concernés de manière systématique par l'interdiction d'usage dans les espaces publics des pesticides par la loi « Transition énergétique ». En outre, une enquête a été réalisée auprès d'habitants de Bordeaux Métropole afin de connaitre le seuil de tolérance de la végétation spontanée au niveau des espaces publics (trottoirs, notamment) consécutive à l'arrêt d'utilisation de pesticides obligatoire depuis le 1er janvier 2017 mais déjà en vigueur sur de nombreuses communes de la métropole depuis plusieurs années.

6 responsables d'entretiens de cimetières rencontrés :

- Gradignan
- Carbon Blanc
- Parempuyre
- Saint Aubin de Médoc
- Talence
- Eysines

Enquête populationnelle (en ligne et face à face) sur la perception de la végétation spontanée :

- 245 répondants
- Répartis sur 26 communes

3.1. Politiques achat

Depuis 2007, une politique d'achat durable est mise en œuvre à Bordeaux Métropole. Un **guide** dématérialisé est à la disposition des acheteurs pour intégrer le développement durable à différents stades du processus d'achat :

- Préparation du marché public
- Sélection des candidats
- Définition des conditions d'exécution d'un marché dans le CCTP (Cahier des Clauses Techniques particulières)
- Définition des critères de choix des offres

Par ailleurs, un **référentiel achat durable** propose, par thématique, des clauses « développement durable » pour les marchés de travaux, fournitures et services.

3.2. Politique de développement durable

La quasi-totalité des communes de la métropole et Bordeaux Métropole disposent d'un agenda 21. Toutefois la plupart de ces agendas 21 arrivent en fin de cycle et ne sont pas reconduits sous cette forme. La politique de développement durable au sein de Bordeaux Métropole est en cours de révision. A ce stade, la problématique des micropolluants encore peu connue n'est quant à elle pas évoquée spécifiquement mais est abordée essentiellement sous l'angle des produits phytosanitaires.

3.3. Politique de l'eau de Bordeaux Métropole

Seule la politique de l'eau de Bordeaux Métropole adoptée le 16 décembre 2011 prend en compte explicitement et spécifiquement cette problématique en tant que telle.

4. Focus sur les émissions dans les eaux usées

Les principales émissions de micropolluants dans les eaux usées peuvent être rassemblées en 3 « groupes » (Figure 13).

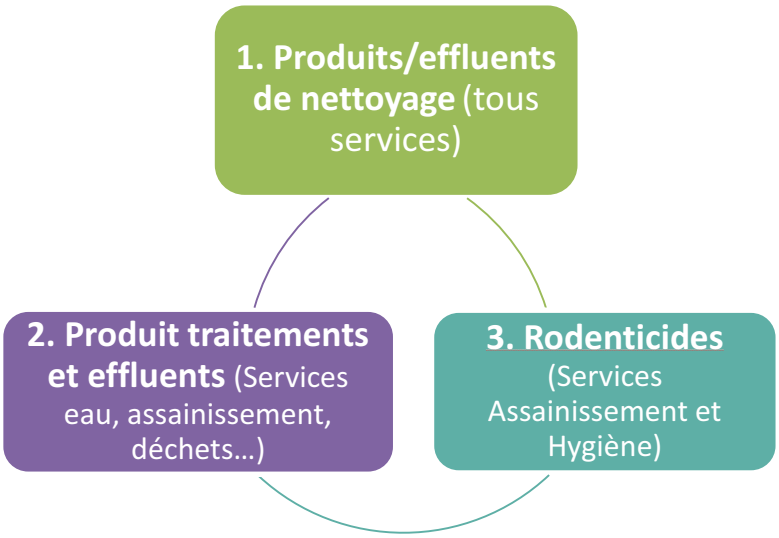


Figure 13. Les trois catégories concernant l'émission des micropolluants par la collectivité

1. Les émissions de micropolluants dans les eaux usées proviennent essentiellement des activités de nettoyages/entretiens des véhicules, locaux, bâtiments, matériels/outils, vêtement de travail et des personnes. Ces activités de lavage sont d'importances variables selon les thématiques mais sont communes aux 10 thématiques précitées (Figure 10).

> *A noter : selon les thématiques et selon les activités de lavage, des dispositifs de prétraitement des eaux usées peuvent être installés. Les ouvrages les plus fréquemment rencontrés sont les débourbeur-séparateur à hydrocarbures.*

2. Ces nettoyages peuvent entrainer des émissions de micropolluants de par :

- Les produits lavants utilisés (détergents, solvant…,) et les doses employées,
- Les souillures lavées,
- La désagrégation/ entrainement des matériaux lavés.

3. D'autres produits liés à des activités spécifiques sont également susceptibles de générer des émissions de micropolluants dans les eaux usées :

- Rodenticides utilisés par les services de l'assainissement et Hygiène-Santé-Environnement pour la dératisation,
- Produits utilisés pour les traitements dans les stations d'épuration, les usines d'eau potables, et les stations d'épuration des UIOM (usine incinération des ordures ménagères) et les effluents générés.

Tableau 8. Exemple de données de consommation annuelle des produits par les services de la collectivité

Services	Produits	Quantités (2015)
Assainissement	Chlorure ferrique (FeCl3)	1 479 tonnes par an
Eau	Sels d'aluminium	151 tonnes par an
Assainissement et Hygiène – Environnement - Santé	Rodenticide	1 316 kg/an
Eau - Assainissement - Déchets	Produits de nettoyage (Détergents…)	9000 litres environ

Concernant les produits de nettoyage, nous disposons seulement des données de 3 services. Nous constatons une grande diversité de produits utilisés et des quantités importantes consommées. Toutefois d'autres services sont potentiellement de très gros consommateurs (moyens généraux, déplacements…). Ces pistes restent à investiguer.

4.1. Leviers d'actions, freins et moteurs

Les principaux leviers d'actions, freins et moteurs identifiés pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux usées sont résumés dans le Tableau 9.

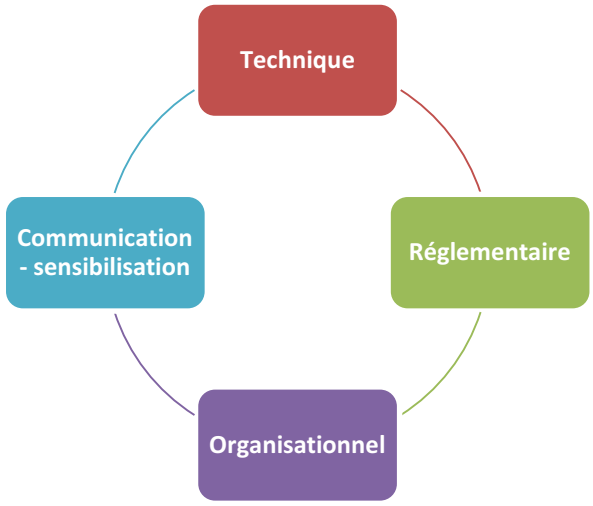


Figure 14 - Catégories de leviers d'actions

Tableau 9. Identification des leviers d'action, freins et moteurs pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux usées de la collectivité

Thématiques	Leviers	Freins	Moteurs
Produits de nettoyage	Systématisation de l'usage des produits écolabellisés	Coût	Prise en compte dans les marchés publics
	Systématiser l'usage de doseur automatique	Coût	Prise en compte dans les marchés publics
Autres produits et matériaux	Systématisation de l'usage des produits écolabellisés ou plus respectueux de l'environnement pour d'autres produits : peintures utilisées pour les bâtiments, pour la signalisation routière, pour les marquages routiers pour les services tel que l'eau et assainissement, pour le marquage des terrains de sports	Coût	Démarche déjà engagée dans certains marchés publics en cours des moyens généraux
	Remplacer la dératisation chimique par des techniques mécaniques	Coût	Démarche déjà engagée dans certaines collectivités, hôpitaux. Technique permettant de mesurer l'efficacité de la dératisation
	Intégration du critère micropolluants dans les matériaux utilisés (réseau d'assainissement, eau potable, enrobés de voirie…)	Coût	
	Caractérisation du potentiel d'apport de micropolluants dans certains produits utilisés en quantité importante (produits traitement dans stations épuration en particulier le chlorure ferrique, et unités de potabilisation d'eau)	Coût et faisabilité technique de substitution	
Gestion des déchets	Optimiser gestion (conditions stockage, adéquation filières élimination, traçabilité)	Coût, moyens humains	Renforcement maîtrise rejets non domestiques
Gestion des effluents	Systématisation de mise en place de pré-traitement des effluents en particulier de lavages (en particulier des outils, matériels et véhicules)	Coût, moyen humains	Aides Agence de l'eau pour certaines activités - renforcement maîtrise rejets non domestiques
Achat public	Sensibiliser acteurs (administratif et technique) aux clauses environnementales en vue de les systématiser dans les marchés non formalisés	Volonté politique	Réseaux acheteurs (ex. Association 3AR[9])
	Etablir un "catalogue" de clauses spécifiques sur la problématique des micropolluants par thématiques		Démarche déjà engagées sur d'autres problématiques environnementales
	Améliorer le suivi des prestations exécutées (renforcer les contrôles, pertinence des contrôles et l'application de pénalités : faciliter de mise en œuvre, …) en particulier sur les clauses environnementales	A intégrer lors de la rédaction des marchés publics - moyens humains	

[9] L'Association 3AR (Association Aquitaine des Achats Publics Responsables) s'adresse à toutes les entités soumises aux procédures de marchés publics. Elle poursuit en particulier les objectifs opérationnels suivants : Susciter l'intérêt des acheteurs et créer une dynamique autour des achats responsables ; Accompagner et faciliter les réalisations d'achats sur le plan technique, juridique et organisationnel ; Valoriser les retours d'expériences, évaluer les progrès réalisés ; Favoriser les échanges entre les membres et les autres acteurs pouvant contribuer aux achats responsables.

4.2. Produits éco labellisés et autres techniques alternatives

Au sein des services métropolitains, l'utilisation des produits éco labellisés (Ecolabel européen) concernent principalement les produits de nettoyage (détergents, dégraissants, …). De nombreux services utilisent des produits éco-labellisés. Par ailleurs, la direction en charge de moyen généraux au sein de la métropole ainsi que de nombreuses communes disposent également d'appareils de dosage automatiques des produits permettant d'éviter les surdosages de produit.

La dératisation sans produits chimiques par la mise en œuvre de techniques mécaniques innovantes est une solution alternative à l'utilisation de rodenticides, qui par définition sont des produits toxiques.

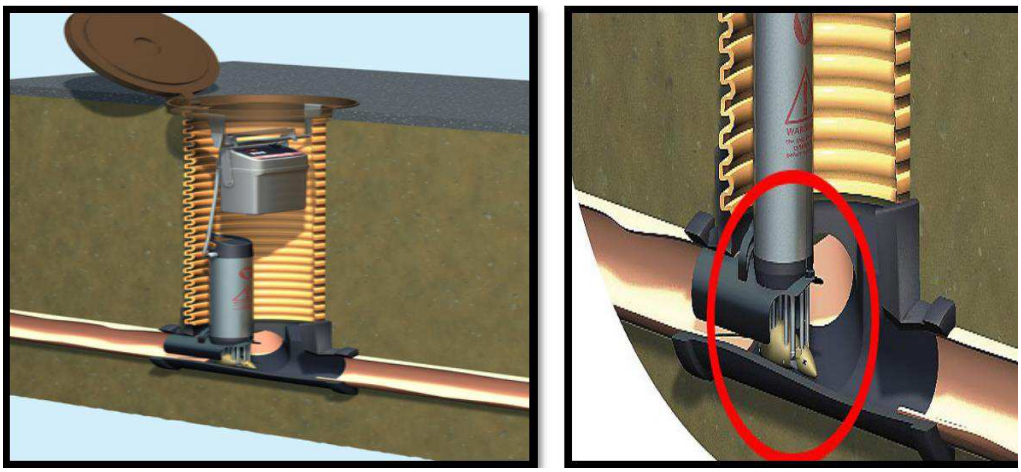


Figure 15 Exemple d'une technique mécanique(WiseCon®) permettant la dératisation des réseaux d'assainissement sans utilisation de produits chimiques

5. Focus sur les émissions dans les eaux pluviales

Les émissions de micropolluants des services des collectivités impactant les eaux pluviales concernent principalement la famille des pesticides. D'après les investigations menées, l'utilisation des pesticides est commune à plusieurs services métropolitains et communaux.

L'usage potentiel des pesticides, en particulier des herbicides, est susceptible de concerner les 6 services urbains suivants (Figure 16) :

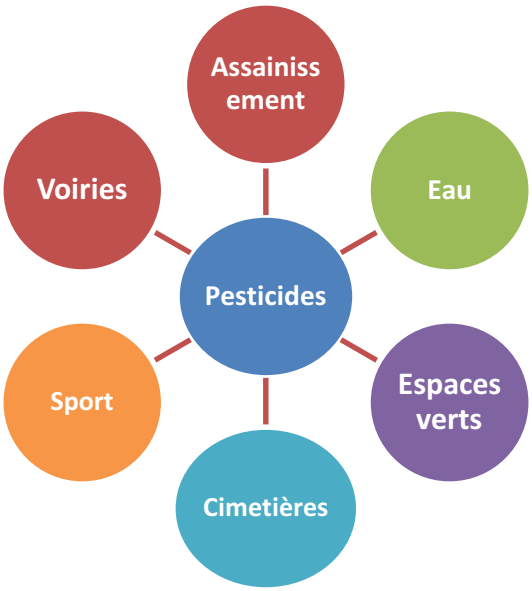


Figure 16. Usage potentiel de pesticides concernant 6 services urbains

Lorsqu'ils sont utilisés, les **pesticides majoritairement rencontrés** sont : le **Glyphosate**, le **Flazasulfuron** et le **Triclopyr**.

5.1. Rappel des obligations réglementaires en matière d'usage de pesticides dans les espaces publics :

La loi n°2015-992 du 17/08/2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte apporte des modifications à la loi Labbé :

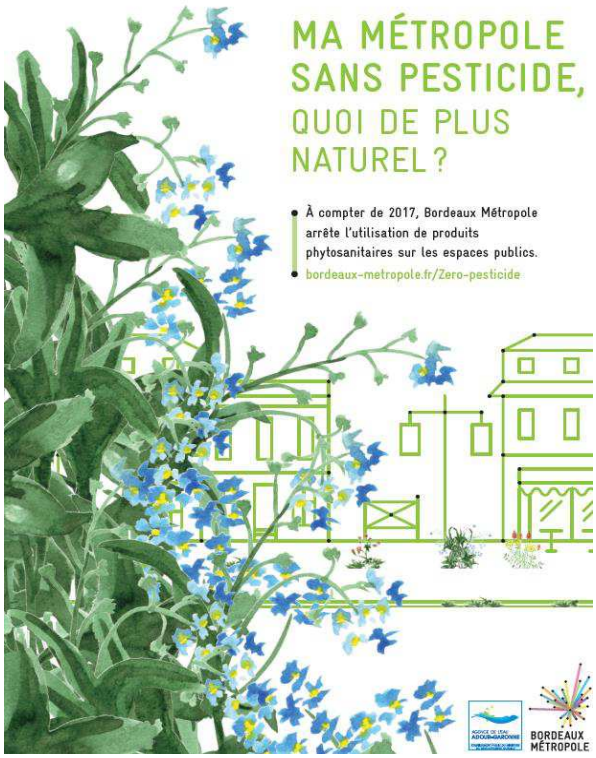
- Mise en place du zéro pesticide dans l'ensemble des espaces publics à compter du 1er janvier 2017 : l'interdiction d'utiliser des produits phytosanitaires par l'Etat, les collectivités locales et les établissements publics pour l'entretien, des espaces verts, promenade, forets et voiries.
- La commercialisation et la détention de produits phytosanitaires à usage non professionnels seront interdites à partir du 1er janvier 2019. Cette mesure concerne particulièrement les jardiniers amateurs.

Cas de dérogations : *« L'utilisation de produits phytopharmaceutiques est autorisée pour* ***l'entretien des voiries dans les zones étroites*** *ou* ***difficiles d'accès****, telles que les bretelles, échangeurs, terre-pleins centraux et ouvrages, dans la mesure où leur interdiction ne peut être envisagée* ***pour des raisons de sécurité*** *des personnels changé de l'entretien et de l'exploitation ou des usagers de la route, ou entraîne des* ***sujétions disproportionnées*** *sur l'exploitation routière »*

Cas particulier : Les terrains de sports et cimetières : ils ne sont concernés par l'interdiction que s'ils font l'objet d'un usage de « promenade » ou d' « espace vert » avérés : appréciation au cas par cas

5.2. Démarche zéro pesticide sur le territoire de Bordeaux Métropole

La démarche « Ma métropole sans pesticide » lancée depuis plusieurs années vise à répondre aux obligations réglementaires et permettre l'amélioration globale du cadre de vie en intégrant la santé et l'environnement tout en veillant à préserver les usages (circulation, sécurité, propreté).



Un état des lieux (2015) sur la démarche « zéro phyto » au niveau des espaces publics des communes du territoire de la Métropole a été réalisé par la Direction des espaces verts de Bordeaux Métropole pour **les activités « Parcs et jardins », « terrains de sport[10] », « Cimetières » et « Espace publics trottoirs chaussées »** pour mesurer le degré d'avancement de la démarche « zéro phyto » :

La prise en compte du zéro phyto est très variable selon les communes et les secteurs d'activités.

Sur 26 communes sondées :

- 11 % des communes sont en zéro phyto sur les 4 activités étudiées
- 7 % des communes utilisent des pesticides sur les 4 activités étudiées
- 82 % des communes sont en zéro phyto sur 1, 2 ou 3 des activités étudiées

[10] **Terrains engazonnés seulement**

Pourcentage de communes en zéro phyto par domaine d'activité :

- Parcs et jardins : 88%
- Espaces publics : 70%
- Terrains de sport : 38%
- Cimetières : 15%

A noter

Terrains de sport en matériaux inertes (pistes athlétisme, terrains de tennis, multi-sports, gazons synthétiques) ne sont pas pris en compte dans cet état des lieux.

Concernant la problématique des pesticides, les domaines du sport et surtout des cimetières sont moins engagées dans le « zéro phyto ». Les causes principales sont :

- La réglementation des terrains d'honneur : les terrains sont contraints par une réglementation bien précise, notamment sur la qualité de l'herbe des terrains de football. Cela oblige à utiliser des désherbants sélectifs.
- L'interdiction réglementaire « partielle » évoquée précédemment
- la perception des usagers.

D'autres services métropolitains sont en zéro pesticide depuis plusieurs années :

- **Eau**
- **Assainissement**
- **Cimetière intercommunal rive droite**
- **Cimetière intercommunal rive gauche**

D'autres problématiques d'émission de micropolluants dans les eaux pluviales ont été identifiées telles que :

- Embaumement (cimetières) : produits de conservation (formaldéhyde) des corps,
- Anti mousses utilisés pour les terrains de sports en matériaux inertes (pistes athlétisme, terrains de tennis, terrain multi sport, gazons synthétiques)
- Signalisation : peinture de marquage (services eau, assainissement, voirie)
- Traçage des terrains sportifs

5.3. Leviers d'action, freins et moteurs

Les principaux leviers d'actions, freins et moteurs identifiés pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux pluviales sont résumés dans le Tableau 10.

Tableau 10. Identification des leviers d'action, freins et moteurs identifiés pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux pluviales de la collectivité

Thématiques	Leviers	Freins	Moteurs
Pesticides	Communication auprès des usagers	Volonté politique de chaque commune	Plusieurs communications grand public en cours et à venir - Aides financières agence de l'eau et Conseil départemental jusqu'à 80% pour la communication
	Mise en œuvre de nouvelles pratiques de conception de l'espace public	Absence de portée réglementaire du guide de conception de l'espace public	Guide de conception de l'espace public (cahier Végét-eau finalisation 2017) Mise en place réseaux métiers Espaces verts et de nature et Gestion de la trame verte
	Mise en œuvre de nouveaux modes de gestion de l'espace public (formation des agents, nouveaux équipements techniques alternatives, plan de gestion différenciée …) en mettant l'accent sur les terrains de sport et les cimetières	Coût - perceptions des usagers, des élus et des agents - volonté politique - moyens humains - pénibilité - répondre aux usages de l'espace publics (circulation, sécurité et propreté) - règlementation	Aides financières agence de l'eau et Conseil départemental jusqu'à 80%, (formation, acquisition matériel plafond 20k€ par engin)
	Implication des citoyens dans une démarche globale d'amélioration du cadre de vie	Outils réglementaires à adapter	Nouvelles conventions "Trottoirs vivants" entre les communes et la Métropole
	Intégration de la gestion des terrains de sport en matériaux inertes (pistes athlétisme, terrains de tennis, multi sport, gazons synthétiques) dans la démarche zéro phyto	Règlementation	Démarche zéro phyto bien engagée sur le territoire de la métropole pour les terrains de sport engazonnés et quelques cimetières
	Généralisation de l'utilisation de désherbants "bio" type acide pélargonique	Coût - produits non adapté selon le stade de développement de la plante - nécessité d'utiliser grande quantité de produit	
	Rédaction arrêté type municipal relatif à la gestion des trottoirs par les riverains	Volonté politique de chaque commune	Projet d'arrêté par Bordeaux Métropole en cours de validation qui sera proposé aux communes
	Clarification des incertitudes loi labbé sur la gestion des terrains de sports et cimetières	Appréciation au cas par cas	Précision guide ministériel janvier 2017

Une marge importante de progrès est ainsi possible en mettant notamment l'accent dans les domaines du sport (en incluant les terrains inertes en particulier les terrains de tennis) et des cimetières qui ne sont concernés que de façon « partielle » par la réglementation comme indiqué précédemment. La systématisation du zéro phyto dans ces domaines relève ainsi de la volonté politique.

Partie 5. Synthèse concernant la source industrielle

Cette partie présente la synthèse du livrable concernant la sous-tâche « source industrielle » de la tâche 1.2 du projet REGARD (Barillon et Alferes, 2016).

1. Introduction

Suivant les différents secteurs industriels les usages de l'eau peuvent être extrêmement variés. Cela peut aussi être le cas sur un même site industriel. Le traitement et le recyclage des effluents générés par ces activités constituent également un défi environnemental pour de nombreux industriels. Les activités industrielles produisent des eaux résiduaires issues des processus de fabrication (utilisation de solvants, réactions chimiques, nettoyage des locaux et matériaux…).

Si la réglementation pour la protection de l'environnement autorise les industriels à rejeter dans le milieu naturel, elle leur impose en revanche de s'assurer de ne pas dépasser des valeurs limites de rejet pour certaines substances visées par des directives communautaires. Ces valeurs limites sont définies spécifiquement dans l'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation de l'installation, sur la base de l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Pour respecter ces limites, les industriels doivent traiter leurs eaux résiduaires soit à l'aide de leur propre station d'épuration, soit en passant une convention avec des stations d'épuration collectives.

Tout rejet significatif (sur la base de seuils déclaratifs) d'une installation classée pour la protection de l'environnement doit être déclaré aux autorités qui établissent un registre des émissions de polluants et des déchets accessible au public.

L'objectif de la sous-tâche 1.2.4 du projet REGARD est de répondre aux questions suivantes concernant les sources industrielles de micropolluants :

- **Quels sont les micropolluants d'origine industrielle présents dans les rejets d'assainissement ?**
- **Quelles actions peut-on mettre en place pour empêcher/réduire ces rejets de micropolluants ?**

Il s'agit donc d'identifier les différentes origines des micropolluants dans les rejets de type industriel afin d'être en mesure de proposer des solutions de réduction ou de traitement.

2. Sources des micropolluants dans les eaux industrielles

La plus grande source de données relatives aux micropolluants présents dans les rejets d'effluents industriels est celle qui a été constituée dans le cadre de l'action 3 RSDE. Entre 2003 et 2007, l'action nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau par les installations classées et autres installations, a permis de quantifier, dans les rejets de plus de 2 500 installations industrielles et dans plus de 20 régions françaises, les substances présentes parmi un panel de plus de 100 substances. La représentativité sectorielle de l'échantillon RSDE en nombre de sites et en termes d'émissions à partir du registre des

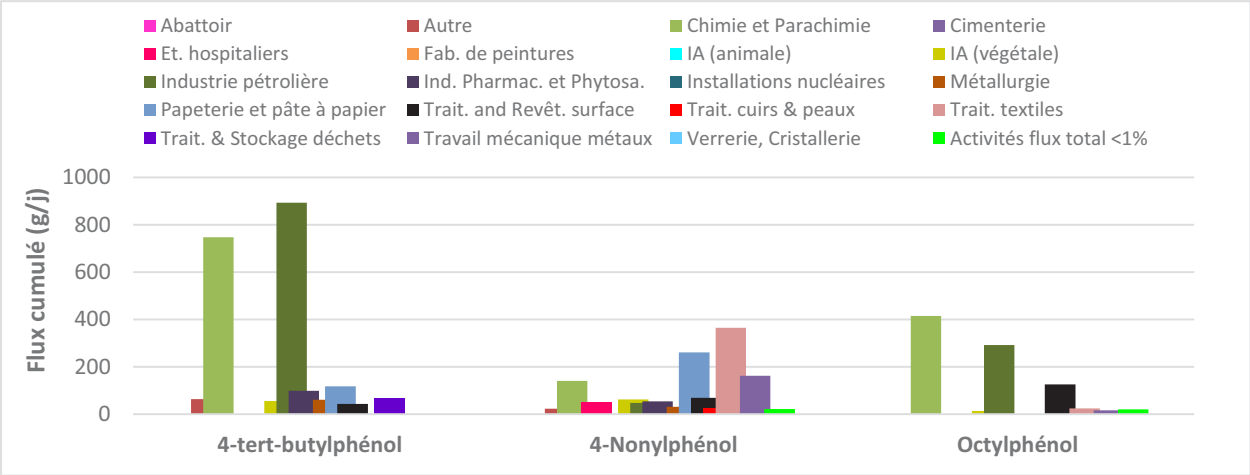
émissions polluantes 2005 a permis de conclure à une bonne représentativité de l'échantillon même si certains secteurs semblent peut-être légèrement surreprésentés (papeterie ou textile) ou sous-représentés (industrie agroalimentaire).

Une analyse détaillée des résultats de cette action a été réalisée dans le cadre de cette sous-tâche du projet REGARD. Cette analyse a eu le double objectif suivant :

1. Un micropolluant donné est-il **spécifique** d'un secteur industriel ou est-il commun à un certain nombre de secteurs industriels ? Cette question est d'importance lorsqu'il s'agit d'identifier les leviers d'actions. En effet, il sera probablement plus aisé de sensibiliser ou d'aborder la question avec un type d'industriel ciblé plutôt qu'avec tous les secteurs industriels. **Occurrence** et **flux** doivent aussi être croisés et la nature des micropolluants indiquée (substance prioritaire, substance prioritaire dangereuse ou autre).
2. En corollaire : que rejette principalement chaque secteur industriel ? Cette question est d'importance à l'échelle d'un territoire car elle permettra de prévoir les rejets des zones industrielles implantées sur une zone géographique en fonction de leur diversité d'industriels qui la constituent.

2.1. Substances au niveau national

L'analyse a été effectuée par substances. L'exemple de la **famille des alkylphénols** est présenté ci-dessous : flux et occurrences des 3 composés de la famille étudiés dans RSDE dans les 19 secteurs industriels considérés (Figure 17). Pour rappel, le 4-nonylphénol et l'octylphénol sont classés en *substance prioritaire dangereuse* et *substance prioritaire* respectivement.



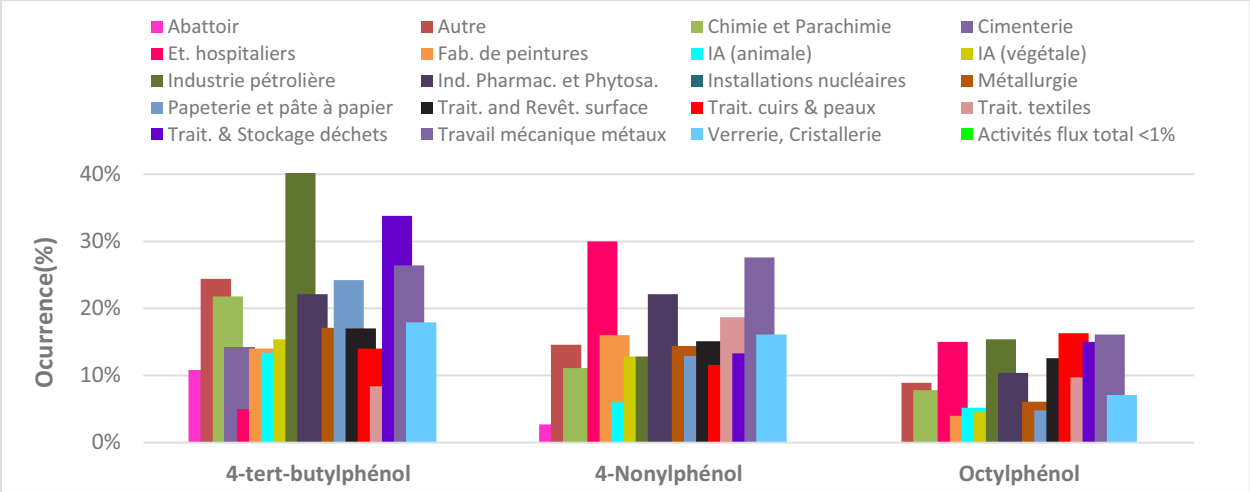


Figure 17. Flux cumulé et occurrence de 3 alkylphénols étudiés dans RSDE au niveau national

Les rejets de 4-nonylphenol ne sont pas spécifiques à un secteur industriel : ce composé est en effet retrouvé à des occurrences équivalentes dans 13 secteurs d'activités industrielles. En termes de flux, même si le traitement textile représente 30 % des rejets de 4-nonylphénol, ce composé ne peut pas être relié à un secteur industriel spécifique.

Dans le Tableau 11 et le Tableau 12, un bilan a été effectué sur les **substances prioritaires dangereuses**, mentionnées dans l'action RSDE. Pour chacune de ces substances sont indiqués :

- le nombre de secteurs d'activités qui rejettent ces substances dans leurs effluents : le nombre en flux est toujours inférieur ou égal au nombre en occurrence, les flux étant pour certains secteurs très faibles et intégrés dans la catégorie activités avec flux total < 1 % ;
- les 3 secteurs d'activités présentant les rejets les plus importants en termes de flux et le pourcentage associé par rapport au flux total de la substance ;
- les 3 secteurs d'activités présentant les rejets les plus importants en termes d'occurrence et le pourcentage associé.

Dans ces tableaux a été portée l'indication suivante : pour une substance donnée, existe-t-il un secteur d'activité à privilégier pour des actions de réduction à la source ? Le critère considéré est un flux de la substance rejetée par ce secteur d'activité au moins égal à 50 % du flux total, ce qui justifie d'une certaine spécificité.

Pour certaines de ces substances, il peut exister un secteur d'activité pour lequel au moins 50 % des rejets contiennent cette substance mais le flux associé n'est jamais le flux prépondérant, ce qui ne permettra vraisemblablement pas, dans la plupart des cas, de justifier économiquement la mise en place d'actions spécifiques.

Tableau 11. Substances prioritaires dangereuses mentionnées dans l'action RSDE (1)

Famille	Substance prioritaire dangereuse	Flux			Occurrence			Secteurs industriels à cibler
		Nombre de secteurs industriels concernés	Top 3 Flux		Nombre de secteurs industriels concernés	Top 3 Occurrence		
			Secteurs industriels	% flux total		Secteurs industriels	% occurrence	
Alkylphenol	**4-ter nonylphenol**	13	Traitement textile	**28**	17	Établissements hospitaliers	**30**	**Non spécifique**
			Papeterie pâte à papier	20		Traitement mécanique des métaux	28	
			Traitement mécanique des métaux	12		Industrie pharmaceutique et phytosanitaire	22	
Organo-étains	**Tributylétain**	6	Chimie Parachimie	**69**	16	Établissements hospitaliers	**50**	**Chimie Parachimie**
			Traitement textile	14		Traitement textile	19	
			Papeterie pâte à papier	13		Verrerie Cristallerie	9	
HAP	**Benzo (b) fluoranthene**	8	Chimie Parachimie	**48**	18	Industrie pétrolière	**31**	**Non spécifique**
			Métallurgie	33		Établissements hospitaliers	20	
			Autres	9		Traitement textiles	19	
HAP	**Benzo (a) pyrene**	7	Chimie Parachimie	**23**	18	Industrie pétrolière	**31**	**Non spécifique**
			Métallurgie	20		Installations nucléaires	17	
			Autres	4		Établissements hospitaliers	15	
HAP	**Benzo (g,h,i) perylene + Indeno (1,2,3 cd) pyrene**	6	Chimie Parachimie	**78**	17	Industrie pétrolière	**18**	**Chimie Parachimie**
			Métallurgie	14		Installations nucléaires	17	
			Autres	3		Établissements hospitaliers	15	
HAP	**Benzo (k) fluoranthene**	8	Métallurgie	**37**	17	Industrie pétrolière	**18**	**Non spécifique**
			Traitement textile	29		Installations nucléaires	17	
			Chimie Parachimie	23		Métallurgie	13	
Métaux	**Cadmium**	9	Métallurgie	**70**	18	Installations nucléaires	**50**	**Métallurgie**
			Chimie Parachimie	8		Traitement cuirs et peaux	16	
			Traitement Revêtement de surface	6		Traitement mécanique des métaux	16	
Métaux	**Mercure**	14	Chimie Parachimie	**25**	19	Établissements hospitaliers	**40**	**Non spécifique**
			Traitement Stockage des déchets	23		Industrie pharmaceutique et phytosanitaire	22	
			Métallurgie	13		Traitement Stockage des déchets	18	

Tableau 12. Substances prioritaires dangereuses mentionnées dans l'action RSDE (2)

Famille	Substance prioritaire dangereuse	Flux			Occurrence			Secteurs industriels à cibler
		Nombre de secteurs industriels concernés	Top 3 Flux		Nombre de secteurs industriels concernés	Top 3 Occurrence		
			Secteurs industriels	% flux total		Secteurs industriels	% flux total	
Pesticides	**Lindane (γ-hexachlorocyclohexane)**	5	Chimie Parachimie	**80**	13	Traitement Stockage des déchets	**9**	**Chimie Parachimie**
			Agroalimentaire (végétal)	14		Industrie pharmaceutique et phytosanitaire	4	
			Traitement Stockage des déchets	3		Autres	3	
Pesticides	**α-hexachlorocyclohexane**	3	Chimie Parachimie	**92**	10	Traitement Stockage des déchets	**5**	**Chimie Parachimie**
			Agroalimentaire (végétal)	7		Chimie Parachimie	3	
			Autres	1		Industrie pétrolière	3	
COHV	**Tetrachloroethylène**	6	Traitement textile	**51**	17	Installations nucléaires	**50**	**Traitement textile Chimie Parachimie**
			Chimie Parachimie	30		Traitement textile	30	
			Traitement cuirs et peaux	7		Traitement cuirs et peaux	28	
COHV	**Trichloroethylene**	9	Chimie Parachimie	**54**	15	Traitement Revêtement de surface	**24**	**Chimie Parachimie**
			Traitement textile	16		Traitement textile	18	
			Traitement Revêtement de surface	13		Traitement cuirs et peaux	16	
COHV	**Hexachlorobutadiene**	2	Chimie Parachimie	**99**	4	Établissements hospitaliers	**5**	**Chimie Parachimie**
			Activités dont flux < 1 %	1		Chimie Parachimie	1	
COHV	**Tétrachlorure de carbone**	2	Chimie Parachimie	**98**	12	Traitement cuirs et peaux	**12**	**Chimie Parachimie**
			Activités dont flux < 1 %	2		Fabrication peintures	6	
						Chimie Parachimie	6	
Chloro-benzènes	**Hexachlorobenzene**	3	Chimie Parachimie	**96**	11	Industrie pétrolière	**8**	**Chimie Parachimie**
			Industrie pétrolière	2		Chimie Parachimie	3	
			Activités dont flux < 1 %	2		Traitement mécanique des métaux	2	
Chloro-benzènes	**Pentachlorobenzene**	2	Chimie Parachimie	**100**	10	Chimie Parachimie	**3**	**Chimie Parachimie**
						Industrie pharmaceutique et phytosanitaire	2	
						Industrie pétrolière	2	
Diphényl-éthers bromés	**Pentabromo-diphenylether**	6	Agroalimentaire (animal)	**80**	18	Installations nucléaires	**67**	**Agroalimentaire (animal)**
			Établissements hospitaliers	9		Traitement textile	25	
			Traitement textile	7		Chimie Parachimie	19	
Autres	**Chloroalcanes**	Mélange complexe d'isomères → incertitudes de mesures						

Le Tableau 13 indique le (ou les) secteur(s) industriel(s) pour le(s)quel(s) les **substances prioritaires** mentionnées dans l'action RSDE ont des **flux supérieurs à 50 %** (ou le cas échéant s'il y a 2 secteurs industriels principaux pour lesquels la somme des flux est supérieure à 70 %).

Tableau 13. Secteurs industriels pour lesquels les substances prioritaires ont des flux supérieurs à 50 % (ou dont la somme des flux est supérieure à 70 %)

Substance prioritaire	Secteur industriel spécifique	% flux total
Anthracène	Fabrication peintures	41
	Chimie Parachimie	38
Atrazine	Papeterie pâte à papier	69
Benzène	Chimie Parachimie	84
Octabromodiphenylether	Traitement textiles	50
Decabromodiphenylether	Chimie Parachimie	73
Chlorfenvinphos	Agroalimentaire (végétal)	95
1,2 dichloroéthane	Chimie Parachimie	64
Endosulfan	Chimie Parachimie	100
Fluoranthène	Chimie Parachimie	53
Isoproturon	Traitement stockage des déchets	52
Naphtalène	Industrie pétrolière	57
Octylphenol	Chimie Parachimie	46
	Industrie pétrolière	32
Pentachlophenol	Métallurgie	46
	Agroalimentaire (végétal)	27
Trichlorobenzenes	Chimie Parachimie	96
Chloroforme	Chimie Parachimie	96
Trifluraline	Chimie Parachimie	94

2.2. Substances au niveau régional

L'action RSDE également menée en région Aquitaine a permis de dresser le bilan des substances quantifiées sur la base de 142 sites industriels. La Figure 18 compare les substances les plus fréquemment quantifiées dans les rejets des sites industriels au niveau national et au niveau régional (Aquitaine). Les principales différences sont observées pour :

- le zinc, monodibutylétain et le mercure dont les pourcentages sont plus élevés en Aquitaine qu'au niveau national,
- le chloroforme dont le pourcentage est moins élevé en Aquitaine qu'au niveau national,
- le 4-ter butylphenol, le tricholoroéthyléne et le chlorure de méthylène absent de la liste en Aquitaine,
- le diuron présent en Aquitaine mais absent dans la liste nationale

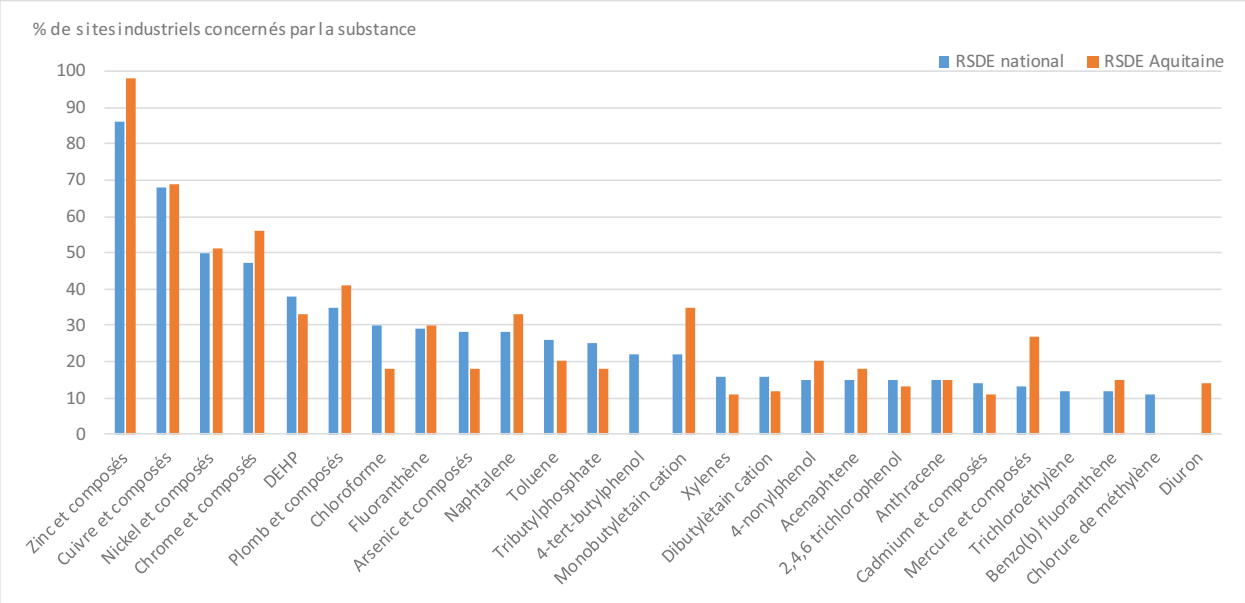


Figure 18. Comparaison des substances les plus fréquemment quantifiées dans les rejets des sites industriels au niveau national et au niveau régional (Aquitaine)

3. Leviers d'action de réduction à la source

La plupart des substances considérées comme potentiellement dangereuses ont fait l'objet d'études de la part d'organismes comme l'OCDE, la convention OSPAR ou encore le Bureau européen des substances chimiques, et ce, avant les listes établies par la Directive Cadre de l'Eau en 2000. Cela a permis à certains secteurs industriels d'anticiper les réglementations à venir et à trouver des produits de substitution.

Les leviers d'action pour la réduction des émissions de substances peuvent être les suivants :

1. **Interdiction ou absence de production en France**

Certaines substances ont d'ores et déjà été interdites de production. C'est le cas, par exemple, de l'hexachlorobenzène interdit en France depuis 1988. En Europe, il n'est plus ni produit intentionnellement, ni commercialisé depuis 1993. D'autres substances comme l'hexachlorobutadiène ne seraient plus produites en France.

Par contre, il peut encore *exister des sources de rejets* lorsque ces produits sont des *sous-produits de la production de composés.*

2. **Interdiction dans certains usages**

Pour des raisons d'ordre sanitaire, certaines substances ont pu voir leur usage limité à certains secteurs. Exemple : le DEHP, interdit pour un usage dans les cosmétiques. Il est utilisé à plus de 95 % comme plastifiant.

3. **Substitution**

Des secteurs d'activité, comme la chimie, ont déjà des solutions de substitution pour certaines substances. Lorsque les substances ne sont pas spécifiques à un secteur d'activité, il peut exister un substitut par secteur ou par application au sein d'un même secteur.

Dans ses fiches de synthèse par substance, l'INERIS (2012) a, par exemple, identifié des substituts ou des techniques alternatives en fonction des différents secteurs d'utilisation des

nonyphenols : les alcools éthoxylés (moins nocifs pour l'environnement) sont les produits les plus couramment utilisés pour remplacer les éthoxylates de nonylphénols contenus, entre autres, dans les produits de nettoyage (surcoût : 20 à 30 %). D'autres tensio-actifs (à base de glucose, silicone…) sont également disponibles en tant que substituant. Il existe aussi des alternatives pour le chrome (INERIS, 2015) pour les secteurs du traitement de surface, du tannage et des pigments.

Il est à noter que l'existence de substituts n'est pas toujours synonyme de gain environnemental. Par exemple, la simazine, remplacée par d'autres phytosanitaires (Glyphosate, Bromoxynil, Cyanazine, …) présentant également une grande rémanence dans les eaux souterraines.

Enfin, certaines substances sont, à l'heure actuelle, difficilement substituables. C'est le cas du nickel, pour lequel des techniques de réductions des émissions industrielles existent néanmoins pour les effluents aqueux, notamment dans les domaines de la chimie et des traitements de surface.

Certaines branches d'activité ont aussi mené des études sur l'ensemble de leurs émissions afin de donner des lignes directrices pour la branche entière et éviter de dupliquer les études cas par cas. Des rapports ou des fiches substances existent notamment pour les secteurs suivants : mécanique et traitement de surface, traitement et stockage des déchets, blanchisseries industrielles, abattoirs et industries de la viande, industrie papetière et industrie du traitement des cuirs et des peaux. Par exemple, dans le secteur de la papeterie, l'étude menée a principalement concerné 2 substances : zinc et nonylphénols. L'analyse des données disponibles n'a pas permis d'identifier d'actions significatives possibles pour réduire les flux de zinc, hormis l'amélioration des performances des stations d'épuration et la suppression ou remplacement des produits contenant du zinc. En ce qui concerne les nonylphénols, l'étude n'a pas permis pas de conclure sur leur origine dans les rejets des installations de fabrication de pâte à papier.

Les **freins à la substitution** peuvent être d'ordre technique (disponibilité d'un produit de substitution), ou économique (le produit de substitution peut nécessiter l'adaptation des outils de production, s'avérer moins efficace que le produit de référence ou n'être une alternative que pour certaines applications). En termes économiques, il y a une très grande diversité de situations en fonction des substances, de la taille et du type d'entreprises impliquées (Brignon *et al*., 2004). Un autre frein peut aussi être la non connaissance exacte de formulations achetées à des fournisseurs, pour des raisons de confidentialité et qui peuvent donc contenir des impuretés ou des substances non désirées.

4. **Optimisation des procédés / recyclage**

L'optimisation des procédés, dans le but de limiter des pertes de matières actives ainsi que l'intensification du recyclage pour tendre vers un objectif du « zéro rejet liquide » sont aussi des leviers pour réduire les flux de micropolluants dans les effluents des sites industriels. Cela nécessite une très bonne connaissance des différentes étapes du procédé et une analyse du devenir des micropolluants à chaque étape du procédé de fabrication.

5. **Traitement**

Un autre levier est celui consistant à traiter les effluents avant rejet. Il s'agit d'une solution curative, considérée comme une stratégie de gestion à long terme et qui doit être mise en perspective par rapport à des solutions de substitution.

Notamment, du fait que le traitement des effluents ne permet pas toujours une réelle élimination des micropolluants de l'environnement : les substances, sauf dans le cas où elles sont dégradées, peuvent en effet être transférées dans la filière boue. La substitution est une stratégie relativement révisable et adaptable, alors que le traitement est un investissement pour lequel revenir en arrière ou modifier la stratégie semble difficile (Rapport d'étude ONEMA, 2015).

6. **Autres : taxation, communication, étiquetage, …**

De façon globale, **le choix d'une solution** pour la réduction des émissions de substances doit être basé sur la prise en compte de différents critères :

- la nature de la ou des substances visées par les objectifs de réduction
- l'importance des émissions en termes de flux
- le raccordement ou non de l'entreprise au réseau collectif
- la taille de l'entreprise
- l'espace disponible sur le site

Partie 6. Synthèse concernant la source hospitalière

Cette partie présente la synthèse du livrable concernant la sous-tâche « source hospitalière » de la tâche 1.2 du projet REGARD (Carrere et Salles, 2016a).

1. La contamination de l'eau par les médicaments et les biocides : un risque environnemental émergent

1.1. Éléments de contexte

L'augmentation de l'espérance de vie ou la baisse de la mortalité infantile sont autant d'avancées sociales majeures à mettre au crédit des produits d'hygiène, des désinfectants et des médicaments depuis plus d'un siècle. Néanmoins, tout progrès a son revers de médaille. Chimistes et écotoxicologues constatent aujourd'hui les effets nuisibles de ces produits sur l'environnement. Le Triclosan®, biocide utilisé dans de nombreux produits d'usages quotidiens, produirait la résistance de la Escherichia Coli et de la Salmonella Enterica, bactéries pouvant respectivement être à l'origine de la gastroentérite et de la fièvre typhoïde (Curiao *et al.*, 2015 ; Yazdankhah *et al*., 2006). En Asie, entre 10 et 40 millions de vautours ont été contaminés par le Diclofénac en se nourrissant du cadavre des animaux d'élevages (Taggart *et al*., 2007). On estime aujourd'hui que trois espèces de vautours fauves sont en danger (Bhavana *et al*., 2014, p.83). On observe l'augmentation du taux de féminisation des poissons dus à la présence de composés oestrogénomimétiques tels que les Nonylphénols et Octylphénols, l'Ethinylestradiol et autres œstrogènes de synthèse dans les milieux aquatiques (Holm *et al*., 2013, p.537).

1.2. La réglementation des activités hospitalières

Plusieurs réglementations encadrent de manière directe ou indirecte la gestion des effluents hospitaliers.

Les réglementations directes :

- La Circulaire n°429 du 8 avril 1975 impose *la mise en place d'un réseau séparatif entre les eaux usées et les eaux pluviales, une désinfection ainsi qu'un traitement spécifique pour les eaux radioactives ;*
- L'arrêté du 2 février 1998 modifié par celui du 17 juin 2014 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) impose aux hôpitaux *de traiter et d'acheminer leurs effluents dans de « bonnes conditions » lorsque ceux-ci sont rattachés à un réseau collectif ;*
- L'hôpital est lié à la collectivité locale et son prestataire par une convention de déversement. Si, suite à un contrôle inopiné, des rejets non conformes sont avérés dans le réseau des eaux usées, l'hôpital devra verser des pénalités à hauteur du coût des mesures nécessaires à mettre en œuvre pour éliminer la contamination générée.

Les réglementations indirectes liées à la gestion de déchets :

- Le décret n° 94-609 du 13 juillet 1994 prolongé par la circulaire 95-49 du 13 avril 1995 ainsi que le décret n°98-638 du 20 juillet 1998 régissent le traitement des Déchets Industriels Banalisés (DIB) comme les cartons d'emballage, la ferraille ou les débris issus de travaux ;
- Les déchets appartenant à la catégorie des déchets à risques chimiques ou toxiques sont quant à eux régis par les directives européennes 91/689/CEE, 94/31/CEE, 94/904/CEE. Ces déchets comportent notamment les médicaments non utilisés dans les foyers (MNU), qui sont incinérés conformément à l'application de la circulaire du 13 février 2006, le mercure, qui fait l'objet d'une filière d'élimination spécifique, les piles et certains produits chimiques des laboratoires ;
- Le traitement des Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) est régi notamment par le décret n°97-1048 du 6 novembre 1997 qui prévoit leur temps de stockage au regard de la quantité de DASRI et le nettoyage régulier des lieux de stockage. L'élimination des DASRI se fait par l'intermédiaire d'un prestataire qui procède à leur incinération ;
- Les déchets hôteliers sont traités dans le cadre de la collecte mis en place par la collectivité où se situe l'établissement ;
- Les Déchets d'Activités de Soins à Non Risques Infectieux (DASNRI) qui suivent pour ces derniers la filière des ordures ménagères.

1.3. Actions mise en place par le CHU de Bordeaux

Le CHU de Bordeaux mène depuis plusieurs années de nombreuses actions dans le domaine environnemental. Il a ainsi mis en œuvre :

- Un réseau d'ambassadeurs du développement durable ;
- Un Plan Déplacement Administration en partenariat avec les Trams et Bus de la Métropole de Bordeaux dans le cadre de la lutte contre le changement climatique ;
- Des filières de traitement de déchets (ex : DASRI, DAOM[11]…).

Figure 19. Les ambassadeurs du développement durable. Source : CHU de Bordeaux, Passerelles, juillet 2015

[11] Déchets d'activités de soin assimilés aux ordures ménagères

Si la plupart des agents hospitaliers opèrent un changement de pratiques face au changement climatique ou au traitement des déchets, le problème de la contamination des effluents hospitaliers apparaît comme un problème nébuleux et lointain. **Quels sont les ressorts du processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides ?** Ce questionnement nous amène à proposer un cadre analytique pour y répondre (Figure 20).

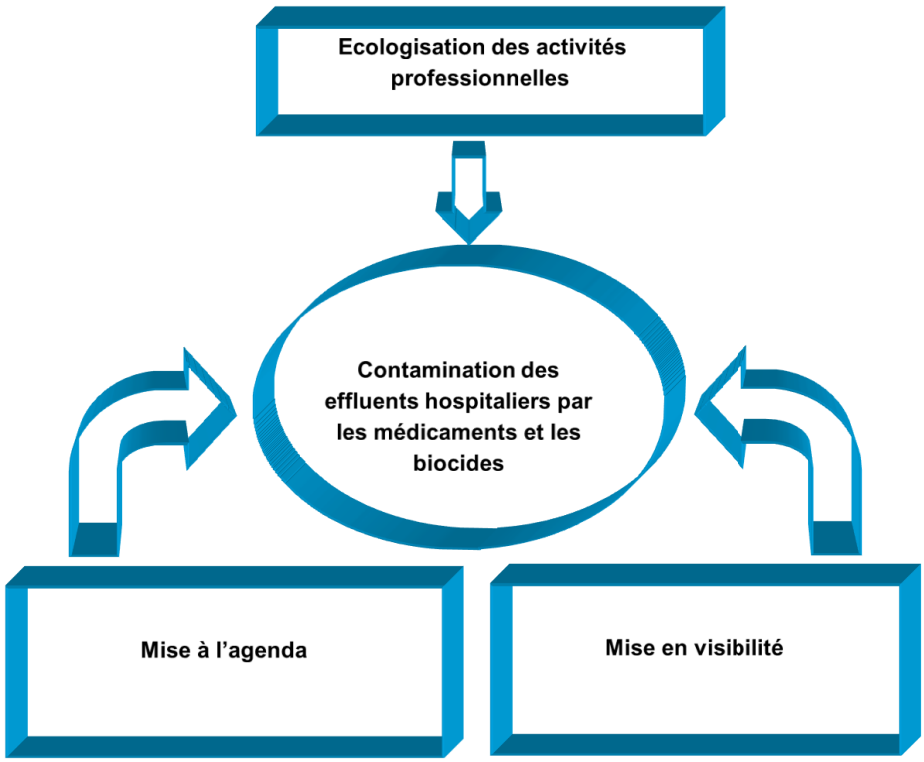


Figure 20. Construction d'un cadre analytique pour un risque émergent

2. Matériels et méthodes

Le travail réalisé s'appuie sur une recherche empirique basée sur 4 outils méthodologiques :

- Une **analyse documentaire** consistant à étudier les différents règlements et textes de loi relatifs aux réformes hospitalières qui orientent pour partie les pratiques des acteurs ;
- Une **analyse lexicologique** ayant pour objectif d'étudier les journaux internes du CHU de Bordeaux, la *Lettre du Développement Durable* (LDD) et *Passerelles* sur la période de 2008 à 2015. Ce corpus représente 40 journaux soit un total de 127 articles : 93 articles de la *LDD* et 34 articles de *Passerelles*. Cette analyse cherche à mettre en lumière les évolutions et les positions actuelles du CHU de Bordeaux sur la politique environnementale de l'établissement ;
- Une **observation** menée au sein des laboratoires d'analyses consistant à étudier les filières de déchets et les différents dispositifs de retenue des effluents de laboratoire ;
- **42 entretiens semi-directifs** d'une durée moyenne d'une heure. Ces entretiens ont été réalisés auprès :

- des services en charge de l'étude et de la gestion des médicaments et des biocides au sein de l'hôpital,
- des instances et organisations en charge de la gestion du CHU,
- des services dont les activités de soins peuvent générer une contamination des milieux aquatiques,
- des acteurs institutionnels, privés, scientifiques et associatifs parties prenantes de la problématique environnementale liée aux résidus médicamenteux et biocides.

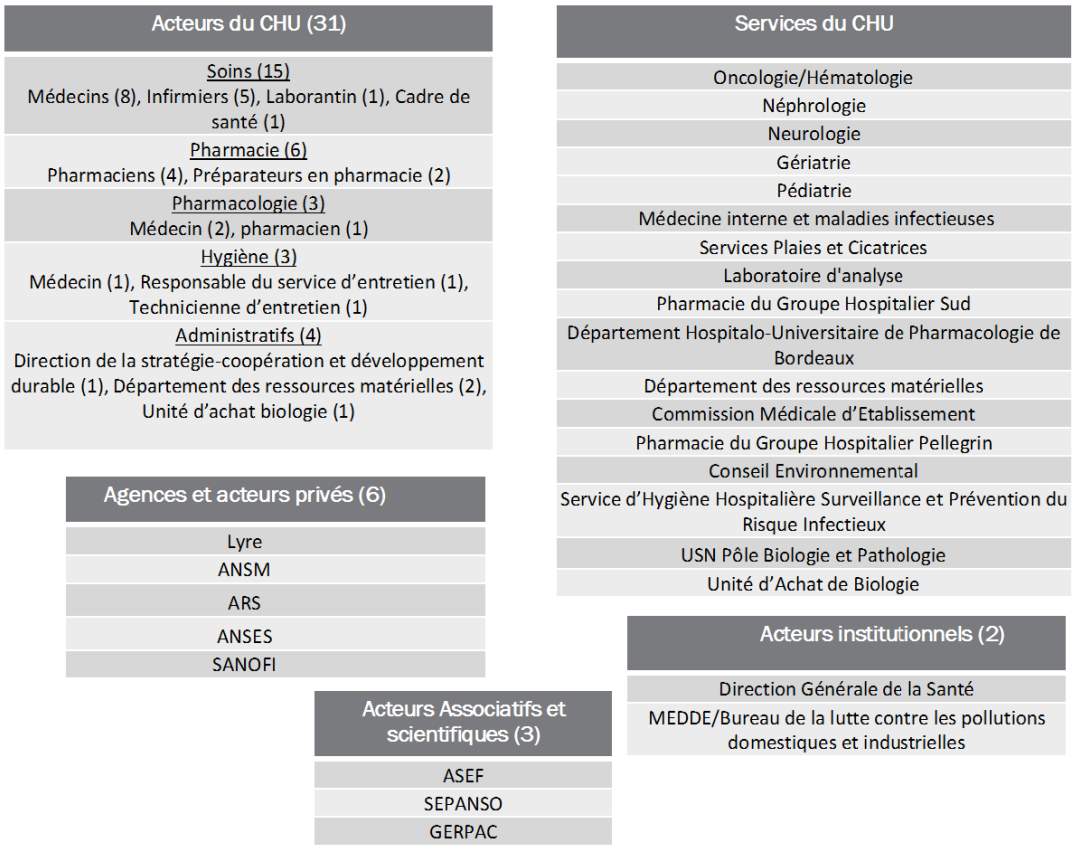


Figure 21. Entretiens semi-directifs réalisés

3. Mise à l'agenda et processus d'écologisation : les acteurs hospitaliers face à la contamination des effluents

3.1. Vers l'émergence d'une nouvelle responsabilité environnementale

Avec l'amélioration des techniques médicales et le développement des soins ambulatoires, les usagers peuvent désormais se soigner à domicile. Ce changement notable tend à réorganiser le soin autour de ce qui est aujourd'hui appelé le « parcours de soins ».

> « *Je suis convaincu, aujourd'hui, que l'hôpital n'existera demain que s'il est capable de prendre une place dans une logique de parcours de soin. Dans quelques temps, il est possible que les gens ne viennent quasiment plus à l'hôpital.* » (Entretien, cadre administratif, CHU de Bordeaux).

Le parcours de soins s'accompagne d'une nouvelle forme de responsabilité hospitalière vis-à-vis des patients situés à l'extérieur des murs et fait par ailleurs émerger une responsabilité environnementale vis-à-vis du devenir des divers produits de santé utilisés à domicile. La gestion *extra-muros* des activités de soins se réalise non sans difficulté. Certains services soulignent l'absence d'un niveau de gestion intermédiaire entre l'hôpital et le domicile des patients.

> *« En 1998, on a mis en place le réseau sur la sclérose en plaques* […] *Dans le cadre de la problématique environnementale, il y a tout un travail de fait sur le devenir des seringues. Parce qu'il y a beaucoup de médicaments immunologiques injectables.* […] *Maintenant, le circuit de récupération des seringues est correctement organisé*. » (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux).
>
> *« Le gros problème qu'il y a c'est que dans l'organisation avec les villes, est que vous pouvez avoir des liens avec les hospitalisations à domicile, mais la notion d'avoir quelque chose d'organisé quand le patient part chez lui mais ça n'existe pas.* […] *On sent qu'il manque quelque chose à l'extérieur en termes de structuration. »* (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

L'enjeu autour de cette nouvelle forme de responsabilité environnementale paraît d'autant plus important à prendre en compte dans le contexte réglementaire actuel :

- La convention de déversement qui lie le CHU à Bordeaux Métropole et à son prestataire impose le paiement de pénalités en cas de dépassement des seuils de toxicité ;
- La loi du 16 décembre 2010 pose qu'une collectivité locale a le droit de refuser le déversement dans le réseau public d'eaux usées qu'elle jugerait toxiques.

À ce jour, le cas des rejets médicamenteux ne fait pas l'objet de réglementation. Toutefois, plusieurs signes annonciateurs d'une éventuelle évolution réglementaire font jour en Europe :

- La Suède a établi une liste classant les médicaments en fonction de leur dangerosité environnementale ;
- La Suisse a mis en place dans ces STEU des dispositifs d'ozonation et de charbon actif ;
- Lors de la dernière conférence environnementale en 2015, la grande majorité des pays européens se sont déclarés favorables à la mise en place de tels dispositifs techniques.

3.2. Des processus d'écologisation hétérogènes

La pharmacie : un processus d'écologisation contraint

Les pharmaciens et les préparateurs en pharmacie ont pour la majorité conscience du problème environnemental lié à la contamination des eaux par les médicaments. La connaissance de ce problème s'explique par :

- le parcours de formation des pharmaciens en pharmacologie et toxicologie ;

- le lien de causalité réalisé par les préparateurs en pharmacie entre le risque en santé au travail encouru par la manipulation d'anticancéreux et les conséquences environnementales de ces mêmes médicaments :

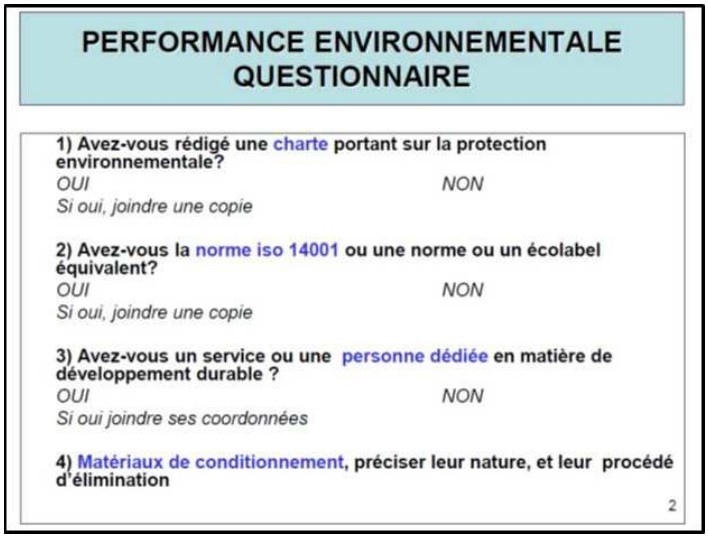
  « Dans les unités de soins, il y a eu une étude de faite sur la contamination du personnel. On faisait un prélèvement d'urine et ils analysaient après pour voir s'il n'y avait pas des traces de molécules utilisées. Apparemment au niveau des unités il n'y a pas de problème, mais au niveau du service de soins apparemment les infirmières ont été très touchées. » (Entretien, préparateur en pharmacie, CHU de Bordeaux)

Si l'on observe une conscience environnementale marquée du problème de la contamination de l'eau par les composés pharmaceutiques le processus d'écologisation des pratiques semble soumis à deux contraintes majeures. D'une part, la priorisation de la santé sur le risque environnemental. D'autre part, les enjeux de santé publique, auxquels se doit de répondre l'hôpital, le contraignent dans une situation de dépendance vis-à-vis des traitements proposés par les firmes pharmaceutiques. À ce jour, les avancées scientifiques ne permettent pas l'élaboration d'un « médicament vert ». De plus, les données issues de l'évaluation environnementale des médicaments réalisée dans le cadre des Autorisations de Mise sur le Marché (AMM) restent pour la plupart confidentielles.

« L'éco-responsabilité et l'environnement s'arrêtent là où la sécurité du patient commence. » (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).

Si les possibilités d'écologisation des pratiques de la pharmacie demeurent limitées, ce secteur ne fait pas preuve d'une inertie environnementale :

- Il diffuse un questionnaire auprès des firmes pharmaceutiques afin de pouvoir les classer selon leur impact environnemental (Figure 22) ;
- Il tente de peser à travers la centrale d'achat Uni.H.A, sur les firmes pharmaceutiques en matière de modes de conditionnements et d'emballages des médicaments.


PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE QUESTIONNAIRE

1) Avez-vous rédigé une charte portant sur la protection environnementale?
OUI NON
Si oui, joindre une copie

2) Avez-vous la norme iso 14001 ou une norme ou un écolabel équivalent?
OUI NON
Si oui, joindre une copie

3) Avez-vous un service ou une personne dédiée en matière de développement durable ?
OUI NON
Si oui joindre ses coordonnées

4) Matériaux de conditionnement, préciser leur nature, et leur procédé d'élimination

2

Figure 22. Questionnaire diffusé auprès des firmes pharmaceutiques

Les médecins et infirmiers : un processus d'écologisation restreint

La conscience du problème de la contamination des milieux aquatiques par les produits pharmaceutiques est disparate. Ceux qui ont connaissance de ce problème sont ceux :

- Qui participent aux instances internes du CHU de Bordeaux (Directoire, Conseil de surveillance, Commission Médicale d'Etablissement - CME…) :

  « À titre personnel, si je n'avais pas été président de la CME je n'aurai jamais entendu parler de ce problème. Parce que je pense que beaucoup de médecins sont ignorants de ces problèmes. Je crois que ça fait partie des informations qu'on partage quand on a des responsabilités institutionnelles. » (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

- Qui travaillent dans une spécialité dans laquelle le problème se pose (ex: anticancéreux, carbamazépine®) :

  « Moi je m'occupe de cancérologie. Ce qui fait que la préoccupation que moi j'ai, c'est celle de l'émission de produits de chimiothérapie. Comme il y a une concentration de patients, il y en a qui vont éliminer les produits dans les toilettes c'est sûr. » (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

À l'instar du secteur de la pharmacie la priorisation du domaine de la santé sur l'environnement paraît être la contrainte majeure du processus d'écologisation des pratiques des médecins et des infirmiers :

> *« Sur la question des médicaments* [...] *on ne peut pas faire l'inverse de ce qu'on fait au quotidien. On ne peut pas soigner et désoigner de l'autre côté. C'est pas logique, ce n'est pas bien. ».* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

L'usage du médicament à l'hôpital se caractérise alors par une hétérogénéité des pratiques. Deux approches peuvent être distinguées :

- **l'approche protocolisée** qui applique des protocoles médicaux fondés sur la littérature scientifique en vigueur. Celle-ci peut s'inscrire dans une forme de systématisation de l'usage du médicament ;
- **l'approche réflexive,** plus pragmatique, s'adapte à la singularité de la patientèle. Et peut diminuer voire supprimer la prescription de certains médicaments.

Les services d'hygiène : un processus d'écologisation partiel

Le processus d'écologisation partiel des services d'hygiène se fonde sur la distinction entre l'hygiène hôtelière et hospitalière :

- L'hygiène hôtelière est dédiée aux zones à faibles risques sanitaires (ex : self, couloirs, bureaux, salles d'attentes) ;
- L'hygiène hospitalière est celle dédiée aux activités de soins dans des zones à plus forts risques sanitaires (salles de réveil, salles d'opération…) :

  « On a réfléchi à la fréquence et à l'utilisation des produits. Est-ce qu'on a besoin tout le temps d'utiliser des détergents et désinfectants ? Avant on faisait tout aux détergents et aux désinfectants pour être sûr de ne pas faire de bêtises. Après les conseillères des services d'hygiène ont fait une

table ronde. On a réfléchi à nos pratiques et ils ont ciblé que c'était vraiment dans les services au plus près du patient que l'on doit utiliser de la détergence et de la désinfection. » (Entretien, agent d'entretien, CHU de Bordeaux)

Deux autres éléments ont participé à ce processus d'écologisation :

- Le processus d'écologisation amorcé par les distributeurs de biocides sur les produits destinés à l'hygiène hôtelière qui, dans un secteur économique à forte concurrence, cherchent à obtenir des éco-labels ;
- Le lien de causalité entre le risque de santé au travail encouru par les agents d'entretien lors de la manipulation de produits biocides et le risque environnemental engendré par ces mêmes produits :

  « Avec les firmes, on a des relations qui sont beaucoup plus saines que celles que peuvent avoir nos collègues avec les médicaments. Pour la simple est bonne raison que ces industriels n'ont pas d'argent ou très peu. Ils essaient tous d'avoir un éco-label. Ils sont un peu dans la même dynamique que nous. » (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

  « On essaye aussi de choisir des produits qui sont les moins nocifs pour la santé et de ce fait là je pense aussi que ça a une influence directe sur ce que l'on rejette dans les effluents. » (Entretien, responsable de l'entretien, CHU de Bordeaux)

Le processus d'écologisation amorcé par les services d'hygiène peut être qualifié de partiel car l'usage de produits éco-labélisés, l'abaissement des quantités de biocides et l'espacement des temps de ménages ne s'appliquent que dans le cadre des zones à faibles risques sanitaires. Il est intéressant de constater que l'écologisation partielle des services d'hygiène connaît pour principale limite la priorisation de la santé sur l'environnement. À partir du moment où les espaces à nettoyer entrent dans le strict domaine de la santé (salles de réveil, salles d'opérations), les pratiques d'hygiènes demeurent inchangées.

3.3. Des voies d'alternatives : les laboratoires d'analyses et le service plaies et cicatrices

Les laboratoires d'analyse

Le processus d'écologisation des pratiques au sein du laboratoire s'illustre à travers l'utilisation d'un treffler (Figure 23).

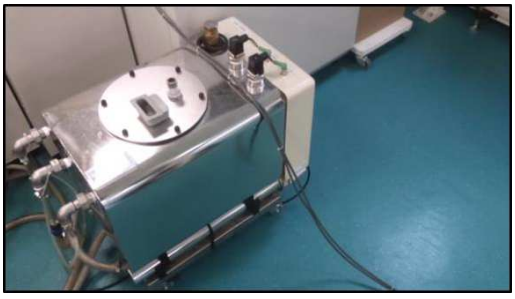


Figure 23. Treffler

La mise en place du treffler, dispositif technique de traitement des effluents par javellisation et ozonation s'est appuyée sur deux éléments :

- Un enjeu économique : au regard de l'accroissement du nombre annuel d'analyses réalisés, le coût de traitement des déchets toxiques par un prestataire devenait trop important (Figure 24)

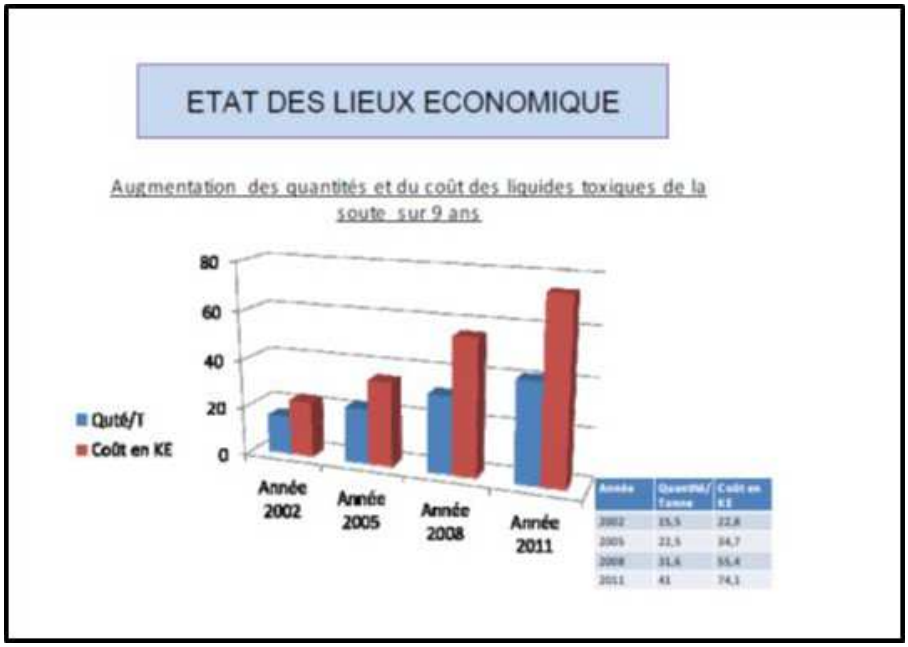


Figure 24. Augmentation des quantités et du coût des liquides toxiques de la soute sur 9 ans

- Des risques de santé au travail. La réalisation d'activités professionnelles à risque, mise en visibilité par des pictogrammes, entraine l'établissement d'un lien de causalité entre risques de santé au travail et risques environnementaux :

> *« Tout le monde était bien content de ne plus benner. Surtout que ça éclaboussait. On prenait l'entonnoir. Il y en avait un autre qui tenait l'entonnoir en se mettant assez loin. Un autre encore versait le bidon. C'était quand même des bidons de 25 litres ! C'était un travail qui était inintéressant, dangereux, parce qu'on risquait toujours une éclaboussure dans les yeux. »* (Entretien, laborantin, CHU de Bordeaux)

Le service plaies et cicatrices

Le service plaies et cicatrices a mis en place depuis 2010 une technique de soin par le miel appelée « apithérapie ». L'écologisation des pratiques de soins amorcée par l'apithérapie s'est appuyée sur deux éléments :

1. L'apithérapie intervient dans le cadre de soins apportés aux plaies chroniques, c'est-à-dire aux plaies qui sont supérieures à 6 semaines. Elle intervient donc là où la médecine moderne n'a pu guérir. L'écologisation des pratiques de soins portée par l'apithérapie a pu donc être mise en place dans la mesure où elle apparaît également comme une technique médicale de dernier recours ;
2. L'apithérapie s'inscrit dans le cadre d'une « mesure sans regret », c'est-à-dire une mesure qui est à la fois avantageuse économiquement et bénéfique pour

l'environnement. La faible utilisation de pansements fait de l'apithérapie une technique de soin peu productrice de DASRI :

> *« Quand on faisait un pansement avant, il y avait le champ stérile, il y avait les gants stériles… Et tout ça, ça a un impact financier. Avec l'apithérapie, je n'ai pratiquement pas de déchets DASRI. C'est important ! Quand je pars faire un soin, tout rentre dans un gant de toilette. »* (Entretien, Infirmier, CHU de Bordeaux)

4. Conclusions et préconisations

Au terme de cette recherche, il apparait un certain nombre de ressorts et de contraintes au processus d'écologisation en milieu hospitalier (Tableau 14). Quatre points sont à retenir :

1. Le CHU de Bordeaux évolue vers une gestion hospitalière *extra-muros* (soins ambulatoires, parcours de soins…). Cette évolution fait émerger une nouvelle forme de responsabilité environnementale vis-à-vis des patients situés en dehors des murs de l'hôpital. À ce jour plusieurs services ont noté l'absence d'un niveau organisationnel intermédiaire permettant d'accomplir cette nouvelle forme de responsabilité.
2. La priorisation de la santé sur l'environnement reste une contrainte majeure au processus d'écologisation des pratiques hospitalières.
3. Le risque de santé au travail et les enjeux économiques sont deux portes d'entrée pour aborder la question de la contamination des milieux aquatiques par les biocides et les produits pharmaceutiques.
4. La prise de conscience disparate au sein de la communauté de soin du problème de contamination de l'eau par les médicaments et les biocides. Cette prise de conscience hétérogène des conséquences environnementales des activités de soins s'explique par les possibilités d'accès de l'acteur hospitalier à l'information au sein de l'organisation et par la spécialité médicale dans laquelle il exerce sa profession.

Tableau 14. Ressorts et contraintes au processus d'écologisation

	PHARMACIE	MEDECINS/INFIRMIERS	SERVICES D'HYGIENE	LABORATOIRES D'ANALYSES	PLAIES ET CICATRICES
RESSORTS AU PROCESSUS D'ECOLOGISATION	Formation des Pharmaciens Risques de santé au travail via la manipulation de médicaments	Risque de santé au travail via la manipulation de Médicaments Approche réflexive du soin Développement de soins extra-muros	Faible dépendance vis-à-vis des distributeurs de biocides Risque de santé au travail via la manipulation de biocides Reconceptualisation de l'hygiène	Avantages Économiques Diminution du risque de santé au travail dans la manipulation de produits toxiques	Apithérapie: technique médicale de dernier recours Avantages économiques
CONTRAINTES AU PROCESSUS D'ECOLOGISATION	Priorisation de la santé sur l'environnement Dépendance vis-à-vis des traitements proposés par les firmes pharmaceutiques	Priorisation de la santé sur l'environnement Développement de soins protocolisés (evidence based medecine) Accès inégal à l'information	Priorisation de la santé sur l'environnement		Acceptation de l'apithérapie dans le milieu médical

En matière de préconisations, des actions peuvent être proposées à court, moyen et long termes, auprès de différents acteurs.

Actions à court terme

- Rendre visible les risques liés aux résidus médicamenteux et biocides et développer la prise de consciences des problèmes en santé-environnement par les acteurs hospitaliers ;
- Restituer les résultats des programmes de recherche actuels et antérieurs menés sur le CHU (programmes RESEAU et REGARD) ;
- Réaliser une vidéo scribing et un pictogramme pouvant servir à des actions de communication interne ;
- Proposer un module d'enseignement en santé-environnement (Médecine, pharmacie, IFCS, formation interne de la PUI) ;
- Réaliser un séminaire d'échanges entre les hôpitaux menant des actions de gestion à la source des résidus médicamenteux et des biocides ;
- Réaliser une concertation sur les problèmes environnementaux liés aux activités de soins ;
- Introduire dans les communications internes en santé au travail la question de l'impact environnemental des activités de soins ;
- Orienter la ligne éditoriale des journaux interne du CHU autour des problèmes de santé-environnement, de la gestion de l'eau et de sa contamination par les activités médicales ;

- Prendre appui sur la promotion de la santé ou l'éducation thérapeutique pour informer les patients sur les risques environnementaux liés aux médicaments ;
- S'appuyer sur les ambassadeurs du développement durable pour informer et mener des actions pour limiter l'impact environnemental des activités.

Actions à moyen terme

- Mettre en place des dispositifs de gestion à la source des résidus médicamenteux ;
- Mettre en place une filière des déchets issus des médicaments et des déchets liquides (ex : Hôpital Necker) ;
- Mettre en place un système de récupération des selles et des urines.

Actions à long terme

- Mettre en place une gestion *extra-muros* des activités de soins ;
- Mettre en place un niveau de gestion intermédiaire entre l'hôpital et le domicile des patients (ex : information auprès des patients, collecte des déchets) ;
- Accompagner une réflexion du personnel sur le rôle social des soignants ;
- Réaliser des séminaires, par exemple sur : « les approches thérapeutiques : approche réflexive *versus* approche protocolisée », « Contraintes budgétaires et de personnel : quelle place pour l'environnement à l'hôpital ? », « Comment introduire la question environnementale dans le soin : débat sur les interactions entre acteurs hospitaliers et patients ? ».

Partie 7. Discussion générale

1. Le rôle de la science dans la problématique des micropolluants

La caractéristique principale des micropolluants, on l'a vu, est leur imperceptibilité. Au Moyen Âge, par exemple, le rouissage du lin dans l'eau rendait l'eau nauséabonde et d'une couleur sombre. Aujourd'hui ce paradigme de la nécessaire perceptibilité des pollutions se voit même inversé. En effet, la turbidité de certains fleuves laisse penser que leur pollution est importante ; par contre, la présence de PCB dans une eau ne change ni sa texture, ni sa couleur, ni son odeur, ni son goût pour celui qui la boit, ni le son de l'eau qui coule pour celui qui entend. **La problématique des micropolluants est intrinsèquement liée la science, qui y joue un double rôle** : en amont, c'est la technologie scientifique qui crée le risque (par ex. rôle de la chimie dans la création de nouvelles substances) ; en aval, c'est la recherche scientifique qui a le pouvoir de les dévoiler (par ex. mesure des contaminants et étude de leurs impacts environnementaux et/ou sanitaires).

1.1. La science « en amont » des micropolluants

Le 19ème siècle signe le début de la chimie organique et le 20ème siècle son essor avec l'accélération des recherches dans cette discipline. Les micropolluants questionnent les usages de la chimie mais aussi son essence-même. La chimie est une science déterministe : son but est d'étudier la matière et ses phénomènes afin de les comprendre et de pouvoir les répéter par la création de molécules existantes à l'état naturel dans l'environnement. Son but est de saisir l'instabilité de la matière afin de la reproduire et de la maitriser. Or, **les micropolluants remettent en cause le paradigme déterministe de la chimie puisque qu'ils réintègrent de l'aléatoire au sein des phénomènes chimiques** dirigés par l'homme parce qu'il ne maitrise pas les molécules qu'il crée : il ne contrôle ni leur devenir géographique, ni leur devenir temporel. En effet, on ne sait pas forcément ce que deviennent les molécules après interaction avec le corps humain ou avec l'environnement, c'est-à-dire ce que vont être leurs produits de dégradation ou leurs métabolites. Par exemple, l'AMPA est un métabolite environnemental de l'herbicide glyphosate, substance principielle du Roundup, mais aussi de phosphonates utilisés dans l'industrie ou dans la sphère domestique (détergents). Il est intéressant de remarquer que les métabolites sont quelquefois plus dangereux que la molécule-mère dont ils proviennent. Les métabolites du bisphénol A apparaissent, par exemple, dans de nombreuses études comme plus dangereux que le bisphénol A lui-même, en présentant une activité oestrogénique à des taux de concentrations bien plus faibles que le bisphénol A (Baker et Chandsawangbhuwana, 2012). Nous pouvons donc dire que, parfois, la nature, par le biais de sa « médiation hasardeuse » rend les composés chimiques que l'homme rejette en elle plus dangereux pour l'homme que ceux qu'il avait initialement créés.

1.2. La science « en aval » des micropolluants

« Les risques environnementaux sont des risques cognitifs réservés aux experts et aux scientifiques » (Barraqué et Kalaora, 1994)

Le caractère invisible des micropolluants rend leur détection entièrement dépendante de la science. Le consommateur d'eau ou le promeneur de bord de rivière est incapable de

déceler la présence de micropolluants. Seul le savoir scientifique aidé de la machinerie technique est capable de se prononcer sur le degré de pollution de l'eau aujourd'hui. Et même pour lui, cette analyse est loin d'être évidente.

La difficulté dans l'analyse des micropolluants réside dans la nécessité de leur identification préalable même si les dernières avancées techniques permettent d'identifier de nouveaux composés sans calibration préalable. Leur détection nécessite, en effet, un standard, autrement dit, une mesure calibrée de ces substances qui servira à reconnaitre leur présence parmi les divers résultats de l'analyse. On ne reconnait une substance parmi les pics d'un chromatogramme que si l'on sait à quel pic elle correspond. Ainsi, il faut nécessairement savoir ce que l'on cherche. La science doit faire parler la nature et non pas seulement l'écouter. A cette première difficulté s'ajoute la croissance exponentielle du nombre de molécules qui sont créées par l'homme depuis le début de l'ère industrielle et qui ne cessent de progresser. Et si l'homme accroit la variété des substances présentes dans son environnement, la nature en fait de même. La dégradation des molécules va produire de nouvelles molécules qui vont ensuite interagir entre elles dans le milieu et créer encore une fois de nouvelles molécules. On se retrouve donc avec de nouvelles substances, pour lesquelles n'existent pas de standards analytiques et qui ne peuvent donc pas être analysées, telles de nombreux « micro-Frankenstein aquatiques ». **Les micropolluants sont donc aussi, dans un sens, invisibles aux yeux de la science qui doit déjà savoir quoi et où regarder**.

« Suspendu au-dessus du quotidien, le risque offre un support à l'expression d'une symbolique sociale et politique » (Barraqué et Kalaora, 1994).

La science est donc le seul médiateur de l'appréhension des risques. Elle donne la mesure de la dimension objective du risque en tant que danger potentiel pour la santé humaine ou l'environnement. La communication du risque est donc réduite à sa seule dimension objective. Ces inconnues dans l'équation posent nécessairement une question éthique à l'analyse scientifique, à savoir : quelles molécules souhaite-t-on rechercher ? Comment interpréter les résultats ? Comment les communiquer ? La science est le médiateur qui relie le problème sociétal que posent les micropolluants et les citoyens. Les scientifiques endossent donc une certaine responsabilité vis-à-vis de la façon dont ils vont présenter leurs résultats aux politiques et qui va aiguiller la connaissance et les représentations que se feront les individus des micropolluants et des risques/dangers qui leurs sont associés. Il semble qu'on puisse associer une identité commune à l'eau et à la chimie : l'immatérialité et l'invisibilité. La matière du chimiste est imperceptible pour le profane et elle se retrouve dans un élément naturel qui correspond à son invisibilité propre. Ce changement de paradigme concernant la perceptibilité de la pollution en milieu aquatique relatif à la problématique des micropolluants renforce la représentation moderne de l'eau.

1.3. La mise en risque des micropolluants

Alors que pour les experts, la notion de risque est bien établie (interaction d'un danger et d'une exposition ; dépassement des PNEC (concentrations prédites sans effet) ou des NQE (Normes de Qualité Environnementale) ; pour les non-experts à l'inverse, le risque n'est pas un risque en soi, mais le devient dans la mesure où on se le représente comme tel. Ce basculement de représentation passe par un « rouage de mise en risque » dans lequel tous les « crans » doivent se mouvoir en même temps : le cran scientifique, le cran technologique, et le cran institutionnel. Ce que l'on désigne par l'expression « mise en risque » est le passage de la représentation d'un évènement comme anodin à celui de présentant un risque potentiel.

Le risque se construit à partir de différentes hypothèses non scientifiquement validées qui servent à déclencher une alerte. Ainsi, la mise en risque n'est pas le fait d'un acteur ni même d'un groupe d'acteurs, ce n'est pas non plus un acte législatif, ni une publication d'étude, mais **un changement dans les représentations de la majorité des consciences d'une population donnée**, entrainé par tout un système formé de multiples changements de représentations des acteurs scientifiques, médiatiques, militants et politiques. En effet, la diminution des seuils réglementant les substances s'explique au moins autant par les progrès en métrologie que par la diminution de l'acceptabilité sociale des risques encourus par l'exposition à ces substances, du fait, notamment de plusieurs crises environnementales et sanitaires.

2. Apports de l'interdisciplinarité

2.1. Pour aborder la complexité

« Le morcellement et la compartimentation de la connaissance en disciplines non communicantes rendent inapte à percevoir et concevoir les problèmes fondamentaux et globaux » (Morin, 2012, p. 145)

Les questions de la contamination des milieux aquatiques par les micropolluants, de leur détection, de la caractérisation de leur(s) impact(s) sur l'environnement, de l'identification de leur(s) source(s) et de leur réduction renvoient nécessairement à une multiplicité d'approches mobilisant, dans le projet REGARD, un certain nombre de disciplines telles que la chimie, l'écotoxicologie, la sociologie, la psychologie sociale, l'écologie humaine ou encore l'économie…Chacune participe à une partie de la compréhension de l'objet, mais c'est d'une collaboration plus ou moins étroite entre elles, de l'échange de méthodes et de résultats, voire d'une reconsidération des points de vue disciplinaires que peut émerger une compréhension la plus globale possible du système et peuvent se dégager des solutions pertinentes. Cette approche interdisciplinaire est souvent mise en avant pour aborder la complexité. Elle est généralement placée au sommet d'une échelle de gradation après les approches monodisciplinaires et pluridisciplinaires (Létourneau, 2008). Carrere et Salles (2016b), pour aborder les problèmes en santé-environnement liés à la contamination des eaux par les composés pharmaceutiques, préfèrent l'utilisation du « savoir méréologique » articulé autour d'un savoir holistique[12] interdisciplinaire et de spécificités heuristiques[13] et analytiques disciplinaires.

2.2. Pour aborder le risque

Les risques relatifs aux micropolluants présents dans les milieux aquatiques sont difficiles à percevoir du fait i) de leur imperceptibilité, de la dépendance à la science pour les mesurer, et de l'absence de seuils réglementaires pour beaucoup d'entre eux, ii) de leurs effets difficilement prédictibles et de la difficulté de faire le lien entre les impacts sur les espèces du milieu aquatique et les impacts sur la santé humaine, iii) du non-choix quant à notre exposition à ces composés présents dans le milieu aquatique.

Les différentes tâches du lot 1 du projet REGARD « Caractérisation des substances et des impacts » ont été menées de manière pluridisciplinaire, voire interdisciplinaire, pour identifier

[12] qui s'intéresse à son objet comme constituant un tout

[13] utiles à la découverte de faits et de théories

au mieux ces risques émergents. En effet, la tâche 1.2 a permis de comprendre les enjeux des micropolluants pour différents acteurs, d'identifier leurs connaissances et leurs représentations et de les sensibiliser. La tâche 1.3 a permis d'identifier et de quantifier les substances présentes dans le continuum depuis les effluents issus des différentes sources jusqu'au milieu naturel (Chollet *et al*., 2016 ; Coynel *et al*., 2016), de caractériser les impacts observés *in vivo* (Baudrimont *et al*., 2016) et *in vitro* (Ait-Aissa *et al*., 2016). C'est au niveau du lot 2 « Diagnostic et priorisation des risques à l'échelle du territoire » et du lot 3 « Mise en forme des solutions de réduction des micropolluants sur le terrain » que seront confrontées ces visions pour entamer la réelle plus-value interdisciplinaire de ce projet.

2.3. Interdisciplinarité et SHS

Le projet REGARD fait partie des 13 projets retenus dans le cadre de l'appel à projets « Innovations et changements de pratiques ».

Une « innovation » désigne le résultat de l'introduction réussie d'une invention technique ou est le fruit d'un nouveau comportement ou procédé qui s'est diffusé. Souvent, la modification des pratiques des usagers ou des changements intervenant dans les relations sociales/organisationnelle sont des gages de réussite face à une innovation technique ou technologique ; le succès des innovations étant étroitement lié à l'anticipation de ces dimensions et leur prise en compte le plus en amont possible. Une des définitions de l'innovation sociale est d'élaborer « des réponses nouvelles à des besoins sociaux nouveaux ou mal satisfaits dans les conditions actuelles du marché et des politiques sociales, en impliquant la participation et la coopération des acteurs concernés, notamment des utilisateurs et des usagers. Ces innovations concernent aussi bien le produit ou le service, que le mode d'organisation, de distribution, dans des domaines variés » (Chibani-Jacquot, 2013). Pour que cette innovation devienne « sociétale », elle doit regrouper l'innovation sociale et l'utilité sociale, doit être institutionnalisée, et doit être reconnue et adoptée par la société dans son ensemble (Mortier, 2013). « L'innovation sociétale doit tendre vers une transformation ou un changement social dont les objectifs pourraient être, entre autres, l'amélioration des conditions collectives du développement humain durable (dont font partie l'éducation, la santé, la culture, l'environnement et la démocratie) » (Chibani-Jacquot et Fremeaux, 2013).

Une innovation est donc caractérisée par une double composante : technique et souvent liée aux sciences qualifiées de « dures » (hydrologiques, chimiques, biologiques, écotoxicologiques, …) et non techniques (sociales, économiques, organisationnelles, politiques…) plutôt rattachée aux Sciences Humaines et Sociales dites « SHS ». Ces dernières occupent une place importante dans cet appel à projet puisque 7 disciplines sont représentées dans les 13 projets : la sociologie et l'anthropologie, la psychologie, la géographie, l'écologie humaine, l'économie et les sciences politiques.

Les « changements de pratiques » relèvent d'une part de dimensions individuelles *(« c'est bien plus confortable de ne pas changer ! », « changer implique trop de nouvelles contraintes en termes de confort, de temps, d'argent »*) mais également de dimensions collectives (*« Si les autres ne changent pas, pourquoi moi je le ferai ? », « mon changement est dépendant des politiques mises en place et des restrictions réglementaires »)* et structurelles *(par ex. priorisation de la santé sur l'environnement dans les systèmes de soins)* (Ademe, 2016). Ainsi, travailler sur des changements de pratiques implique donc de comprendre :

- Le fonctionnement des pratiques existantes et de concevoir des solutions innovantes capables de s'adapter/se greffer aux pratiques préexistantes et les faire évoluer ;

- Les freins, les contraintes qu'il faudrait lever. Cela se situe parfois au niveau des représentations sociales, parfois au niveau d'autres déterminants de l'action (raisons économiques, éthique et principes moraux, habitudes, coutumes et réflexes …)

Les chercheurs de REGARD ne sont évidemment pas les seuls à poser ces constats et à travailler sur les facteurs/déterminants (techniques, sociaux, réglementaires etc.) favorisant l'adoption ou non de nouveaux comportements. Ce sujet est largement abordé dans le cadre du groupe de travail et d'échanges qui a été initié dans le cadre de l'AAP AFB et regroupe une majorité des chercheurs en SHS des 13 projets retenus.

2.4. Indicateurs de réussite

Parmi les indicateurs d'évaluation de la réussite de cette tâche 1.2 avaient été mentionnés des critères de réussite scientifique concernant la capacité des partenaires issus de champs disciplinaires différents (sciences technologiques, sciences biologiques, et sciences humaines) à partager un projet commun. Le corollaire mis en avant dans les risques associés à cette tâche était de s'assurer que les liens entre les approches chimiques et écotoxicologiques d'une part et des SHS d'autre part soient efficients et bien articulés.

À la fin de cette 1ère étape du projet REGARD, ce critère de réussite semble accompli. En effet, au sein-même de l'étude d'une source, plusieurs disciplines parfois éloignées ont pu être mobilisées. Par exemple, l'expérimentation « Living Lab » de la source domestique résulte d'une interaction forte entre les SHS (écologie humaine, psychologie sociale, sociologie), les sciences technologiques (notamment concernant les données techniques du « book » rédigé par les chercheurs) et les sciences de la médiation et de la communication (conception et animation de Cap Sciences). Autre exemple, l'étude de la source pluviale est caractérisée par des observations de terrain, interviews et entretiens relatifs aux pratiques et produits utilisés afin d'identifier des leviers d'action préventifs, mais également à l'étude d'une technique relative à un pilote de traitement curatif avant rejet en milieu récepteur. Enfin, pour l'étude de chacune des sources, des échanges ont été nécessaires avec les collègues chimistes afin de prioriser l'étude de certaines pratiques au regard de certaines substances prioritaires, ou au contraire la mesure de certaines substances dans le milieu en fonction des pratiques ou produits nous semblant les plus pertinents pour la source en question. À noter cependant que pour l'instant, peu voire pas d'articulations ont été mises en œuvre entre les SHS caractérisant cette tâche 1.2 d'une part et les approches biologiques mesurant les impacts biocénotiques *in situ* d'autre part.

3. Réflexion sur les sources : la nécessité d'une approche systémique pour proposer des leviers d'action pertinents

3.1. Les sources en questions

Au départ de ce projet, nous avons choisi d'aborder l'étude des micropolluants sur le territoire de la métropole bordelaise, non pas par type de substance ou par type de produit en contenant, mais par type de source d'émission. Cette entrée dans le projet par les sources d'émission nous permettait : i) d'avoir une démarche globale sur le territoire, ii) d'étudier les micropolluants sur un continuum depuis les différences sources d'émission jusqu'au milieu naturel, iii) de caractériser chaque source d'émission en termes de substances afin d'identifier des traceurs éventuels, et en termes d'acteurs et de pratiques afin de faire émerger des leviers de réduction.

Nous avons donc abordé la tâche 1.2 du projet REGARD par l'étude de 5 sources : la source domestique, la source industrielle, la source collectivités, la source hospitalière et la source pluviale.

Ce découpage en cinq types de sources pose déjà un problème de délimitation du périmètre de chacune d'entre elles. En effet, la source pluviale étant traitée séparément, il n'aurait fallu nous préoccuper que des rejets dans les eaux usées pour les autres types de sources. Or, les citoyens, par certaines de leurs pratiques, contribuent à rejeter des substances dans le réseau pluvial. C'est par exemple le cas lorsque certains lavent leur voiture devant chez eux, exemple qui a été traité dans l'enquête populationnelle ou encore lorsqu'ils désherbent leurs allées ou bien entretiennent leur toiture. C'est aussi le cas pour de nombreuses collectivités qui peuvent utiliser un certain nombre de composés se retrouvant dans le réseau pluvial après l'entretien de voiries, cimetières, terrains de sport, ou façades (*via* le nettoyage des graffitis par exemple). L'entretien des façades est également mis en œuvre par des artisans. **Ainsi, on se rend compte qu'il est plus cohérent de réfléchir par type de pratiques plutôt que par type de sources**, les mêmes pratiques pouvant être mises en œuvre par divers types d'acteurs au sein de diverses sources. Sur la base de cette réflexion, le travail sur la source pluviale et la source collectivités (dont les pratiques contribuent à la source pluviale) a été réalisé de manière concertée.

Par ailleurs, si la caractérisation de la source industrielle développée dans cette tâche 1.2 correspond bien aux émissions relatives aux activités industrielles telles qu'inventoriées au niveau national et régional dans la base de données RSDE[14], les 15 sites retenus pour l'étude de la source industrielle sur le territoire métropolitain correspondent à des zones d'activités économiques qui sont des zones « mixtes » (regroupant des activités industrielles, artisanales, commerciales, logistiques, voire résidentielles) (REGARD, 2015). Les analyses chimiques (Chollet *et al.,* 2016) nous indiquent que **contrairement à ce qui aurait pu être attendu pour cette source « industrielle », ce sont surtout des substances pharmaceutiques (paracétamol, hydroxy-ibuprofène et acide salicylique) et les traceurs de vie humaine que sont la caféine et la théophylline qui caractérisent le plus ces eaux usées au détriment de certains types de rejets purement industriels.**

La même question des traceurs spécifiques se pose pour les autres sources étudiées. Nous pensions, en effet, au début de ce travail que certaines substances pharmaceutiques seraient spécifiques de la source hospitalière. Or, les résultats des analyses chimiques montrent que c'est le paracétamol qui a les plus fortes concentrations, contribuant à la moitié du flux sortant (Chollet *et al.,* 2016). Par ailleurs, avec le développement des soins ambulatoires, des composés auparavant spécifiques de la source hospitalière se retrouvent maintenant, *via* les rejets dans les urines (ou de mauvaises pratiques comme le rejet de médicaments non terminés dans les toilettes ou les éviers), dans les eaux usées caractérisant la source domestique (voire dans les eaux usées des autres zones de vie et de travail, comme les collectivités ou les zones d'activité). Le paracétamol, la caféine et la théophylline marquent ainsi fortement les eaux usées, quelle que soit leur origine, tout simplement du fait de leur forte consommation par la population. **Ces composés ne sont donc pas spécifiques d'une source en particulier mais, en tant que traceurs de vie humaine, sont spécifiques des eaux usées**. Autre exemple, le fipronil, substance utilisée dans le traitement

[14] Action nationale de recherche et de réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux. RSDE. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et INERIS. http://www.ineris.fr/rsde/

antipuces/antitiques semblait être un bon traceur des eaux usées de la source domestique. Or, cette substance étant également utilisée dans certains traitements antitermites chimiques peut aussi se retrouver dans les eaux pluviales, dont la source peut être domestique ou industrielle/artisanale ou encore issue des collectivités…. Ainsi, au vu des résultats préliminaires issus des analyses chimiques présentés dans les livrables de la tâche 1.3 (Chollet *et al*., 2016 ; Coynel *et al.,* 2016), **aucun composé, ou très peu, ne semble véritablement spécifique d'une source**.

Pour résumer, nous avons vu que :

1. Le « contour » d'une source est difficile à délimiter par rapport aux rejets dans les eaux usées ou pluviales et par rapport à la définition même de la source (par ex : les sites d'étude de la source « industrielle » du projet REGARD qui s'apparentent plus à des zones d'activités économiques)
2. Les composés retrouvés dans les eaux usées ne sont pas spécifiques d'une source (par ex. les substances pharmaceutiques issus de traitements hospitaliers rejetés dans les lieux de vie du fait de l'augmentation de la gestion ambulatoire des soins)
3. Les composés trouvés majoritairement dans les eaux usées sont des traceurs de vie/présence humaine (par ex : paracétamol, caféine) quelle que soit la source.

Cela nous amène à réfléchir, non pas spécifiquement par source ou même par type de composé, **mais de façon plus globale et systémique.** Si les rejets de composés sont peu spécifiques d'une source et sont, pour les plus concentrés, des traceurs de vie humaine, ce sont les usagers et non plus les sources qui se retrouvent au centre de l'analyse globale et intégrée (Figure 25).

3.2. La nécessité d'une approche systémique

Les **usagers** sont définis comme les acteurs mettant en œuvre les pratiques à l'origine des émissions de micropolluants. Ces usagers sont d'une part les citoyens, considérés dans leur sphère privée autant que professionnelle ; et d'autre part les services techniques considérés au sens large qui mettent en œuvre les pratiques des activités économiques (collectivités et structures d'État, services tertiaires, entreprises du commerce, de l'industrie et de l'artisanat). Ces usagers, par la diversité de leurs pratiques et des produits employés, contribuent à l'émission des micropolluants.

Ainsi, les leviers d'action doivent porter sur les **produits et/ou matériaux** contenant ces substances et les **pratiques associées**. Ces pratiques, bien que diversifiées, peuvent être regroupées en grandes catégories : les pratiques relatives à l'hygiène et à la beauté, celles concernant l'usage de médicaments, les pratiques concernant l'entretien des intérieurs (ex : ménage, entretien du linge) et des extérieurs (ex : espaces verts, terrains de sport, voiries, façades, toitures, mobilier urbain, voitures), la gestion des nuisibles. Enfin, les pratiques spécifiques liées à certains usages et traitements industriels ou artisanaux spécifiques font l'objet d'une catégorie à part, de même que les pratiques associées aux déplacements et aux transports, responsables de contaminations du réseau pluvial (via l'usure des matériaux comme les pneus et les freins, les fuites ou encore les émissions atmosphériques suivies de leur dépôt).

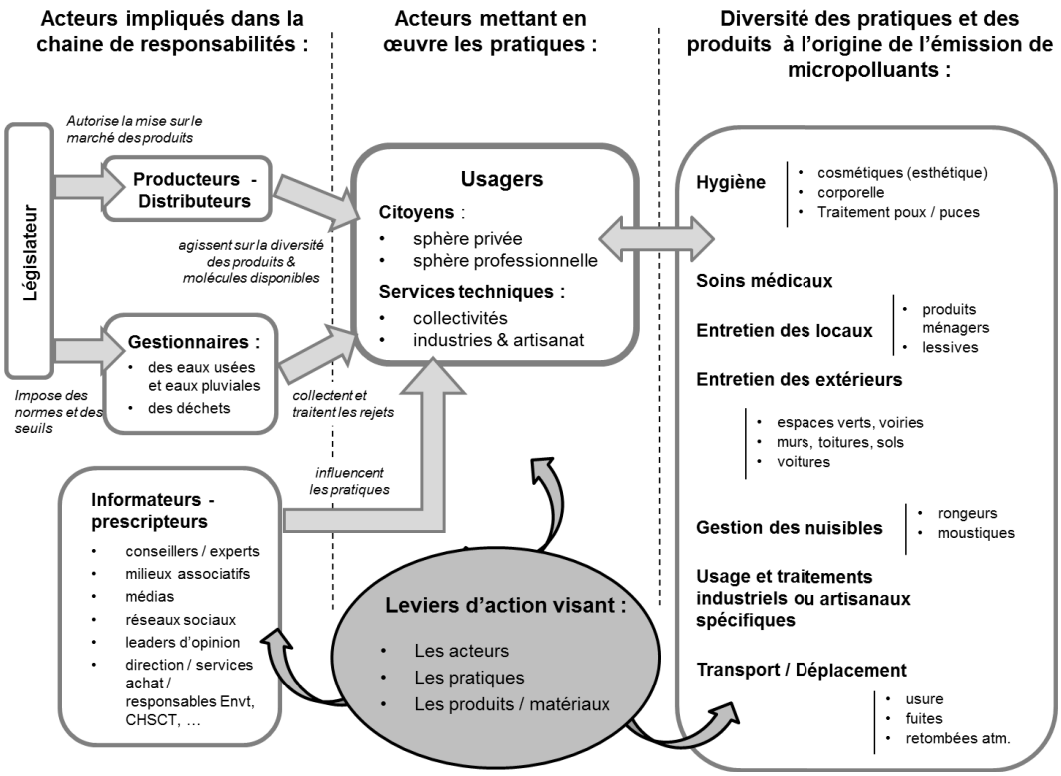


Figure 25. Analyse systémique de la problématique du rejet des micropolluants

Si les usagers se retrouvent au centre de l'analyse en contribuant, par leurs pratiques, à l'émission des micropolluants, ils ne doivent pas pour autant être les seules cibles des mesures préconisées de réduction. En effet, les leviers d'action ciblant les usagers doivent être cohérents avec l'ensemble des actions mises en œuvre tout au long du cycle de vie des produits. Si les usagers mettent en œuvre telle ou telle pratique avec tel ou tel produit, c'est souvent parce que les produits sont à disposition ou prescrits sans forcément de préconisation audible à leur usage. Les leviers d'action doivent alors porter sur les acteurs intervenant dans **la chaîne de responsabilités influençant les pratiques** (Figure 25).

La priorisation des risques vis-à-vis de certaines substances doit donc intégrer **le législateur** en amont de cette chaîne de responsabilités (par ex. en rendant obligatoire l'évaluation environnementale de mise sur le marché de certains médicaments ou « l'étiquetage environnemental ») mais aussi y associer les **acteurs du système de production-distribution** (en contrôlant la diversité des molécules mises sur le marché et en privilégiant l'écoconception et la labellisation des produits, y compris par des aides financières). Sans doute, pour ce 1er type d'acteurs, la question de la temporalité doit être interrogée en mettant en balance la durée nécessairement longue pour conduire à une évolution de la réglementation et l'urgence de la situation concernant la contamination des milieux aquatiques. Les leviers d'action doivent également cibler l'ensemble des acteurs influençant les pratiques que nous avons qualifiés **d'informateurs-prescripteurs**. Il s'agit par exemple des scientifiques en tant qu'experts sur ces problématiques, des prescripteurs de santé pour la délivrance d'ordonnance de médicaments, des médias jouant un rôle indéniable dans la médiatisation des effets sanitaires ou environnementaux de certains produits, de la publicité et du marketing qui incitent à la consommation de produits contenant des micropolluants, des comités de direction des entreprises et des collectivités orientant les politiques de développement et de ce fait orientant les achats de produits et la pratiques mise en œuvre par

les services techniques, etc. Enfin, les leviers d'action doivent également concerner les **gestionnaires**, concernant autant les réseaux d'eaux usées / eaux pluviales que les déchets (par ex. amélioration technique de l'efficacité des STEU pour certaines substances peu abattues, gestion économique efficiente des boues issues des STEU).

3.3. Synthèse sur les leviers d'action

Les leviers d'action peuvent être spécifiques des micropolluants et doivent alors cibler autant l'achat des produits/matériaux qui contiennent ces substances (par ex. choisir un produit en fonction des informations indiquées par l'étiquetage ou en fonction des priorités définies par la direction et les services achats), que leur usage (par ex. préconiser des fréquences adéquates et contrôler le dosage), et leur rejets (par ex. en informant sur les modes de collecte et de traitement conformes pour les produits en fin de vie). L'objectif de ces leviers d'action est alors de remplacer des produits/matériaux utilisés ou de changer les pratiques par des changements comportementaux ou structuraux (par exemple, inclusion du critère « micropolluant » dans les achats publics).

Finalement, l'approche systémique représentée par la Figure 25 nous permet de proposer une synthèse des leviers d'action, non plus par source, mais par catégories d'action : éduquer et sensibiliser, réglementer, traiter, substituer, réduire et gérer. Chaque catégorie peut englober une diversité de leviers d'action. Par exemple, la substitution peut concerner : i) la substitution d'un matériau potentiellement émetteur de micropolluants (par exemple la substitution d'une toiture en Zn par une toiture végétalisée) ; ii) la substitution d'un produit contenant des micropolluants par un produit écolabellisé ou biodégradable ; iii) la substitution d'un produit chimique par un traitement mécanique (Ex : nettoyage à l'eau haute pression des surfaces) ; iv) la substitution d'une pratique (Ex : passage d'une gestion homogène des espaces verts avec utilisation potentielle de phytosanitaires à une gestion différenciée des espaces, donc des espaces ne nécessitant pas leur usage). Enfin, chaque levier d'action mobilise des acteurs différents dans la chaine de responsabilités influençant les pratiques. Le Tableau 15 synthétise, en fonction de ces 6 catégories d'action, les différents leviers d'actions proposés par source dans les parties précédentes.

Tableau 15. Catégorisation des leviers d'action et identification des acteurs concernés

Catégorie de leviers d'action	Exemples de leviers d'actions	Acteurs ciblés
Eduquer et sensibiliser	Diffuser aux citoyens de l'information scientifique territorialisée sur la pollution des milieux aquatiques à l'exemple du Book du Living Lab, de la restitution des résultats du programme de recherche RESEAU aux acteurs hospitaliers ou encore des restitutions publiques annuelles « Regard citoyen sur les micropolluants ».	Informateurs-prescripteurs (experts, direction)
	Proposer aux citoyens des activités de nature pour reconnecter les gens à la nature.	Informateurs-prescripteurs (tissu associatif)
	Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie : « Trottoirs vivants », « Famille Eau Défi » …	Informateurs-prescripteurs (experts, direction) Usagers (citoyens, services techniques)
	Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usages courant.	Législateurs, producteurs-distributeurs, informateurs-prescripteurs, experts (chercheurs), gestionnaires.
	Développer la prise de conscience des liens santé-environnement.	Informateurs-prescripteurs (experts, médias)
	Proposer un module d'enseignements en santé-environnement à destination des professionnels de soins et des services techniques des collectivités.	Informateurs-prescripteurs (experts, gestionnaires, usagers (services techniques)
	S'appuyer sur des personnes ou structures référentes ou relais pour informer et mener des actions pour limiter l'impact environnemental des pratiques.	Informateurs-prescripteurs (associations, direction)
Réglementer	Mieux suivre la pollution, renforcer les contrôles et appliquer des pénalités.	Gestionnaires, législateur
	Taxer l'usage de certains produits/substances.	Législateur, producteurs distributeurs, informateurs-prescripteurs (direction, achat)
	Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses, ou interdire leur usage dans certains secteurs d'activité.	Législateur, producteurs-distributeurs
Traiter	Récupérer et traiter les eaux contaminées.	Gestionnaires, producteurs-distributeurs (collecte, traitement des eaux)
	Systématiser les prétraitements.	Usagers (services techniques), informateurs-prescripteurs (direction)
	Traiter les effluents avant rejet.	Usagers (citoyens) informateurs-prescripteurs (direction, experts)
	Optimiser les procédés industriels pour limiter les pertes de matières actives pour tendre vers un objectif de « zéro rejet liquide ».	Usagers (citoyens) informateurs-prescripteurs (direction, experts)
	Mettre en place des dispositifs de gestion à la source des résidus médicamenteux.	Usagers (services techniques), informateurs-prescripteurs (direction)
	Mettre en place un système de récupération des selles et urines.	Usagers (services techniques), informateurs-prescripteurs (direction)
Substituer, réduire et gérer	Substituer les produits par des produits plus sains ou par des actions mécaniques. Réduire les fréquences, les doses ou la diversité des produits pour un même usage.	Usagers (citoyens, services techniques), informateurs-prescripteurs (médias, milieu associatif, direction, achat)
	Intégrer le critère « micropolluants » dans les matériaux utilisés et dans les clauses des marchés publics.	Informateurs-prescripteurs (direction, achat)
	Remplacer les matériaux à l'origine des micropolluants.	Usagers (citoyen, services techniques), informateurs-prescripteurs (direction, achat)

Pour conclure, on peut finalement **interroger les leviers d'actions spécifiques de la problématique des micropolluants**. La pollution des milieux aquatiques par les micropolluants fait partie d'un ensemble de problématiques environnementales, entremêlées et régies par des relations de causes à effet : changement climatique, érosion de la biodiversité, dégradation et fragmentation des habitats, … Essayer d'agir sur une problématique sans considérer les autres ne risque-t-il pas de conduire à des effets contre-productifs ? Par exemple, remplacer une pelouse de terrain de sport nécessitant l'usage de traitements phytosanitaires par un gazon en matériau inerte aura sans doute des impacts positifs sur l'émission de micropolluants dans le réseau pluvial, mais qu'en est-il des impacts écologiques liés à la fabrication (à partir de matériaux d'origine fossile), au transport (émission de gaz à effet de serre) et au remplacement (gestion des déchets) de ce gazon synthétique ?

Ainsi, concernant les leviers d'action ciblant les changements de comportements, il s'agit de redonner **du sens aux actions**. Les gens veulent généralement bien faire mais il peut être difficile de concilier les différentes sollicitations, parfois considérées comme injonctives, concernant les économies d'eau et d'énergie, le tri et la prévention des déchets, l'alimentation saine et locale, la pollution des milieux et les impacts sanitaires potentiels, etc. Pour cela, **l'éducation des usagers aux problématiques environnementales dans leur ensemble** (et non pas de manière sectorisée), tout long au long de la vie et par différents moyens, semble être, à terme, un des leviers d'action à privilégier pour éviter les transferts d'impacts et les éventuels effets rebond. Cela peut passer par une approche multi-critères et multi-étapes des impacts, à l'exemple de l'Analyse du cycle de Vie des produits, ou par l'adoption d'une démarche de sobriété, transversale aux différentes problématiques environnementales. A cet égard, **l'apprentissage de l'incertitude et de la complexité** est un élément particulièrement important, pour accepter le compromis individuel et collectif, et en intégrant le fait qu'on ne peut être exemplaire sur tout et tout de suite.

Bibliographie

Ademe (2016). Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité. L'apport des sciences humaines et sociales pour comprendre et agir. 179 p. http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/changer-les-comportements.pdf

Al-Malak, H. (2001). Migration of lead from unplasticized polyvinyl chloride pipes. *Journal of Hazardous Materials*, 263-274.

Baker, M.E. et Chandsawangbhuwana, C. (2012). PLOS ONE, 4 Octobre 2012, http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0046078

Barillon, B. et Ferré, M. (2016). Origine et leviers de réduction des micropolluants dans la source pluviale. Version provisoire du livrable correspondant à la sous-tâche 1.2.2 « Source pluviale », tâche 1.2. « Description des sources et inventaires des leviers d'action », lot 1 « Caractérisation des substances et des impacts », 123 p.

Barillon, B. et Alferes, J. (2016). Origine et leviers de réduction à la source des micropolluants dans les effluents industriels. Version provisoire du livrable correspondant à la sous-tâche 1.2.4 « Source industrielle », tâche 1.2. « Description des sources et inventaires des leviers d'action », lot 1 « Caractérisation des substances et des impacts », 44 p.

Barraqué, B. et Kalaora, B. (1994). Introduction. Le risque environnemental et son vécu, *in* Espace et Société, n°77.

Barrault, J., Causse, E., Domenc, C., Delerue, F., Félonneau, M.L., Gombert-Courvoisier, S., Krieger, S.J., Ribeyre, F., Rioche, G. Version provisoire du livrable correspondant à la sous-tâche 1.2.3 « Source domestique », tâche 1.2. « Description des sources et inventaires des leviers d'action », lot 1 « Caractérisation des substances et des impacts », 152 p.

Barrault, J. et Dumas, L. (2016). Les enjeux globaux des micropolluants. Version provisoire du livrable correspondant à la sous-tâche 1.2.1 « Enjeux globaux des micropolluants », lot 1 « Caractérisation des substances et des impacts », 55 p.

Baudrimont, M., Gourves, P.Y., Bertucci, A., Pierron, F. et Gonzalez, P. (2016). Evaluation des impacts et essais. Bioessais in vivo. Version provisoire de la tâche 1.3 « Recherche de substances et caractérisation de l'impact », 25 p

Buil, S. (2016). Etude de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein des services publics territoriaux. Stage de master 2 « Ecologie humaine », Université Bordeaux Montaigne, 93 p.

Carrere, G. et Salles, D. (2016a). Étude de la source hospitalière. Version provisoire du livrable correspondant à la sous-tâche 1.2.5 « Source hospitalière », 127 p.

Carrere, G. et Salles, D. (2016b). Le chimiste, le sociologue et les résidus médicamenteux : l'interdisciplinarité saisie par la pratique. Sciences de la Société, 68-83.

Chibani-Jacquot, P. (2013). Définir ce qu'est un projet « socialement innovant », Alternatives Economiques, la fabrique de l'innovation sociale, hors-série n° 652, juin 2013.

Chibani-Jacquot, P. et Fremeaux, P. (2013). L'innovation sociale, R&D de l'économie sociale et solidaire, Alternatives Economiques, la fabrique de l'innovation sociale, hors-série n° 652, juin 2013, 13-14.

Chocat, B. (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement (p. 1124). Edition Lavoisier.

Chollet, C., Cruz, J., Budzinski, H., Capdeville, M.J. et Granger, D. (2016). Substances organiques. Version provisoire du livrable de la tâche 1.3 « Recherche de substances et caractérisation de l'impact », 170 p.

Coynel, A., Lerat, A., Capdeville, M.J. et Granger, D. (2016). Substances inorganiques. Version provisoire du livrable de la tâche 1.3 « Recherche de substances et caractérisation de l'impact », 51 p.

Curiao, T., Marchi, E., Viti, C., Oggioni, M.R., Baquero, F., Martinez, J.L., Coque,T.M. (2015). Polymorphic variation in susceptibility and metabolism of triclosan resistant mutants of escherichia coli and klebsiella pneumoniae clinical strains obtained after exposure to biocides and antibiotics. Antimicrobial agents and chemotherapy, 59 (6), 3413-23.

Félonneau M.L, et Causse, E. (2016) Pro-environmentalism, identity dynamics and environmental quality of life in G. Fleury-Bahi, O. Navarro-Carrascal & E. Pol (Eds), Handbook of Environmental Psychology and Quality of Life, Springer (211-228).

Fischer, M. (2016). DCE & Artisanat Caractérisation des Substances Dangereuses dans les rejets des activités artisanales. CNIDEP - Chambre de Métiers et de l'Artisanat de Meurthe-et-Moselle.

Giddens, A. (1991), The Consequences of Modernity, Cambridge, Polity Press/Blackwell.

Gromaire-Mertz. (1998). *La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire: caractéristiques et origines.* Thèse de doctorat - Sciences et techniques de l'environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Gromaire-Mertz, M. C. (2001). Contribution of different sources to the pollution of wet weather flows in combined sewers. *Water Research*, 35(2) : 521 - 533.

INOVE.COM (2016). Identité, NOrme, Vulnérabilité pour une approche Ecologique de la COnsommation des Ménages. Projet de recherche MEDDE, programme MOVIDA (auteurs : Ballesta, O., Carimentrand, A., Causse, E., Delerue, F., Félonneau, M.L., Gombert-Courvoisier, S., Ribeyre, F. & Rioche, G.).

Jeanjean, A. & Pétonnet, C. (2006). Basses oeuvres. Une ethnologie du travail dans les égouts. Collection Le regard de l'ethologue, n°15, 279 p.

Kaegi, R. (2010). Release of silver nanoparticles from outdoor facades. *Environmental Pollution* , 158: 2900- 2905.

Holm, G., Snape, J.R., Murray-Smith, R., Talbot, J., Taylor, D., Sörme, P. (2013). Implementing ecopharmacovigilance in practice: challenges and potential opportunities. Drug safety, 36 (7), 533-546.

Létourneau, A. (2008). La transdisciplinarité considérée en général et en sciences de l'environnement. VertigO, la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], 8, 2. http://vertigo.revues.org/5253 ; DOI : 10.4000/vertigo.5253.

Les traitements chimiques de la végétation des voies ferrées par la SNCF. (2016). Phyt'Eux Propres Ile de France, 17 juin 2009. http://www.cadeb.org/wp-content/uploads/2012/06/pratiques_sncf.pdf

Morin, E. (2012). La voie. Pour l'avenir de l'humanité, Mesnil-sur-l'Estrée, Fayard.

Olivos, P., Aragones, J.I. & Amerigo, M., (2011) The connectedness to nature scale and its relationship with environmental beliefs and identity ? IPHJ (2011) ISSN 1939-5841

Peretti-Watel, P. (2007). Société assurantielle, société du risque, ou culture du risque, *in* Risques : les cahiers de l'assurance, Paris, n°67, 2007, p. 81-85, https://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf/b724c3eb326a8defc12572290050915b/1aa614ccfdf4823bc125723d004c740f/$FILE/Risques_067_0020.htm.

Plagellat, C. (2004). Biocides in Sewage Sludge: Quantitative Determination in Some Swiss Wastewater Treatment Plants. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 73(5): 794-801.

Pouly, N. et Buil, S. (2016). Les enjeux globaux des micropolluants. Version provisoire du livrable correspondant à la sous-tâche 1.2.1 « Enjeux globaux des micropolluants », lot 1 « Caractérisation des substances et des impacts », 55 p.

REGARD (2015). Livrable 1.1 « Description des sites d'étude et des protocoles d'expérimentation », version de décembre 2015, 94 p.

Taggart, M.A., K.R., Green, R.E., Jhala, Y.V., Raghavan, B., Rahmani, A.R., Cuthbert, R. (2007). Diclofenac residues in carcasses of domestic ungulates available to vultures in India. Environment International, 33 (6), 759-765.

Yazdankhah S.P., Scheie A.A, Arne Høiby E., Lunestad B.T., Heir E., Fotland T.O., Naterstad K., Kruse H. (2006). Triclosan and antimicrobial resistance in bacteria: an overview. Microbial drug resistance, 12 (2), 83-90.

Zgheib S. (2009). Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire. Hydrologie. Ecole des Ponts ParisTech

Table des figures

Figure 1 : Analyse systémique de la problématique du rejet des micropolluants. 9

Figure 2. Méthodes mises en œuvre et acteurs ciblés 15

Figure 3. Activités jouant un rôle dans la pollution des milieux aquatiques selon les participants (Q.5 : « Selon vous, les activités suivantes contribuent-elles à la pollution des milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'activité, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout à 6-fortement) 23

Figure 4. Responsables de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques (Q.37 : « À votre avis, qui est responsable de la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'acteur, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout responsables à 6-très responsables) 24

Figure 5. Comparaison des représentations concernant la perturbation des milieux aquatiques par les insecticides (Q.27), les médicaments (Q.31), les lessives (Q.15), les produits de nettoyage des voitures (Q.19), les produits pour la douche (Q.11) et les produits antipuces (Q.23) utilisés dans les pratiques domestiques 27

Figure 6. Pistes d'actions pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques (Q.34 : « selon vous, réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques nécessiterait de …»).... 29

Figure 7. Acteurs devant agir pour la réduction des micropolluants (Q.38 : « Qui devrait agir pour réduire la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? ») 30

Figure 8. Réponses à la Q.33 : « Vous adoptez des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement, même si cela vous paraît contraignant » 31

Figure 9. Illustration du biais de Conformité supérieure de soi (Q.39)..... 32

Figure 10. Etat des lieux des services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants..... 45

Figure 11. Activités potentiellement émettrices de micropolluants au sein des différents services de la collectivité 47

Figure 12. Bilan des entretiens 2016 pour la source « Collectivités » 48

Figure 13. Les trois catégories concernant l'émission des micropolluants par la collectivité 50

Figure 14 - Catégories de leviers d'actions 51

Figure 15 Exemple d'une technique mécanique(WiseCon®) permettant la dératisation des réseaux d'assainissement sans utilisation de produits chimiques 53

Figure 16. Usage potentiel de pesticides concernant 6 services urbains 54

Figure 17. Flux cumulé et occurrence de 3 alkylphénols étudiés dans RSDE au niveau national 60

Figure 18. Comparaison des substances les plus fréquemment quantifiées dans les rejets des sites industriels au niveau national et au niveau régional (Aquitaine) 64

Figure 19. Les ambassadeurs du développement durable. Source : CHU de Bordeaux, Passerelles, juillet 2015..... 68

Figure 20. Construction d'un cadre analytique pour un risque émergent 69

Figure 21. Entretiens semi-directifs réalisés 70

Figure 22. Questionnaire diffusé auprès des firmes pharmaceutiques..... 72

Figure 23. Treffler 74
Figure 24. Augmentation des quantités et du coût des liquides toxiques de la soute sur 9 ans 75
Figure 25. Analyse systémique de la problématique du rejet des micropolluants 86

Table des tableaux

Tableau 1 : Les principaux leviers d'actions identifiés au sein de chaque source. 7
Tableau 2 : Catégorisation des leviers d'action et identification des acteurs concernés. 10
Tableau 3. Nombre et diversité des types d'acteurs interrogés/observés dans les différentes sous-tâches 16
Tableau 4. Adéquation des outils et méthodes aux objectifs de la tâche 1.2. 18
Tableau 5. Conséquences de la pollution des milieux aquatiques en termes de probabilité et de gravité 27
Tableau 6. Liste des produits d'entretien des toitures 36
Tableau 7. Leviers d'action pour réduire les micropolluants dans la source pluviale 43
Tableau 8. Exemple de données de consommation annuelle des produits par les services de la collectivité 51
Tableau 9. Identification des leviers d'action, freins et moteurs pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux usées de la collectivité 52
Tableau 10. Identification des leviers d'action, freins et moteurs identifiés pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux pluviales de la collectivité 57
Tableau 11. Substances prioritaires dangereuses mentionnées dans l'action RSDE (1) 61
Tableau 12. Substances prioritaires dangereuses mentionnées dans l'action RSDE (2) 62
Tableau 13. Secteurs industriels pour lesquels les substances prioritaires ont des flux supérieurs à 50 % (ou dont la somme des flux est supérieure à 70 %) 63
Tableau 14. Ressorts et contraintes au processus d'écologisation 77
Tableau 15. Catégorisation des leviers d'action et identification des acteurs concernés 88

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : DIAGNOSTIC ET PRIORISATION DES RISQUES A L'ECHELLE DU TERRITOIRE

TACHE 2.2 SELECTION DES ACTIONS DE REDUCTION PERTINENTES A METTRE EN OEUVRE

Livrable 221 : Fiches-action synthétiques

Version finale décembre 2018

Auteurs : R. Pico, M. Puybonnieux, M-J. Capdeville, E. Oppeneau

Préambule

L'objectif de ces fiches-actions consiste en l'élaboration d'une liste non exhaustive d'actions pouvant être mises en place dans le but de réduire l'émission de micropolluants dans l'environnement. Ces fiches peuvent servir de support à toute personne ou groupe de personnes ayant la volonté de mettre en place des actions de réduction. Elles ont pour vocation de présenter succinctement les différentes actions ainsi que les outils associés permettant leur mise en œuvre. Le contenu des fiches permet aussi d'associer à chaque action les acteurs impliqués ainsi que la ou les familles de micropolluants concernées. Enfin, parmi les actions présentées, certaines ont été mises en œuvre dans le cadre du projet REGARD. Cette information apparait également sur les fiches de façon que le lecteur puisse aller chercher dans les rapports du projet de plus amples informations sur l'action concernée.

Un des objectifs initiaux du projet REGARD consistait en l'identification de leviers d'action pouvant être mis en œuvre au niveau des différents types de sources étudiées dans le projet, à savoir les sources domestique, hospitalière, industrielle, collectivité et pluviale. Cependant, la tâche 1.2 du projet (« Description des sources et identification des leviers d'action ») a mis en évidence une problématique de délimitation du périmètre de ces sources. En effet, des pratiques peuvent être communes à différentes sources rendant ainsi moins pertinente cette classification (exemple : pratiques d'entretien communes aux sources hospitalière, industrielle et collectivité ; pratiques domestiques comme l'entretien du jardin pouvant affecter aussi bien les eaux usées que les eaux pluviales, etc.). Il est donc apparu plus cohérent de réfléchir par types de pratiques que par types de sources. Les différentes actions mises en évidence et listées dans ce livrable ont donc été réparties par catégories d'action, elles-mêmes définies par rapport à un ensemble de pratiques particulières. Les 4 catégories d'action retenues sont les suivantes :

1. Eduquer et sensibiliser
2. Substituer, réduire à la source
3. Réglementer
4. Traiter après usage

Toutefois, dans l'optique de garder un lien avec l'objectif initial du projet, la ou les sources concernées par les actions sont mentionnées dans les fiches.

A l'exception de la catégorie « traiter après usage », les actions préconisées dans ce document sont basées sur le paradigme selon lequel il est préférable d'éviter la pollution plutôt que de la traiter. En effet, il est possible de transposer aux micropolluants ce qui a été fait pour les déchets. Ainsi le leitmotiv « réduire la production des déchets à la source car le déchet le plus facile à traiter est celui qui n'a pas été produit » devient « réduire les rejets de micropolluants à la source car le micropolluant le plus facile à traiter est celui qui n'a pas été rejeté ». C'est d'ailleurs dans ce cadre-là que s'inscrit l'appel à projet « innovation et changement de pratiques dans les eaux urbaines » dont REGARD est lauréat.
Afin d'être en accord avec ce paradigme, les 4 catégories d'action ont été hiérarchisées selon un ordre d'importance choisis. C'est la raison pour laquelle, la catégorie « traiter après usage » se retrouve en dernière position car le traitement est une solution de dernier recours. Par ailleurs, il nous est apparu préférable de privilégier les actions de sensibilisation aux actions de substitution donnant parfois l'impression d'être des solutions clés en main dont petit à petit on perd de vue l'intérêt. Les actions de substitution et de réduction à la source sont néanmoins à privilégier aux actions de réglementation qui sont plus efficaces à grande échelle mais dont les mises en œuvre sont longues, complexes et pas toujours respectées.

Par ailleurs, si les individus (en tant qu'usagers du service public de l'assainissement) et les professionnels (qui exercent une activité professionnelle susceptible de générer puis rejeter des micropolluants) sont les premiers ciblés par les actions de réduction, ils ne sont pas les seuls. Les actions doivent aussi concerner tous les acteurs intervenant dans la chaîne de responsabilités influençant les pratiques : le législateur en amont de cette chaîne, les acteurs du système de production-distribution, les acteurs influençant les pratiques (qualifiés d'informateurs-prescripteurs

dont les scientifiques, les prescripteurs de santé, les médias, les collectivités peuvent être des exemples) et enfin, les gestionnaires (de réseaux d'eaux usées/eaux pluviales ou de déchets).
Cependant il est important de noter que, pour que le législateur et les politiques soient en mesure de prendre des décisions et des réglementations en faveur de la réduction des micropolluants, il faut qu'ils soient au préalable sensibilisés et formés à l'environnement et aux sciences naturelles en générale. Ainsi ils seront en capacité de prendre des mesures qui auront du poids, de les porter et de s'assurer de leur mise en œuvre.

In fine, ces fiches-actions présentent une synthèse des actions de réduction pertinentes à mettre en œuvre en fonction de diverses catégories d'action (éduquer et sensibiliser, réglementer, traiter, substituer, réduire et gérer) et ciblent divers acteurs (législateur, producteur-distributeur, gestionnaire, informateur-prescripteur, usager). Chaque fiche est présentée sous forme d'un tableau répertoriant les catégories décrites comme suivant :

- Leviers identifiés : l'action de réduction identifiée
- Acteurs : les personnes, institutions, etc. pouvant mettre en œuvre l'action considérée
- Cibles : les personnes, institutions, etc. à qui s'adresse l'action considérée
- Sources : la ou les sources concernées par l'action considérée
- Micropolluants ciblés : les micropolluants dont l'action considérée permettra une réduction
- Moyens humains : les personnes (leur nombre ou leur fonction) nécessaire pour mettre en place l'action considérée
- Moyens techniques : les matériaux, outils, etc. nécessaires pour réaliser l'action considérée
- Avantages : les bénéfices ou aux points forts de l'action considérée
- Limites : les inconvénients ou les faiblesses de l'action considérée
- Actions mises en place dans le cadre de REGARD : fait référence à l'action telle qu'elle a été appliquée dans REGARD

Sommaire

Préambule 3
Sommaire 5
Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser 7
Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle[1] de l'eau. 9
Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant. 11
Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet. 13
Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience. .. 15
Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer. 17
Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie. 19
Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels. 21
Thématique 2 : Substituer et réduire à la source 23
Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés. 25
Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants. 27
Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques 29
Action 4 : Remplacer les matériaux à l'origine des micropolluants. 31
Thématique 3 : Réglementer 33
Action 1 : Développer des outils réglementaires d'information à destination des consommateurs. 35
Action 2 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés. 37
Action 3 : Renforcer les contrôles et appliquer les pénalités. 39
Action 4 : Taxer l'usage de certains produits/substances. 41
Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses. 43
Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité. 45
Thématique 4 : Traiter après usage 47
Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial. 49
Action 2 : Mettre en place un nouveau modèle de gestion des déchets hospitaliers intra et extra muros ou traiter les effluents spécifiques avant rejet. 51
Action 3 : Traiter les effluents spécifiques avant rejet et optimiser les traitements industriels. ... 53
Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées. 55
Liste des actions par source 57
Source domestique 57
Source hospitalière 57
Source collectivité 57
Source industrielle 58
Source pluviale 58

Liste des actions par famille de micropolluants 59
Général 59
Métaux 59
Médicaments 59
Biocides 59
Détergents 59
Pesticides 60
HAP 60
Plastifiants 60
COV 60
Alkylphénols 60
Filtres UV 60

Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser

Fiche n° 1-1	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle[1] de l'eau.**
Objectifs	Les études sociologiques menées dans le cadre du projet ont mis en avant un manque de connaissances des citoyens vis-à-vis du cycle[1] de l'eau. Concernant le petit cycle de l'eau, environ 30% des personnes interrogées pensent que l'eau distribuée dans les foyers provient directement des stations d'épuration, et que le petit cycle de l'eau correspond donc à un circuit fermé. Une des conséquences possibles de cette erreur de perception pourrait être un gaspillage de l'eau et un désintérêt vis-à-vis de la qualité des eaux rejetées, puisque celle-ci n'atteint pas le milieu naturel. Les usagers voient donc peu le lien qu'il pourrait y avoir entre leurs pratiques domestiques et les effets néfastes sur les milieux aquatiques. Par conséquent, il est important dans un premier temps d'accroître les connaissances des citoyens sur le cycle de l'eau et de diffuser ces connaissances plus largement dans la société, afin de faire prendre conscience aux usagers de leur possible contribution aux rejets de micropolluants dans le milieu naturel, tout ceci dans le but d'encourager des comportements pro-environnementaux.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Diffuser de l'information	Médiateurs scientifiques, associations, collectivités, enseignants	Citoyens	Toutes	Général	1 animateur scientifique	Médiathèque, ludothèque, écoles, universités, centre de loisirs	Messages ciblés, l'information peut être diffusée sous forme de jeux	Nombre limité de personnes concernées	Living-Lab à Cap Sciences
Organiser des activités en lien avec la nature et l'eau	Associations locales, collectivités	Citoyens	Toutes	Général	1 animateur scientifique	Parcs, circuits dédiés à la nature en ville, jardin botanique	Messages ciblés, contact/lien direct avec la nature et l'eau	Nombre limité de personnes concernées	Balades urbaines, visite de la maison de l'eau.

[1] Le terme « cycle » fait effectivement penser à une boucle et donc à un circuit fermé. Pour éviter toute confusion, il serait bien d'identifier et d'utiliser un autre terme.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
S'appuyer sur les journées du patrimoine	Gestionnaires de l'eau potable et de l'assainissement	Citoyens	Toutes	Général	1 expert du petit cycle de l'eau (ex. gestionnaire, exploitant), animateur scientifique	Usines de potabilisation, station de traitement des eaux usées	Visualisation des enjeux, des moyens de lutte contre les pollutions, des limites technologiques	Nombre limité de personnes concernées	Participation aux journées du patrimoine 2016 et 2017

Fiche n° 1-2	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.**
Objectifs	Une des raisons pour lesquelles les consommateurs n'ont pas conscience du risque potentiel lié à l'utilisation de leurs produits d'usage courant sur l'environnement provient du manque d'information et de connaissances sur les composants de ces produits. Ainsi, une des actions à mener concerne l'information et la sensibilisation des citoyens vis-à-vis de ces produits (produits d'hygiène, d'entretien, de soin, produits phytosanitaires…), et du risque qu'ils peuvent représenter à la fois pour l'environnement mais également pour leur propre santé.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Mener des campagnes publiques d'information sur les substances dangereuses	Services communication, médias	Citoyens	Toutes	Général	1 chargé de communication et des experts scientifiques pour validation	Affiches publicitaires, publicités à la radio, à la télévision, flyers/plaquettes distribués aux caisses des magasins	Prise de conscience, développement des connaissances	Eco-lassitude	
Travailler le packaging des produits pour permettre une meilleure visibilité concernant les substances dangereuses contenues	Industriels	Citoyens	Toutes	Général	1 responsable marketing ou packaging et des experts scientifiques pour validation	Etiquettes de couleur ou notes données aux produits les plus dangereux	Information du consommateur, prise de conscience	Refus d'adhésion, multiplications des informations, lobbying industriel	

Fiche n° 1-3	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.**
Objectifs	L'objectif de cette action est de réussir à changer les pratiques en créant un lien entre les usagers et les résultats de la recherche scientifique. En se sentant impliqués, les acteurs du changement peuvent être plus enclins à mettre en place des actions de réduction. S'il est difficile d'atteindre directement les citoyens dans le but de leur diffuser de l'information scientifique, ces sujets n'étant pas au centre de leur préoccupation quotidienne, il peut être intéressant en revanche de s'adresser à la société civile organisée (professionnels, collectivités, associations, chambre des métiers…) pour jouer le rôle de relai, et ainsi créer un lien entre le monde scientifique et les citoyens par diffusion dans leurs cercles d'influence respectifs.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Utiliser les réseaux sociaux	Services communication	Citoyens	Toutes	Général	1 Community manager	Internet	Communication rapide, canaux de diffusion dédiés	Actualisation régulière, réactivité, manque de visibilité grand public	Page Facebook
Créer une page internet dédiée au(x) projet(s)	Services communication	Citoyens	Toutes	Général	Page simple : 1 web designer Page élaborée : 1 web designer + 1 graphiste + 1 administrateur	Internet	Communication rapide, canaux de diffusion dédiés, diffusion massive	Actualisation régulière, manque de visibilité grand public	Page internet dédiée
Diffuser de l'information par les médias	Journalistes, services communication, experts scientifiques	Professionnels, citoyens, société civile organisée	Toutes	Général	Experts scientifiques	Journaux, émissions télévisées, radio, internet	Diffusion large, messages ciblés	Vulgarisation, contrôle des messages	Articles dans le journal Sud-Ouest, article Portail Santé Environnement, reportage TV7

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Communiquer via des moyens de communication ludiques	Agences et services de communication, experts scientifiques	Professionnels, citoyens	Toutes	Général	1 ou plusieurs expert(s) scientifique(s) pour validation	Vidéo-scribing, pictogrammes	Diffusion large, messages ciblés	Contrôle des messages, temps de travail, courte durée	Vidéo-scribing sur les résultats au CHU de Bordeaux
Organiser des réunions de restitution	Experts scientifiques	Société civile organisée	Toutes	Général	1 expert scientifique	Présentation PowerPoint, local adapté	Messages maitrisés	Organisation de l'évènement, attirer le public	Comité annuel REGARD Citoyen
Réaliser des plaquettes synthétiques présentant les résultats du projet	Services communication, experts scientifiques	Société civile organisée, citoyens	Toutes	Général	1 chargé de communication et des experts scientifiques pour validation	Plaquettes	Présentation concise des résultats, support abordable pour les non-initiés	Vulgarisation, taille réduite	Plaquettes distribuées lors du comité REGARD Citoyen
Présenter des résultats de recherche	Experts scientifiques	Professionnels, associations, communauté scientifique	Toutes	Général	1 ingénieur scientifique	Présentation PowerPoint	Messages ciblés en fonction du public	Obligation d'accord et volonté de participation de la part des structures professionnelles concernées	Présentation des résultats de REGARD aux personnels hospitaliers du CHU, articles scientifiques et conférences
Présenter le(s) projet(s) dans des centres de médiation scientifique	Médiateurs scientifiques, associations	Citoyens	Toutes	Général	1 animateur scientifique	Locaux dédiés	Messages vulgarisés, maitrisés	Ne concerne que les citoyens fréquentant ce type de centres	Présentation du projet à Cap Sciences au travers du Living-Lab

Fiche n° 1-4	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.**
Objectifs	Lorsque des actions sont testées par des structures particulières (services techniques de collectivités, hôpitaux, entreprises…), il peut être intéressant de valoriser les connaissances acquises en les transmettant à des structures similaires. Cela peut passer par l'organisation de séminaires d'échanges où les différents acteurs peuvent échanger et ainsi bonifier leurs connaissances, actions ou idées mises en œuvre et ayant fait leurs preuves dans leurs propres locaux ou services.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Réaliser des séminaires d'échanges inter-hôpitaux/ collectivités	Direction des hôpitaux, directions des services, responsables environnement, services communication	Centres de soins, collectivités	Hospitalière, Collectivité	Médicaments, détergents, pesticides	1 référent par structure et 1 animateur	Réunion pour partager les retours d'expérience, support de présentation, démonstration de solutions sur le terrain	Partage de solutions adaptées, testées et approuvées	Soumis à la volonté et disponibilité des acteurs	Séminaire d'échange entre le CHU de Bordeaux et les hôpitaux de Nîmes et Niort

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Réaliser des séminaires d'échanges intra-hôpitaux/ collectivités/ services d'une même entreprise	Responsables de services, services communication	Centres de soins, collectivités, entreprises	Hospitalière, Collectivité, Industrielle	Médicaments, détergents, pesticides, métaux, COV, alkylphénols	1 référent par service et 1 animateur	Réunion pour partager les retours d'expérience, support de présentation, démonstration de solutions sur le terrain	Partage de solutions adaptées, testées et approuvées	Soumis à la volonté et disponibilité des acteurs	Réunions d'échanges entre gestionnaires des cimetières de la métropole, entre gestionnaires des terrains de tennis de la métropole, entre les restaurants du CROUS, entre laboratoires universitaires

Fiche n° 1-5	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.**
Objectifs	Afin de faire adhérer les citoyens à la problématique des micropolluants et de les impliquer dans des démarches de réduction des émissions, il est important de leur fournir les éléments nécessaires à la compréhension du problème. Pour cela, un des leviers identifiés est de sensibiliser les citoyens en s'appuyant sur des structures existantes et qui ont les moyens et la façon de faire pour s'adresser à du grand public.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
S'appuyer sur le milieu associatif pour sensibiliser les citoyens	Associations, centre de médiation scientifique	Citoyens	Domestique	Général	1 animateur scientifique		Messages ciblés, visibilité du message	Soumis à la volonté et disponibilité des participants	Ateliers de fabrication de cosmétiques ou produits d'entretien et d'informations avec les associations 100% Gironde, Prettysens, Ceseau et la Maison de l'eau
Utiliser les moyens de communication internes des collectivités ou des hôpitaux pour sensibiliser sur l'impact environnemental des actions	Responsables environnement /QHSE, CHSCT, direction, services communication	Professionnels de la santé, services techniques	Hospitalière Collectivité Pluviale	Médicaments, détergents, pesticides, biocides	1 chargé de communication	Journal interne, affiches, site internet, Newsletter	Messages ciblés, visibilité du message	Refus d'adhésion	Présentation de REGARD dans le journal interne du CHU et information sur les problèmes de santé - environnement, sur la gestion des eaux usées et sur leur contamination par les activités médicales ou d'entretien

Fiche n° 1-6	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.**
Objectifs	Afin de faire adhérer les citoyens à la problématique des micropolluants et de les impliquer dans des démarches de réduction des émissions, un des leviers identifiés est de les inclure dans des démarches d'amélioration du cadre de vie, dans le but de leur faire prendre conscience du bénéfice que pourrait avoir leurs actions sur leur qualité de vie de manière générale.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Sensibiliser les citoyens sur les pratiques inciviques	Associations, services communaux, services communication	Citoyens	Pluviale	Médicaments	1 animateur ou 1 agent des services voirie/ transport/ hygiène	Publicités, discours, rencontre dans la rue	Prise de conscience	Visibilité, refus d'adhésion	
Communiquer auprès des usagers concernant les produits phytosanitaires	Services communication	Citoyens	Pluviale	Pesticides, biocides	1 chargé de communication et des experts scientifiques pour valider les messages	Exposition photos, plaquettes, articles, déambulations urbaines	Implication des citoyens, compréhension des enjeux	Refus d'adhésion	Enquête sur la perception de la végétation spontanée dans les espaces publics
Inclure les citoyens dans des actions de recherche	Experts scientifiques	Citoyens	Toutes	Général	1 expert scientifique		Citoyens acteurs du changement	Volontariat, toucher tout type de public	Participation des citoyens à l'action Familles Eau Défi, living lab avec Cap Sciences

Fiche n° 1-7	**Thématique 1 : Eduquer et sensibiliser** **Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.**
Objectifs	L'objectif est d'inclure les problématiques environnementales dès le moment de la formation des professionnels. De cette manière, une fois en poste, les professionnels prendront conscience des conséquences que peuvent avoir l'utilisation de certains produits de leur quotidien et pourront agir pour les limiter.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Proposer un module d'enseignement en santé-environnement dans le cursus de formation des professionnels de santé	Experts scientifiques	Etudiants des métiers de la santé	Hospitalière	Médicaments, biocides	1 formateur expert du domaine	Support de cours	Prise de conscience en amont du problème	Refus d'adhésion, modifier le contenu des formations	Proposition au CHU d'inclure ce module dans les formations au métier de la santé (médecine, pharmacie, infirmiers, …)
Proposer un module d'enseignement en santé-environnement dans le cursus de formation des professionnels de l'entretien	Experts scientifiques	Agents d'entretien	Hospitalière, Collectivité	Détergents, biocides, pesticides	1 formateur expert du domaine	Support de cours	Prise de conscience en amont du problème	Refus d'adhésion, modifier le contenu des formations	

Thématique 2 : Substituer et réduire à la source

Fiche n° 2-1	**Thématique 2 : Substituer et réduire à la source** **Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.**
Objectifs	Une des solutions la plus simple à mettre en place pour réduire les rejets de micropolluants est de réduire les doses de produits utilisés ou de réduire les fréquences d'utilisation ou encore de réduire la diversité de produits utilisés pour un même usage. Ce changement est celui qui demande le moins d'effort car l'usager est sûr d'utiliser des produits dont la composition, l'efficacité et le cout lui conviennent.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Réduire la dose et la fréquence d'utilisation de produits anti-mousse dans l'entretien des toitures	Responsables environnement, Entreprises spécialisées dans l'entretien	Agents, d'entretien dans le Bâtiment Citoyens	Pluviale	Pesticides, ammonium quaternaire			Réduction de la quantité de produit utilisé, coût réduit	Acceptabilité, efficacité, durabilité de l'action	
Systématiser l'usage de doseurs automatiques pour les produits d'entretien	Responsables environnement, entreprises spécialisées dans l'entretien	Agents d'entretien	Collectivité, Hospitalière	Détergents, COV, biocides		Doseurs	Réduction de la quantité de produit utilisé, coût réduit	Acceptabilité, efficacité, réglementation	
Réduire les doses, fréquences et le nombre de produits utilisés dans la sphère privée	Associations	Citoyens	Domestique	Détergents, Filtres UV, Alkylphénols, COV, plastifiants, parabènes, biocides		Ateliers, magazines, réseaux sociaux	Diminution des émissions de micropolluants, coût réduit	Acceptabilité, efficacité, durabilité de l'action	Mise en place d'actions de réduction dans Familles Eau Défi

Fiche n° 2-2	**Thématique 2 : Substituer et réduire à la source** **Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.**
Objectifs	Les produits d'usage courant sont marqués par la grande diversité de molécules qu'ils peuvent contenir (produits d'entretien, produits phytosanitaires, produits d'hygiène…). L'objectif de cette action est donc de remplacer ces produits, soit par des produits dont les molécules ou les procédés de fabrication sont moins néfastes pour l'environnement (produits éco-labellisés), soit par des produits faits maison présentant une liste de composés plus réduite, soit par des produits « naturel » contenant un ingrédient unique.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Utiliser du vinaigre blanc, savon noir et du bicarbonate pour l'entretien de la maison	Association, distributeurs	Citoyens	Domestique	Détergents, Alkylphénols, COV		Magazines, ateliers, réseaux sociaux, site internet, blog, flyers	Economique, simple, rapide	Acidification des effluents, efficacité	Actions mises en œuvre dans Familles EAU Défi
Fabriquer des produits d'entretien et cosmétiques maison	Associations	Citoyens	Domestique	Détergents, Alkylphénols, COV, Filtres UV, parabènes	1 animateur pour les ateliers	Magazines, ateliers, réseaux sociaux, site internet, blog, flyers	Plaisir de faire soi-même	Temps, réactions chimiques, efficacité	Ateliers de fabrication cosmétique et produits maison dans Familles EAU défi
Utiliser des produits cosmétiques bio ou des produits d'entretien éco-labellisés	Association, distributeurs	Citoyens	Domestique	Détergents, Alkylphénols, COV, Filtres UV, parabènes		Magazines, réseaux sociaux, site internet, blog, flyers	Rapide	Efficacité, cout	Actions mises en œuvre dans Familles EAU Défi

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Utiliser des produits d'entretien éco labellisés dans les milieux professionnels	Responsables QHSE, développement durable, services achats	Professionnels de l'entretien, services techniques	Collectivité	Détergents, Alkylphénols, COV		Produits d'entretien éco labellisés	Simple, rapide	Coût, disponibilité des produits	
Utiliser des peintures anti-mousses éco labellisées	Responsables environnement, services achats	Professionnels du BTP	Pluvial	COV, détergents, biocides	1 technicien	Peintures anti-mousses	Simple, rapide	Composition à vérifier, coût	
Substituer certains produits de process industriels par des substances moins dangereuses pour l'environnement	Responsables environnement, services achats	Industriels	Industrielle	Alkylphénols				Coût, disponibilité des produits	
Substituer des molécules chimiques par d'autres moins impactantes	Fabricants, Services R&D, services achats	Citoyens, personnels hospitaliers, médecins, pharmaciens	Hospitalière, domestique, industrielle	Médicaments, autres micropolluants				Coût, efficacité, disponibilité et acceptabilité des produits	

Fiche n° 2-3	**Thématique 2 : Substituer et réduire à la source** **Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.**
Objectifs	Dans l'objectif de réduire les émissions de micropolluants, une des solutions est d'arrêter l'utilisation de produits en contenant. Pour cela, les produits chimiques employés peuvent être remplacés par des pratiques mécaniques. Dans certains cas, la pratique peut tout simplement être arrêtée, ce qui stoppera l'utilisation des produits chimiques associés sans que ces derniers n'aient besoin d'être remplacés.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Mettre en place la désinfection à vapeur	Responsables environnement, services d'entretien	Professionnels de l'entretien, citoyens	Collectivité, Hospitalière, Domestique	Détergents, biocides	Personne(s) pour utiliser le matériel	Machine qui produit la vapeur	Protection de la santé de l'opérateur	Acceptation, confort du travailleur, temps homme, investissement	
Nettoyer les toitures avec des techniques mécaniques	Chambres de commerce et d'industrie, syndicats, prescripteurs de produits	Professionnels de l'entretien dans le bâtiment, citoyens	Pluviale	Alkylphénols, COV, pesticides (fongicides), biocides	1 personne pour le nettoyage manuel	Brosses poils durs	Protection de la santé de l'opérateur	Difficulté, effort physique, durabilité de l'action, temps homme	
Décaper les façades avec des techniques mécaniques ou alternatives aux produits chimiques	Chambres de commerce et d'industrie, syndicats, prescripteurs de produits	Professionnels de l'entretien du bâtiment, citoyens	Pluviale	Biocides, Alkylphénols, COV	1 personne pour le nettoyage manuel	Brosse métallique télescopique, Décapage laser, décapage à l'amidon de blé, Sablage, Hydrogommage (eau + air + granulat calcaire)	Protection de la santé de l'opérateur	Récupération obligatoire des déchets, temps, remise en suspension des métaux absorbés sur les parois, relargage de métaux si utilisation d'une brosse métallique	

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Remplacer la dératisation chimique par des techniques mécaniques	Collectivités, services d'assainissement, prestataires	Techniciens d'entretien des réseaux d'assainissement	Collectivité	Pesticides (rodenticides)	Techniciens pour la pose, la maintenance et la dépose des pièges	Location ou achat de pièges et caméras, logiciel de suivi pour la maintenance	Protection de la santé de l'opérateur, connaissance du nombre de rats tués	Nécessité d'une action combinée voirie/ déchets/ assainissement, Coût	Test du dispositif de dératisation mécanique pendant 6 mois dans 2 quartiers de Bordeaux.
Désherber les terrains de sport et les cimetières par des actions mécaniques	Collectivités, gestionnaires de cimetières et des terrains de sport, élus	Personnel technique, gestionnaire	Collectivité, Pluviale	Pesticides (herbicides)		Cimetière : enherbement, désherbage mécanique (rotofil, tondeuse), ou manuel (binette). Terrains de tennis : nettoyeur haute pression à aspiration immédiate ou type Karcher	Protection de la santé de l'opérateur	Temps, coûts, moyens humains, durabilité de l'action	Etat de lieux des pratiques actuelles au sein des cimetières et terrains de sport de la métropole. Identification de solutions alternatives. Réalisation d'APS pour aider les cimetières à passer en 0 phyto.
Utilisation de rasoirs électriques ou épilateurs électriques	Professionnels du secteur	Citoyens	Domestique	Parabènes, parfums		Rasoir électrique, épilateur électrique ou laser		Confort, coût	

Fiche n° 2-4	**Thématique 2 : Substituer et réduire à la source** **Action 4 : Remplacer les matériaux à l'origine des micropolluants.**
Objectifs	Certains micropolluants présents dans les eaux pluviales sont dus au ruissellement des eaux de pluies sur les différentes surfaces urbaines. Pour limiter le transfert de ces micropolluants dans les eaux de pluie, une solution est de remplacer les matériaux employés dans les zones urbaines par des matériaux non émetteurs de micropolluants.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Remplacer les glissières de sécurité en zinc par du bois non traité	Collectivité, services voirie, gestionnaires de routes et autoroutes		Pluviale	Métaux		Glissières en bois	Simple	Coûts d'entretiens plus élevés	
Remplacer les toitures métalliques par d'autres matériaux (tuiles, ardoises, ciment)	Professionnels du bâtiment, cabinets d'architectes, citoyens, Collectivité		Pluviale	Métaux		Toiture en chaume, en ardoise, en tuiles		Coûts, visuel différent	
Mettre en place des toitures végétalisées	Professionnels du bâtiments, cabinets d'architectes, citoyens, Collectivité		Pluviale	Métaux		Toitures végétalisées	Réduction de la quantité d'eau ruisselée, Lutte contre les ilots de chaleurs	Cout, entretien	
Remplacer les réseaux publics d'assainissement et d'eau potable en PVC par des matériaux inertes	Collectivités, gestionnaires de l'assainissement		Pluvial et EU	COHV		Canalisations fonte, PRV	Simple	Coût	

Thématique 3 : Réglementer

Fiche n° 3-1	**Thématique 3 : Réglementer** **Action 1 : Développer des outils réglementaires d'information à destination des consommateurs.**
Objectifs	A ce jour, les industriels sont obligés d'indiquer de façon apparente et lisible, sur les emballages ou contenants, certaines informations à destination du consommateur comme par exemple les pictogrammes de danger (corrosif, toxique, cancérogène/mutagène/reprotoxique, …) ou la composition détaillée des produits cosmétiques. Cependant, les pictogrammes sont avant tout destinés à la protection de la santé des consommateurs et un seul est destiné uniquement à la protection de l'environnement. Par ailleurs, l'affichage détaillé de la composition est obligatoire uniquement pour les cosmétiques, pas pour les produits d'entretien par exemple, et uniquement pour les composants présents en quantité supérieure à un certain pourcentage. Une solution de réduction des rejets de micropolluants pourrait être la mise en place d'outils visuels rendant plus visible et compréhensible la présence de composés toxiques pour l'environnement ou le détail de la composition de tous les produits d'usages courants. Au moment de l'achat, le consommateur pourrait ainsi faire son choix de façon éclairé.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Faire appliquer les outils réglementaires déjà existants	Législateurs	Citoyens	Toutes	Général			Visualisation du risque	Acceptabilité des industriels	
Créer de nouveaux labels plus simples et explicites	Législateurs	Citoyens	Toutes	Général			Visualisation claire et compréhensible du risque sanitaire et environnemental	Acceptabilité des industriels	
Améliorer/Imposer la transparence sur la composition des produits	Législateurs	Citoyens	Toutes	Général			Visualisation du risque, disponibilité de l'information	Acceptabilité des industriels (marketing et confidentialité/ secrets industriels)	

Fiche n° 3-2	**Thématique 3 : Réglementer** **Action 2 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés.**
Objectifs	Dans le cadre de la réalisation de marchés (publics ou privés), la mise en place d'une clause concernant les micropolluants permettrait d'orienter les achats, les fabrications et ainsi réduire les émissions liées aux produits utilisés ou aux prestations demandées.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés	Collectivités, entreprises, services achat	Collectivités, entreprises	Toutes	Général	1 personne du service achat en charge de la rédaction des clauses et 1 expert scientifique pour validation		Influence sur les producteurs ou prestataires répondant à l'appel d'offre	Pas de levier réglementaire, volontariat	

Fiche n° 3-3	**Thématique 3 : Réglementer** **Action 3 : Renforcer les contrôles et appliquer les pénalités.**
Objectifs	Afin de réduire les déversements illégaux ou dépassant les limites autorisées dans les conventions de déversement, un des objectifs visés par cette action est de renforcer les contrôles et appliquer des pénalités dans le but de réduire ces pratiques déviantes.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Réaliser plus de contrôles inopinés dans les effluents industriels	Collectivité ou délégataire de la gestion des eaux usées autres que domestiques, bureaux d'études	Industriels	Industrielle	COV, phtalates, alkylphénols, Métaux	Agents préleveurs	Laboratoire d'analyses	Mesure incitative, protection du système d'assainissement	coût	
Contrôler les chantiers pour vérifier la mise en place de systèmes de rétention/ récupération/ collecte	Collectivité	Professionnels du BTP	Industrielle, Collectivité	Métaux	Agents de contrôle		Respect des bonnes pratiques, protection du système d'assainissement et du milieu naturel	Présence au moment opportun	

Fiche n° 3-4	Thématique 3 : Réglementer Action 4 : Taxer l'usage de certains produits/substances.
Objectifs	La mise en place de nouvelles règlementations interdisant la production, la commercialisation ou l'utilisation de certaines substances peut demander un temps important. Dans le but de limiter plus rapidement l'utilisation de produits contenant ces substances, le levier économique peut être utilisé afin de dissuader les utilisateurs d'acheter les produits contenant ces substances et à l'inverse, de les encourager à se tourner vers des produits moins dangereux pour l'environnement. Cela peut passer soit par la mise en place d'une taxe, directement au niveau des industriels qui produisent les produits contenant ces substances et qui pourront répercuter cette taxe sur le prix de commercialisation, soit par la participation financière au traitement ou au recyclage des effluents contenant ces substances, en répercutant ce cout sur le prix du produit à l'instar de l'éco-participation pour les appareils électriques et électroniques.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Taxer les industriels commercialisant des produits à risque pour l'environnement	Législateurs	Industriels	Toutes	Général	Services de l'Etat	Taxation (type TGAP)	Dissuasion	Respect, acceptabilité	
Appliquer une taxe sur le prix des produits à risque pour l'environnement	Législateurs	Citoyens	Toutes	Général	Services de l'Etat	Surcoût (type éco-participation)	Dissuasion	Acceptabilité	

Fiche n° 3-5	**Thématique 3 : Réglementer** **Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses.**
Objectifs	Afin d'agir plus en amont, le levier le plus efficace serait de créer de nouvelles lois interdisant la mise sur le marché de certaines substances dangereuses. Cela a déjà été fait par le passé avec les polychlorobiphényles (PCB) ou l'atrazine par exemple. Les efforts pourraient être poursuivis, et mener à de nouvelles interdictions, basées sur de nouvelles observations scientifiques et les conclusions rendues par exemple par un comité d'experts scientifiques indépendants.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Promulguer de nouvelles interdictions réglementaires visant des produits considérés comme dangereux	Législateurs	Industriels	Toutes	Général	Services de l'état	Organismes scientifiques type ANSES ou INERIS	Simplification pour les usagers	Micropolluants rémanents, volonté des décisionnaires, refus d'adhésion des industriels	

Fiche n° 3-6	**Thématique 3 : Réglementer** **Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.**
Objectifs	Malgré la mise sur le marché de produit potentiellement dangereux pour l'environnement, il est possible de s'en détourner et de s'orienter vers des produits plus écologiques. A une échelle moins importante que l'interdiction totale du produit par les outils législatifs, il est possible de limiter progressivement l'utilisation de certains produits ou d'autorisation leur utilisation à des cas particuliers, comme par exemple la Loi Labbé qui interdit progressivement l'usage de produits phytosanitaires, initialement dans les espaces publics puis dans les espaces privés mais qui continue à les autoriser dans les carrefours de circulation jugés dangereux. En suivant ce même modèle, de nouvelles interdictions pourraient être mises en place dans d'autres domaines, comme par exemple l'interdiction d'utiliser certains détergents toxiques pour l'environnement par les agents d'entretien dans le cadre professionnel puis dans la sphère privée.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Interdire l'usage de certains biocides/détergents par les agents d'entretien (professionnels puis privés)	Législateurs	Entreprises d'entretien, citoyens	Collectivité, Hospitalière, Industrielle, Domestique	Détergents, biocides			Démarche progressive	Acceptation	
Interdire l'usage de substances dangereuses pour l'environnement dans les produits cosmétiques	Législateurs	Industriels	Domestique	Général			Simplification pour les usagers	Acceptabilité des industriels, remplacement des substances interdites par de nouvelles potentiellement aussi dangereuses	

Thématique 4 : Traiter après usage

Fiche n° 4-1	**Thématique 4 : Traiter après usage** **Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial.**
Objectifs	L'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation croissante des villes entraine une augmentation du ruissellement des eaux pluviales qui se chargent en micropolluants au contact des routes, parkings, trottoirs... Ces eaux se concentrent lors de leur transport par les réseaux publics d'assainissement avant leur rejet au milieu naturel, directement ou après passage en station de traitement. Afin de réduire les flux de micropolluants transportés vers le milieu naturel, des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales peuvent être mis œuvre. Elles permettent de gérer les eaux pluviales au plus près de l'endroit où elles tombent par infiltration ou évapotranspiration et ainsi réduire les volumes transportés par les réseaux. Quand ce n'est pas possible les eaux de pluie peuvent être stockées à la source avec des ouvrages équipés de limiteurs de débit, ce qui permet de réduire les surcharges en réseaux lors des forts évènements pluvieux et les déversements vers le milieu naturel. Enfin, des traitements de type physico-chimiques peuvent être mis en place directement ou à l'exutoire des réseaux publics, à la manière des stations de traitements des eaux usées, pour réduire le transfert de charges polluantes au milieu naturel.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Mettre en place des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales, faire du zéro tuyau	Bureaux d'études, entreprises de BTP, aménageurs publics, Collectivité,	Collectivités	Pluviale	HAP, pesticides, métaux	Ingénieur concept, Agents d'entretien et d'exploitation	-Toute technique favorisant l'infiltration des eaux de pluie, l'évapotranspiration et la limitation des débits d'eaux pluviales -Systèmes de récupération d'eaux de pluie	Limite la pollution des eaux pluviales, lutte contre les inondations, Lutte contre les ilots de chaleurs	Capacité d'infiltration du sol, acceptabilité, changement de pratiques	Observatoire des techniques alternatives, suivi hydraulique (quantitatif) et pollution (qualitatif) de 5 ouvrages de typologies différentes

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Mettre en place des traitements physico-chimiques des eaux pluviales sur le réseau séparatif, pluvial strict	Bureaux d'études, entreprises de BTP, aménageurs publics, Collectivités , et gestionnaire des réseaux d'assainissement	Collectivités	Pluviale	HAP, pesticides, métaux	Ingénieur concept, Agents d'entretien et d'exploitation	Système de traitement des eaux pluviales	Traite la pollution des eaux pluviales avant rejet au milieu naturel	Dimensionnement, choix et disponibilité des techniques, création de déchets, utilisation de réactifs chimiques	Test d'un pilote de traitement des eaux pluviales basé sur la technologie du filtre sur bande
Réduire le trafic routier	Régions, état, règlementation	Collectivités	pluviale	HAP, métaux				Coût, volonté politique	

Fiche n° 4-2	**Thématique 4 : Traiter après usage** **Action 2 : Mettre en place un nouveau modèle de gestion des déchets hospitaliers intra et extra muros ou traiter les effluents spécifiques avant rejet.**
Objectifs	L'étude menée dans REGARD a montré que le fonctionnement de l'hôpital était en mutation à plusieurs égards. Les patients passent de moins en moins de temps en centres hospitaliers et les soins sont de plus en plus pratiqués à domicile. A l'échelle d'un territoire, cela rend plus diffus les effluents « contaminés » par les prises de médicaments. Pour faire face à cette problématique de contamination des effluents hospitaliers mais aussi des effluents domestiques par les activités de soin, il est nécessaire de créer un nouveau mode de gestion des déchets et rejets hospitaliers. Dans le cas où ces modes de gestion ne seraient pas suffisants ou par réalisables pour certaines pathologies spécifiques, la mise en place de structures de traitements spécifiques à certaines activités et spécifiquement au niveau des centres hospitaliers peut être envisagée pour améliorer la qualité des effluents rejetés dans le réseau d'assainissement.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Mettre en place des dispositifs de gestion à la source des résidus médicamenteux	Directions d'hôpitaux, collectivités, prestataires	Personnel médical	Hospitalière, Domestique	Médicaments			Récupération des émissions de médicaments	Nouvelle économie, recyclage	
Mettre en place une filière de traitement des déchets issus des médicaments et déchets liquides	Directions d'hôpitaux, collectivités, prestataires	Personnel médical, nouveaux prestataires	Hospitalière, Domestique	Médicaments			Récupération des émissions de médicaments	Nouvelle économie, recyclage	
Mettre en place un système de récupérations des selles et urines contaminés	Directions d'hôpitaux, collectivités, prestataires dédiés à ce mode de gestion	Patients	Hospitalière, Domestique	Médicaments			Récupération des déchets spécifiques, traitement	Acceptabilité, nouveau mode de gestion	

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Mettre en place une gestion extra muros des activités de soins	Directions d'hôpitaux, collectivités, prestataires dédiés à ce mode de gestion	Professionnels de santé, patients	Domestique	Médicaments			Récupération des déchets spécifiques, traitement	Acceptabilité, cout, nouveau mode de gestion	
Mettre en place un niveau de gestion intermédiaire entre l'hôpital et le domicile des patients	Directions d'hôpitaux, collectivités, prestataires dédiés à ce mode de gestion	Professionnels de santé, patients	Domestique	Médicaments			Récupération des déchets spécifiques, communication	Acceptabilité, cout, nouveau mode de gestion	
Installer directement en sortie d'hôpital une station de traitement spécifique à certains types de micropolluants	Bureau d'étude, collectivité, entreprises de BTP, directions hospitalières	Hôpitaux	Hospitalière	Médicaments, Biocides, métaux	Exploitation	STEU spécifique	Traitement ciblé et dédié	Espace foncier disponible, coûts de construction, fonctionnement, entretien et maintenance, pérennité	

Fiche n° 4-3	**Thématique 4 : Traiter après usage** **Action 3 : Traiter les effluents spécifiques avant rejet et optimiser les traitements industriels.**
Objectifs	Les procédés de fabrication industriels peuvent inclure dans leurs étapes l'utilisation de solvants, métaux ou encore micropolluants spécifiques qui se retrouvent après usage en grandes quantités dans les effluents. Une possibilité pour réduire ces rejets est dans un premier temps d'encourager les industriels à utiliser des doses de réactifs adaptées et dans un deuxième temps de les inciter à trouver de nouveaux procédés de fabrication plus économes et moins émetteurs de micropolluants. Par ailleurs, pour le cas particulier des métaux, une possibilité pourrait aussi être de les extraire des effluents. Leur récupération permettrait à la fois de réduire la pollution arrivant à la STEU mais aussi de les réutiliser, idéalement à moindre cout, ou de les revendre. Dans ce deuxième cas, le bénéfice serait aussi bien environnemental qu'économique. Enfin, si la réduction à l'usage ou la récupération dans les effluents n'est pas possible, la mise en place de structures de traitements spécifiques à certaines activités peut être envisagée pour améliorer la qualité des effluents rejetés dans le réseau d'assainissement.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Inciter les industriels à optimiser leurs procédés	Collectivités, professionnels du traitement industriel	Industriels	Industrielle	Métaux			Economie, réduction des rejets	Pas de solution adaptées	
Mettre en place des techniques de récupération des métaux dans les effluents industriels	Industriels, gestionnaire du réseau d'assainissement, collectivités	Industriels	Industrielle	Métaux			Positif sur le plan environnemental et économique, alternative à la raréfaction de certains métaux, réduction des flux vers le réseau d'assainissement.	Cout de l'extraction/ purification, Equipements	Etude théorique des gains potentiels liés à la récupération et valorisation de certains métaux dans les effluents industriels

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Installer des stations de traitement spécifiques à certaines industries	Bureaux d'études, collectivité, entreprises de BTP, directions hospitalières	Industries	Industrielle	Métaux		STEU spécifiques	Traitement ciblé et dédié	Espace foncier disponible, coûts de construction, fonctionnement, entretien et maintenance, pérennité	

Fiche n° 4-4	**Thématique 4 : Traiter après usage** **Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.**
Objectifs	A l'instar de la Suisse, l'ultime solution pour réduire les rejets de micropolluants vers le milieu naturel consiste à améliorer ou compléter les traitements déjà existants dans les stations de traitement des eaux usées municipales. Les programmes de recherches tels qu'ARMISTIQ ou MicroPolis permettent de fournir des éléments dans ce domaine.

Leviers identifiés	Acteurs	Cibles	Sources	Micropolluants ciblés	Moyens humains	Moyens techniques	Avantage	Limites	Actions mises en place dans REGARD
Améliorer les traitements biologiques secondaires déjà existants	Collectivités, gestionnaires et exploitants des STEU, opérateurs privés	Collectivité	Toutes	Général		Traitement poussé du carbone, de l'azote et du phosphore. Boues activées aération prolongée, bioréacteur à membrane	Elimination des micropolluants de diverses classes et origines	Coûts	
Installer des traitements complémentaires extensifs	Collectivités, gestionnaires et exploitants des STEU, opérateurs privés	Collectivité	Toutes	Général		Filtres argiles ou zéolithes, zones de rejets végétalisées,	Moins cher que les traitements intensifs, bénéfices écologiques associés	Espace foncier disponible, coûts de construction, fonctionnement et entretien	
Installer des traitements complémentaires intensifs	Collectivités, gestionnaires et exploitants des STEU, opérateurs privés	Collectivité	Toutes	Général		Ozonation, procédés d'oxydation avancée, charbon actif, ultrafiltration, osmose inverse	Efficace sur une grande diversité de micropolluants	Coûts de construction, fonctionnement, entretien et maintenance, espace foncier disponible	

Liste des actions par source

Source domestique

Fiche n°1-1 Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle1 de l'eau.
Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-3 Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.
Fiche n°1-5 Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-1 Action 1 : Développer des outils réglementaires d'information à destination des consommateurs.
Fiche n°3-4 Action 4 : Taxer l'usage de certains produits/substances.
Fiche n°3-5 Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses.
Fiche n°3-6 Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.
Fiche n°4-2 Action 2 : Mettre en place un nouveau modèle de gestion des déchets hospitaliers intra et extra muros ou traiter les effluents spécifiques avant rejet.
Fiche n°4-4 Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.

Source hospitalière

Fiche n°1-1 Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle1 de l'eau.
Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-3 Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.
Fiche n°1-4 Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.
Fiche n°1-5 Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°1-7 Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-2 Action 2 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés.
Fiche n°3-6 Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.
Fiche n°4-2 Action 2 : Mettre en place un nouveau modèle de gestion des déchets hospitaliers intra et extra muros ou traiter les effluents spécifiques avant rejet.
Fiche n°4-4 Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.

Source collectivité

Fiche n°1-1 Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle1 de l'eau.
Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-3 Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.

Fiche n°1-4 Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.
Fiche n°1-5 Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°1-7 Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-1 Action 1 : Développer des outils réglementaires d'information à destination des consommateurs.
Fiche n°3-2 Action 2 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés.
Fiche n°3-3 Action 3 : Renforcer les contrôles et appliquer les pénalités.
Fiche n°3-5 Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses.
Fiche n°3-6 Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.
Fiche n°4-4 Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.

Source industrielle

Fiche n°1-1 Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle1 de l'eau.
Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-3 Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.
Fiche n°1-4 Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.
Fiche n°1-5 Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°3-2 Action 2 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés.
Fiche n°3-3 Action 3 : Renforcer les contrôles et appliquer les pénalités.
Fiche n°3-4 Action 4 : Taxer l'usage de certains produits/substances.
Fiche n°3-6 Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.
Fiche n°4-3 Action 3 : Traiter les effluents spécifiques avant rejet et optimiser les traitements industriels.
Fiche n°4-4 Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.

Source pluviale

Fiche n°1-1 Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle1 de l'eau.
Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-3 Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°2-4Action 4 : Remplacer les matériaux à l'origine des micropolluants.
Fiche n°4-1Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial.
Fiche n°4-4 Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.

Liste des actions par famille de micropolluants

Général

Fiche n°1-1 Action 1 : Sensibiliser les citoyens sur le petit cycle[1] de l'eau.
Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-3 Action 3 : Diffuser et communiquer les résultats du projet.
Fiche n°1-5 Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°3-2 Action 2 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés.
Fiche n°3-4 Action 4 : Taxer l'usage de certains produits/substances.
Fiche n°4-4 Action 4 : Optimiser les traitements dans les stations de traitement des eaux usées.

Métaux

Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-4 Action 4 : Remplacer les matériaux à l'origine des micropolluants.
Fiche n°3-3 Action 3 : Renforcer les contrôles et appliquer les pénalités.
Fiche n°4-1 Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial.
Fiche n°4-3 Action 3 : Traiter les effluents spécifiques avant rejet et optimiser les traitements industriels.

Médicaments

Fiche n°1-4 Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.
Fiche n°1-5 Action 5 : S'appuyer sur des personnes ou structures référentes pour informer.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°1-7 Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.
Fiche n°3-5 Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses.
Fiche n°4-2 Action 2 : Mettre en place un nouveau modèle de gestion des déchets hospitaliers intra et extra muros ou traiter les effluents spécifiques avant rejet.

Biocides

Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°1-7 Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-5 Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses.
Fiche n°3-6 Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.

Détergents

Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.

Fiche n°1-4 Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.
Fiche n°1-7 Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-1 Action 1 : Développer des outils réglementaires d'information à destination des consommateurs.
Fiche n°3-5 Action 5 : Interdire la mise sur le marché de produits contenant des substances dangereuses.
Fiche n°3-6 Action 6 : Interdire l'usage de produits contenant des substances dangereuses dans certains secteurs d'activité.

Pesticides

Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°1-4 Action 4 : Echanger entre acteurs du même domaine pour partager les retours d'expérience.
Fiche n°1-6 Action 6 : Impliquer les citoyens dans des démarches d'amélioration du cadre de vie.
Fiche n°1-7 Action 7 : Proposer un module de formation en santé-environnement à destination des professionnels.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°4-1 Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial.

HAP

Fiche n°4-1 Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial.

Plastifiants

Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°4-1 Action 1 : Infiltration à la source des eaux pluviales ou traitement des micropolluants dans le réseau pluvial.

COV

Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.
Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-3 Action 3 : Renforcer les contrôles et appliquer les pénalités.

Alkylphénols

Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.

Fiche n°2-3 Action 3 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques.
Fiche n°3-1 Action 1 : Développer des outils réglementaires d'information à destination des consommateurs.

Filtres UV

Fiche n°1-2 Action 2 : Informer et sensibiliser sur les substances contenues dans les produits d'usage courant.
Fiche n°2-1 Action 1 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés.
Fiche n°2-2 Action 2 : Promouvoir l'usage de produits moins impactants.

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.2 DESCRIPTION DES SOURCES ET INVENTAIRE DES LEVIERS D'ACTION

Enjeux globaux

Version définitive
Octobre 2019

Auteurs : J. Barrault, L. Dumas

REGARD

Livrable de la tâche 1.2.1.

LES ENJEUX GLOBAUX DES MICROPOLLUANTS

Décembre 2016

Auteurs : Barrault Julia, Leslie Dumas

Table des matières

Introduction 7
1. LES MICROPOLLUANTS 8
Définition 8
Les sources de micropolluants 10
La quantité de micropolluants présents dans les eaux 10
L'analyse des micropolluants 10
Analyse toxicologique des micropolluants 11
La DJA 11
Les effets fenêtre 12
Les effets cocktails 12
Les faibles doses 13
2. LES FAMILLES DE MICROPOLLUANTS 15
LES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES 15
Les micropolluants organiques peuvent être regroupés en fonction de leurs usages 15
Les micropolluants peuvent aussi être classés en fonction de leurs effets sanitaires. 18
La perturbation du système endocrinien 18
Cancérigène 20
Erreur de multiplication des cellules 20
Neurotoxique 20
Perturbation du développement ou du fonctionnement des cellules nerveuses 20
Immunotoxique 21
Reprotoxique 21
Tératogène 21
Mutagène 21
Les micropolluants organiques peuvent aussi être regroupés en fonction de leur persistance dans l'environnement 21
Les micropolluants organiques peuvent aussi être classés en fonctions de leurs familles chimiques 21
Les micropolluants inorganiques 22
Les micropolluants organométalliques 22
3. POLITIQUE DE L'EAU 22
Directive Cadre sur l'Eau 23
Le plan micropolluants 2016-2021 24
REACH 25
RSDE 26
4. DES POSITIONNEMENTS CONTRASTES CHEZ LES PARTIES-PRENANTES 27
La sphère scientifique 27
La sphère politico-réglementaire 28
L'Agence de l'Eau 28
Les collectivités – Le point de vue de Bordeaux Métropole 28
Le Ministère de l'Environnement et l'ONEMA 30
La sphère socio-médiatique 31
La Presse 31
Analyse de la presse spécialisée dans l'information et la défense des consommateurs 32
Les associations 35
Le secteur privé 36
Eléments de synthèse sur les enjeux des micropolluants analysés par les parties-prenantes 37
5. QUESTIONNEMENTS ETHIQUES ET PHILOSOPHIQUES 37
Imperceptibilité des micropolluants et aperceptibilité scientifique 37
Détection des micropolluants 38

La science joue un double rôle : elle est celle qui crée les risques mais elle est aussi celle qui a le pouvoir de les dévoiler. Les micropolluants sont donc tout à la fois un objet créé par les scientifiques et un sujet de recherche scientifique. ... 38
La science « en amont » des micropolluants ... 38
La science « en aval » des micropolluants ... 39
L'eau : construit social ... 40
Imaginaire et représentations de l'eau ... 40
Les micropolluants et les nouveaux types de risques ... 43
Généralités et réflexions ... 43
Les micropolluants : paradigme des nouveaux types de risque ... 44
Responsabilités ... 44
Risques et choix ... 44
Controverses scientifiques et incertitudes ... 45
Le paradigme de toxicité : exemple de controverse sociale ... 46
Conclusion ... 47
6. BIBLIOGRAPHIE ... 49
ANNEXE 1 – Les entretiens réalisés en 2013 ... 54
ANNEXE 2 - GUIDE D'ENTRETIEN ... 55

Introduction

L'objectif principal de la sous-tâche 1.2.1 intitulée « **Enjeux globaux liés à la problématique des micropolluants** » est d'illustrer le fait que la problématique des MP est « complexe » et d'essayer d'y faire face. Complexe au sens du latin « *complexus* », tissé ensemble. En effet, y sont imbriqués de nombreux domaines, acteurs, sciences, représentations, pratiques et connaissances.

L'approche par les sources des flux de micropolluants (source qui sont composés d'acteurs, de systèmes d'acteurs régis par des rationalités, des valeurs, des représentations,…, qui leurs sont propres et qui agissent dans différents contextes) qui est celle de REGARD, ne peut se soustraire à une analyse un peu plus surplombante, permettant de prendre du recul, des précautions, de faire preuve d'humilité face à ce sujet éminemment difficile à traiter.

Le travail livré ici comporte **trois axes principaux** : il s'agit en premier lieu de dresser une présentation générale de la problématique des micropolluants, son émergence dans différentes sphères et une analyse des **différents enjeux** qui y sont associés :

- les **enjeux scientifiques** portant principalement sur les controverses scientifiques et l'évolution du paradigme de toxicité et les modèles de calcul des risques.
- les **enjeux politico-réglementaires** aux niveaux international, européen et local
- les **enjeux philosophiques** autour des concepts de science, responsabilité, risque, nature, représentation et perceptibilité.

Il s'agit aussi d'identifier les **divers types d'acteurs proposant un discours** sur le sujet des micropolluants, principalement via la conduite d'entretiens semi-directifs (N=19), des recherches

internet et des recherches bibliographiques : acteurs publics, acteurs privés, acteurs internationaux, nationaux, locaux, acteurs scientifiques, médiatiques, militants. Ensuite, d'**analyser le type de discours** qui est tenu : Quel est le cadrage de ce discours, autrement dit : traite-t-il le sujet sous l'angle politique, scientifique, technologique ? Promeut-il une rationalité éclairée, une heuristique de la peur ? Fait-il ressortir en priorité les enjeux sanitaires ou environnementaux du problème ? A qui s'adresse-t-il ? Est-il technique ou compréhensible par les profanes ? Utilise-t-il le terme « micropolluant » ? Quelles substances sont évoquées ? Il faudra enfin étudier l'**évolution de ce discours** et les facteurs de son éventuel infléchissement.

Il s'agit enfin de concentrer notre étude sur quelques **substances spécifiques** : bisphénol A ; triclosan, glyphosate, diuron, DDT ; ou plusieurs **familles de substances** : phtalates, parabènes, HAP, perfluorés, alkylphénols, polychlorobiphényls, retardateurs de flammes bromés, dioxines et furannes. Cette analyse détaillée sera constituée de multiples volets : **présentation générale** (histoire de la substance ; son utilité et ses usages) ; ses **effets sanitaires et environnementaux** ; sa **métabolisation** ; **l'évaluation de ses risques** et sa **mise en risque** sur les plans politiques, législatifs et sociétaux.

1. LES MICROPOLLUANTS

Définition

Un micropolluant est défini par Nathalie Chèvre en 2011[1] comme une « *substance présente en faible concentration dans l'environnement, résultant en partie au moins, de l'activité humaine, et qui, malgré cette faible quantité, peut entrainer des effets nocifs sur les organismes vivants* ».

Notre environnement contient un nombre gigantesque de micropolluants. On estime à 150.000 le nombre de substances présentes dans notre environnement, dont 400 pesticides, 2000 médicaments et 6000 cosmétiques. Ces substances vont se dégrader en de nouvelles molécules et donner lieu à une dizaine ou une vingtaine de substances chacune. On ajoute à celui les substances persistantes et on arrive rapidement à plusieurs millions de molécules disséminées dans l'environnement.

Petite histoire de l'épuration et découverte des micropolluants

En 1200, Philippe Auguste fait paver les rues de Paris et prévoit une rigole d'évacuation au milieu de chaque rue. En 1370, le premier égout souterrain est créé à Montmartre. A la fin du 18ème siècle, Napoléon I fait importer de l'eau propre à Paris via le canal de l'Ourcq. En 1850, sous le règne de Napoléon III, le baron Haussmann et l'ingénieur Eugène Belgrand créent le premier système d'égout souterrain qui transporte les déchets vers les fleuves et champs d'épandage. Napoléon III fait

[1] N. CHEVRE et N. ERKMAN, *Alerte aux micropolluants, pesticides, biocides, détergents, médicaments et autres substances chimiques dans l'environnement*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2011.

construire des aqueducs afin d'acheminer de plus grandes quantités d'eau propre. Les substances rejetées dans les eaux ne sont pas stables.

On découvre, avec les travaux de Pasteur, qu'elles peuvent se transformer ou se dégrader sous l'action de microorganismes ; c'est la biodégradation. Elles sont aussi transformées sous l'effet de la lumière - on parle alors de photolyse qui est une décomposition chimique par la lumière - ou par diverses réactions qui ont lieu en milieu aquatique : c'est l'hydrolyse, c'est-à-dire la destruction d'une substance chimique par l'eau.

Le milieu du 18ème siècle signe le début de ce que l'on appellera plus tard la révolution industrielle, et de ce qui constituera l'essor d'une activité anthropique intensive et la multiplication des rejets de substances chimiques d'origines variées dans l'environnement.

En 1914, des scientifiques britanniques élaborent un système de bassin où les eaux usées sont aérées et purifiées par les microorganismes. Les stations d'épurations sont nées et se développent dans les autres pays du monde.

Les micropolluants ne sont pas des substances nouvelles ; ce sont les progrès technico-scientifiques qui ont permis leur détection. La question des micropolluants émerge en effet sous les progrès de la recherche scientifique, et plus précisément des techniques de détection. On passe, dans les années 70, avec le développement de la chromatographie gazeuse des macropolluants, substances présentes dans les milieux à des concentrations allant du g/l au mg/l (nitrates, azote, phosphore…), aux micropolluants. Ce développement de l'instrumentalisation analytique a permis la mesure de polluants aquatiques **non visibles sans une telle médiation scientifique**. Car la micropollution est caractérisée par sa concentration qui est de l'ordre du microgramme (1 litre d'eau contient un millionième de grammes, ce qui équivaut à un sucre jeté dans une piscine olympique) ou de l'ordre du nanogramme (un litre d'eau contient un milliardième de grammes, c'est-à-dire l'équivalent d'un millième de sucre dilué dans une piscine olympique). La limite de quantification (LQ) est divisée par 1000 tous les 10 ans. Nous sommes donc nécessairement amenés à détecter de plus en plus de substances.
Parler de micropollution, c'est aussi passer d'une exposition forte et accidentelle (Bhopal, Fukushima) à une exposition faible et chronique. Les micropolluants ont des sources multiples et variées, et en font une pollution non pas ponctuelle et diffuse, et, par conséquent, plus difficile à endiguer. Les micropolluants sont des molécules qui peuvent être naturelles ou organiques. Les micropolluants sont dits « persistants » lorsque leur demi-vie, qui correspond au temps nécessaire pour que la moitié de la quantité d'une substance soit dégradée, en eau douce excède 40 jours et « très persistants » si elle excède 60 jours.

Les micropolluants s'inscrivent donc dans la continuation de la problématique de pollution environnementale qui débute avec l'essor de la chimie, seule l'échelle change en fonction du degré de sensibilité de l'analyse. Autrement dit, **les micropolluants ne sont pas apparus dans les années 70, ils ont juste pu être détectés par la science dans les années 70.**

On oppose les micropolluants aux macropolluants, composés qui sont toxiques pour l'homme et son environnement à forte dose (du milligramme au gramme par litre) comme les nitrates, l'azote ou le phosphore. Parler de micropolluants implique le passage d'un **paradigme de visibilité à un paradigme d'invisibilité** aussi bien en termes de présence que d'effets. La présence des macropolluants se matérialise par différents phénomènes physiques visibles sans médiation : la coloration des eaux dans le cas du rouissage du lin au Moyen Âge ; la présence de mousse sur la Seine due à d'importantes concentrations en détergent. D'autre part, une exposition faible et chronique se traduit par des effets insidieux sur le long terme. On a une période de latence entre l'exposition et les effets.

Les sources de micropolluants

Il existe deux types de sources de micropolluants : les sources de pollution localisées (effluents urbains et industriels…) et les sources de pollution diffuses (eaux de ruissellement en zones rurales et urbaines, retombées atmosphériques, épandage…). La pollution peut aussi se faire directement par le sol ou via les eaux usées et les STEP. Les sources des micropolluants aquatiques sont multiples, diverses et relativement mal connues. On recense quatre sphères de pollutions :

Les rejets industriels concernent divers types d'activités telles que la chimie, l'agro-industrie, la papeterie… On peut y retrouver les produits chimiques et sous-produits chimiques divers en fonction du type de production via les effluents et les STEP.
Une fois que les micropolluants ont rejoint les stations d'épuration, ils en ressortent soit via les effluents, soit via les boues.
Les rejets urbains sont constitués par les rejets domestiques, des commerces, des hôpitaux, de l'entretien des rues… Enfin, les rejets agricoles correspondent aux utilisations de pesticides.
Au niveau domestique, les polluants sont rejetés dans l'environnement via l'eau et les STEP ou directement dans le sol. On retrouve dans les eaux usées des ménages des médicaments (directement jetés dans les toilettes), des résidus de médicaments excrétés via les urines et les fèces, des détergents, des pesticides et des biocides et des substances chimiques via les cosmétiques ou la lavage des textiles. On a aussi une infiltration de pesticides via les sols lors d'activités de jardinage.
Au niveau agricole, les rejets s'effectuent via l'épandage des boues des stations d'épurations qui sont riches en phosphore et azote, l'utilisation de pesticides, les excréments des animaux (médicaments) par infiltration des sols.

La quantité de micropolluants présents dans les eaux

Un micropolluant qui est recherché dans les cours d'eau en France est usuellement détecté dans 1 à 10% des cas à des concentrations allant de 0,01 à 0,1µg. Dans les eaux souterraines, leur fréquence de détection reste globalement la même pour les pesticides et leurs métabolites mais est de 0,1 à 1% pour les autres substances.

L'analyse des micropolluants

L'analyse des substances peut prendre deux formes : théorique ou pratique.

Pour estimer les concentrations futures de molécules qui ne sont pas encore entrées sur le marché, on utilise des analyses non plus chimiques mais théoriques, c'est-à-dire des analyses qui se font à partir des quantités de substances utilisées, de paramètres physico-chimiques des substances ou d'indicateurs de dégradation des substances dans l'environnement.

Analyse toxicologique des micropolluants

Deux disciplines sont en charge de l'étude de la toxicité des micropolluants : ce sont la toxicologie (qui étudie les effets des substances toxiques sur l'être humain) et l'écotoxicologie (qui, elle, étudie leurs effets sur les espèces vivantes). Elles sont le lieu de la rencontre entre la biosphère et la chimie.
La première et la chose la plus importante que l'on peut dire concernant la toxicité des micropolluants, c'est qu'elle est **incertaine**.

« A l'exception des médicaments, la toxicité des substances chimiques pour les humains n'a jamais été systématiquement évaluée. »[2]

La DJA

Au début des années 1960, est introduite la notion de **DJA ou dose journalière admissible**, inventée par le professeur René Truhaut pour contrôler les additifs alimentaires. Elle correspond à la dose qu'un être humain peut ingérer toute sa vie durant sans effets toxiques. La DJA est établie grâce à des tests de toxicité qui sont effectués la plupart du temps sur les animaux et qui conduisent à la définition d'une « dose sans effets toxiques observés », NOAEL (No-Observed Adverse Effect Level) en anglais. On expose les cobayes à la substance - la plupart du temps par voie orale - et on détermine une dose létale, dite DL50, définie par le scientifique anglais John W. Trevan en 1927, c'est-à-dire la dose à laquelle plus de 50% des cobayes sont tués. On diminue ensuite la dose en observant les effets produits jusqu'à fixer la NOAEL. Le calcul de la DJA s'effectue en divisant la NOAEL par un facteur de sécurité qui varie généralement entre 100 et 500. Ce facteur de sécurité ou facteur de transposition comprend deux facteurs de variabilité spécifique : un facteur de 10 de variabilité interspécifique ou variabilité entre l'homme et l'animal et de prise en compte des éventuelles imprécisions relatives à la détermination de la NOAEL et un autre facteur de 10 qui correspond à la variabilité intra-spécifique, soit la variabilité entre les individus humains eux-mêmes (qui fixée à 100 pour les substances non-cancérigènes). Puis une concentration maximale acceptable est calculée en fonction du poids moyen des individus et de leur consommation d'eau.
Certains effets des substances chimiques sont évalués via des tests spécifiques. Le caractère mutagène d'une substance est par exemple évalué à l'aide d'un test d'Ames, du nom du scientifique américain Bruce Ames qui l'a mis au point dans les années 1960. Ce test consiste à tester la capacité de bactéries de type salmonelles ayant subi une mutation qui les rend incapables de synthétiser de l'histidine, un acide aminé essentiel à leur survie, de muter à nouveau en présence de la substance chimique.

[2] Ibid, p. 62.

La notion de DJA se voit remise en question depuis plusieurs décennies. Sa critique de la DJA comprend 3 aspects. Le premier est l'effet des substances à faible, voire très faible dose. Le second aspect est l'accumulation de la substance dans le corps ou la présence continue de la substance dans l'organisme via une exposition chronique. Enfin, la troisième critique repose sur les effets paradoxaux, c'est-à-dire qu'une substance peut être toxique à faible dose et inoffensive à forte dose. Les effets d'une substance sont différents selon la concentration de la substance. Cette forme d'évaluation de la toxicité des substances est problématique parce qu'elle ne prend pas non plus en compte l'exposition d'un individu particulier à ces substances. En témoigne le cas de **l'électro-hypersensibilité** (EHS) maintenant reconnue en Grande-Bretagne ou en Suède. Elle ne considère que l'exposition à une molécule alors que l'homme est exposé chaque jour à un éventail de molécules. Elle laisse aussi de côté les effets cocktail de la multiplicité de ces combinaisons complexes de molécules qui peuvent créer des effets de synergie mais aussi les effets fenêtres et les effets transgénérationnels.

Les effets fenêtre

Les **effets fenêtres** sont une prise en compte de la dimension temporelle dans l'analyse toxicologique. Ils reposent non pas sur la relation dose-effet mais sur la relation temps-effet. Une certaine substance sera plus toxique si on en subit l'exposition à un temps t plutôt qu'à un temps t+1. On peut citer le cas de la thalidomide, substance administrée entre 1957 et 1961, date à laquelle elle a été retirée du marché, contre les nausées de la femme enceinte. Cette substance a été la cause de malformation chez les enfants des femmes à qui on l'a administrée entre la 5ème et la 8ème semaine de grossesse.
On recense aujourd'hui trois fenêtres d'exposition : dès la conception et pendant la vie fœtale puis pendant la puberté.

Le temps est pris en compte de quatre manières par la toxicologie :

- les fenêtres d'exposition ou effets fenêtre
- la période de latence entre exposition et effets
- les effets transgénérationnels épigénétiques
- la chronicité de l'exposition.

Ce n'est aujourd'hui plus tant la dose qui fait le poison mais le temps.

Les effets cocktails

Les effets cocktails sont les effets de l'exposition de l'organisme humain à plusieurs substances en même temps, soit les effets de la multi-exposition de l'homme aux substances toxiques de son environnement.
Des recherches (de Hayes et al.) ont montré qu'un herbicide, le S-métolachlore, qui n'a aucun effet sur les amphibiens seul, agit en synergie avec l'atrazine et en démultiplie les effets nocifs.

Pour penser les effets cocktails, **trois types de modèles toxicologiques** sont utilisés :

- le modèle de l'addition des réponses : l'effet est le résultat de la somme des effets de chaque substance. Ce modèle pose problème dans la mesure où si la dose de chaque substance additionnée est en-dessous de la dose sans effet, la somme de ces substances sera aussi considérée sans effet.
- le modèle de l'addition des concentrations : avec ce modèle, même si chaque substance est à une concentration inférieure à la NOAEL, la somme de toutes leurs concentrations respectives est considérée comme ayant un effet. Ce modèle concerne les molécules partageant les mêmes principes d'action.
- le modèle de l'effet synergique

Le concept de DJA est donc bien moins une mesure du risque en lui-même qu'une mesure de son acceptabilité. On tend à lui substituer une nouvelle approche toxicologique : celle des faibles doses.

Les faibles doses

Le paradigme des faibles doses provient du domaine de la radiofréquence. Les effets de la bombe atomique sur les victimes de Hiroshima et Nagasaki entrainent une remise en question par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) du seuil d'innocuité des radioéléments dans les années 1960. Les perturbateurs endocriniens jouent aujourd'hui un rôle essentiel dans le débat sur ce changement de paradigme de toxicité puisque leurs effets dépassent la sphère de la génotoxicité et adviennent via des lois des processus de cause à effet qui ne sont pas pris en compte par les tests de toxicité classiques.
Francis Chateauraynaud, dans un article intitulé « *Aux frontières de la sécurité sanitaire. Les controverses métrologiques sur les faibles doses et les perturbateurs endocriniens* », identifie **cinq logiques épistémologiques associés au paradigme des faibles doses** :

1) une « métrologie » : on définit la faiblesse de la dose par la métrologie, c'est-à-dire les instruments, technologies, protocoles utilisés. La faible dose « renvoie à un contexte expérimental déterminé par des technologies, des protocoles et des artefacts[3] ». Les progrès instrumentaux ont permis d'élargir les limites de détection des substances et, par conséquent, de percevoir et d'étudier un plus grand nombre de micropolluants. Les avancés des outils de modélisation ont permis une étude plus approfondie des substances et donc une meilleure compréhension de leur métabolisation via une connaissance plus précise de leur taux d'absorption et de leur excrétion

2) une « logique des sources et de facteurs d'exposition » : la seconde logique repose sur les substances et les produits de consommation et leurs régulations par les autorisations de mise sur le marché.

[3] Chateauraynaud, F., *et al.*, « Aux frontières de la sécurité sanitaire. Les controverses métrologiques sur les faibles doses et les perturbateurs endocriniens. », *in Natures, Science, Sociétés*, 27 Septembre 2012, p.5.

3) une « version conséquentialiste des faibles doses » qui dépend des effets néfastes suspectés

4) une « méréologie » caractérisée par son holisme

5) une logique de la variabilité propre aux substances et aux organismes qui y sont exposés. Cette variabilité se traduit par l'hétérogénéité des populations et des mécanismes d'action des substances dans l'organisme humain.

Toutes les approches possibles en toxicologie sont le résultat des multiples croisements entre ces logiques épistémologiques. Ces approches engagent des conceptions de la preuve différentes et la considération de plusieurs approches des « combinatoires de la preuve »[4].

« Parler de « faibles doses » ou de « faibles expositions », c'est engager d'un côté le rapport entre le visible et l'invisible, ou le « mesurable » et le « non-détectable », et de l'autre le rapport entre les situations exceptionnelles, de type accidentel, et les situations d'exposition sur le long terme. »[5]
Plusieurs facteurs sont pris en compte pour juger de la pertinence toxicologique d'une étude : la méthodologie et la qualité des données (randomisation, nombre de doses…), le dispositif expérimental (mode d'administration des doses de substance ; alimentation des animaux…) ; l'effet adverse retenu ; la possibilité de reproduire les tests ; l'échelle biologique (*in vivo* ; *in vitro* ; épidémiologie).
Les seuils de concentration ne sont donc souvent pas les mêmes d'un pays à un autre. Par exemple, la concentration seuil de l'atrazine est de 0,2 en France et de 0,6 dans l'Union Européenne.

La remise en cause des résultats d'études toxicologiques sur les micropolluants proviennent principalement de leur extrapolation à l'homme à partir des résultats obtenus sur les animaux dont la possibilité est mise en doute par l'utilisation croissante d'artefacts floutant d'autant plus le lien entre les études de laboratoire et l'exposition de l'homme dans sa vie quotidienne. Ces extrapolations possibles posent la question de la « pertinence des échelles d'observations »[6].

La **toxicocinétique** est l'étude du devenir d'un polluant dans un organisme – son absorption, sa distribution dans l'organisme, sa métabolisation (la capacité d'un organisme à transformer, accumuler et détruire le polluant) et son élimination. Les micropolluants peuvent interagir de deux façons avec l'organisme humain. Ils peuvent être métabolisés et rejetés ou bien s'accumuler dans l'organisme ; on parle alors de bioaccumulation. La plupart des micropolluants qui s'accumulent vont être stockées dans les graisses.
Ils sont souvent rapidement métabolisés par l'organisme humain. Le problème provient de l'exposition ubiquiste de l'homme à ces substances qui sont dès lors présents en quasi-permanence dans l'organisme humain.

[4] Ibid.
[5] Ibid.
[6] Ibid.

2. LES FAMILLES DE MICROPOLLUANTS

Les micropolluants peuvent être regroupés et classés en fonction de différents critères : leur famille chimique ; leurs usages, leurs effets…
Le classement le plus couramment utilisé les divise en trois catégories qui correspondent à leurs familles chimiques respectives.

LES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

Les micropolluants organiques peuvent être regroupés en fonction de leurs usages

1) Les pesticides

Les pesticides peuvent être classés de deux façons :
- selon leurs cibles :
a) les herbicides
Les principales familles chimiques représentées dans les herbicides sont :
> Les Triazines. Ex : Altrazine ; Simazine
> Les Dérivés De L'urée. Ex : Diuron ; Isoproturon…
> Les Dérivés De La Glycine. Ex : Glyphosate
> Les Chloroacétamides. Ex : Alachlore ; Métolachlore

b) les fongicides visent les moisissures et parasites des plantes. Les plus connus sont le cuivre, le triazole et le benzène.

c) les insecticides ciblent, comme leur nom l'indique, les insectes. On retrouve parmi les insecticides la plupart des pesticides organochlorés et des POP.
Certaines substances sont à la fois des biocides et des pesticides.
Ex : le propiconazole est utilisé comme fongicide sur les céréales et comme protecteur du bois contre les ravageurs.
Même si l'agriculture française utilise près de 500 molécules organiques de synthèse qui se répartissent dans plus de 2900 produits, la réduction de l'utilisation de pesticides agricoles ne suffit pas dans la mesure où certains sont utilisés dans les milieux urbains, principalement comme agent protecteur dans les matériaux de construction.
Ex : le diuron (herbicide pour la vigne) et le terbutryn (herbicide pour les PDT) sont aussi utilisés comme algicide dans les peintures pour façades de bâtiments.

On recense différentes familles chimiques parmi les insecticides :
> Les Organochlorés. Ex : Ddt ; Lindane ; Endosulfan ; Heptachlore ; Heldrin
> Les Organophosphorés. Ex : Parathion ; Malathion ; Diazinon
> Les Phénylsmpyrazoles. Ex : Fipronil
> Les Pyréthrinoides. Ex : Delthaméthrine ; Permethrine ; Cypermethrine

Législation

2015 : lancement du plan Ecophyto 2 qui repousse à 2025 au lieu de 2018 l'objectif de réduction de 50% de baisse d'utilisation des pesticides (25% en 2020). Les agriculteurs qui n'auront pas atteint leur objectif en 2020 se verront attribuer une pénalité de 11 euros par NODU (nombre de doses unités) dépassant. Ceux qui auront fait mieux que les objectifs pourront vendre les NODU supplémentaires.

2) Les substances chimiques présentes dans les cosmétiques :

Les cosmétiques représentent 6% des substances chimiques sur le marché dans l'Union Européenne, soit 3 fois plus que les médicaments et 15 fois plus que les pesticides.

3) Les agents nettoyants

4) Les biocides/désinfectants

Ils proviennent des sphères urbaines (usage domestique et hospitaliers) et pluviales (matériaux de construction des bâtiments).

5) Les médicaments

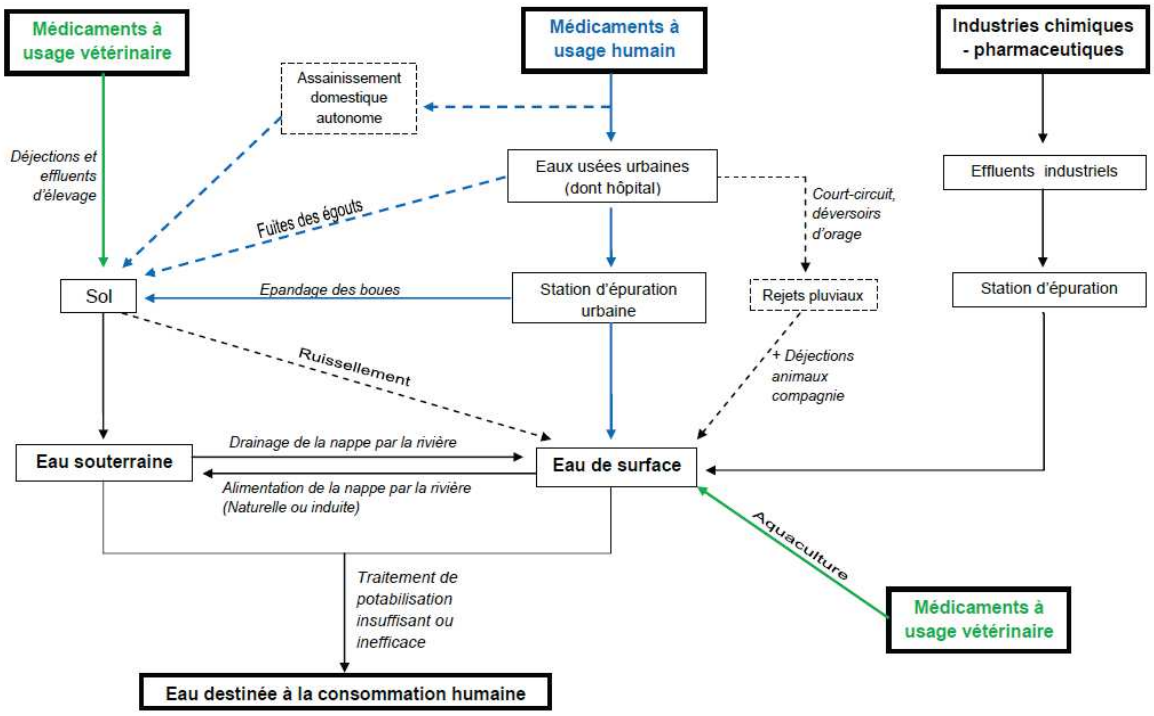
L'année 1853 signe la synthèse de l'aspirine par Charles Frédéric Gerhardt. Les premiers antibiotiques ont été découverts en 1930, suivis par les neuroleptiques, antidépresseurs, bétabloquants, hormones synthétiques… dans les années 50.

La France est le 4ème consommateur mondial de médicaments. 2000 tonnes d'antibiotiques sont consommés chaque année en France. 1/3 d'entre eux sont consommés par l'homme et les 2/3 restants par les animaux. Plus de 3000 substances actives sont disponibles pour l'homme et plus de 300 pour les animaux sur le marché français.

Les premières traces de médicaments ont été détectées dans l'environnement dans les années 1980. Les hôpitaux sont responsables de 10 à 20% des rejets de substances médicamenteuses dans l'environnement.

L'objectif actuel est la formulation de molécules qui soient le plus stables possible dans le corps humain. Mais en contrepartie, les molécules sont aussi de plus en plus stables dans l'environnement et de plus en plus difficilement dégradables. Les contrastants radiologiques, dont la stabilité dans le corps humain est la condition-même de leur utilité, sont aussi très stables dans l'environnement et se retrouvent dans les eaux souterraines.

Cycle des résidus de médicaments dans l'environnement



Les résidus de médicaments sont rejetés dans l'environnement via trois sphères distinctes :

- la sphère domestique : médication humaine et rejets dans les eaux usées urbaines des STEP
- la sphère agro-industrielle : médication animale et rejet via les déjections et les effluents d'élevage directement dans les sols
- la sphère industrielle : rejet via les effluents dans les STEP.

<u>Principales classes de médicaments détectés dans les eaux</u> :

- Hormones : 80% sont éliminées dans les boues actives ; les 20% restants sont absorbés dans les sédiments et vont s'accumuler dans les organismes aquatiques et dans les boues
- Antibiotiques
- Antidépresseurs
- anticonvulsivants
- analgésiques
- Bétabloquants
- Antihypertenseurs
- Hypolipidémiants
- Anticancéreux
- Antihistaminiques
- Antirétroviraux
- Antiparasitaires
- Immunosuppresseurs

6) Les plastifiants

Les micropolluants peuvent aussi être classés en fonction de leurs effets sanitaires.

La perturbation du système endocrinien

Les perturbateurs endocriniens sont définis comme des « substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle étrangères à l'organisme qui peuvent interférer avec le fonctionnement du système endocrinien et induire ainsi des effets délétères sur l'individu ou sur ses descendants »[7].
Les perturbateurs endocriniens regroupent dans un large éventail de produits tels que : pesticides ; plastiques, tapis, matériaux de construction ; cosmétiques ; ordinateurs…
Ces substances peuvent perturber le système endocrinien de trois façons :

- via un effet agoniste : en imitant l'action d'une hormone naturelle
- via un effet antagoniste : en empêchant l'action des hormones naturelles
- via un effet de blocage : en bloquant le mécanisme de production et de régulation des hormones

Le concept de perturbateur endocrinien apparait dans les années 1990.
En 1991, Ana Soto et Carlos Sonnenschein, professeurs de biologie cellulaire à la Tufts University de Boston découvrent que si les cellules cancéreuses qu'ils étudiaient proliféraient à ce point c'était dû à la présence de para-nonylphénol, un additif de polystyrène, composé des tubes à essai servant aux tests.
La conférence de Wingspread de 1991 dans le Wisconsin signe le premier grand rassemblement de scientifiques sur le sujet. Elle fût organisée par Theodor Colborn, auteure du premier livre sur les préfacé par Al Gore : *Our Stolen Future* ou *L'homme en voie de disparition* en français. Le terme « perturbateur endocrinien » est inventé lors de cette conférence. Les participants à cette conférence publient la Déclaration de consensus de Wingspread. La première conférence française sur le sujet a été organisée en 1996 par l'INSERM à Aix-les-Bains.
Les perturbateurs endocriniens n'exercent pas une action toxique directe mais indirecte puisqu'ils perturbent le fonctionnement endocrinien ce qui altère la régulation homéostatique.
Les perturbateurs endocriniens comprennent les substances de l'industrie chimique et des substances phytosanitaires.
Lors de tests sur les animaux, des liens ont été établis entre les perturbateurs endocriniens et : l'obésité ; les maladies neurodégénératives ; les problèmes d'infertilité.
En 1992, une méta-analyse menée par Niels-Erik Skakebaek et Elisabeth Carlsen démontre une décroissance de la production spermatique entre 1938 et 1990.

<u>Régulation européenne des perturbateurs endocriniens</u>
2009 : la réglementation sur les pesticides établit des critères d'exclusion basés sur la dangerosité des produits (hazard-based cut-off criteria) qui remplacent les critères basé sur les niveaux sûrs d'exposition (safe level of exposure).

---

[7] Rapport de l'OPECST, p. 12.

Les lobbys de l'industrie chimique s'opposent à ce nouveau critère et souhaitent que les perturbateurs endocriniens soient régulés comme les autres produits chimiques.
La Direction Générale pour l'Environnement de la Commission Européenne commissionne une étude menée par des experts indépendants proposant des critères de définition des perturbateurs endocriniens.
Mai 2011 : l'Angleterre et l'Allemagne publient une déclaration conjointe sur un critère de régulation des PE : « potency ».
2012 : publication de l'étude menée par le Professeur Andreas Kortenkamp (Kortenkamp report)
1er Octobre 2012 : l'EFSA est chargée de statuer sur les risques environnementaux et sanitaires liés à la présence de perturbateurs endocriniens dans l'alimentation.
Plusieurs médias dénoncent les conflits d'intérêts de 8 des 18 membres du comité de recherche de l'EFSA.
19 Février 2013 : publication d'un état de la science sur les perturbateurs endocriniens par l'OMS et le PNUE qui conclut que l'évaluation traditionnelle des risques ne convient pas aux perturbateurs endocriniens
20 Mars 2013 : publication du rapport de l'EFSA
Mars 2013 : l'ECPA produit un document sur l'impact économique du choix du critère de régulation des perturbateurs endocriniens
Le TAFTA était un autre exemple d'impact négatif qu'aurait le choix d'une approche en termes de dangerosité des perturbateurs endocriniens pour les lobbys.
Pour l'instant, il n'existe pas de référentiel qui permet de classer les substances comme perturbateurs endocriniens. Pour que des substances soient classées comme PE, des études de toxicité animale probantes sont nécessaires et l'interdiction de 2013 sur l'expérimentation animale des cosmétiques empêche la réalisation de nouvelles études.

Les perturbateurs endocriniens peuvent être classés en fonction du type de rejets ou en fonction de leurs familles.
Si l'on choisit de les classer en fonction de leurs familles respectives, on les retrouve dans :

- **les produits chimiques industriels** : PCB ; alkylphénols éthoxylates (APE) ; HAP ; bisphénol A ; retardateurs de flammes bromés ; composés perfluorés ; et d'autres composés comme le TBT (tributylétain).

- **les hormones stéroïdiennes** : sont sécrétées naturellement par différents organes (cortex, ovaires…). Ils comprennent les progoestrogènes, les glucocorticoides, les minéralocorticoides, les androgènes et les œstrogènes (estradiol, estrone, estriol). Deux facteurs expliquent leur l'augmentation de leur concentration dans les milieux naturels : l'invention et l'utilisation de masse des pilules contraceptives et l'utilisation des médicaments vétérinaires pour contrôler le cycle de reproduction des femelles.

- **les pesticides** :
> le DDT : insecticide inventé dans les années 50 et utilisé principalement pour la lutte anti-vectorielle, il a été interdit dans les années 70 dans les pays développés. On le retrouve aujourd'hui encore dans les milieux naturels à cause de sa faible biodégradabilité. Son principal métabolite est le

DDE.
> le méthoxychlore, remplacent du DDT après son interdiction ou d'autres substances organochlorées qui ont été interdites dans les années 80 : dieldrine, aldrine, ou le lindane interdit en 1998.
> les urées substitués (herbicides) : diuron, inuron. Le diuron a la particularité d'avoir été utilisé hors agriculture, pour l'entretien des espaces verts urbains.

- les produits pharmaceutiques :
Les effets des PE sur la faune et la flore sont l'objet de nombreuses études.
On peut citer plusieurs exemples connus de ces effets sur la faune. On a observé des effets toxiques du TBT (tributylétain), substance entrant dans la composition des peintures des carènes de bateaux, sur les prosobranches qui représentent la moitié des espèces de mollusques : effet virilisant sur les femelles à très faible dose 0,1ng/L). On a aussi observé une réduction de la taille du pénis des alligators de lac Apopka, contaminé accidentellement dans les années 1990 par des insecticides organochlorés (le DDT notamment), entrainant leur impossibilité de se reproduire et donc le déclin de la population de ce lac.
Des chercheurs anglais (*Gross-Sorokin et al.*) ont aussi retrouvé un phénotype intersexuel chez un tiers des gardons mâles collectés, c'est-à-dire dans 86% des sites analysés y compris dans les sites où le risque de contamination était jugé faible.
Des recherches de *Hayes et al.* ont aussi montré que l'atrazine retarde ou inhibe la métamorphose (passage du stade larvaire au stade adulte) chez la grenouille.
Les PE ont cinq types d'effets sur la faune : des effets sur le développement, sur l'anatomie, sur la reproduction, sur le comportement et sur le système immunitaire.
Dans le cas des modifications de comportement, on a constaté que les ibis exposés au mercure développaient des comportements homosexuels (Frederick & Jayasena) ou que les PCB altéraient le comportement des parents chez les oiseaux marins.
Les multiples effets toxiques des PE sont à ajouter aux effets provenant d'autres problèmes environnementaux comme les changements climatiques. Bjorn Jenssen a montré que les PE qui affectent le développement cognitif de l'ours polaire diminuent des capacités qui lui sont d'autant plus essentielles dans un milieu qui évolue rapidement du fait du changement climatique.

Notons qu'en **novembre 2016** : deux études lancées conjointement par la revue Lancet Diabetes & Endocrinology et le Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism évaluent à **340 milliards de dollars par an le coût de l'exposition aux perturbateurs endocriniens** (309 MM$ pour l'économie américaine et 157MM$ pour l'Union Européenne). Ce chiffre est atteint en mesurant les pertes économiques engendrées par les maladies et le manque à gagner dû aux pertes de points de quotient intellectuel des personnes exposées aux substances perturbant le fonctionnement normal d'un organisme.

Cancérigène

Erreur de multiplication des cellules

Neurotoxique

Perturbation du développement ou du fonctionnement des cellules nerveuses

Les substances neurotoxiques se lient aux protéines plutôt qu'aux graisses.

Immunotoxique

Reprotoxique

Tératogène

Apparition de malformations congénitales

Mutagène

Apparition de caractères héréditaires nouveaux

Le degré de toxicité de molécules dépend de plusieurs facteurs :

- de la toxicité intrinsèque de la molécule
- de sa stabilité dans l'environnement
- des voies de pénétration et du niveau d'exposition
- de la quantité et durée d'exposition
- du devenir de la molécule dans l'organisme (métabolisation, bioaccumulation, bioamplification, synergie…)

Les micropolluants organiques peuvent aussi être regroupés en fonction de leur persistance dans l'environnement

On les considérera alors soit comme des polluants organiques persistants (POP) ou des polluants organiques non-persistants (non POP).
Le groupe des POP est composé de substances qui possèdent 4 caractéristiques en commun : la persistance ; le bioaccumulation ; la toxicité ; la mobilité.

Les micropolluants organiques peuvent aussi être classés en fonctions de leurs familles chimiques

- Les pesticides
- Les hydrocarbures
- Les biphényls polychlorés (PCB)
- Les dibenzodioxines polychlorés (PCDD) ou dioxines
- Les dibenzofurannes polychlorés (PCDF) ou furannes
- Les détergents ou surfactants
- Les hydrocarbures halogénés utilisés comme solvants
- Les molécules organobromées dont les biphényls polybromés (PBB)
- Les esters de phtalates
- Les substances médicamenteuses

Les micropolluants inorganiques

Les micropolluants inorganiques sont composés de métaux (cuivre ; zinc ; plomb…) ou de métalloïdes (arsenic ; antimoine ; silicium…). Ils sont présents naturellement dans les sols et les roches mais leurs taux de concentration actuels sont le résultat d'activités anthropiques (sidérurgie ; tannerie ; transports routiers ; effluents agricoles…). Les freins des voitures relâchent par exemple du cadmium, du chrome et du cuivre. Les catalyseurs, eux, relâchent du paladium, du platine et du rhodium ; les routes du zinc…

Les micropolluants organométalliques

Les micropolluants organométalliques sont des molécules dans lesquelles un ion métallique est associé à un composé organique. Les organo-étains des peintures pour bateaux visant à lutter contre les algues et micro-organiques des coques sont des micropolluants organométalliques.
Ex : méthyle de mercure ; organo-étains (ex : tributylétain, dit TBT) des peintures pour bateaux qui luttent contre les algues et microorganismes dans les coques. Interdits depuis 1986 en France à cause de leurs effets toxiques sur la reproduction des organismes aquatiques.
Les principaux éléments traces métalliques (ETM) recherchés dans les eaux sont le **cadmium (Cd), le plomb Pb), le chrome (Cr), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cuivre (Cu), le zinc (Zn), et le nickel (Ni)**.

3. POLITIQUE DE L'EAU

La notion de « micropolluant » n'était pas, jusque récemment et le premier Plan Micropolluants de 2010, définie en tant que telle dans les réglementations européennes ou françaises mais il existe une multitude de textes qui encadrent les rejets de molécules chimiques dans l'environnement.
Dans les années 1960, la France connait une activité économique sans précédent qui se traduit par une industrialisation et une urbanisation importantes. Ce développement signe aussi le début de grands travaux d'infrastructure dans le pays et l'essor de l'agriculture intensive. La demande en eau est partagée entre le secteur agricole, le secteur industriel, celui de l'énergie, et la consommation d'eau potable. Cette forte activité intensifie la pollution des eaux et les premiers conflits d'usage apparaissent. La répartition de la ressource en eau et sa pollution deviennent alors des enjeux importants.
Ce contexte voit émerger la première Loi sur l'eau en 1964. Le territoire français est découpé en 6 bassins versants ou bassins hydrographiques en fonction des lignes naturelles des fleuves français. Un bassin est un « ensemble de terres irriguées par un même réseau hydrographique : un fleuve, avec tous ses affluents et tous les cours d'eau qui les alimentent »[8]. A chaque bassin est associé un Comité de bassin, une Agence de l'eau et un préfet coordonnateur de bassin. Est aussi créé une instance nationale : le Comité national de l'eau. Le comité de bassin définit la politique à mener pour

[8] Glossaire CNRS

lutter contre la pollution et répartir la ressource en eau. Il concilie les besoins propres au bassin et les directives nationales. L'Agence de l'eau, elle, met en œuvre la politique de bassin du Comité en distribuant les redevances des usagers sous forme d'aide financière aux collectivités locales, industriels ou agriculteurs qui s'engagent dans des démarches de sauvegardes de l'eau.
L'opposition entre dès 1987 entre les associations et le programme d'aménagement de la Loire fait émerger les limites législatives de la loi de 1964. En 1992, la seconde loi française sur l'eau est votée. Elle tente, s'inscrivant directement dans la lignée tracée par le concept naissant de développement durable, de concilier gestion environnementale de l'eau et développement économique. Les dispositifs de traitement de l'eau ne sont plus suffisants. La loi de 1992 naît de la prise de conscience que d'autres problématiques doivent être prises en compte, comme le maintien du bon état des zones humides ou des rivières.
Pour ce faire, une Direction de l'Eau est créée. Les comités de bassin doivent élaborer des plans d'action, des SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement des Eaux). Les SDAGE sont ensuite déclinés au niveau local en SAGE.
L'année 2000 signe un tournant décisif. Les pays membres de l'Europe adoptent la Directive-Cadre sur l'Eau, dite DCE, dont le but est de reconquérir la qualité chimique, biologique et physique des rivières, des lacs, des eaux souterraines et du littoral. La première échéance de cette nouvelle gestion de l'eau s'échelonne sur 6 ans, entre 2009 et 2015. Chaque pays membres est libre de décliner ses objections et actions dans la mise en œuvre de la politique européenne. La troisième loi sur l'eau de décembre 2006 traduit la DCE pour la France. En 2009, les lois Grenelles renforcent la loi LEMA en élaborant des plans d'actions nationaux.

Trois lois fondent donc la politique française de l'eau : les lois de 1964, 1992 et 2006. Examinons plus précisément maintenant les réglementions les plus emblématiques.

Directive Cadre sur l'Eau

L'adoption de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 (JOCE du 22 décembre 2000) établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau rappelle et renforce les orientations communautaires relatives au bon état des écosystèmes aquatiques. En particulier, l'article 16 de cette directive vise à renforcer la protection de l'environnement aquatique par des mesures spécifiques conçues pour réduire progressivement les rejets, émissions et pertes de molécules prioritaires, et l'arrêt ou la suppression progressive des rejets, émissions et pertes de molécules dangereuses prioritaires dans l'eau.
En 2013, la directive 2013/39/UE vient modifier les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE concernant les molécules prioritaires en introduisant 12 nouvelles molécules prioritaires à l'ancienne liste de 33 molécules. Les NQE concernant ces molécules devront être respectées d'ici 2018 afin d'atteindre le bon état des eaux en 2027. Elle fixe aussi des normes plus strictes pour 7 des 33 molécules : anthracène, diphénnyléhers bromés, fluoranthène, plomb et ses composés, naphtalène, nickel et ses composés, HAP.
21 des 45 molécules sont établies comme molécules dangereuses prioritaires.

Le 24 Mars 2015, le JOUE publie une liste de vigilance des polluants émergents à surveiller :

- le diclofénac ;

- le 17-alpha-éthinylestradiol (EE2) ;
- le 17-bêta-estradiol (E2) ;
- le 2,6-ditert-butyl-4-méthylphénol ;
- le 4-méthoxycinnamate de 2-éthylhexyle ;
- des antibiotiques macrolides ;
- le méthiocarbe ;
- des néonicotinoïdes 23943 ;
- l'oxadiazon ;
- le triallate.

L'Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement est le document de référence déterminant les critères et seuils d'évaluation de la qualité des cours d'eaux[9]. La liste des molécules et des seuils correspondant sont présentés dans le paragraphe 13.4 de l'Arrêté.
Réglementation NQE et PNEC. Les valeurs seuil n'étant pas encore définies par la réglementation pour l'ensemble des molécules, et en l'absence de cadre législatif, les valeurs de PNEC (Predicted No-Effect Concentrations) ont été utilisées (valeurs correspondant à la plus forte concentration de la molécule sans risque pour l'environnement). Les valeurs de PNEC définissent la toxicité de la molécule vis à vis de l'environnement. Ces valeurs ont été définies grâce à l'INERIS et au réseau européen NORMAN.
En parallèle de la réglementation évaluant les cours d'eau, des actions nationales permettant la réduction des micropolluants ont été engagées, notamment les actions comme le « Plan micropolluants 2016-2021 », REACH ou encore le RSDE. Chaque action est présentée dans les paragraphes suivants.

Le plan micropolluants 2016-2021

Jusqu'à présent, certaines situations de crise et la multiplicité des molécules avaient conduit les pouvoirs publics à organiser son action de lutte contre la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants autour de 3 plans :

- le plan national de lutte contre les PCB ;
- le plan national sur les micropolluants (2010-2013) ;
- et le plan national sur les résidus de médicaments (2010-2015).

[9] https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/7/27/DEVL1513989A/jo

Les précédents plans d'action étant arrivés à leur terme, un plan unique, le « plan national micropolluants », a été élaboré pour la période 2016-2021 pour réduire les émissions de polluants et préserver ainsi la qualité des eaux et la biodiversité.
Il a pour but de protéger à la fois les eaux de surface continentales et littorales, les eaux souterraines, le biote, les sédiments et les eaux destinées à la consommation humaine, afin de répondre aux objectifs de bon état des eaux fixés par la directive cadre sur l'eau (DCE) en limitant l'apport de polluants via les cours d'eau.

La réduction des pollutions des milieux aquatiques par les micropolluants répond à des enjeux :

- environnementaux : les micropolluants sont des molécules susceptibles d'avoir une action toxique à faible dose dans un milieu donné (métaux lourds, PCB, hormones, médicaments,...) ;
- sanitaires : protéger les milieux aquatiques, c'est protéger les ressources en eau destinées à la production d'eau potable ;
- économiques : compte tenu des limites techniques et financières du traitement des eaux, protéger les milieux aquatiques, c'est réduire les coûts de traitement.

Le plan national micropolluants vise trois objectifs principaux :

- Réduire dès maintenant les émissions de micropolluants présents dans les eaux et les milieux aquatiques, dont la pertinence est connue, en limitant les émissions et rejets de micropolluants provenant des différentes sources identifiées (collectivités, industries, établissements de soin, activités agricoles) et en sensibilisant le plus grand nombre à la pollution des eaux.
- Consolider les connaissances pour adapter la lutte contre la pollution des eaux et préserver la biodiversité, en améliorant la connaissance des rejets, en prédisant la présence des micropolluants dans les eaux et les milieux aquatiques, et en évaluant mieux les impacts des micropolluants sur l'état des ressources et les effets sur la santé et la biodiversité.
- Dresser des listes de polluants sur lesquels agir, en hiérarchisant les molécules selon différentes stratégies : les besoins de connaissance environnementale, les risques de non atteinte du bon état des milieux et la nécessité et la faisabilité de réduction des émissions.

REACH

REACH est un règlement européen (règlement n°1907/2006) entré en vigueur en 2007 pour sécuriser la fabrication et l'utilisation des molécules chimiques dans l'industrie européenne. Il s'agit de recenser, d'évaluer et de contrôler les molécules chimiques fabriquées, importées, mises sur le marché européen. D'ici 2018, plus de 30 000 molécules chimiques seront connues et leurs risques potentiels établis ; l'Europe disposera ainsi des moyens juridiques et techniques pour garantir à tous un haut niveau de protection contre les risques liés aux molécules chimiques.

RSDE

Une action de recherche et de réduction des rejets de molécules dangereuses dans l'eau (RSDE) par les installations classées a été lancée dans chaque région en 2002, dans le cadre de l'opération nationale découlant de la circulaire du 4 février 2002 du ministère chargé de l'environnement.
Les rejets concernés sont :
- les rejets dans le milieu, directs ou via une station d'épuration,
- les eaux issues du procédé industriel,
- les eaux pluviales susceptibles d'être souillées par une activité,
- les eaux de nettoyage des circuits de refroidissement,
- les effluents bruts épandus.

Il s'agit d'une action nationale dont l'objectif est double :

- Permettre une meilleure connaissance des molécules dangereuses rejetées dans l'eau.
- Contribuer à l'atteinte du bon état des eaux et à la réduction, voire suppression, des rejets de molécules dangereuses dans l'eau.

Suite à l'analyse des données récoltées lors de cette opération, la direction générale de prévention des risques au sein du MEEDDAT a décidé d'engager une nouvelle action de recherche et, le cas échéant, de réduction ciblée sur une liste de molécules déclinée par secteur d'activité auprès des installations classées soumises. La circulaire du 5 janvier 2009 encadre cette opération avec l'appui technique de l'INERIS.
Une troisième phase du RSDE va prochainement paraitre. Cette phase souhaite renforcer la réduction des rejets des micropolluants. Elle définit notamment les modalités de recherche de micropolluants dans les eaux usées traitées et dans les eaux brutes des stations de traitement des eaux usées (STEU). Elle définit également les modalités de recherche des sources d'émission de ces micropolluants en amont des STEU et les modalités d'engagement des collectivités dans une démarche de réduction de ces émissions.
La nouvelle action RSDE pour les STEU a ainsi pour but :

- de participer à une meilleure maîtrise et à la réduction de l'émission d'un certain nombre de micropolluants dangereux vers les réseaux de collecte des eaux usées, conformément aux principes de l'arrêté du 21 juillet 2015 et de l'article L.1331-10 du code de la santé publique.
- de contribuer collectivement à l'atteinte des objectifs nationaux de réduction des émissions, rejets et pertes de molécules dangereuses dans les eaux de surface et à leurs déclinaisons dans les SDAGE 2016-2021 (Note technique du 11 juin 2015).
- de constituer l'une des actions du plan micropolluants 2016-2021 permettant de contribuer au retour au bon état pour les masses d'eau dégradées au sens de la DCE ou de préserver le bon état des masses d'eau.
- de permettre de quantifier l'évolution des pressions sur les milieux aquatiques, notamment pour ce qui concerne les émissions de molécules prioritaires et dangereuses prioritaires au sens de la DCE pour lesquelles des objectifs globaux de réduction ont été définis au niveau national.

Enfin, comme dans le cadre de REGARD, la nouvelle action RSDE va imposer aux délégataires la recherche de micropolluants en amont dans le réseau d'assainissement. En effet, la nouvelle action RSDE rappelle que « les STEU ne sont pas conçues pour éliminer ou réduire les concentrations des micropolluants objets de la présente note technique dans les eaux traitées et que le transfert de micropolluants dans les boues ne peut constituer une solution environnementalement acceptable. Ainsi, une solution de réduction à l'amont est préférable à une solution de traitement à l'aval de la STEU ».

4. DES POSITIONNEMENTS CONTRASTES CHEZ LES PARTIES-PRENANTES

L'analyse du positionnement des parties-prenantes a été réalisée grâce à la conduite de **19 entretiens semi-dirigés auprès de différents acteurs** (liste en annexe) durant l'**année 2013**. Il faut rester prudent vis-à-vis des enseignements regroupés ici car il s'agit d'une parole retranscrite de 19 « experts » parlant au nom de l'organisme pour lesquels ils travaillent et 19 c'est évidemment peu pour refléter l'ensemble des points de vue qui pourraient s'exprimer sur cette thématique. Cependant, nous pouvons tout de même percevoir des points de vue propres et qui éclairent d'une lumière particulière les enjeux liés à ces substances.

La sphère scientifique

Si dans les années 70, les chercheurs s'intéressaient à l'identification des substances présentes dans les milieux, leurs travaux s'inscrivent aujourd'hui bien plus dans une dynamique de **caractérisation des impacts** des substances. De fait, étant donné le nombre croissant de nouvelles molécules mises sur le marché chaque année, et compte tenu du caractère limité des moyens financiers qui sont attribués aux chercheurs, le jeu de la recherche s'inverse : au lieu de partir d'une substance identifiée et de déterminer son potentiel toxique, il s'agit aujourd'hui de tester la toxicité potentielle d'une substance afin de savoir s'il est valable de la rechercher dans les milieux.
On a une approche de la question qui se veut donc de plus en plus pluridisciplinaire puisqu'elle amène à travailler de concerts des disciplines aussi différentes que l'écologie, la chimie analytique ou encore l'écotoxicologie.
L'**évaluation des risques** des micropolluants est codifiée par différentes **procédures de calcul généralistes**, comme REACH, qui ne sont pas spécifiques à la pollution aquatique. Tout nouveau produit, par principe, fait courir un nouveau risque. Si l'on arrive à identifier le risque, les décideurs peuvent, par la suite, dire ce qu'ils considèrent comme acceptable. Le grand enjeu aujourd'hui est d'être capable de quantifier le risque lié aux mélanges de polluants qui sont à faible dose avec exposition chronique sur la vie entière pour un individu. On rejoint ici la thématique actuelle de « l'**exposome »**, c'est-à-dire être la capacité à évaluer les risques liés à l'exposition continue à travers la vie et même avant la conception de l'organisme et les effets qu'induit cette exposition. Si l'on

arrive à identifier le risque, ensuite les décideurs peuvent dire ce qu'ils considèrent comme acceptable ou pas.

La sphère politico-réglementaire

L'Agence de l'Eau

Les Agences de l'Eau entreprennent des actions sur les micropolluants depuis de nombreuses années. Ces actions concernent deux volets : un volet industriel et un volet urbain. Avant la DCE, la question des micropolluants étaient traitée principalement via celle des pollutions chimiques des industriels de type solvants chlorés. La réglementation européenne a permis aux Agences de l'Eau d'élargir les sources de rejets considérées.

En ce qui concerne le **volet industriel**, le rôle des Agences de l'Eau est d'assurer le respect du bon état des milieux aquatiques fixé par la DCE et la réduction des substances dangereuses prioritaires. Pour ce faire, elles doivent identifier les industriels de leur territoire qui ont les rejets les plus importants et tenter de les sensibiliser à une réduction de leurs rejets en contrepartie d'une aide financière. Les industriels n'étant globalement que peu soumis à des contraintes réglementaires sur la question, leur participation à des démarches de réduction des rejets est purement volontaire. Le choix d'un tel engagement est donc un pari pour les industriels qui ne peuvent savoir si leur investissement sera toujours valable en cas de changement réglementaire dans les années futures par exemple.

Le second volet, le **volet urbain**, regroupe les actions de recherche-innovation des Agences de l'Eau. Trois **questions** principales se posent à elles : comment traiter en sortie de station d'épuration ? Quelles sont les sources des micropolluants ? Et comment réduire les émissions de micropolluants ?

Les Agences de l'Eau ont aujourd'hui affaire à deux grands types de **challenges**. Elles manquent d'abord de connaissances et de retours d'expériences sur les grandes questions auxquelles s'attache à répondre la recherche aujourd'hui, avec de sérieuses incertitudes sur la problématique des métabolites et des boues sur lesquelles elles voient peu de solutions arriver. Elles manquent aussi d'outils réglementaires pour diminuer les émissions polluantes des industries.

Les collectivités – Le point de vue de Bordeaux Métropole

L'intérêt de la collectivité bordelaise pour les micropolluants a émergé il y a une dizaine d'années sous l'influence à la fois des associations et du Comité de Développement Durable (C2D).

En 2008, à sa création, le C2D de Bordeaux Métropole s'est autosaisi de la question des micropolluants. Ses conclusions ont ensuite été présentées aux élus et ont été intégrées dans l'Agenda 21. Les recommandations comprenaient :

- des mesures de sensibilisation auprès des professionnels de santé et des citoyens,
- des mesures de soutien aux établissements hospitaliers avec possibilité de mettre en œuvre un pilote de traitement en aval d'un établissement hospitalier,
- l'établissement d'un inventaire des principales substances médicamenteuses rejetées,
- une évaluation de la part des substances d'origine domestique et de la part des substances hospitalières,
- et la réalisation d'un état des lieux de la qualité des eaux de la Garonne.

La question des micropolluants est une **question sanitaire** pour la collectivité parce que leur rôle premier est de distribuer de l'eau potable.

Pour l'instant, **la question du traitement des micropolluants ne se pose pas réellement** car il **n'existe pas de contrainte réglementaire sur le sujet**. Un **traitement volontaire** est, d'après la personne rencontrée, un **pari trop risqué en période de restriction financière** dans la mesure où il pourrait s'avérer n'avoir servi à rien en cas de futures modifications législatives.

La collectivité se situe donc dans une **phase de recherche** et d'accumulation des connaissances pour être capable d'agir si une réglementation ou la certitude scientifique d'un danger émergeaient. Les questions auxquelles elle souhaite répondre aujourd'hui concernent l'identification des sources d'émissions, des sites où les émissions sont les plus fortes et la capacité ou l'incapacité du réseau à filtrer ou non.

La collectivité se pose cependant diverses questions que nous retranscrivons ici :

- Faut-il traiter en amont ou faire supporter le coût du traitement aux usagers ?
- Quelle politique du risque adopter ? Puisque, « plus on cherche et plus on trouve », **doit-on traiter en cas d'incertitude ?** Dans le cas du perchlorate, les avis des élus divergeaient sur la question de savoir s'il fallait traiter ou accepter la présence de perchlorate dans l'eau potable sachant qu'aucune donnée scientifique ne permettait d'affirmer ou d'infirmer sa dangerosité pour l'homme. C'est le rôle de la société de trancher mais, paradoxalement, une réaction « irrationnelle » de la société civile est redoutée par certains acteurs sur ces questions qui touchent à la santé.
- Que faire des boues ? Les micropolluants restent accumulés dans les boues ; le traitement n'est donc pas la solution ultime.
- Comment gérer le problème financier ? La question d'éventuelles mesures de précaution ne se pose pas quand la collectivité est obligée de regarder les coûts même pour la construction d'une école. Dans le cas de la pollution au perchlorate, la collectivité avait décidé de ne pas traiter, de fermer la ressource polluée et de puiser l'eau dans des nappes plus profondes et déjà déficitaires - en espérant que ces nappes suffisent en termes d'apport hydrique. Trois arguments justifiaient cette détérioration délibérée des ressources naturelles : 1) Un traitement avait été mis en place peu de temps avant sur la même ressource pour traiter une pollution accidentelle aux hydrocarbures et la nouvelle pollution au perchlorate avait rendue caduque le dispositif de traitement dans lequel la collectivité avait investi. La collectivité redoutait donc l'arrivée d'une nouvelle pollution à la suite du perchlorate qui aurait pu, de même, rendre insuffisant un second dispositif de traitement. 2) Le coût financier fit passer les enjeux environnementaux au second plan. Enfin, 3) l'acceptabilité de la hausse du prix de l'eau entrainée par le traitement est loin d'être acquise.

La collectivité se trouve donc coincée entre d'un côté la conscience que le problème requière un traitement en amont pour éviter l'effet domino décrit ci-dessus mais aussi l'affirmation que, même si les pollutions diffuses étaient évitées, le risque d'une pollution accidentelle poserait toujours problème.

- Les citoyens considèrent que c'est le rôle des collectivités de s'occuper de ce problème. Est évoqué, à l'appui, l'exemple de la rénovation des canalisations en plomb par les collectivités françaises et le refus des copropriétés de changer les branchements des habitations compte tenu du coût financier…

Le Ministère de l'Environnement et l'ONEMA

L'intérêt du Ministère pour les micropolluants a émergé il y a une dizaine d'années **sous l'effet de crises bien plus que par les travaux de recherche** effectués sur le sujet. Des fenêtres d'opportunités sont nécessaires pour une prise d'intérêt - qu'il s'agisse de crise, de l'intérêt personnel d'un politique, ou de l'alerte lancée par une association : « *Les crises sont peut-être plus des déclencheurs que les travaux de recherche. Il faut que les travaux de recherche aient un retentissement au niveau de la presse pour que les politiques s'en saisissent ; autrement, les politiques n'ont pas le temps de prendre en compte les travaux*. » (E8)

Trois objectifs principaux sont visés par les différents plans nationaux mis en place par le MEDDE (Plan de lutte contre les PCB ; Plan sur les résidus de médicaments ; Plan micropolluants) :

- améliorer la connaissance, principalement sur l'impact des substances sur les milieux aquatiques ;
- améliorer la surveillance ;
- réduire les émissions de polluants.

Les problèmes que rencontre le Ministère proviennent, d'après la personne rencontrée, essentiellement d'un **fort lobbying industriel** : les industriels ne veulent pas fournir les études qui permettent d'aboutir aux *endpoints* (solubilité ; bioaccumulation ; toxicité ; PNEC…). Seul le Ministère de la santé y a accès. Le second problème réside dans le retard, d'après elle, de la recherche par rapport à la réglementation alors qu'elle devrait lui servir de fondement. « La recherche court après la réglementation. » (E12) Ainsi, on risque de substituer des substances qui se sont avérées toxiques par d'autres substances dont la dangerosité potentielle n'a pas été sujette à étude.

Pour l'ONEMA, les challenges sont à la fois d'ordre **financier** et d'**organisation institutionnelle**.

Le **manque de moyens financiers** est la cause d'un suivi limité des milieux aquatiques et d'un manque de données qui oblige à l'extrapolation des données existante et occasionne des erreurs importantes. Ces lacunes quantitatives expliquent en partie le peu de réglementation sur le sujet dans la mesure où est estimé que le signal qui ressort de la surveillance des milieux n'est pas suffisamment fiable ou représentatif

Au **niveau organisationnel**, est regrettée l'absence du côté environnemental d'Agence équivalente au statut de l'ANSES, du côté des enjeux sanitaires nationaux, et de ses comités d'expertise qui serviraient d'aide à la décision politique. Il manque un lien entre les conclusions des chercheurs et les mesures qui doivent être prises en termes de politiques du risque ; lien qui pourrait être éclairé par de tels comités d'expertise.

« Le cadre que fournit l'Europe est un cadre minima.» « C'est toute la chaine depuis la connaissance, le risque et la gestion qui mériterait d'être formalisée dans des processus politiques. » (E10)

On a donc un problème de gestion : par exemple, le constat du dépassement d'une NQE ne prouve rien et ne dit pas s'il faut chercher à comprendre pourquoi ; comment relier un constat fait à partir de 12 prélèvements en un an avec le fait que telle ou telle activité se situe sur le bassin versant ? *« D'un point de vue méthodologique, on est assez démunis. »* (E10)

Pour l'ONEMA, l'approche engagée mobilise le **principe de précaution** puisqu'on évalue l'état du milieu en rapportant les mesures du milieu aux NQE mais les NQE sont des méthodes d'évaluation scientifiques de laboratoire, donc les déployer à grande échelle pour une évaluation de risques

revient à appliquer le principe de précaution. Les NQE repose sur l'extrapolation de données de laboratoire aux milieux naturels. Or, on ne sait pas si cette extrapolation est valable.
« On fait une estimation en disant que si ces valeurs sont dépassées alors il y a un problème mais on ne voit pas le problème car l'état chimique n'est pas un symptôme. » (E10)
L'application du principe de précaution est donc laissée à la discrétion des agents locaux dont les responsabilités gagneraient à être aiguillées.

L'appel à projet de 2013 à l'initiative de l'ONEMA et des Agences de l'eau marque un tournant majeur dans la prise en compte de la problématique « micropolluants ». Clairement orienté vers l'aide à la décision et la mise en œuvre d'innovations locales reproductibles sur d'autres territoires, l'AAP ouvre également la voie à la recherche de solutions de réduction à la source des micropolluants.

La sphère socio-médiatique

La Presse

L'intérêt pour la question a émergé dans les médias spécialisés aux alentours des années 2006-2007 et dans les médias généralistes dans les années 2009-2010 via les grandes crises de la pollution par les PCB dans le Rhône, de la féminisation des poissons et des divers scandales entourant la présence de contraceptifs féminins dans les milieux aquatiques. Cela dit, comme le souligne un journaliste d'un magazine spécialisé interviewé en 2013 (*Technicités*), *« on n'est pas encore sur de la communication générale »* (E3). Il estimait alors que la thématique des micropolluants était plutôt évoquée sous l'aspect environnemental et non pas sanitaire. *« Le côté sanitaire on n'en parle pas trop parce que si on en parlait, ça ferait peur parce que les micropolluants sont partout. »* (E3)
D'après le journaliste que nous avons interviewé, les raisons pour lesquelles la presse généraliste ne s'est pas encore réellement saisie du sujet sont de deux types. Tout d'abord, « *rien ne se passe* » (E3) : à la différence de la Suisse qui est dans une démarche active de mise en place de traitements, la France est dans une phase de recherche, ce qui intéresse moins le grand public.

« On a besoin de connaissances. On est surtout dans une recherche de connaissances et on n'est pas encore à transmettre des messages à part à certaines catégories d'acteurs : les agriculteurs, par exemple, qui doivent réduire l'utilisateur de produits phytosanitaires. » (E3)

Ensuite, d'après lui, on parle déjà beaucoup des problèmes environnementaux et il faut un juste équilibre entre les sujets évoqués. Certains problèmes environnementaux tels que les changements climatiques ou la perte de biodiversité remplissent déjà une grande part des pages environnementales.
La sensibilisation est délicate pour cette même raison mais aussi parce que l'inaction politique n'encourage pas l'action sociétale. Même si on sensibilise les gens, est-ce qu'ils vont bien comprendre pourquoi on leur demande de changer de comportement si derrière les collectivités ne prennent pas réellement le sujet en mains pour traiter l'eau et donner une eau en limitant au maximum la présence de micropolluants dans les eaux ? Les collectivités n'ont pas les moyens de

mettre en place des traitements aussi efficaces et ont même difficilement les moyens de mettre des études de suivi en place. *« C'est difficile de demander des choses à des citoyens quand derrière l'Etat et les collectivités n'ont pas les moyens ou ne se donnent pas les moyens d'infléchir la tendance. Pour l'instant c'est quelque chose qu'on constate mais on n'agit pas dessus. On agit très localement, très ponctuellement mais on n'a pas les capacités pour agir globalement»* (E3).

La sensibilisation reste pourtant une des solutions les plus prometteuses car peu encore explorée. *« Il faudrait déjà qu'on soit plus sensibilisés. On n'est pas au courant des substances qui se trouvent dans les produits. » « La sensibilisation n'a pas été très bien faite et même les gens qui connaissent la problématique ne savent pas quelles actions mener en tant que citadin, urbain pour diminuer les émissions. »* (E3)

Analyse de la presse spécialisée dans l'information et la défense des consommateurs

Les choses semblent avoir évolué depuis 2013 au regard du travail mené depuis novembre 2016[10] qui vient compléter les premiers éléments obtenus grâce à l'interview de quelques journalistes, notamment de la presse spécialisée « professionnels ».
Nous avons en effet voulu voir comment la thématique que les chercheurs qualifient de « micropollution » était abordée dans la presse grand public. Pour ce faire, nous avons choisi d'analyser, dans un premier temps, **les deux magazines français spécialisés dans l'information aux consommateurs** que sont *60 millions de consommateurs*, édité par l'Institut National de la Consommation (INC), et *Que Choisir*, édité par l'Union Fédérale des Consommateurs (UFC). En remontant depuis janvier 2015, nous avons ainsi un premier aperçu de ce traitement médiatique qui nous permet, d'identifier les produits et les usages incriminés mais également le ton de l'article (information, alerte…) et sa portée (demande de réglementation, proposition de changement de pratiques…).
Il ressort au travers de cette revue de presse exploratoire que, **si le terme « micropolluant » n'a jamais été cité, il en est fait mention dans tous les numéros mensuels mais sous d'autres appellations**. « Les nouveaux polluants sont partout ! » comme le titrait *Sud Ouest* (19/05/2013), et donc même dans la presse. Les journalistes parlent alors de « résidus de médicaments », de « résidus de pesticides », de « substances nocives », d' « ingrédients toxiques »… pour les termes généraux. En outre, il est intéressant de noter que dans ces revues sont cités :

- les produits ou les classes de produits problématiques par leurs dénominations commerciales,

[10] À partir de cette analyse qualitative exploratoire, nous mettons en place dans un second temps, une analyse textuelle, systématique et quantitative, des articles de plusieurs quotidiens et hebdomadaires nationaux et régionaux sélectionnés au travers de mots-clefs que nous sommes en train de définir. En outre, nous mettons également en place une veille sur ces mêmes journaux et avec les mêmes mots-clefs afin de suivre l'actualité à laquelle nos ménages référents seront confrontés.

- mais aussi par leurs noms scientifiques (Bisphénol A, Glyphosate…)
- et selon leurs familles chimique (phtalates, parabens…) ou physique (nanoparticules, microbilles…),
- selon leurs usages dans le produit final (conservateurs, plastifiants…),
- ou encore selon leurs effets problématiques (perturbateurs endocriniens, cancérogènes…).

Nous pouvons alors faire l'hypothèse que ces précisions accompagnent une certaine **montée en compétences des lecteurs** qui peuvent ainsi identifier, dans leurs produits d'usage courant, les composés chimiques polluants.

Cette presse a en effet comme objectif de conseiller mais aussi d'**avertir le consommateur** sur tous ces choix de consommation : de l'alimentation aux cosmétiques en passant par l'entretien et l'équipement de la maison. Et il s'avère que la problématique des micropolluants est effectivement abordée à travers ces divers usages du quotidien (hygiène corporelle, jardinage…). Cette information se décline sous différentes formes.

Ainsi, il y a des articles, voire des dossiers, qui font la « une » du numéro, comme « Hygiène et beauté – Les molécules toxiques » paru en mars 2016 chez *Que Choisir*, ou qui font l'objet d'un hors-série comme « Entretenir sa maison au naturel et à moindre prix » édité par *60 millions de consommateurs* en avril 2015 puis en mai 2016. Dans les deux cas, est annoncé dès la couverture, que dans ce numéro est donnée une liste des substances indésirables par rapport à ces produits de consommation courante. Là, très clairement, une **alerte** est lancée ou rappelée et, arguant le principe de précaution, les journalistes conseillent l'achat de certains produits et en déconseillent d'autres aux vues de leur composition chimique et de leurs risques potentiels qui sont donc précisés – **risques portant sur la santé**, nous y reviendrons. En outre, il est souvent fait appel à la **surveillance de la réglementation** quand celle-ci est suffisante ou à son **évolution** si elle est jugée insuffisante. Une autre forme d'information est la présence d'encarts, dans diverses rubriques, qui abordent cette question des micropolluants. Certains pointent les lacunes voire les aberrations de la législation actuelle (ex. : fournitures scolaires), d'autres soulignent les changements de celle-ci en matière de réglementation (ex : interdiction du Bisphénol A) ou d'affichage (ex. : composition chimique des produits), d'autres encore alertent quant à l'usage de certains produits (ex. : vernis à ongle). Si ces deux types d'information (articles de fond et encarts) sont différents quant à leur forme, ils se rejoignent donc sur le fond.

Par contre, ce qui est plus étonnant – et qui mériterait une investigation en remontant sur plusieurs années – c'est la vérification de la composition chimique et de la présence de produits toxiques lors des tests et comparatifs de produits. Ainsi, en plus d'éprouver la qualité (goût, odeur, texture) qui est rapportée au prix, sont recherchés, par exemple, des résidus de pesticides ou des phtalates dans les huiles, les apéritifs ou encore les fruits. Ceci participe, en plus de la montée en compétences des lecteurs, à la **diffusion d'inquiétudes, voire à un état de suspicion généralisée**, quant à ces nouveaux polluants.

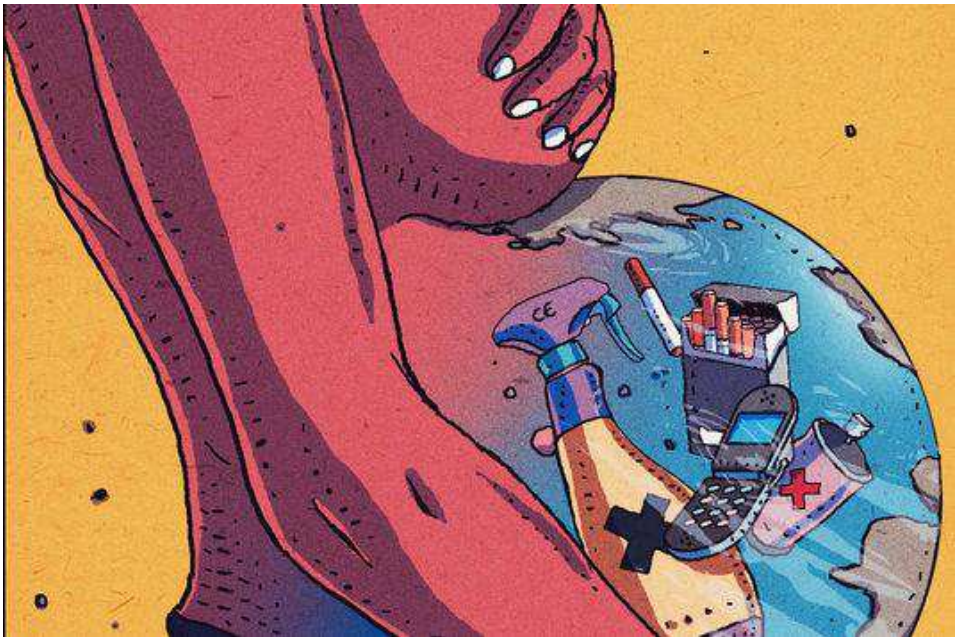
Ces craintes restent cantonnées au domaine de la santé pour une écrasante majorité. En effet, sur les deux années, dans les deux revues, on recense, toutes formes confondues, **à peine dix articles, sur les 145 analysés[11], abordant uniquement les risques environnementaux** dont trois, la problématique de l'eau. Par contre, si on s'ouvre à la thématique santé, on comptabilise une trentaine d'articles tablant sur les deux registres dont une dizaine qui traite de l'eau. Les articles qui font écho au registre de l'environnement, traitent majoritairement de l'usage des pesticides tant dans les champs agricoles que dans les jardins privés ou les espaces verts municipaux et quelques-uns des produits ménagers ou cosmétiques. Certains rappellent, alors, en quelques lignes, le petit cycle de l'eau et les risques liés à l'usage de ces produits (eutrophisation des milieux aquatiques, toxicité pour la faune).
Il s'avère très clair que la sensibilisation aux micropolluants présents dans l'alimentation comme dans les cosmétiques ou les détergents, passe avant tout par la santé. On peut d'ailleurs faire l'hypothèse que c'est, entre autres, à cause de la domination de ce registre « santé », que ce terme à connotation plus environnementale n'est pas usité, les scientifiques et gestionnaires qui l'utilisent faisant plutôt référence à la pollution environnementale. De la même façon, les traitements naturels ou biologiques sont particulièrement mis en avant par rapport à leur prétendue innocuité sur la santé ou, du moins, à leur moindre nocivité – même si celle-ci commence aussi à être interrogée.

En conclusion, le terme « micropolluant » est, certes, peu, voire pas présent dans la presse mais la micropollution est, elle, largement abordée à raison d'au moins un article par mois dans chacune de ces deux revues. L'entrée de cette thématique est pour l'instant largement dominée par le registre de la santé, mais la thématique de la pollution est bien présente et le registre de l'environnement apparaît effectivement même si c'est en plus faible proportion. En tous cas, il semble évident que les leviers d'action à privilégier dans REGARD et de façon générale dans les projets portant sur des changements de pratiques relatifs à l'utilisation de produits contenant des micropolluants, devront **tabler sur ces deux registres** pour sensibiliser la population et conscientiser les ménages, puis l'ensemble des citoyens, afin qu'ils s'approprient les préconisations des chercheurs en vue de l'amélioration de la qualité de l'eau et du retour au bon état écologique des écosystèmes. Cette orientation vers de nouveaux produits (naturels ou écolabellisés) ou de nouvelles pratiques (diminution de la quantité voire de l'utilisation ou fabrication « maison » de certains produits) sera, au vu de cette littérature, d'autant plus accessible, que la presse y invite déjà (liste de produits « désirables » ou recettes remèdes naturels).

Ce travail d'analyse du traitement médiatique de la question des micropolluants va être poursuivi jusqu'à la fin du projet REGARD et élargi à d'autres journaux, notamment Le Monde et Sud-Ouest.

[11] Dans cette revue de presse exploratoire, afin d'avoir une vue générale de la question, nous avons privilégié au terme « micropolluant », en outre absent des textes, la thématique de « micropollution » et donc retenu tous les articles traitant de polluants ayant des effets problématiques sur la santé ou l'environnement.

Notons d'ailleurs récemment un article du Monde (28 novembre 2016) intitulé « Perturbateurs endocriniens : halte à la manipulation de la science »[12] invitant à la signature d'une pétition lancée par cent scientifiques (également actifs sur le dossier du changement climatique) qui dénoncent la « fabrication du doute par les industriels » et les « attaques » dont est victime la science quand elle alerte sur la nécessaire réduction de l'exposition aux perturbateurs endocriniens. Cet article et cette pétition ont été largement relayés par les réseaux sociaux et les associations de défense des consommateurs et de l'environnement.



Les associations

La problématique des micropolluants peut encore être considérée en phase d'émergence. La recherche en n'est encore qu'à l'identification des substances présentes dans les milieux et d'après la plupart des acteurs interrogés pendant cette enquête, on ne possède pas assez d'information sur les effets de ces substances sur les milieux et sur l'homme pour affermir la législation. Un responsable d'association contacté dans le cadre de l'enquête déclare d'ailleurs que pour lui, *« on en est encore qu'à des programmes de suivi de ce qui rentre et sort des stations d'épuration alors qu'on devrait déjà être aux étapes suivantes de réglementation des substances toxiques. »* (E1)

Les micropolluants sont un problème qui engage le rapport de l'homme au progrès et à la nature.

Les progrès techniques récents n'ont pas été associés à un recul suffisant pour prendre en compte leurs effets potentiels et leur application est sous-tendue par une idéologie courtermiste et

[12] http://www.lemonde.fr/idees/article/2016/11/29/halte-a-la-manipulation-de-la-science_5039860_3232.html#HytmD86Uz46meVAs.99

anthropocentrée.
« Le problème c'est que les industriels veulent toujours développer sans nécessairement faire les études d'impact pour voir comment ça va se comporter dans le temps et dans le milieu dans lequel ça va évoluer. » « On n'appréhende pas assez le futur. » (E1)
Le décalage entre le droit et la technique est aussi une des causes de la micropollution croissante. Les progrès des techniques sont trop rapides pour que la législation puisse suivre et il en résulte qu'un très faible nombre de substances est réglementé aujourd'hui : *« Le droit a du mal à suivre une évolution technique beaucoup trop rapide. »* (E1)
Le lobbying des industriels est aussi dénoncé comme un frein important à une progression dans la résolution du problème ; la récente pétition relayée par Le Monde du 28 novembre 2016 est un exemple de cette dénonciation qui se fait de moins en moins discrète.
Pour l'association de défense de l'environnement girondine rencontrée, les problèmes de micropolluants sont traités majoritairement sous l'angle sanitaire : *« Quand on parle de rejet on prend en compte ce qui peut être nocif pour l'homme mais on ne prend presque jamais en compte ce qui peut être nocif pour la nature. Ca on ne s'en préoccupe pas vraiment. Dans les normes qui sont établies par la Commission Européenne, ce qui compte c'est ce qui peut être nocif pour l'homme.»* (E1)

Le secteur privé

Pour les acteurs du secteur privé, le challenge aujourd'hui est d'être capable de **dresser un vrai bilan de la situation** : quels sont les risques liés à la présence de ces produits ; quelle est la capacité à pouvoir les traiter. Il faut **sensibiliser** les collectivités à ces risques et proposer des solutions qui permettent de diminuer l'impact. Cette sensibilisation est rendue difficile par le manque de **moyens financiers des collectivités** pour qui *« les micropolluants, ça n'est pas un sujet. »* (E11).
La problématique va devenir un enjeu public et lui demandera de grands efforts d'adaptation. La présence de sels d'aluminium utilisés pour le traitement de l'eau potable, s'il était connu du grand public requerrait, par exemple, leur substitution par des sels métalliques dont les dosages sont plus délicats, occasionnant en cas de surdose une coloration rouge de l'eau dans le cas du fer.
La **sensibilisation de la société civile** et la réduction de la pollution à la source est un **enjeu déterminant** parce que la problématique des micropolluants pose, en aval, des problèmes non solvables par les seuls moyens techniques. Certaines boues de stations ne sont pas valorisables, c'est-à-dire ne peuvent être épandues parce qu'elles contiennent certaines substances. Récemment, il a été identifié que le zinc présent dans certaines boues et les rendant inutilisables provenaient des shampoings antipelliculaires. L'incinération ou l'enfouissement des boues coûte cher à l'entreprise et aucune autre solution que la réduction à la source de la substance – dans ce cas, du zinc – ne peut résoudre le problème.

Eléments de synthèse sur les enjeux des micropolluants analysés par les parties-prenantes

Le problème de la micropollution aquatique est un problème ancien qui n'a commencé à être pris en compte au niveau de la recherche que récemment grâce aux progrès des méthodes de détection analytique.
La réglementation sur le sujet est minime – seul environ 0.03% des substances présentes sur le marché sont soumises à la réglementation.
Le traitement en aval, malgré les progrès techniques de ces dernières années, ne résout pas complètement le problème, le déplaçant parfois vers une problématique « boues » soulevée par nombre d'acteurs interviewée.
Cette absence de réglementation rend la réduction à la source difficile. Elle est pourtant la solution qui semble privilégiée par tous les acteurs aujourd'hui en France.
Pour les acteurs rencontrés, le levier de la santé, bien que plus difficile à solliciter que dans le cas des pollutions de l'air, semble être une des seules possibilités de mobilisation de la société civile. Les aspects économiques ont été très peu abordés. La difficulté restant que d'autres parties prenantes devront être intégrées à la démarche (médecins et pharmaciens par exemple dans le cas des médicaments).
Les industries attendront, en période de crise économique, un affermissement de la réglementation malgré les tentatives des Agences de l'Eau pour les convaincre.
Globalement, il s'agirait pour les diverses parties prenantes de **se mettre d'accord sur une approche du risque commune**. Pour certains, c'est l'absence de réglementation qui fait des micropolluants un « non-problème », pour d'autre c'est l'absence de preuve scientifique. Ce flou des représentations est le reflet de l'absence d'une mise en risque du problème à l'échelle des politiques nationales, lui-même étant peut-être le reflet d'une absence de mise en risque si l'on considère le risque comme représentation : on ne présente pour l'instant même pas le problème des micropolluants aquatiques à la population civile, encore moins sa contribution à ce phénomène. Peut-être faudrait-il commencer par-là.

5. QUESTIONNEMENTS ETHIQUES ET PHILOSOPHIQUES

Imperceptibilité des micropolluants et aperceptibilité scientifique

La caractéristique principale des micropolluants est leur **imperceptibilité**. Auparavant, la pollution de l'eau était naturellement perceptible par l'homme. Au Moyen Âge le rouissage du lin dans l'eau, qui permettait de dissoudre la gomme soudant les fibres de la plante, rendait l'eau nauséabonde et d'une couleur sombre. Aujourd'hui ce paradigme de la nécessaire perceptibilité des pollutions se voit même inversé. La turbidité de certains fleuves laisse penser que leur pollution est supérieure à certains autres dont la transparence n'est en réalité pas gage de « pureté ». La présence de PCB dans une eau ne change ni la couleur de l'eau, ni son odeur, ni le goût pour celui qui la boit, ni le son de l'eau qui coule pour celui qui entend, ni sa texture. Par ailleurs, l'aperceptibilité des micropolluants est nécessairement médiée par la science.

Détection des micropolluants

La science joue un double rôle : elle est celle qui crée les risques mais elle est aussi celle qui a le pouvoir de les dévoiler. Les micropolluants sont donc tout à la fois un objet créé par les scientifiques et un sujet de recherche scientifique.

La science « en amont » des micropolluants

Le 19ème siècle signe le début de la chimie organique et le 20ème siècle son essor avec l'accélération des recherches dans cette discipline du fait des guerres mondiales, notamment sur les gaz de combat. Le gaz sarin, composé organophosphoré utilisé pendant les deux guerres pour ses effets toxiques sur le système nerveux fera l'intérêt de l'industrie agrochimique qui développe alors les insecticides organophosphorés comme le parathion, le malathion ou encore le Roundup. Si certaines substances ont été synthétisées dans un but éthiquement discutable, d'autres visaient clairement la protection de l'homme. Le pyralène, par exemple, fût créé pour ses propriétés ininflammables afin de prévenir les risques d'incendie des installations électriques. Une huile non conductrice était nécessaire, le pyralène fût synthétisé. Mais le pyralène eu d'autres utilisation et là se pose la question de la sortie de la molécule hors de son champ d'utilisation initial.

Les micropolluants questionnent les usages de la chimie mais aussi son essence-même. La chimie est une science déterministe : son but est d'étudier la matière et ses phénomènes afin de les comprendre et de pouvoir les répéter par la création de molécules existantes à l'état naturel dans l'environnement. Son but est de saisir l'instabilité de la matière afin de la reproduire et de la maitriser. Or, les micropolluants remettent en cause le paradigme déterministe de la chimie puisque qu'ils réintègrent de l'**aléatoire** au sein des phénomènes chimiques dirigés par l'homme parce qu'il ne maitrise pas les molécules qu'il crée : il ne contrôle ni leur devenir géographique, ni leur devenir temporel. L'on ne sait pas suivre le cheminement de certaines substances, comme l'éthanol, au sein des milieux naturels ; l'éthanol est donc maitrisable à l'échelle macro mais pas à l'échelle micro. L'on ne sait pas non plus ce que deviennent les molécules après interaction avec le corps humain ou avec l'environnement, c'est-à-dire ce que vont être leurs produits de dégradation ou métabolites. Il existe deux types de métabolites : les métabolites environnementaux et les métabolites excrétés. Les métabolites excrétés sont le résultat des transformations de la molécule-mère par l'organisme humain après ingestion. Lorsqu'il n'y a pas de processus de bioaccumulation, c'est-à-dire d'accumulation de substances par l'organisme, les molécules subisses une métabolisation enzymatique qui se produit principalement dans le foie et dont résultent des métabolites qui sont ensuite excrétés dans l'urine ou les fèces. Les métabolites environnementaux résultent de transformations biochimiques qui ont lieu dans l'environnement sur la molécule-mère ou sur les métabolites excrétés. Ils peuvent être de types abiotiques (photolyse, hydrolyse, oxydation) ou microbiologiques. Un même métabolite peut provenir de la dégradation de substances différentes. Par exemple, l'AMPA est un métabolite de l'herbicide glyphosate, substance principielle du Roundup, mais aussi de phosphonates utilisés dans l'industrie ou dans la sphère domestique (détergents).

Il est intéressant de remarquer que les métabolites sont quelques fois plus dangereux que la molécule-mère dont ils proviennent. Les métabolites du bisphénol A apparaissent, par exemple, dans de nombreuses études comme plus dangereux que le bisphénol A lui-même, en présentant une activité ostrogénique à des taux de concentrations bien plus faibles que le bisphénol A[13]. Nous pouvons donc dire que, parfois, la nature, par le biais de sa « médiation hasardeuse » rend les composés chimiques que l'homme rejette en elle plus dangereux pour l'homme que ceux qu'il avait initialement créés.

La science « en aval » des micropolluants

« Les risques environnementaux sont des risques cognitifs réservés aux experts et aux scientifiques. »[14]

Le caractère invisible des micropolluants rend leur détection entièrement dépendante de la science. Le consommateur d'eau ou le promeneur de bord de rivière est incapable de déceler la présence de micropolluants. Seul le savoir scientifique aidé de la machinerie technique est capable de se prononcer sur le degré de pollution de l'eau aujourd'hui. Et même pour lui, cette analyse est loin d'être évidente.

La difficulté dans l'analyse des micropolluants réside dans la nécessité de leur identification préalable. Leur détection nécessite, en effet, un standard, autrement dit, une mesure calibrée de ces substances qui servira à reconnaitre leur présence parmi les divers résultats de l'analyse. On ne reconnait une substance parmi les pics d'un chromatogramme que si l'on sait à quel pic elle correspond. Il faut nécessairement savoir ce que l'on cherche sinon, de deux choses l'une, soit la substance apparaitra sous la forme d'un pic indéterminé, soit elle n'apparaitra pas parce que son pic se fondra dans l'ensemble des autres pics. La science doit faire parler la nature et pas seulement l'écouter.

A cette première difficulté s'ajoute la croissance exponentielle du nombre de molécules qui sont créées par l'homme depuis le début de l'ère industrielle et qui ne cessent de progresser. Et si l'homme accroit la variété des substances présentes dans son environnement, la nature en fait de même. La dégradation des molécules va produire de nouvelles molécules qui vont ensuite interagir entre elles dans le milieu et créer encore une fois de nouvelles molécules. On se retrouve donc avec de nouvelles substances pour lesquelles nous ne possédons pas de standard et que nous ne pouvons donc pas essayer de détecter, de nombreux « micro-Frankenstein aquatiques » que l'on tente désespérément de rattraper.

---

[13] Michael E. Baker, Charlie Chandsawangbhuwana, PLOS ONE, 4 Octobre 2012, http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0046078

[14] BARRAQUE Bernard et KALAORA Bernard, « Introduction. Le risque environnemental et son vécu, *in* Espace et Société, n°77, 1994.

Les micropolluants sont donc aussi, dans un sens, invisibles aux yeux de la science qui doit déjà savoir quoi et où regarder.

« *Suspendu au-dessus du quotidien, le risque offre un support à l'expression d'une symbolique sociale et politique* »[15].

La science est donc le seul médiateur de l'appréhension des risques. Elle donne la mesure de la dimension objective du risque en tant que danger potentiel pour la santé humaine ou l'environnement. La communication du risque est donc réduite à sa seule dimension objective. **Ces inconnues dans l'équation posent nécessairement une question éthique à l'analyse scientifique, à savoir : quelles molécules souhaite-t-on rechercher ? Comment interpréter les résultats ? Comment les communiquer ?**

La science est le médiateur qui relie le problème sociétal que posent les micropolluants et les citoyens. Les scientifiques endossent donc une certaine responsabilité vis-à-vis de la façon dont ils vont présenter leurs résultats aux politiques et qui va aiguiller la connaissance et les représentations que se feront les individus des micropolluants et des risques/dangers qui leurs sont associés.

Il semble qu'on puisse associer une **identité commune à l'eau et à la chimie : l'immatérialité et l'invisibilité**. La matière du chimiste est imperceptible pour le profane et elle se retrouve dans un élément naturel qui correspond à son invisibilité propre. Ce changement de paradigme concernant la perceptibilité de la pollution en milieu aquatique relatif à la problématique des micropolluants renforce la représentation moderne de l'eau.

L'eau : construit social

L'imperceptibilité de l'eau et sa pollution nous font la rapprocher d'un autre élément bien connu : l'air. Mais en quoi l'eau se démarque-t-elle de l'air et en quoi la question de sa pollution se distingue de celle de l'air ?

L'eau se différencie de l'air en ce que la représentation qu'on en a diffère de celle de l'air. Certes, ils sont tous deux des éléments essentiels à la survie humaine mais l'eau est plus visible que l'air et peut, ainsi, être paysage. Une étendue d'eau peut être contemplée alors qu'une étendue d'air ne peut pas l'être. On a, dès lors, une relation différente à l'eau. Sa pollution n'est pas plus visible que celle de l'air mais elle, en tant qu'élément, peut, moyennement quelques efforts perceptifs, être objet d'attention.

Imaginaire et représentations de l'eau

L'eau est certainement l'élément qui a le plus fasciné et fait couler d'encre. L'eau est imperceptible par nature au sens où elle ne peut être saisie par les sens : elle est inodore, n'a (en général) pas de goût, ne se sent pas lorsqu'elle nous entoure si l'on ne bouge pas, ne fait pas de bruit si elle est contenue, et, finalement sa transparence est telle qu'elle permis à Narcisse de prendre un peu trop conscience de sa beauté. L'eau est aussi changeante ; elle connait plusieurs états : liquide, solide, vaporeuse en fonction des processus de solidification, condensation et sublimation, fusion et

[15] Ibid.

vaporisation. Elle peut être claire, trouble, chaude, froide. Elle s'imprègne des qualités de la variété de choses qui entrent en contact avec elle. Elle est aussi insaisissable conceptuellement que physiquement puisqu'on ne peut la retenir qu'en l'enfermant.
La transparence de l'eau trouve son écho dans son invisibilité pour les êtres humains. Ou plutôt, son invisibilité physique fait écho à son invisibilité mentale chez l'homme. L'eau est invisible pour l'homme en amont comme en aval.

La source de l'eau est méconnue des hommes : peu de gens connaissent le cycle de l'eau (petit ou grand) et donc, peu ont conscience de la source où est puisée l'eau qui arrive par leurs robinets et du cheminement qu'elle a parcouru pour y parvenir. En ignorant cela, les hommes ignorent la nature technique de l'eau.
L'eau est comprise par la science et maitrisée par la technique. L'eau potable n'est pas naturelle, elle est le résultat d'un long processus d'extraction, de transport et de traitement. Les utilisateurs n'en ont pas conscience. Ils héritent des représentations idéalisées de l'eau naturellement pure datant du 19ème siècle. Les activités humaines ont souillé l'eau et c'est la science qui lui a permis de retrouver sa cristallinité.
Cet idéal de pureté de l'eau se confronte aujourd'hui à la découverte de plus en plus de substances toxiques dans les eaux.
Et pourtant, leur rapport à l'eau est médié par la science dans la mesure où l'eau est aujourd'hui pensée bien moins comme un élément naturel que comme H2O, soit une molécule, un composé d'atomes qui possède des propriétés chimiques qui peuvent être utilisées pour telle ou telle chose et qui est bien souvent **extrait du contexte social qui l'entoure** ; une notion abstraite, objective et quantitative qui se substitue à un vécu subjectif de l'eau. L' « eau moderne » est une construction de l'esprit bien plus qu'un élément présent dans la nature et dans le corps humain. Cette conception de l'eau comme H2O trouve sa concrétisation dans la figure du cycle hydrologique.
On a donc une contradiction entre deux visages de la représentation que les usagers ont de l'eau : ils ont en partage le côté utilitariste de la représentation moderne de l'eau mais il leur manque la connaissance scientifique et technique qui régit de plus en plus l'eau qu'ils consomment. Nous pourrions même aller plus loin en disant que l'ignorance de la nature scientifico-technique de l'eau renforce cet utilitarisme.
L'eau est considérée dans sa dimension utilitaire relative à ses propriétés chimiques et physiques. On va choisir telle ou telle eau pour ses teneurs en minéraux, c'est-à-dire en fonction de ses avantages pour notre santé. Mais l'on va aussi penser que l'eau parvient naturellement pure à nos robinets sans tenir compte de la médiation de l'homme et des techniques. L'on va aussi faire abstraction du processus de traitement de l'eau qui se déroule après le rejet de nos eaux usées.
On attribue ainsi un caractère quasi-magique à l'eau. Comme Roland Barthes le disait dans *Mythologies* avec la nouvelle Citroën qui « *tombait manifestement du ciel* », on retrouve dans l'objet « eau », une « *perfection et une absence d'origine* ». Pour l'usager, **l'eau semble sans temps et sans espace**. Elle ne provient de nulle part, comme si elle était créée par le robinet lui-même et elle n'a pas de vie en dehors de la durée de son rapport avec lui. L'eau n'a ni destination, ni provenance. Comme le disait très justement Alfred Sauvy : « *L'eau vient du robinet comme le courant de la prise électrique et l'argent de la banque* ».
On l'oublie souvent mais l'arrivée de l'eau courante est relativement récente puisque c'est vers la fin des années 1980 que la quasi-totalité des ménages français en sont équipés.

Le système technique qui prend l'eau en charge est masqué aux yeux des « profanes ». L'eau potable arrive au robinet de l'usager par des tuyaux enterrés et les eaux usées s'y échappent et l'usager ne sait donc ni d'où ces eaux viennent ni où elles vont.

Cette ignorance de toute la « machinerie » qui préside à la consommation d'une eau potable entretient la conception de l'eau comme invulnérable puisque les usagers n'ont pas conscience de polluer l'eau. Par exemple, une personne qui va se brosser les dents va rejeter des eaux usées contenant du triclosan, biocide utilisé dans les cosmétiques. Qu'adviendra-t-il de ce triclosan? Entre 58% et 99% sera éliminé des eaux grâce aux traitements en station d'épuration, ce qui veut dire qu'entre 42% et 1% du triclosan finira dans les eaux de surface. Puis, pour la partie « retenue » par la STEP, la moitié du triclosan se biodégradera alors que l'autre moitié se retrouvera dans les boues d'épuration. En plus des eaux de surface, une autre partie du triclosan finira donc dans les sols quand ces boues seront utilisées pour l'épandage agricole. La présence de triclosan dans l'environnement pose un risque de bactério-résistance[16]. Et le plus souvent, l'usager n'a aucune conscience des conséquences directes et indirectes de ses actions sur l'eau.

Si l'on peut penser à la fin de la sacralité de l'eau via sa technicisation, on constate une réintroduction du caractère mystique autrefois associé à l'eau, via cette dimension magique liée à son invisibilité dans nos espaces publics et privés.

Et si la source de l'eau est obscure beaucoup, peu nombreux sont ceux qui parviennent à percevoir l'eau comme source de quelque chose : comme source de vie tout d'abord, puis comme source de bien-être ou de rêverie… Pourtant, l'eau a été pensée de tout temps comme source de vie et cette idée est confirmée par l'hypothèse de la soupe primitive émise pour la première fois par le biochimiste Oparine en 1924 selon laquelle les premiers composés pré-biotiques ont été synthétisés sur la Terre. Des deux éléments les plus essentiels à notre survie, l'oxygène et l'eau, seule l'eau aurait été nécessaire à la création de la vie sur Terre. De fait, il y a 4,5 milliards d'années, l'atmosphère de la Terre était dépourvue d'oxygène et c'est l'interaction entre l'ammoniac, l'hydrogène, le méthane et la vapeur d'eau, composants de l'atmosphère et des sources énergétiques comme les rayons intenses des ultraviolets du soleil dus à l'absence de couche d'ozone ou encore la chaleur provenant de l'activité volcanique, qui créa les premières molécules primitives qui se déposèrent dans les océans primitifs. L'eau a donc été le berceau de la vie. Elle est la première matérialisation de Mère-Nature.

Le mathématicien du 1er siècle avant JC, Thalès de Milet, disait déjà que « l'eau est le principe de toute chose ». Selon lui, tous les éléments procèdent de l'eau et la Terre était elle-même de l'eau condensée.

L'eau a aussi été un vecteur de convivialité et de sociabilité notamment pendant l'époque romaine. Les thermes représentaient un lieu d'échanges. L'eau est aussi associée à l'idée de **purification**. Le baptême en est l'exemple le plus connu : il prend la forme d'une aspersion ou d'une immersion. L'eau est même le symbole naturel de la pureté. On lui attribue également des propriétés magiques. L'exemple de Lourdes est parlant, son eau étant réputée curative pour les paralytiques.

---

[16] http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/triclosan/fr/index.htm#4

L'eau est ainsi porteuse d'un imaginaire foisonnant et source de représentations aussi diverses que complexes qui ne sont pas sans lien avec notre façon, aujourd'hui d'aborder cet « objet » et les problèmes auxquels il est confronté, notamment en lien avec nos propres actions sur lui.

Les micropolluants et les nouveaux types de risques

Généralités et réflexions

Nos sociétés du risque proviennent-elles d'une multiplication des dangers ou d'une nouvelle attitude à l'égard des dangers ?

Le terme risque vient du latin *risquo* qui désignait l'écueil qui menaçait les navires marchands. Le risque désigne donc à l'origine un évènement accidentel.
Comme le montre François Ewald dans « L'Etat providence », l'utilisation de la notion de risque et le développement des assurances ont donné naissance à une « société assurantielle » qui voit la genèse du risque professionnel au 19ème siècle et celle du risque social au 20ème : genèse du risque social via le développement des assurances sociales après 1945.

« *On voit que l'efficacité de la notion de risque tient au fait qu'elle ne désigne pas une catégorie déterminée d'événements, mais une façon de se les représenter qui s'étend sans cesse à de nouveaux objets et finit par caractériser tout lien social*. » (Peretti-Watel, 2007)

Les risques environnementaux ne peuvent être assurés parce qu'ils sont souvent irréversibles et qu'on ne peut prévoir les probabilités d'occurrence ni leurs dommages surtout lorsqu'ils ne sont visibles que sur le long terme. On quitte donc la conception assurantielle du risque.

Par ailleurs, les risques environnementaux ne semblent plus le résultat d'un manque de contrôle sur la nature mais d'une tentative de trop grand contrôle sur cette dernière via les progrès technologiques qui ont décuplé les pouvoirs de l'homme, et, a fortiori, les conséquences de ces nouveaux pouvoirs.

Selon Anthony Giddens, le risque est devenu une « culture » : « *un aspect culturel fondamental de la modernité, par lequel la conscience des risques encourus devient un moyen de coloniser le futur* » (Giddens, 1991, p. 244). Les hommes ne sont plus tournés vers le passé mais vers le futur et ils anticipent ce futur en aiguillant leurs actions sur les représentations objectives et subjectives du risque qui leur sont données.

« *La vraie originalité des sociétés contemporaines réside peut-être moins dans l'apparition de nouvelles menaces, écologiques, technologiques ou sanitaires, que dans la diffusion d'une nouvelle norme comportementale qui régirait aussi bien les rapports à soi que les rapports aux autres*. » (Peretti-Watel, 2007).

Les micropolluants : paradigme des nouveaux types de risque

On différencie deux types d'effets : les effets « déterministes » qui sont mesurables et certains, et les effets dits « stochastiques » qui sont indéterminés en dessous d'une certaine dose, c'est-à-dire qu'on ne peut mesurer et dont on ne peut prouver l'existence. Les micropolluants relèvent des seconds types de risques.

Ces derniers s'inscrivent dans une nouvelle catégorie de risques. Ces risques ne peuvent faire l'objet d'une prise en charge assurancielle alors que la genèse de la conception du risque s'est élaborée de concert avec celle de l'assurance. C'est leur imperceptibilité et l'imperceptibilité de leurs effets sur le court terme qui les rend inassurables. **Ils questionnent le lien de cause à effet**. Les effets de certaines molécules ne sont visibles que plusieurs générations après la personne qui a été exposée. La question des micropolluants pose donc celle des **générations futures.**

Les micropolluants posent un double problème : le problème classique de la prévision de leurs effets, c'est-à-dire de leur appréhension dans le temps mais aussi celui de leur appréhension dans l'espace, de leur simple détection dans le présent. Leur imperceptibilité est, elle aussi, double : elle touche à la fois le néophyte et le scientifique. Elle rend leur perception via les sens, via une expérience sensible par le sujet, impossible et une appréhension objective, par les scientifiques, limitée.

Les micropolluants s'inscrivent aussi dans le paradoxe de la montée en puissance des risques dans un monde de plus en plus sécurisé. La qualité de l'eau n'a jamais été si analysée et contrôlée ; pourtant, on se trouve en présence de substances que l'on peine à détecter et qui présentent un danger potentiel pour l'homme et son environnement.

La crise environnementale actuelle réinterroge notre conception de la nature.
Elle nous rappelle que nos interactions avec notre environnement vont dans les deux sens. Nos actions ont un impact sur la nature mais toutes les perturbations sur la nature causées par l'homme ont un impact sur lui en retour.

La notion de risque n'était-elle pas aujourd'hui en passe d'être remplacée par celle de vulnérabilité ?

Responsabilités

L'imperceptibilité des micropolluants rend la maitrise de son exposition quasi-impossible pour l'usager et instaure une dépendance complète au savoir scientifique. Pourtant l'usager est en amont et en aval de l'eau : il est à la source de sa pollution puisqu'il produit des eaux usées mais il se trouve aussi à l'autre bout de la chaîne puisqu'il consomme aussi l'eau ou des denrées provenant de l'eau. La méconnaissance de la nature technique de l'eau, et plus précisément du devenir de l'eau après leur utilisation, accentue cette déresponsabilisation des usagers.

La responsabilité de l'homme en ce qui concerne ses usages de l'eau semble pourtant aller de soi, dans la mesure où **les micropolluants sont des produits que l'homme crée, pour assouvir certains de ses besoins (vitaux ou non) et dont il veut se débarrasser mais qui lui reviennent**.

Risques et choix

La question du choix est cruciale dans les problématiques environnementales. Il est couramment dit qu'il est moins dangereux d'habiter près d'une centrale nucléaire que de fumer des cigarettes, pourtant pour la plupart des gens, le risque perçu est plus grand dans le premier cas que dans le

second parce que l'exposition au risque n'est pas volontaire, elle n'est pas le résultat d'un choix. De la même façon, la question du choix est importante dans la problématique des micropolluants. C'est le choix, **la possibilité de choisir librement de son exposition ou de sa non-exposition à certaines molécules**, qui détermine sa tolérance ou son intolérance. Certaines molécules « toxiques » peuvent faire l'objet d'utilisations thérapeutiques ; elles ne seront alors pas du tout « vues » de la même façon. Par exemple, certains organophosphorés sont utilisés en milieu médical. Le malathion est employé comme antiparasitaire (Prioderm®, Para Plus®), l'éthiocopate et le paraoxon sont utilisés dans le traitement des glaucomes, la pralidoxime (Contrathion®) et l'obixodime sont des antidotes aux organophosphorés.

On a donc deux types de risques : les risques auxquels nous sommes prêts à nous exposer pour atteindre un bienfait et les risques qui n'ont pas d'intérêt pour nous. La question du choix est donc cruciale et doit être prise en compte.

Le risque semble ainsi être moins un évènement probablement dangereux qu'un « mode de représentation ». Le risque n'est pas un risque en soi, il est un risque dans la mesure où on se le représente comme tel. Les risques n'en sont donc pas au départ. Ils se forment lors du basculement d'une représentation. Ce basculement représentatif passe par un « **rouage de mise en risque »** dans lequel tous les « crans » doivent se mouvoir en même temps : le cran scientifique, le cran technologique, et le cran institutionnel. Ce que l'on désigne par l'expression « mise en risque » est le passage de la représentation d'un évènement comme anodin à celui de présentant un risque potentiel. Le risque se construit à partir de différentes **hypothèses non scientifiquement validées** qui servent à déclencher une alerte.

Tant que les hypothèses ne sont pas avérées scientifiquement, on se place dans une logique de précaution. Après validation scientifique, c'est le principe de précaution qui prévaut.

La mise en risque n'est pas le fait d'un acteur ni même d'un groupe d'acteurs, ce n'est pas non plus un acte législatif, ni une publication d'étude, mais un changement dans les représentations de la majorité des consciences d'une population donnée, entrainé par tout un système formé de multiples changements de représentations des acteurs scientifiques, médiatiques, militants et politiques. Par exemple, la diminution des seuils réglementant les substances s'expliquent au moins autant par les progrès des instruments métrologiques que par la diminution de l'acceptabilité sociale des risques encourus par l'exposition à ces substances, du fait, notamment de plusieurs crises ou scandales environnemento-sanitaires.

Paul Slovic parle de « **toxicité intuitive** »[17] **pour désigner le mécanisme de représentation du risque chimique par les profanes.**

Controverses scientifiques et incertitudes

Une solidarité entre les scientifiques et la science et entre les scientifiques eux-mêmes nait au siècle des Lumières, résultat de l'essor et du triomphe de la rationalité. Cette solidarité sans borne se voit remise en question sous l'influence de mouvements scientifiques comme le mouvement Pugwash dans les années 1950 mené par Bertrand Russell et qui remettent la science en contexte des affaires mondiales questionnant ainsi sa finalité. Cette crise interne à la science ouvrira le développement de

[17] Slovic, Paul, IntuitiveToxicology : Expert an Lay Judgment of Chemic », *in The Perception of Risk*, pp. 285-315

diverses sensibilités scientifiques qui s'affrontent aujourd'hui autour des grandes questions de notre siècle.

Les **controverses scientifiques** sont des phénomènes courants et normaux dans le monde de la recherche scientifique. On appelle controverse scientifique une divergence d'avis de la communauté scientifique qui peut prendre la forme d'hypothèses, d'explications ou de prévisions différentes sur un même sujet. Le **principe de précaution** est une réponse à la problématique de l'expertise des scientifiques sur les sujets controversés.

Aujourd'hui, notamment avec les problèmes de santé-environnement, on peut parler d' « **univers controversé** » car « **les controverses scientifiques rejoignent ou alimentent des controverses sociales, car elles touchent à des intérêts qui ont une dimension politique ou mettent en jeu des responsabilités collectives**»[18] . Ces « controverses sociales » sont décrites par Olivier Godard comme le fait, pour les divers acteurs politiques et sociaux, d'étendre « *leur champ d'action stratégique et leur espace de confrontation mutuelle aux représentations scientifiques du monde, soit dans le but de clôturer prématurément la controverse en imposant une « vérité » donnée, soit au contraire avec l'intention de la faire durer artificiellement*». L'incertitude scientifique peut alors être « manipulée » afin d'influencer l'action ou la décision.

Le paradigme de toxicité : exemple de controverse sociale

Les micropolluants renversent le paradigme quantitatif de toxicité résumé dans l'adage de l'alchimiste Paracelse : « Tout est poison, rien n'est poison, c'est la dose fait le poison ». Ce qui veut dire que tout peut devenir poison si la dose est trop importante : le soleil, l'eau, le sel… alors qu'à une dose plus faible, la même chose peut être inoffensive, voire même curative. En effet, pour la plupart des substances, la toxicité augmente avec la dose ; ce qui se traduit par l'obtention d'une courbe dose-réponse linéaire au-dessus du seuil « sans effet observable » ou seuil d'innocuité. La courbe dose-réponse d'analyse de la toxicité de certains micropolluants a montré ces dernières années non plus une réponse linéaire mais une réponse en forme de U signalant que des faibles doses peuvent avoir un effet plus important que des doses moyennes.
Des chercheurs (Seehan et al.) ont par exemple montré qu'il n'y avait pas de dose au-dessous de laquelle l'œstradiol n'impliquait pas un phénomène d'inversion des sexes chez les tortues.

Avec les micropolluants, le paradigme classique de toxicité est remis en question. Résulte de la remise en cause du paradigme de toxicité paracelsien, une nouvelle conception de la pollution qui ne se comprend maintenant plus ni en termes qualitatif, ni en termes quantitatif puisque ce n'est plus la quantité qui fait le poison mais l'existence-même de la substance. On entre alors dans ce que l'on peut appeler une conception essentialiste de la pollution : la pollution est une qualité intrinsèque à la molécule chimique. **La dose fait le processus plus que le poison**.

Un certain nombre de crises, de controverses, de débats aujourd'hui provient du **décalage qui existe maintenant entre le nouveau paradigme de toxicité et le système d'évaluation et de gestion des risques qui est resté au paradigme paracelsien**.

[18] Godard, 1999, p.4

Conclusion

Le travail mené dans le cadre de la tâche 1.2.1 de REGARD permet de dégager certaines pistes intéressantes à suivre :

- La notion d'**imperceptibilité des micropolluants** et ce qui en découle ainsi que le lien, étroit, avec le **statut de l'eau** aujourd'hui. En effet, tout ce qui rend possible la distribution H24 de l'eau au robinet est invisible et méconnu aux yeux des usagers ; tout comme le chemin de leur eau « souillée » de leur lavabo jusqu'au milieu naturel. L'eau jouit d'un statut tout à fait particulier : elle est à la fois dû, parfois considérée comme fragile, le plus souvent comme inépuisable ; tantôt dénigrée et tantôt vénérée ; son cycle le plus souvent ignoré… Quoiqu'il en soit, on ne peut pas déconnecter la question des MP de celle de l'eau.

- La nécessaire **médiation scientifique** pour rendre, justement, perceptible les MP (les trouver, les caractériser, en définir la toxicité etc.). Ce qui interroge la **place de l'expertise scientifique** et technique dans la sphère publique, qui pose la question des controverses scientifiques et leur déplacement dans d'autres sphères. Il est important de comprendre la façon dont le travail des scientifiques, leur façon de définir le problème qu'ils s'attachent à résoudre et de communiquer, mais également les controverses qui les animent, peuvent façonner un problème, qui va, ou non, obtenir un « statut » lui permettant de faire l'objet d'une prise en charge politique et réglementaire.

- La nécessité de **rechercher et d'analyser objectivement les éléments que contiennent les articles de presse à propos des micropolluants**, même si nous avons pu constater que la problématique n'apparaissait jamais sous ce terme, en tout cas dans la presse grand public. Ce travail permet en effet d'appréhender, en vue des prochaines étapes de REGARD (expérimentation auprès des ménages référents notamment mais aussi communication et valorisation des résultats auprès du grand public en fin de projet), comment les individus sont déjà « en contact » avec la problématique, son vocabulaire, le ton et les référentiels qui sont employés.

- La question des **risques** et de leurs perceptions/représentations différentes est également au cœur de la problématique des MP (comme des problèmes de santé-environnement de façon plus large). Les risques sont des construits cognitifs et sociaux, il importe donc de comprendre comment les acteurs que nous voulons voir se saisir du problème des MP, voire même modifier des comportements qui auront été associés à des flux importants de MP impactants pour les milieux naturels, considèrent les risques auxquels ils sont confrontés.

- De façon plus générale, le concept de **représentation sociale** sera convoqué à maintes reprises. Défini par Denise Jodelet comme «une forme de connaissance, socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social. », le concept de représentation sociale permet de mieux comprendre les individus et les groupes en analysant la façon dont ils se représentent eux-

mêmes, les autres et le monde. Or, la problématique des MP traverse de nombreux champs sociaux et professionnels qui ont chacun leurs manières de se représenter les choses, d'agir sur elles, etc. : les individus de la société civile non organisée, le grand public (dont la diversité est immense) ; les collectivités (très différentes selon leur contexte : urbain, rural, types d'activités présentes sur le territoire, sensibilité des décideurs aux questions environnementales…) ; les industriels ; les instances politico-réglementaires nationales ;les gestionnaires privés de l'eau ; les associations etc.

Comment face à cette diversité imaginer des solutions préventives ou curatives qui retiennent l'intérêt et enclenchent des changements chez ces groupes sociaux différents ? Il est alors nécessaire d'**adapter la communication et les leviers d'action** à chaque groupe visé. Les aspects communicationnels du projet sont essentiels. Il faut savoir à qui on veut s'adresser, à partir d'où on parle (statut), comment, pour atteindre quel objectif, etc. ?

6. BIBLIOGRAPHIE

DOCUMENTS OFFICIELS

Agents classifiés par les monographies du CIRC, volumes 1-112, http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf.

TRAVAUX GENERAUX SUR L'EAU

Euzen Agathe et Levi Yves, *Tout savoir sur l'eau du robinet*, CNRS Editions, 2013.

TRAVAUX GENERAUX SUR LES MICROPOLLUANTS

CHEVRE, Nathalie, SUREN, Erkman, *Alerte aux micropolluants, pesticides, biocides, détergents, médicaments et autres substances chimiques dans l'environnement*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2011.

http://wp.unil.ch/ateliers-micropolluants/ **Site reprenant un ensemble d'atelier organisé en 2011-2012 par Nathalie Chèvre sur les micropolluants et les cosmétiques, le bâti et les médicaments**.

CHATAIN, Sophie, *Les professionnels de la santé face à la problématique des résidus de médicaments dans l'eau et les milieux aquatiques* (mémoire de fin d'études).

SUEZ environnement, communiqué de presse : « résultats du programme Ampère sur le traitement des micropolluants »
http://www.suez-environnement.fr/wp-content/uploads/2010/01/CP_SE_AMPERES_micropolluants_21012010.pdf

Lyonnaise des Eaux, Supplément technique de Eau et service n°34, Nov. 2011, http://www.lyonnaise-des-eaux.com/var/lde_admin/storage/original/application/2ee38c4ca75a38de6c6b3f801017d322.pdf.

MARCHAND, M., *La contamination des eaux continentales par les micropolluants organiques*, in Revue des sciences de l'eau, vol. 2, n°2, 1989, p. 229-264.

IFREMER, « Les substances prioritaires de la DCE », 2005,
http://wwz.ifremer.fr/pollution/content/download/31783/436902/file/RAPPORT_FICHES33_SUBSTANCES.pdf

AMIARD, Jean-Claude, *Les risques chimiques environnementaux : méthodes d'évaluation et d'impacts sur l'environnement*, Lavoisier, 2011.

Travaux généraux sur les polluants

SMITH, Rick, LOURIE, Bruce, *Vilain petit canard : ces produits domestiques qui nous intoxiquent*, Editions Multimondes, Québec, 2010.

TRAVAUX SUR LA REPRESENTATION DES MICROPOLLUANTS

ZABR, *Représentations des micropolluants toxiques*, 2012,
http://www.graie.org/zabr/zabrdoc/AccordCadre-fiches/2011/Rapport_A28_2011.pdf

EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DES MICROPOLLUANTS

SUMPTER, John, P., « Protecting aquatic organism from chemicals: the harsh realities », *in Philosophical transactions of the Royal Society,* volume 367, n°1904, 2009,
http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/367/1904/3877

POLITIQUE DE L'EAU

Dossier du CNRS sur la politique de l'eau en France :
http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/france/menuFrance.html
Film de l'ONEMA sur la politique de l'eau :
http://www.onema.fr/Un-nouveau-film-sur-la-politique-de-leau

ENJEUX POLITIQUES

BOUTARIC, F. "Environnement Et Sante Publique : Production D'un Enjeu Politique." *Ecologie & politique* 27, no. 1 (2003): 161-78.

PHILOSOPHIE DE L'ENVIRONNEMENT

BROWN, Peter, G., « Are there any natural resources ? », *in Politics and the life sciences*, vol. 23, n°1, 2004, http://www.geog.mcgill.ca/faculty/brown/PLS2004-3-23-01-0012.pdf

PHILOSOPHIE DE L'EAU

MCANNALY, Elisabeth-Ann, Toward a philosophy of Water : Politics of the pollution and damning along the ganges river, Denton, UNT Digital Library,
http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc3643/m1/7/sizes/l/.
PIERRON, Jean-Philippe, « Un service discret de l'eau », *in Innover dans les services publics de l'eau et des déchets*, ouvrage introductif au 93ème congrès de l'ASTEE, Juin 2014.
PIERRON, Jean-Philippe, « Qu'est-ce que l'eau ? », *in Magazine H2o*, Juillet 2013,
http://www.h2o.net/magazine/culture-mythes-et-realites/qu-est-ce-que-l-eau.htm.
PIERRON, Jean-Philippe, « « Ressource naturelle ou service écologique gratuit : ce que l'eau nous donne », *in Revue du Mauss*, 2013/2,
https://www.cairn.info/revue-du-mauss-2013-2-page-271.htm
Linton, Jamie, *What is Water ? The History of a Modern Abstraction*, UBC Press, 2010.
BIBARD, L. *Pour une philosophie de l'eau* (conférence), 18 Octobre 2012,
http://ha32.org/spip/IMG/pdf/Texte_de_la_conference.pdf.
Illich, Ivan, *H_2O : les eaux de l'oubli*.
JULIEN, Frédérick, « « L'eau qui atteint la mer est une eau perdue » anthropocentrisme et dégradation des écosystèmes aquatiques », *in Vertigo : la revue électronique en sciences de l'environnement*, volume 10, n°1, 2010, http://vertigo.revues.org/9449

RISQUE, PRECAUTION ET CONTROVERSES

BARRAQUE Bernard et KALAORA Bernard, « Introduction. Le risque environnemental et son vécu, *in* Espace et Société, n°77, 1994.
http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5619702r.image.f4.tableDesMatieres
BECK (U.), La société du risque, Paris, Flammarion (édition originale : 1986), 2008.
BORRAZ (O.), Les politiques du risque, Paris, Sc. Po., 2008
BORRAZ (O.), GILBERT (C.), JOLY (P.B.), *Risk Studies*. Special Issue, Journal of Risk Research, 10 (7), 2007
BOURG (D.) et SCHLEGEL (J.-L.), *Parer aux risques de demain : Le principe de précaution*, Paris, Seuil, 2001

BOURG (D.) et KAUFMANN (A.) (Dir.), *Risques technologiques et débat démocratique, Problèmes politiques et sociaux*, n°941, Paris, La Documentation française, 120 pages, 2001
BOY (D.), Pourquoi avons-nous peur de la technologie ?, Paris, Sc. Po., 2007.
BOURG, Dominique, *et al.*, « Comprendre et maitriser les risques techniques et environnementaux : aller au-delà du risque ? », *in Vertigo : la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 12, n°1, 2012, http://vertigo.revues.org/12152
CHATEAURAYNAUD, F, *et al.*, "Aux Frontières De La Sécurité Sanitaire. Les Controverses Métrologiques Sur Les Faibles Doses Et Les Perturbateurs Endocriniens.", *in Nat. Sci. Soc.*, 21, n° 3, 2013, pp. 271-81.
CHATEAURAYNAUD (F.) et TORNY (D.), *Les sombres précurseurs. Une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Paris, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, 1999.
DUPUY (J.-P.), *Pour un catastrophisme éclairé*, Paris, Seuil, 2002.
GIDDENS (A.), *The Consequences of Modernity*, Cambridge, Polity Press/Blackwell, 1990.
GILBERT (C.) (Dir.), *Risques collectifs et situations de crise. Apports de la recherche en sciences humaines et sociales*, Paris, L'Harmattan, 2002.
GODARD, Olivier. « De l'usage du principe de précaution en univers controversé », *Futuribles* (Paris), (1999-02/03), n°239/240, p.37-60.
GODARD (O.), HENRY (C.) et LAGADEC (P.), *Traité des nouveaux risques*, Paris, Gallimard, 2002.
GODARD (O.) (éd.) *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*, Editions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, INRA, 1997.
KERMISCH (C.), *Les paradigmes de la perception du risque*, Paris, Lavoisier, 2010.
LASH (S.), SZERSZYNSKI (B.), and WYNNE (B.), Risk, Environment and Modernity: Towards a New Ecology, London, Thousand Oaks California, SAGE Publications, 1996.
MOATTI JP., « Incertitudes scientifiques et gestion des risques pour la santé : l'exemple des toxiques cancérigènes » *In* Dourlens C., Galland J-P., Theys J., Vidal-Naquet P-A. (dir.), *Conquête de la sécurité, gestion des risques*, éditions L'Harmattan, Paris, pp.197-240, 1991.
PERETTI-WATEL (P.), Sociologie du risque, Paris, Armand Colin, 2000.
PERETTI-WATEL P., « La culture du risque, ses marqueurs sociaux et ses paradoxes : une exploration empirique », *Revue économique*, 56 (2), pp.371-392, 2005.
PERETTI-WATEL, Patrick, « Société assurantielle, société du risque, ou culture du risque », *in* Risques : les cahiers de l'assurance, Paris, n°67, 2007, p. 81-85, https://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf/b724c3eb326a8defc12572290050915b/1aa614ccfdf4823bc125723d004c740f/$FILE/Risques_067_0020.htm
RECORD, Evaluation et acceptabilité des risques environnementaux. Méthode d'évaluation, analyse comparative ; étude sociologique de représentation des risques, synthèse bibliographique, 2006, 228 p.
NOIVILLE (Ch.), Du bon gouvernement des risques, Paris, Puf, 2004.
JONAS (H.), Le principe responsabilité, une éthique pour la civilisation technologique, Paris, Éditions du Cerf, 1990.
WHITESIDE (K.), *Precautionary Politics: Principle and Practice in Confronting Environmental Risk*, MIT Press, 2006.

PERTURBATEURS ENDOCRINIENS

BARBIER, G., *Perturbateurs endocriniens, le temps de la précaution*, rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Juillet 2011, http://www.senat.fr/rap/r10-765/r10-765.html.
BELLANGER, Martine, *et al.*, "Neurobehavioral deficits, diseases, and associated cost of exposure to endocrine-disrupting chemicals in the European Union", *in The Journal of Clinical Endocrinology And Metabolism (JCEM)*, vol. 100, issue 4, Mars 2015.

COLBORN, Theo, *et al.*, *Our stolen future: are we threatening our fertility, intelligence and survival ? A scientific detective story*, Dutton, 1996.
JOBERT Marine et VEILLERETTE François, *Perturbateurs endocriniens : la menace invisible*, Buchet Chastel, Paris, 2015
HAYES, T.B., *et al.*, 2006. Pesticides mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines : are we underestimating the impact ?, *in Environmental Health Perspectives*, 114, suppl. 1, pp. 40-50
FREDERICK, P. & JAYASENA, N., 2010, Altered pairing behavior and reproductive success in white ibises exposed to environmentally relevant concentrations of methylmercury. Proceedings. Biological Sciences / The Royal Sciety.

PESTICIDES
Rapport de l'OPECST, Pesticides et santé, 2010, http://www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/rap-off/i2463.pdf.
ANSES, « Evaluation des risques liés aux résidus de pesticides dans l'eau de distribution : contribution à l'exposition alimentaire totale », Septembre 2013, https://www.anses.fr/fr/documents/ORP-Ra-PesticidesEau.pdf

TRICLOSAN
Environnement Canada, Rapport d'évaluation préliminaire pour triclosan, Mars 2012,
http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=Fr&n=6EF68BEC-1
SCCS (2010). Opinion on Triclosan Antimicrobial Resistance.
National Toxicology Program, Juillet 2008,
https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/triclosan_508.pdf
INERIS, « Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Triclosan », 2015,
file:///C:/Users/ZR5233/Downloads/triclosan%20(6).pdf

PCF
http://documentation.ehesp.fr/memoires/2005/ase_igs/8_risques_PFOS.pdf
ANSES, « Campagne nationale d'occurrence des composés alkyls perfluorés dans les eaux destinées à la consommation humaine »,
http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/rap0511.pdf
EPA, « Emerging contaminants : Perfluoroctane Sulfonate (PFOS) and Perfluoroctanoic Acid (PFOA) », Mars 2014,
http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/factsheet_contaminant_pfos_pfoa_march2014.pdf
ANSES, Avis du 13 Mars 2009 relatif aux risques potentiels pour la santé humaine liés à la présence résiduelle de PFOA dans les revêtements antiadhésifs des ustensiles de cuisson des aliments, https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/MCDA2007sa0391.pdf

PHTALATES
Mémoire « Projet PERSAN : les phtalates », EHESS, 2010,
http://documentation.ehesp.fr/memoires/2010/persan_igs/phtalates.pdf

PCB

INERIS, « Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Les polychlorobiphényles", 2012, file:///C:/Users/ZR5233/Downloads/PCB%20(1).pdf

ALKYLPHENOLS

INERIS, Etude de l'analyse des alkylphénols, 2005, http://www.ineris.fr/centredoc/alkylsphenols.pdf

BPA

ROCHESTER, R. Johanna, BOLDE, L. Ashley, "Bisphenol F and S: a systematic review and comparison of the hormonal activity of Bisphenol A substitutes, *in* Environmental Health Perspectives, 16 Mars 2015, http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/advpub/2015/3/ehp.1408989.acco.pdf

ANSES, *Effets sanitaires du bisphénol A et Connaissances relatives aux usages du bisphénol A*, rapports de l'ANSES, 2011, https://www.anses.fr/Documents/CHIM-Ra-BisphenolA.pdf

ANNEXE 1 – Les entretiens réalisés en 2013

N° entretien	Organismes
E1	SEPANSO GIRONDE
E2	UNIL – Faculté des géosciences et de l'environnement
E3	TechniCités
E4	ADEAG
E5	Université Paris-Sud – Faculté de pharmacie
E6	INERIS
E7	C2D (Conseil de DD) de Bordeaux Métropole
E8	MEDDE
E9	EPOC – LPTC, université de Bordeaux
E10	ONEMA
E11	SUEZ Direction Technique et Scientifique-Bordeaux
E12	MEDDE
E13	Bordeaux Métropole, Direction de l'Eau
E14	Maison de l'Eau, Bordeaux
E15	GRAIE
E16	ADERMC
E17	ADEAG
E18	Mairie De Bassens (33)
E19	CIRSEE

ANNEXE 2 - GUIDE D'ENTRETIEN

Questions générales

1) Etat des lieux de la problématique :
   → état de la recherche ajd et historique de la recherche
2) Intérêt pour la problématique
   → quand l'intérêt pour la problématique a émergé ?
   → pourquoi ?
3) Enjeux à venir
   → enjeux du développement de la connaissance
   → challenges
   → qu'est-ce qui vous manque pour agir ?
4) Connaissance des usagers
   → quelle est la demande sociétale et comment est-elle exprimée ?
5) Angle d'approche
   → est-ce que l'angle de la santé publique est abordé ?
6) La question des MP est-elle une question de réglementation, de coût du service, de choix et de priorité d'actions, de changements de comportement, de solutions techniques à développer ou de courage politique ?

Questions spécifiques

1. **Professionnels de l'eau**

- Etat des lieux de la problématique, que sait- on aujourd'hui, état de la recherche et historique, des technos ? et les sujets à venir, les enjeux de développement de connaissances dans les métiers de l'eau/ass dans les années à venir ? plutôt sur le sujet de la caractérisation, du suivi, de l'impact, des solutions de réduction, traitement, … Sujet prégnant ou derrière d'autres sujets bien plus « brulants » aujourd'hui ?
- Etat des lieux de la réglementation dans les métiers, évolution à venir ? quels sont les prochains challenges auxquels il va falloir faire face ? Pouvoirs publics évoluent ils ? quels sont les blocages, les leviers ?
- Quelle connaissance des Usagers, des territoires de ces questions ? sujet préoccupant ? Quelle est la demande sociétale et comment elle est exprimée ? question de financement, de choix et de priorité d'actions, de technicité à développer ou de courage politique ?
- Comment cela est- il intégré dans les politiques publiques ? au régional comme au national ?
- Angle de la santé publique est-il abordé ? ou on est uniquement sur la santé environnementale ?
- Pour vous : les micropolluants c'est une question de réglementation, de cout du service, de choix et de priorité d'actions, de changements de comportements, de solutions techniques à développer ou de courage politique ?

2. **Elus**

- Quelle est votre connaissance ? elle vient d'où ? estimez-vous en avoir assez ? qui travaille sur ça ? qui vous informe ? sujet préoccupant pour vous ? comment il interagit sur votre mission de service public ?
- Quelle connaissance des Usagers, des territoires de ces questions ? préoccupations ?
- Quelle est la demande sociétale et comment elle est exprimée ?
- Que vous manque-t-il pour agir ?
- Quels acteurs sont à associer ?
- Quelles solutions pour vous ?
- Pour vous : les micropolluants c'est une question de réglementation,, de financement, de choix et de priorité d'actions, de changements de comportements, de solutions techniques à développer ou de courage politique ?
- Comment cela est- il intégré dans les politiques publiques ? au régional comme au national ?
- Angle de la santé publique est-il abordé ? ou on est uniquement sur la santé environnementale ?

3. Communication

- Comment est abordé ce problème, par quel angle, santé environnementale, santé publique… ?
- Quelle est la connaissance du grand public ? Ils en sont très loin, et on est plutôt à leur expliquer le petit cycle... ?
- Difficile de parler de ce sujet ou non ? Besoins particuliers dans votre mission ?
- Sujet de société ou très en avance pour vous ?

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Innovations & changements de pratiques
Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.2 DESCRIPTION DES SOURCES ET INVENTAIRE DES LEVIERS D'ACTION

Etude de la source Domestique

Version définitive
Novembre 2019

Auteurs : J. Barrault, E. Causse, C. Domenc, F. Delerue, ML. Félonneau, S. Gombert-Courvoisier, SJ. Krieger, F. Ribeyre, G. Rioche

BORDEAUX MÉTROPOLE
suez le lyre
université de BORDEAUX
cnrs
Université BORDEAUX MONTAIGNE
suez
INERIS
irstea
CAP SCIENCES

REGARD

Livrable de la tâche 1.2.3.

Source domestique

Décembre 2016

Auteurs : Barrault Julia, Causse Elsa, Domenc Céline, Delerue Florian, Félonneau Marie-Line, Gombert-Courvoisier Sandrine, Krieger Sarah-Jane, Ribeyre Francis, Rioche Geoffrey

Porteur de tâche : UMR PASSAGES (ex UMR ADESS)

Sommaire

SOMMAIRE **5**

LA SOURCE DOMESTIQUE **7**

PARTIE 1. LE LIVING LAB **10**

1. CONCEPTION DE L'OUTIL LIVING LAB 10
1.1. Méthodologie de travail *10*
1.1.1. Nouvelle forme de participation citoyenne 10
1.1.2. Choix du lieu 11
1.1.3. Groupe de travail 13
1.1.4. Élaboration du cahier des charges 13
1.2. L'outil et ses ambassadeurs *15*
1.2.1. Description des outils 15
1.2.1.1. L'application numérique : le quiz 15
1.2.1.2. Le jeu de cartes interactif 18
1.2.2. Les animateurs 19
1.3. Les animations *19*
1.3.1. Au Living Lab à Cap Sciences 19
1.3.2. Tests dans d'autres cadres que celui prévu 21
1.3.3. Collecte des données 22
2. BILAN 22
2.1. Bilan des ateliers *23*
2.1.1. Fréquentation 23
2.1.2. Points positifs 23
2.1.3. Difficultés rencontrées 24
2.2. Résultats *24*
2.2.1. Résultats du quiz numérique 24
Question 1 25
Question 2 27
Question 3 28
Question 4 29
2.2.2. Résultats concernant les leviers d'action 31
2.3. Suites envisagées *37*
2.3.1. Le projet initial 37
2.3.2. Autres pistes d'évolution 38
2.3.3. Adaptations nécessaires 38
2.4. Le lien entre le Living Lab et l'enquête populationnelle *39*

PARTIE 2. L'ENQUETE POPULATIONNELLE **40**

1. STRUCTURE DU QUESTIONNAIRE 41
2. ANALYSE DESCRIPTIVE DES RESULTATS 42
2.1. Caractérisation de l'échantillon *42*
2.2. Connaissances et représentations des micropolluants et de leurs sources *43*
2.2.1. Les « micropolluants » 43
2.2.2. Le petit cycle de l'eau 45
2.2.3. Quelles sont les sources de micropolluants et les activités qui contribuent le plus à la pollution des milieux aquatiques ? 46
2.3. Les pratiques du quotidien comme sources de micropolluants *50*
2.3.1. La douche 50

2.3.2. L'entretien du linge 51
2.3.3. L'entretien du véhicule 53
2.3.4. Le traitement des animaux domestiques 54
2.3.5. L'usage d'insecticides 55
2.3.6. La prise de médicaments 56
2.4. Micropolluants et impacts 57
2.4.1. Perturbation des milieux aquatiques 57
2.4.2. Impacts sur la santé 58
3. QUELS SONT LES LIENS ENTRE LES ITEMS ? 59
3.1. Proposition de scores composites 60
3.1.1. Représentations 60
3.1.2. Comportements pro-environnementaux 61
3.1.3. Score d'engagement pro-environnemental 61
3.1.4. Score d'attitude pro-environnementale 62
3.2. Prédicteurs des représentations et des comportements pro-environnementaux 62
3.2.1. Quels sont les prédicteurs des scores de représentations, de comportement et d'engagement ? 62
3.2.2. Biais de conformité de soi 63
3.3. Impact des variables sociodémographiques 64
3.4. Conclusion concernant l'analyse statistique 64
4. POUR AGIR … 65
4.1. Actions et comportements individuels 65
4.2. Actions collectives 67

PARTIE 3. CONNAISSANCES DE LA SOURCE DOMESTIQUE 70

1. BILAN METHODOLOGIQUE AU REGARD DES OBJECTIFS VISES 70
2. PISTES D'ACTIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS DE MICROPOLLUANTS 71
2.1. Le devenir des eaux usées 71
2.2. Les vecteurs de contamination des milieux aquatiques 72
2.3. La présence des micropolluants dans les produits domestiques 73
2.4. Quelles incidences des produits domestiques sur les milieux aquatiques ? 73
2.5. L'appropriation des leviers d'actions 75
2.6. De la responsabilité au devoir d'agir 76
2.7. La norme pro-environnementale 77
2.8. Les profils de répondants comme variable explicative 77
3. QUELS LEVIERS D'ACTION PRECONISER ? 77

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 79

TABLE DES FIGURES 81

TABLE DES TABLEAUX 83

ANNEXES 84

ANNEXE 1 : ILLUSTRATIONS DU QUIZ. CAPTURES D'ECRAN 85
ANNEXE 2 : BOOK DE L'ANIMATEUR DU LIVING LAB DU PROJET REGARD 87
ANNEXE 3. TABLEAUX RESTITUANT LES LEVIERS D'ACTION TRANSMIS AU RESPONSABLE DE SOUS-TACHE 131
ANNEXE 4 : ELEMENTS METHODOLOGIQUES CONCERNANT L'ENQUETE QUANTITATIVE 140
ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE ENQUETE POPULATIONNELLE REGARD 142

La source Domestique

Le projet REGARD « REduction et Gestion des micropolluAnts sur le territoiRe BorDelais » vise à étudier les micropolluants, de manière globale et intégrée, par la caractérisation des sources, des niveaux de concentration et des impacts sur les milieux aquatiques afin de hiérarchiser les risques et aider la collectivité à définir la meilleure stratégie de gestion territoriale. La caractérisation de la source domestique s'inscrit dans le lot 1 et plus particulièrement dans la tâche 1.2 « Connaissance des sources et identification des leviers d'action », organisée en 5 sous tâches :

- 1.2.1. Enjeux organisationnels, sociétaux et politiques
- 1.2.2. Source pluviale
- **1.2.3. Source domestique**
- 1.2.4. Source industrielle
- 1.2.5. Source hospitalière

La tâche 1.2 a pour objectif de caractériser les sources à l'origine des micropolluants, à partir de différents outils relevant majoritairement des disciplines issues des sciences humaines et sociales, pour identifier des leviers d'action et des freins, et pouvoir proposer des solutions organisationnelles, comportementales, techniques, réglementaires ou sociétales pour en réduire les émissions.

La source domestique correspond à l'ensemble des pratiques domestiques et comportements du quotidien relevant de différents postes de consommation (l'hygiène, la santé, l'équipement et l'entretien du logement, l'entretien du jardin, le soin aux animaux domestiques, l'habillement, les transports…) qui, par l'utilisation de certains produits, contribuent au rejet de nombreuses substances dans les eaux usées et dans certains cas, dans les eaux pluviales. Or, la consommation des ménages évolue fortement en fonction des modifications des modes de vie, de la réglementation et de la mise sur le marché de nouveaux produits, ainsi que de l'émergence d'exigences de la part de certains consommateurs. Ainsi, des dizaines de produits différents sont utilisés chaque jour par les ménages, composés de nombreuses molécules chimiques qui peuvent avoir des impacts sur la santé et l'environnement. Le nombre de ménages (1 million d'habitants attendu pour 2030 dans la Métropole bordelaise) ainsi que la diversité des ceux-ci en termes d'organisation et de pratiques contribue au rejet de centaines de substances actives dans les réseaux de collecte.

Ainsi, l'objectif de cette sous-tâche est de caractériser la diversité des pratiques et des produits utilisés pour proposer des leviers d'action. Mais quels liens les individus font-ils entre leurs pratiques quotidiennes et la qualité des milieux aquatiques ? Quelles sont leurs connaissances et leurs représentations sur les micropolluants et les impacts de ces derniers sur les milieux aquatiques ? Une caractérisation des connaissances et des représentations du grand public est donc également indispensable pour pouvoir proposer des solutions de réduction non seulement réalistes, mais également comprises par les populations. Enfin, des solutions co-construites seront plus facilement appropriables par les individus.

Une des spécificités et des difficultés rencontrées sur la problématique des micropolluants est qu'ils apparaissent comme un objet de représentations sociales émergent, qui est encore en formation. Pour qu'un objet soit considéré comme un objet de représentation sociale, il faut qu'il soit consensuel, avec

une vision partagée, ce qui n'est pas encore le cas des micropolluants qui sont encore largement méconnus en dehors des sphères d'experts.

Mais pourquoi s'intéresser d'abord aux représentations sociales alors qu'on cherche à comprendre et agir sur les comportements ? Les représentations sociales sont un système d'interprétation du monde : elles rendent compte de la manière dont l'individu interprète la réalité à laquelle il est confronté. Elles sont, en cela, un moyen d'information et de développement des attitudes vis-à-vis de l'objet de la représentation. Jodelet (1989) les définit plus précisément comme *« une forme de connaissance, socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social »*. Finalement, le concept de représentation sociale permet de mieux comprendre les individus et les groupes en analysant la façon dont ils se représentent eux-mêmes, les autres et le monde.

Le lien entre connaissances[1] et représentations[2] d'une part, et comportements d'autre part est donc complexe (Figure 1). Intuitivement, on imagine que les représentations guident les comportements mais il se peut également que les comportements orientent et réorganisent les représentations, connaissances et croyances. On parle alors, en psychologie sociale, d'engendrement mutuel.

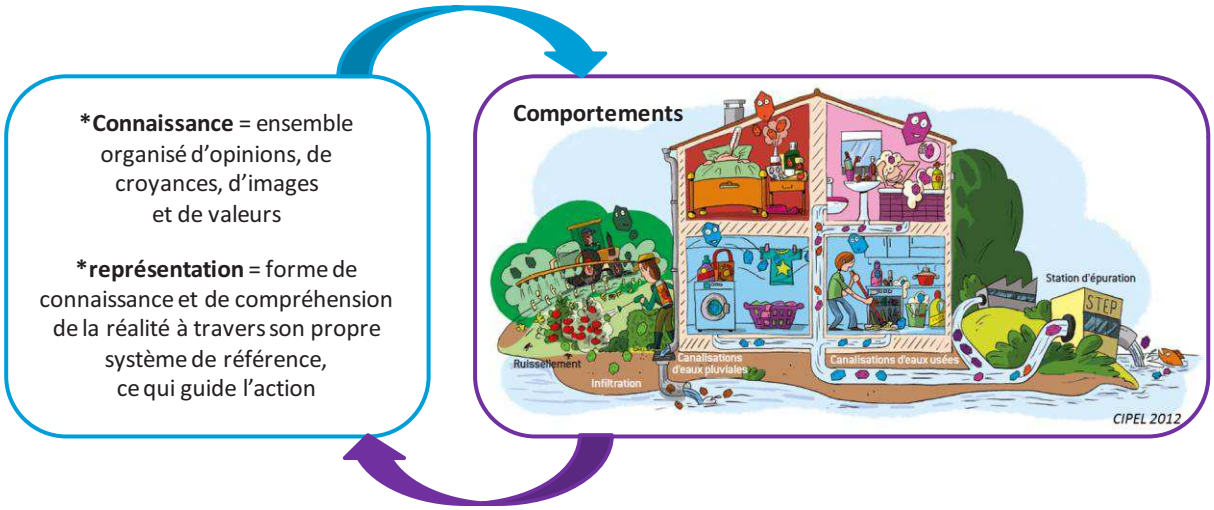


Figure 1. Intérêts de la mise en évidence des liens entre connaissances, représentations et comportements pour proposer des solutions de réduction des émissions domestiques de micropolluants

Prenant en compte ces différents éléments, la caractérisation de la source domestique est appréhendée avec deux types d'outils de participation citoyenne :

1. Un Living Lab caractérisé par un quiz et un jeu de cartes interactif, mené à Cap Sciences de décembre 2015 à mai 2016, qui a permis de sensibiliser 250 participants environ ;
2. Une enquête populationnelle, proposée en format numérique de mars à septembre 2016, qui a obtenu le retour de 1081 répondants.

Ces deux outils répondent à un double objectif : i) informer et sensibiliser le grand public sur la problématique des micropolluants, et ii) connaître les pratiques des individus, recueillir de

[1] Connaissances : ensemble organisé d'opinions, de croyances, d'images et de valeurs.

[2] Représentations : forme de connaissance et de compréhension de la réalité à travers son propre système de référence, ce qui guide l'action.

l'information et comprendre leurs motivations. De plus, le Living Lab permet la concertation, l'échange et la co-construction autour de cet enjeu de pollution de l'eau.

Partie 1. Le Living Lab

L'objectif principal du Living Lab est d'engager les publics dès la première année dans le projet REGARD, de réduire la distance entre la recherche scientifique et les citoyens afin que ceux-ci en appréhendent mieux les enjeux. Aussi, la source domestique des micropolluants étant un des axes de recherche du projet, il est d'autant plus légitime d'intégrer les citoyens dans le programme dès la phase de compréhension de cette source.

L'enjeu est alors de concevoir un atelier qui leur donne la parole et les positionne comme acteurs dans le projet. Mais ce rôle doit être porteur de sens non seulement pour le programme de recherche mais aussi pour eux-mêmes. Il s'agit donc de travailler l'atelier sur les différents axes suivants :

- Sensibiliser le grand public sur le sujet de la pollution aquatique et des micropolluants ;
- Appréhender la diversité des connaissances et représentations de celui-ci sur les micropolluants et leurs impacts sur les milieux aquatiques et la santé humaine ;
- Mieux connaître les pratiques et usages domestiques des individus potentiellement sources de rejet de micropolluants dans le milieu naturel ;
- Identifier des leviers d'action pour réduire les émissions domestiques de micropolluants ;
- Valoriser cette participation citoyenne.

1. Conception de l'outil Living Lab

1.1. Méthodologie de travail

1.1.1. Nouvelle forme de participation citoyenne

L'apport des citoyens à la connaissance scientifique est aujourd'hui reconnu. En effet, les sciences participatives se développent et deviennent même indispensables dans certains domaines. C'est le cas notamment des nombreux programmes développés autour de la biodiversité en France et à l'étranger comme le précise le rapport remis à la Ministre de l'Écologie en janvier 2012 « L'apport des sciences participatives dans la connaissance de la biodiversité (Bœuf *et al.,* 2012).

Les sciences participatives permettent de récolter une grande quantité de données, travail que les chercheurs n'auraient pas pu réaliser seuls dans un temps imparti, ou encore d'ouvrir sur des voies jusqu'alors inexpérimentées. Le plus souvent, elles reposent sur un trinôme : un organisme de recherche qui élabore les protocoles et analyse les données, une association qui assure le déploiement et l'animation du programme et, les participants volontaires.

Souvent ces programmes, au-delà de la partie recherche et collecte de données, sont dotés d'actions à forte valeur pédagogique.

Ces dernières années, un vocabulaire varié essaye de définir ce mode de participation actif de la part de citoyens. On parle alors de science participative, mais aussi de science citoyenne ou encore de science collaborative avec des frontières qui peuvent sembler floues à première vue entre les trois :

- Les **sciences participatives** reposent sur un choix initial du sujet par l'organisme de recherche qui propose et analyse les données issues du protocole qu'il a lui-même mis en place ;
- Les **sciences citoyennes** peuvent émerger à partir d'une initiative individuelle ou collective, déconnectée d'un organisme de recherche, suite à laquelle l'analyse des données passe par une diffusion et validation par les pairs ;
- Les **sciences collaboratives** développent un véritable partenariat entre le chercheur et les producteurs de données (les citoyens) ; elles vont au-delà des sciences participatives. En plus d'avoir établi et validé le protocole, le chercheur doit interpréter régulièrement les données, s'autorise à faire évoluer celui-ci en fonction des retours. Il travaille sur une réciprocité de l'information qui enrichit le programme de recherche.

A ces trois, s'ajoute l'apparition et le développement des **Living Lab** dans le monde de la culture scientifique, de l'innovation et de la participation citoyenne. Au-delà du lieu en lui-même où se déroule l'action, c'est aussi un concept qui le caractérise. Le MIT introduit déjà cette notion dans les années 90 aux États-Unis comme un ensemble d'experts multidisciplinaires qui développent, déploient et testent, en environnement réel ou réaliste, de nouvelles technologies et stratégies en réponse aux transformations de notre monde.

En 2006, le concept arrive en Europe et le réseau ENoLL (European Network of Living Labs) fédère les acteurs de « l'innovation ouverte » des Living Labs. Un Living Lab regroupe alors des acteurs publics, privés, des entreprises, des associations, ou des acteurs individuels dans l'objectif de tester dans des conditions réelles, des services, des outils ou des usages nouveaux dont la valeur est reconnue par le marché. L'innovation ne passe plus par une approche classique (recherche en laboratoires, R&D, puis développement industriel), mais de plus en plus par les usages. La coopération entre des collectivités locales, des entreprises, des laboratoires de recherche, ainsi que des utilisateurs potentiels favorise la culture ouverte et l'engagement des utilisateurs dès le début de la conception. (*Réf. ENoLL www.openlinvinglabs.eu // Qu'est-ce qu'un Living Lab ? Umvelt, Montréal in vivo).*

La finalité d'une telle démarche est la recherche d'améliorations pour l'individu pouvant se situer dans des domaines très divers allant de l'urbanisme et au cadre de vie ou de la santé à l'environnement. Cette démarche devient novatrice par le fait qu'elle s'appuie dorénavant sur une recherche portée par l'usager et non plus uniquement centrée vers l'usager.

Ces programmes offrent ainsi à la société civile l'opportunité de contribuer, aux côtés des scientifiques, à la recherche et en une meilleure connaissance du monde qui nous entoure afin d'envisager une mise en place de mesures adaptées et durables en matière d'environnement et de micropolluants par exemple pour le sujet qui nous importe ici. Qu'on les nomme sciences participatives, sciences collaboratives ou Living Lab, ces méthodes auront pour finalité de rapprocher chercheurs, collectivités, associations et citoyens dans des objectifs partagés de connaissances et de préservation de la qualité des milieux naturels humides et de réduction des micropolluants.

1.1.2. Choix du lieu

Le projet REGARD s'inscrit donc dans un programme de sciences participatives et collaboratives. La multiplicité des équipes engagées, l'ampleur du programme et le type d'actions pressenties ont poussé le consortium à envisager cette relation entre « le chercheur » et « les citoyens » par l'intermédiaire d'un professionnel de la médiation scientifique « Cap Sciences », déjà partenaire de longue date avec

SUEZ sur les sujets de médiation scientifique sur ce territoire. Le centre de culture scientifique, technique et industrielle situé à Bordeaux s'est doté d'un Living Lab suite aux expérimentations faites dans le cadre du programme Inmédiats.

En effet, Cap Sciences, avec cinq autres centres de culture scientifique français, a mené un programme de recherche et développement en médiation scientifique « Innovation – Médiation – Territoire » au sein du consortium Inmédiats. Dans ce programme les concepts des Living Labs et de participation citoyenne ont été largement étudiés. Le Living Lab se définit alors comme un laboratoire vivant, un espace permettant de tester à une échelle « grandeur nature » des services, des outils ou des usages nouveaux confrontés à différents panels d'usagers. L'objectif est de sortir la recherche des laboratoires pour l'amener dans la vie de tous les jours, au plus proche des citoyens. Cette démarche vise à créer une nouvelle relation à l'innovation impliquant les utilisateurs dès le début de la conception ou dans l'amélioration de produits, méthodes ou services (Inmédiats, 2014).

On retrouve dans le programme Inmédiats, les enjeux énoncés plus haut par le réseau ENoLL et les expérimentations ont porté sur les 4 phases essentielles d'un Living lab :

- **La co-création** : co-conception avec les publics/utilisateurs ;
- **L'exploration** : découverte des usages émergents, des comportements et des opportunités ;
- **L'expérimentation** : mise en œuvre de scénarii auprès des utilisateurs ;
- **L'évaluation** : évaluation des concepts, produits et services, selon la diversité de critères propres aux Living Labs pouvant ramener à une phase de co-création.

Les centres de sciences sont particulièrement adaptés à ce type de rencontre science/public. À leur image, Cap Sciences accueille quotidiennement un public varié, développe des actions de médiation et de sensibilisation scientifique et entretient un questionnement sur des sujets de sciences avec son public. Étendre alors ces missions de médiation scientifique dans un lieu dédié plus particulièrement à l'initiative et l'innovation tel que les Livings Labs paraît évident. Cap Sciences ouvre alors un Living Lab dans lequel peuvent se développer des projets sciences participatives, citoyennes et collectives.

C'est dans ce contexte que le projet REGARD prend forme au « 127° »[3] , Living Lab de Cap Sciences. Le public cible du programme de recherche REGARD converge avec le public du centre de sciences situé sur les quais de Bordeaux. C'est un lieu reconnu du public, facile d'accès et largement fréquenté par les familles de la Métropole Bordelaise. Le « 127° », naissant, cherche également à attirer un public curieux qui s'intéresse aux questions d'innovation, d'économie créative et de sciences participatives.

La présentation des ateliers REGARD à Cap Sciences se doit de faciliter les échanges entre public et scientifiques, sensibiliser le public sur le sujet des micropolluants et donner de la valeur aux données et productions co-construites. Il faut noter également que cette forme d'implication d'un centre de sciences dans un tel projet est très innovant et suffisamment rare pour être souligné. Il ne s'agit pas ici de valoriser des résultats de la recherche, mais bien d'animer et de dynamiser la relation, de travailler avec les publics dès le début du projet et sur le long terme avec des outils adaptés.

[3] « 127° » a été retenu comme nom pour le Living Lab en référence à la position humaine « zéro gravité », où l'angle entre le buste et les hanches varient entre 125 et 131°, définie par les scientifiques de la NASA, comme la plus détendue (cf. http://inmediats.fr/retour-dexperience-cest-quoi-127-un-angle-ou-une-temperature/).

1.1.3. Groupe de travail

Afin de mettre en place cet atelier et développer cette participation de volontaires, un protocole simple et accessible mais répondant aux enjeux scientifiques posés a dû être imaginé. Ce n'est que dans l'interdisciplinarité et la complémentarité d'expertises des personnes mobilisées que celui-ci a pu voir le jour.

Fort de la richesse des spécialités présentes dans le consortium REGARD, nous avons réuni différentes compétences et expertises autour d'un groupe de travail interdisciplinaire mêlant des chercheurs de différentes disciplines ainsi que des médiateurs.

Présentation du groupe de travail :

- Julia Barrault, sociologue, responsable du pôle Acteurs et Usagers de l'eau, SUEZ, LyRE, Eau France
- Marion-Justine Capdeville, ingénieur grand cycle de l'eau, chargée de projet REGARD, SUEZ, LyRE, Eau France
- Elsa Causse, maître de conférences en psychologie sociale de l'environnement, Université de Nîmes, EA 7352 CHROME
- Mélodie Chambolle, directrice adjointe, SUEZ, LyRE, Eau France
- Florian Delerue, maître de conférences en écologie/écologie humaine, ENSEGID – Bordeaux INP, EA 4592 Géoressources et Environnement
- Céline Domenc, directrice Médiation et conception, Cap Sciences
- Marie-Line Félonneau, maître de conférences HDR en psychologie sociale de l'environnement, Université de Bordeaux, EA 4139 Laboratoire de Psychologie
- Sandrine Gombert-Courvoisier, maître de conférences en écologie/écologie humaine, ENSEGID – Bordeaux INP, UMR Passages
- Didier Laval, expert Living Lab et atelier de créativité, Cap Sciences
- Francis Ribeyre, professeur émérite en écologie humaine, ENSEGID – Bordeaux INP, UMR Passages

Plusieurs réunions, échanges de points de vue sur les objectifs et la mise en œuvre du protocole ont été nécessaires. Il a fallu allier la rigueur scientifique nécessaire pour adapter le protocole à la réalité du terrain et à ce que l'on peut attendre du grand public pour co-construire l'atelier. Il s'agissait, enfin d'élaborer les meilleurs outils pour collecter les données souhaitées. Grâce à ces échanges, aux différences de positionnement et de points de vue des différents acteurs et de la démarche partenariale engagée (avant même d'être proposée aux publics), nous avons pu établir un cahier des charges répondant à nos enjeux alors partagés.

1.1.4. Élaboration du cahier des charges

Pour rappel l'objectif de l'atelier Living Lab est de :

- Sensibiliser le grand public sur le sujet de la pollution aquatique et des micropolluants ;

- Appréhender la diversité des connaissances et des représentations sur les micropolluants et leurs impacts sur les milieux aquatiques et la santé humaine ;
- Mieux connaître les pratiques et usages domestiques des individus potentiellement sources de rejet de micropolluants dans le milieu naturel ;
- Identifier des leviers d'action pour réduire les émissions domestiques de micropolluants.

Pour établir le cahier des charges de cet atelier, nous sommes partis à la fois des attentes quant aux données exploitables à récolter et de la connaissance que nous avons du public dans les centres de sciences et d'expériences précédentes de participation au sein d'ateliers Living Lab.

La question des micropolluants dans les milieux aquatiques n'est pas une thématique couramment évoquée par le grand public, il faut donc adopter un langage accessible à tous. Nous avons décidé de sonder les connaissances et représentations au sujet du petit cycle de l'eau, puis de la pollution pour aboutir enfin aux micropolluants. Ceci pour nous permettre de mieux appréhender les représentations initiales des participants et mieux orienter la suite du programme REGARD. Nous avons porté une attention particulière à la terminologie employée pour parler des micropolluants, des produits et des impacts. Il était nécessaire d'être le plus juste possible sans générer pour autant trop d'angoisses ou de culpabilité vis-à-vis du sujet auprès d'un public hyper-sollicité et parfois saturé d'informations sur la protection de l'environnement.

Le public peut se lasser rapidement et se désinvestir d'une activité. Pour éviter cela nous devons d'une part, le rendre actif : chaque participant doit réaliser lui-même une action concrète. D'autre part, il faut que l'expérience soit relativement rapide et non–rébarbative. L'outil développé doit alors présenter des interactions ludiques, illustrées, variées et comporter un nombre d'étapes raisonnables. C'est par rapport à ces contraintes que nous avons décidé de recueillir des données plus précises et plus complètes *via* l'enquête populationnelle. Les exemples de consommation domestiques et d'usages de produits pouvant contenir des micropolluants ayant un impact sur les milieux aquatiques seront réduits au nombre de cinq dans l'atelier.

Compte tenu de ces généralités d'usages en médiation et des objectifs de l'atelier nous avons conçu une animation en deux parties :

- La première, **le quiz**, utilise une application numérique sur tablette tactile. Ludique et interactive, elle permet à chaque participant de répondre à des questions sur ses connaissances autour du sujet, de donner son avis personnel sur certaines pratiques et usages de l'eau. Ceci permet de répondre aux trois premiers objectifs ;
- La seconde, **un jeu de cartes interactif,** répondant essentiellement au dernier objectif (identification de leviers d'action), utilise les ressorts de l'atelier de créativité. On opère alors un changement de posture du public, ce qui permet de créer une rupture et de redynamiser l'activité. On est dans un autre rythme et autre format de médiation, dans une activité de groupe. Les participants peuvent débattre, co-construire avec les autres visiteurs. Pour ce faire un jeu de cartes a été spécialement conçu. Il est un véritable atout, support d'aide à réflexion.

En plus des contraintes établies dans le cahier des charges, un *storyboard* reprenant l'ensemble des questions que l'on souhaite poser au public, page par page, en y intégrant l'ergonomie nécessaire (la position des boutons et la navigation numérique souhaitée) est donné au développeur.

En parallèle des développements numériques, une charte graphique est élaborée. Elle décrit le style des supports, détaille les polices de caractères, les couleurs utilisées... Elle propose également des créations graphiques, pictogrammes et schémas qui seront proposées pour illustrer les questions dans l'application numériques et le jeu de cartes.

Pour finir, le cahier des charges et le *storyboard* présentent le mode de restitution des données. Deux niveaux de restitution sont mis en jeu. Le premier présente les réponses des participants sous forme de data-visualisation directement dans l'application. L'objectif est de donner au public un premier traitement des données qui leur permet de situer leurs réponses parmi l'ensemble des répondants et d'échanger avec l'animateur sur ces résultats. La data-visualisation permet de discuter en groupe des résultats obtenus, elle permet alors de faire une sensibilisation plus poussée sur le sujet mais aussi de revenir sur les enjeux des sciences participatives, de valoriser les données du public et de présenter leur importance dans le travail de recherche qui sera mené par la suite.

Le deuxième niveau de restitution sera le mode de collecte des données brutes exploitables par l'équipe de recherche. Plus complète et complexe cette restitution doit permettre un traitement statistique et une analyse plus poussée.

1.2. L'outil et ses ambassadeurs

1.2.1. Description des outils

1.2.1.1. L'application numérique : le quiz

L'application numérique est composée de 2 étapes : les réponses aux quatre questions du quiz puis la data-visualisation des réponses de chacune des questions. Après une page d'accueil (Figure 2) présentant très succinctement le programme, les visiteurs avancent à leur rythme dans le questionnaire du quiz (Annexe 1).

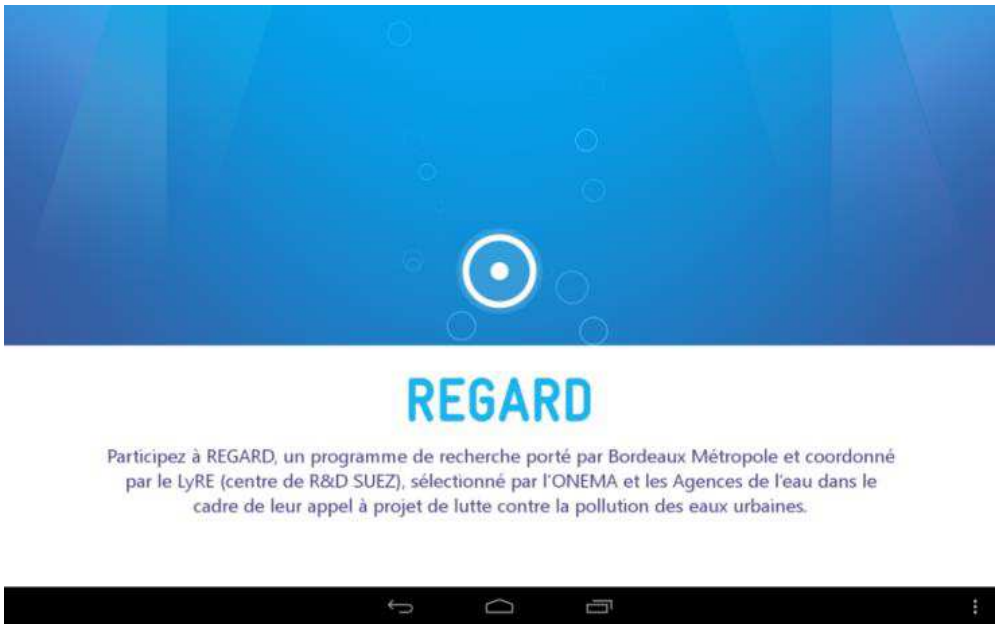


Figure 2. Écran d'accueil de l'application

Voici les questions proposées au fil des pages :

Thème 1 :

- Q1 : Prendre une douche. À votre avis, cette action peut-elle perturber la qualité de l'air ? De l'eau ? De la santé humaine ? [4]
- Q2 : Traiter son animal domestique contre les puces. À votre avis, cette action peut-elle perturber la qualité de l'air ? De l'eau ? De la santé humaine ?
- Q3 : Se soigner avec des médicaments. À votre avis, cette action peut-elle perturber la qualité de l'air ? De l'eau ? De la santé humaine ?
- Q4 : Utiliser une voiture. À votre avis, cette action peut-elle perturber la qualité de l'air ? De l'eau ? De la santé humaine ?

L'objectif des quatre questions de ce premier thème est d'appréhender les représentations concernant les impacts de quatre activités du quotidien (se doucher, traiter son animal domestique contre les indésirables, se soigner et utiliser sa voiture) sur l'eau, sur l'air et sur la santé humaine. L'idée est de voir comment les individus se représentent le lien entre leurs usages domestiques et les impacts sur les milieux et la santé. Le fait de ne pas aborder uniquement l'impact sur le milieu aquatique. Le fait d'aborder plusieurs types d'impact (sur l'air, l'eau, la santé humaine) permet d'une part, de rendre moins visibles nos objectifs de recherche centrés sur l'eau et d'autre part, d'accéder, dans une perspective comparative, à la représentation des impacts sur l'eau relativement à celles des impacts sur l'air et la santé humaine.

Par ailleurs, nous avons également choisi de ne pas utiliser le verbe « impacter », qui peut signifier pour les gens des impacts négatifs comme positifs, et qui en outre dérive d'un anglicisme pour cette acception. Pour que tous les répondants comprennent les questions de la même façon, nous avons préféré utiliser le terme « perturber », qui nous semble moins ambigu.

Thème 2 :

- Q1 : Quand les eaux usées quittent votre maison, où vont-elles ? Sélectionner le ou les schéma(s) qui vous semble(nt) juste(s). Propositions illustrées :
  - l'eau usée va de la maison jusqu'au cours d'eau ;
  - l'eau usée va de la maison vers une station de traitement des eaux usées puis jusqu'au cours d'eau ;
  - l'eau usée va dans une station de traitement des eaux usées puis retourne à la maison.
- Q2 : Quand il pleut, l'eau ruisselle sur votre toit. Où va-t-elle ensuite ? Sélectionner le ou les schéma(s) qui vous semble(nt) juste(s). Propositions illustrées :
  - l'eau de pluie s'infiltre dans le sol du jardin jusqu'au cours d'eau ;
  - l'eau de pluie est récupérée et conduite jusqu'à une station de traitement des eaux ;
  - l'eau de pluie est récupérée et conduite jusqu'à un cours d'eau.

[4] Pour chaque question, les participants sont invités à déplacer un curseur sur chaque proposition allant de « pas du tout, un peu, assez, fortement ».

L'objectif de ces questions est d'appréhender le niveau de connaissances des gens concernant le petit cycle de l'eau. La question 1 sur le circuit des eaux usées nous permet de voir si les répondants font le lien entre leurs rejets d'eaux usées depuis la maison (eaux grises et eaux vannes), le traitement de ces eaux, et le rejet dans le milieu naturel. La question 2 nous permet également d'appréhender le niveau de connaissances sur le circuit de collecte des eaux pluviales, pour faire le lien avec certains usages (comme le fait d'utiliser sa voiture).

Thème 3 :

- Q1 : Dans nos produits quotidiens, il y a des substances polluantes pour les milieux aquatiques. Dans quelle mesure pensez-vous qu'une station de traitement des eaux usées les élimine ? Placer le curseur sur le bon pourcentage pour chaque usage :
    - shampoing (ex : parabènes) ;
    - traitement antipuces (ex : Fipronil) ;
    - médicaments (ex : paracétamol) ;
    - pneu (ex : zinc).

Ici, l'objectif est d'appréhender les représentations des gens sur l'efficacité des systèmes actuels de traitement des eaux usées pour différents produits de consommation courante, en lien avec les pratiques abordées dans le thème 1 et en fonction des substances chimiques les caractérisant et analysées dans le cadre du projet REGARD.

Thème 4 :

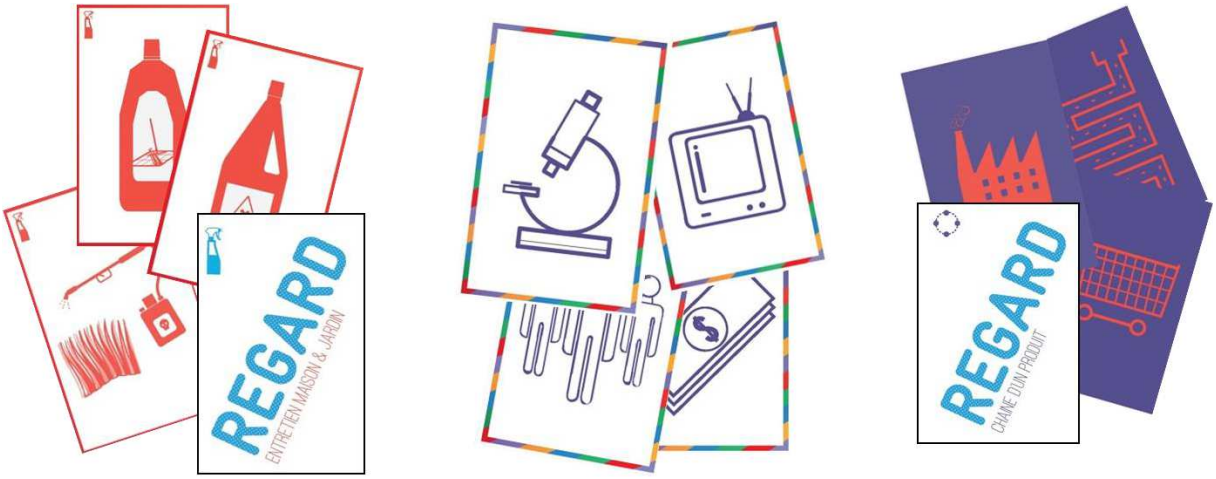
- Q1 : Certaines substances ne sont pas arrêtées par la station de traitement des eaux usées et se retrouvent dans les cours d'eau. À votre avis, quelles pourraient en être les conséquences ? Classez-les du plus probable au moins probable :
    - diminution ou perturbation des espèces aquatiques ;
    - augmentation des coûts pour traiter les eaux usées et de la facture d'eau ;
    - interdiction de la pêche ou de l'exploitation de certains coquillages ;
    - augmentation des conflits entre usagers de l'eau (par exemple entre agriculteurs, plaisanciers et exploitants de parc à huîtres) ;
    - apparition de troubles sanitaires chez les humains.
- Q2 : Certaines substances ne sont pas arrêtées par la station de traitement des eaux usées et se retrouvent dans les cours d'eau. À votre avis, quelles pourraient en être les conséquences ? Classez-les du plus grave au moins grave :
    - diminution ou perturbation des espèces aquatiques ;
    - augmentation des coûts pour traiter les eaux usées et de la facture d'eau ;
    - interdiction de la pêche ou de l'exploitation de certains coquillages ;
    - augmentation des conflits entre usagers de l'eau (par exemple entre agriculteurs, plaisanciers et exploitants de parc à huîtres) ;
    - apparition de troubles sanitaires chez les humains.

Pour ce dernier thème, nous souhaitons analyser comment les gens se représentent les conséquences d'un traitement incomplet des eaux usées et pluviales par les stations de traitement et classent les conséquences les unes par rapport aux autres. Nous souhaitons également comparer ce qui paraît le plus probable pour les gens et ce qui leur paraît le plus grave.

1.2.1.2. Le jeu de cartes interactif

Le jeu de cartes utilisé dans la deuxième partie est composé de trois types de cartes (Figure 3) :

- Les cartes **« Pratiques domestiques et produits associés »** proposent une réflexion autour de cinq pratiques domestiques dont l'usage de produits peut conduire au rejet de micropolluants dans les eaux usées ou pluviales. Pour chacune des pratiques, plusieurs cartes correspondent à des actions et des produits associés :
  - **Entretien de la maison et du jardin** : désherber et traiter son jardin, déboucher les canalisations, utiliser de l'eau de javel, utiliser des colles et des peintures, nettoyer le sol ;
  - **Hygiène et soins** : prendre une douche, se laver les dents, se mettre du déodorant, se teindre les cheveux, se mettre de la crème solaire ;
  - **Traitement contre les indésirables** : utiliser de l'anti poux, traiter son animal domestique avec de l'antipuces, utiliser du raticide, utiliser un insecticide domestique, laver son animal domestique, se pulvériser du répulsif anti moustiques ;
  - **Soins médicaux** : s'appliquer de la crème anti-inflammatoire (sur une cheville foulée), prendre des cachets contre le mal de tête, jeter des médicaments dans le lavabo, désinfecter une plaie ;
  - **Transport** : freiner brusquement, laver sa voiture, vidanger son véhicule dans la rue, appliquer de la peinture antifouling sur un bateau.
- 5 cartes **« Chaîne d'un produit »** représentant son cycle de vie, avec les phases de : production, achat, usage, rejet et traitement.
- 6 cartes **« Jokers »** associées au niveau de leviers d'actions. Il s'agit de trouver des leviers d'action aux niveaux : collectif/individuel, au niveau de la communication, de la recherche, du prix et du législateur.
-



a b c

Figure 3. Extrait du jeu de cartes : « a : Pratiques domestiques et produits associés » « b : Jokers » et « c : Chaîne du produit »

1.2.2. Les animateurs

Quatre animateurs du « 127° » à Cap Sciences ont été formés spécifiquement pour cette mission. Acteurs essentiels dans cette expérimentation, ils sont à l'interface entre le public et le projet de recherche. Ces animateurs, expérimentés en médiation scientifique, ne sont pour autant pas spécialistes du sujet des micropolluants. La formation a été une étape importante dans le programme. Il s'agissait de leur transmettre non seulement les enjeux du programme de recherche REGARD, mais aussi un bagage de base sur cette question scientifique car ils seront souvent confrontés à des questions du public auxquelles ils devront apporter un éclairage (sans pour autant se positionner en experts). Sur cet échange public/médiateur repose une part du succès de l'expérience.

En plus de séances de formation organisées par la rencontre avec l'équipe de recherche, les exploitants du système d'assainissement et les animateurs de la Maison de l'eau (structure de sensibilisation auprès du grand public de SUEZ localement), un « book de l'animateur REGARD » leur a été remis (Annexe 2). Celui-ci contient de nombreuses informations sur les micropolluants eux-mêmes, leur réglementation et l'état des connaissances actuelles, le système d'assainissement et la filière de traitement des eaux usées, le programme de recherche REGARD et ses enjeux, et enfin les éléments propres à l'expérience Living Lab en question.

Le reste de l'équipe est resté très présent et disponible pour les accompagner. Un échange sur les premiers retours visiteurs nous a d'ailleurs amené à faire évoluer l'animation. Cette méthode dite « agile » fait partie intégrante de la méthode Living Lab de co-construction avec les publics. Ces adaptations nous ont conduit à un déroulé d'animation efficace.

1.3. Les animations

1.3.1. Au Living Lab à Cap Sciences

Les animations ont eu lieu entre le 21 décembre 2015 et le 31 mai 2016. Le public cible est majoritairement des familles, du grand public à partir de 15 ans. Sur ces cinq mois de présentation, 60 sessions d'animations ont eu lieu (essentiellement les week-ends). La durée totale d'un atelier est de

45 minutes, durant lesquelles ont lieu une rencontre et un échange privilégié avec chaque groupe de participants sur la question des micropolluants.

L'atelier commence par le quiz sur l'application numérique. Celui-ci est présenté comme une activité personnelle où les participants répondent individuellement. Ils se questionnent, réfléchissent sur les différents thèmes abordés et découvrent ainsi le sujet de façon active. Puis ce quiz ludique est discuté collectivement avec les participants à partir des data-visualisations générées à la fin de l'application. Ce temps permet de revenir sur les questionnements qu'ont pu soulever les différentes étapes du quiz. Les animateurs peuvent approfondir certains points selon les demandes ou remarques des participants (Figure 4).

Figure 4. Installation du matériel et groupe en activité pendant la phase du quiz

Ensuite le groupe est invité à proposer des solutions pour lutter contre les micropolluants à différents niveaux avec l'aide du jeu de cartes. Cette partie est réellement inspirée et animée à la manière des ateliers de créativité. À partir du choix des cartes représentant les postes de consommation de produits contenant des micropolluants (cartes « Pratiques domestiques et produits associés »), l'animateur fait parler les participants autour de leurs pratiques et les problèmes potentiels que celles-ci peuvent engendrer pour les milieux aquatiques. Il leur propose ensuite de réfléchir à des solutions possibles pour éviter ces problèmes, sans orienter leurs réponses. L'animateur doit être assez neutre tout en facilitant l'émergence d'idées. Pour cela, il a à sa disposition les cartes « Jokers » et les cartes « Chaîne de produit » pour orienter les réflexions vers des pistes qui auraient été omises et montrer aux publics que différents niveaux de leviers d'actions peuvent être envisagés. À ce niveau, l'animateur collecte les données en complétant en direct avec le public une grille d'analyse construite selon une typologie des leviers d'actions possibles à différentes échelles (Tableau 1).

Tableau 1. Tableau de collecte des leviers d'action par les animateurs pendant la phase du jeu de cartes

	Production	Achat	Usage	Rejet	Traitement
Hygiène, soins : prendre une douche, utiliser du déodorant…	←---------- Leviers d'action proposés par les participants ----------→				
Soins médicaux : produit antimoustiques, produit anti-inflammatoire…	←---------- Leviers d'action proposés par les participants ----------→				
Transports : laver sa voiture, la vidanger dans la rue…	←---------- Leviers d'action proposés par les participants ----------→				
Entretien de la maison et du jardin : désherber, déboucher les canalisations…	←---------- Leviers d'action proposés par les participants ----------→				
Lutte contre les indésirables : utiliser de l'antipuces, laver son chien…	←---------- Leviers d'action proposés par les participants ----------→				

1.3.2. Tests dans d'autres cadres que celui prévu

Cet atelier conçu pour être animé au « 127° » à Cap Sciences a été exporté pour des expérimentations hors cadre. Nous évoquerons ici deux expériences intéressantes.

Tout d'abord avec des élèves de classe de 3ème dans un collège de la Métropole Bordelaise. Cette intervention a eu lieu dans le cadre d'un projet d'accompagnement annuel de cette classe sur une partie du programme de Sciences et Vie de la Terre « responsabilité humaine en matière de santé et d'environnement ». Pour ce faire, Cap Sciences, en étroite collaboration avec l'équipe éducative, propose des visites, sorties de terrain, animations en classe et rencontres avec des scientifiques afin d'aborder toute cette partie du programme de façon plus pro-active pour les élèves que lors des cours classiques. Dans ce contexte l'atelier Living Lab de REGARD, dont les enjeux recoupent particulièrement bien ceux du projet éducatif nous semblait pertinent car il propose une approche originale et citoyenne pour ces élèves.

Deux animateurs se sont déplacés dans l'établissement pour réaliser l'atelier. Celui-ci ne pouvant pas se dérouler en classe entière, nous avons travaillé sur un déroulé différent de celui mené à Cap Sciences. Chaque animateur a travaillé en demi-classe. Un groupe a commencé classiquement par le quiz via l'application numérique, puis a réalisé l'atelier de créativité. L'autre groupe, à l'inverse, a commencé par l'atelier de créativité puis a fait le quiz. Nous avons alors dû adapter le discours et présenter les micropolluants dès le départ pour ce deuxième groupe.

Dans les deux groupes nous avons noté que les collégiens ont été particulièrement créatifs sur l'identification de leviers d'actions mais cette expérience a permis de confirmer que le quiz a un véritable intérêt en introduction de l'atelier.

Une deuxième délocalisation de l'atelier a eu lieu lors de l'événement « Quartier libre » de la ville de Mérignac pour lequel Cap Sciences était partenaire. Dans ce cadre, le déroulé de l'atelier était semblable à celui mené à Cap Sciences mais sur une durée plus réduite la plupart du temps. On note ici une différence de positionnement du public. Nous sommes allés à sa rencontre dans un lieu qui lui

est plus familier que le « 127° » (la médiathèque du centre-ville de Mérignac) en lui proposant cette activité parmi d'autres propositions, toutes liées au « Do It Yourself And With Others » caractéristiques des Fab Lab et Living Lab. Le public avait tout un panel d'activités à sa disposition autour de la création et fabrication numérique, d'ateliers créatifs… L'offre Living Lab de REGARD, un peu à la marge, montrait que l'enjeu des Living Labs dépasse les simples tests de technologies et donne la possibilité aux citoyens de participer à un programme de recherche et de valoriser cette participation. Nous avons attiré sur ces ateliers des personnes surprises, curieuses et qui se sont avérées être très intéressées par ce type d'activités (souvent des personnes qui accompagnaient des plus jeunes sur les activités de fabrication numérique).

Ces deux expériences nous prouvent que le Living Lab Regard est un outil de sensibilisation adapté et adaptable à l'extérieur du centre de sciences, dans un cadre éducatif et pédagogique ou événementiel grand public.

1.3.3. Collecte des données

Sur les cinq mois de présentation, les données issues des 60 sessions sont de deux types : les données numériques relatives à l'application et les données issues de l'atelier de créativité.

Comme évoqué dans la partie cahier des charges, une première restitution des données est faite dans l'atelier lui-même et est destinée au public. Cette phase est essentielle pour valoriser la participation et l'intérêt du public dans la recherche en cours. Mais ce n'est bien évidemment pas cette forme qui est utilisée pour l'analyse des données scientifiquement.

Nous avons mis au point un protocole de remontée et partage des données une fois par mois. Deux types de tableaux sont alors envoyés à la responsable de la tache 1.2.3, Source domestique du projet :

- Un tableau Excel issu de la base de données de l'application numérique du quiz qui collecte les données brutes. On y retrouve en plus des réponses des participants, les données personnelles de ceux-ci (âge, sexe, code postal du lieu d'habitation), nous permettant de faire les analyses et tris souhaités ;
- Un tableau Excel présentant les leviers d'actions par type de produits et d'usages selon son cycle de vie selon le modèle présenté en Tableau 1. Ce tableau est rempli par l'animateur en cours d'atelier. Un certain nombre des tableaux transmis au cours du Living Lab sont fournis en Annexe 3.

2. Bilan

Le bilan porte sur plusieurs points : les données quantitatives dont nous pouvons tirer des statistiques analysables, les données qualitatives et l'évaluation des outils eux-mêmes (par un système d'observations et d'entretiens).

2.1. Bilan des ateliers

2.1.1. Fréquentation

Plus de 250 personnes ont participé aux ateliers. Par petits groupes, ces 250 participants ont entretenu un échange très qualitatif avec les médiateurs et sont sensibilisés au sujet des micropolluants et leurs impacts sur les milieux aquatiques.

Le public rencontré est composé essentiellement de familles. Familles qui ne sont pas particulièrement informées sur ces questions de pollution des milieux aquatiques mais qui sont néanmoins sensibilisées aux questions de culture scientifique (hormis peut-être la vingtaine de participants sur la médiathèque de Mérignac).

Il faut noter que malgré l'animation auprès de 250 personnes, nous avons enregistré en base 163 répondants dans l'application numérique (cf. résultats).

2.1.2. Points positifs

Le premier point positif, et non des moindres, est le partenariat engagé entre les différents acteurs du projet sur cette tâche du projet REGARD. Le fait de concevoir un atelier Living Lab de la sorte et de travailler en équipe pluridisciplinaire, incluant à la fois le monde de la recherche et celui de la culture scientifique, est un atout pour ce programme. Il est un exemple d'innovation en matière d'ouverture scientifique et de participation citoyenne.

La formation des médiateurs en amont des ateliers a été riche et très utile. L'entretien avec les animateurs a révélé son importance et son efficacité lors de leurs rencontres avec le public. Ils se sont sentis à l'aise sur le sujet grâce à celle-ci. Leur montée en compétences les positionne aujourd'hui comme de véritables ambassadeurs de la problématique des micropolluants dans les milieux aquatiques.

Cap Sciences est un lieu pratique et stratégique, facile d'accès et reconnu du grand public. Les visiteurs s'y rendent dans le but de vivre une expérience de culture scientifique et il est opportun de les sensibiliser aux problématiques des micropolluants dans ce cadre. Il est aussi plus facile de « recruter » des volontaires pour des ateliers participatifs à Cap Sciences que dans un autre lieu où le public serait moins ouvert. Mais, nous pouvons remarquer aussi que les personnes mobilisées sont alors déjà des personnes sensibles à la science, à la recherche et sûrement aux enjeux environnementaux en général.

Les différentes observations et entretiens ont révélé que l'outil numérique est attractif, efficace et exportable. La prise en main est facilitée par l'usage quotidien que le public a de ce genre d'interface sur tablette tactile. Aussi, l'outil tangible (le jeu de cartes) est particulièrement adapté à la discussion, au débat et à la créativité. Les deux outils conçus sont perçus par les usagers comme ludiques.

Enfin, c'est l'intérêt du public pour le sujet qui se révèle être l'élément positif principal. Chaque atelier a été une véritable rencontre et les animateurs ont pris du plaisir à échanger avec les participants et les amener à imaginer des leviers d'actions pour réduire les micropolluants. À chaque fois, les participants ont posé beaucoup de questions, se sont montrés curieux et ont exprimé une préoccupation particulière pour le sujet une fois sensibilisés aux enjeux. En conclusion, on peut dire que l'atelier Living Lab est un outil de sensibilisation innovant et efficace.

2.1.3. Difficultés rencontrées

La première difficulté se situe dans la conception. Créer une animation courte (de durée raisonnable pour le public dans les conditions d'une implication dans un centre de sciences), en cohérence avec les objectifs de recherche est un exercice demandant des compromis : de la part des chercheurs et du centre de sciences, pour que l'expérience réponde aux exigences du projet et aux contraintes de médiation. Par exemple, nous avions au départ des temps d'animation trop longs malgré les efforts lors de la phase de conception. Nous avons dû les réduire suite aux premiers ateliers.

Ensuite, la mobilisation des publics a été difficile. Il se trouve que la fréquentation de Cap Sciences sur le premier semestre 2016 était en deçà des habitudes. Ceci peut s'expliquer par plusieurs points. Tout d'abord par la période de fermeture de la grande exposition qui draine la majeure partie du public. Puis une fois ré-ouverte, l'exposition traitait d'un sujet moins porteur que les précédentes, le public était moins au rendez-vous. L'espace dédié a également connu une période de travaux. Il était alors difficile d'attirer le public dans ce lieu mal identifié. Nous avons certainement aussi souffert d'une communication insuffisante sur l'atelier (média, web et *in-situ*). Ce concours de circonstances explique certainement la fréquentation du Living Lab REGARD en dessous des attentes.

De plus, nous devons reconnaître des problèmes techniques, souvent dus à la connexion internet ou aux dispositifs informatiques eux-mêmes. Ces problèmes ont parfois empêché la réalisation des ateliers dans de bonnes conditions. Le plus souvent, c'est la partie sur tablette tactile qui était affectée ; l'atelier de créativité pouvant se réaliser malgré les incidents techniques, les données de cette partie n'ont donc pas été altérées.

Ensuite, nous avons fait face à une perte de données des réponses du quiz numérique, malheureusement inexpliquée à ce jour. En effet, 250 personnes ont participé aux ateliers mais, uniquement 163 réponses ont été enregistrées en base de données. La différence s'explique en partie par cette perte de données, mais aussi par le choix de ne pas les enregistrer dans certains cas (comme avec les collégiens lors de l'expérimentation hors cadre). À noter que sur ces 163 réponses, nous avons enlevé les données ne correspondant pas à nos critères de recherche définis dans le protocole (notamment les répondants de moins de 13 ans, de même que les réponses nous semblant incomplètes). Au final, c'est 130 données exploitables pour la partie quiz numérique qui sont analysées ci-dessous. En ce qui concerne les leviers d'actions, c'est 9 tableurs qui sont analysés.

Enfin, notons qu'on tend à observer aujourd'hui une certaine tendance à la saturation du public vis-à-vis des questions d'environnement. Mais une fois, l'atelier commencé, les participants étaient toujours très attentifs et satisfaits du contenu proposé. Le plus difficile était donc de les attirer, de les faire entrer dans l'expérience. Une fois capté, c'est un public intéressé que nous avons rencontré.

2.2. Résultats

2.2.1. Résultats du quiz numérique

130 résultats sont exploitables. Ils sont issus majoritairement de personnes habitant en Gironde (84% de l'échantillon), plutôt des femmes (55%), de classes d'âge variées (Figure 5).

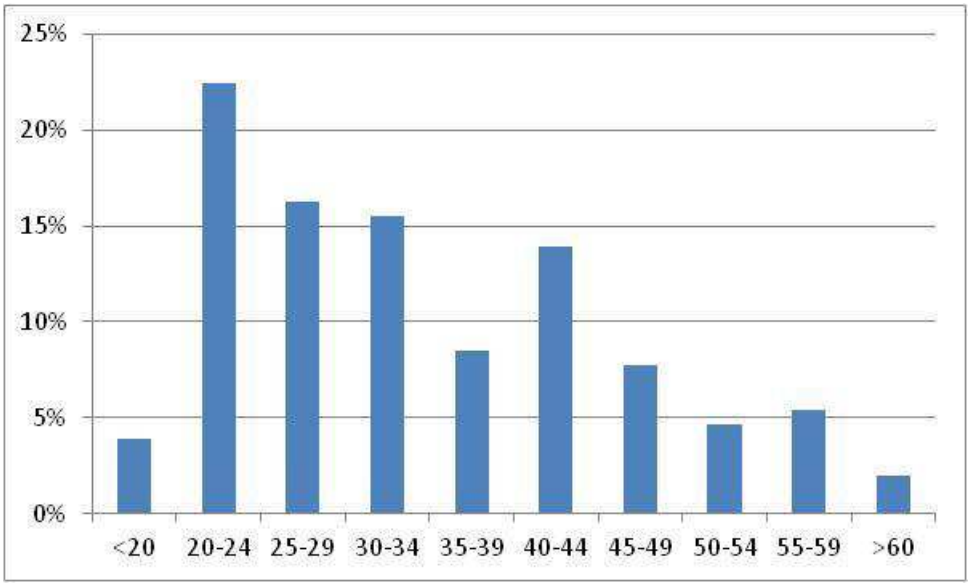


Figure 5. Répartition des répondants (en pourcentage) par structure d'âge (en années)

Question 1.

L'objectif de cette première question est d'appréhender les représentations concernant les liens entre les pratiques quotidiennes et les effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine : « Prendre une douche, traiter son animal domestique contre les puces, se soigner avec des médicaments, utiliser une voiture : à votre avis, ces actions peuvent-elles perturber la qualité de l'air ? De l'eau ? De la santé humaine ? ». Quatre types de réponses sont possibles : pas du tout ; un peu ; assez ; fortement. Les résultats concernant la perturbation sur la qualité de l'eau sont présentés en Figure 6.

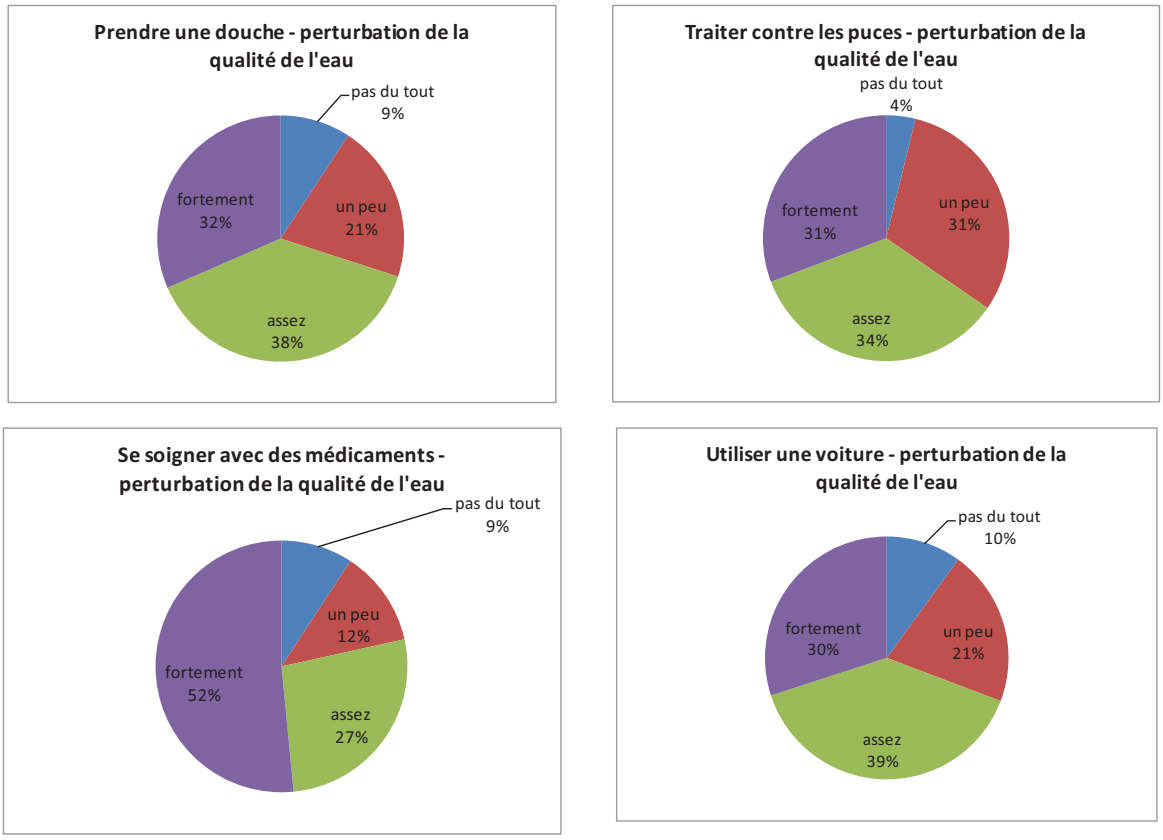


Figure 6. Perturbations des quatre types de pratiques domestiques sur la qualité de l'eau

La Figure 6 montre des résultats assez similaires entre la douche ; le traitement antipuces et l'utilisation de sa voiture avec environ un tiers de réponses « fortement » ; un tiers de réponses « assez » et un tiers de réponses réparti entre les réponses « un peu » et « pas du tout ». L'utilisation de médicaments se distingue par le fait que plus de la moitié des répondants (52%) indique que le fait de se soigner avec des médicaments influe « fortement » sur la qualité de l'eau. Ces résultats mettent en lumière qu'une proportion importante de répondants perçoit le lien entre les pratiques quotidiennes et la perturbation des milieux aquatiques. Ce résultat peut, au moins en partie, être expliqué par les campagnes médiatiques récentes mettant en évidence la présence de substances indésirables dans les produits du quotidien et l'impact des médicaments. Ainsi, nous avons pu observer[5] au cours de l'année 2016, dans les magazines des associations de consommateurs que sont *Que Choisir* et *60 millions de consommateurs* environ une soixantaine d'articles (toutes rubriques et tous types confondus) portant sur les micropolluants sans jamais d'ailleurs citer ce terme. Les micropolluants sont nommés par des termes génériques neutres tels que « ingrédients / substances / composés / résidus chimiques » ou, plus souvent, à connotation négative, tels que « indésirables / nocifs/ves / toxiques » ou par le terme « impuretés ». *A contrario*, les articles indiquent les composés ou substances chimiques tels que : Bisphénol A, Glyphosate ou Méthilisothiazolinone (MIT)… ; ou les familles chimiques : Parabènes, Phtalates ou Sulfites… ; ou les classes d'usages : colorants,

[5] Nous réalisons actuellement une revue de presse afin de voir comment la thématique que les chercheurs qualifient de « micropolluants » est abordée dans la presse grand public depuis plusieurs mois. Pour ce faire, nous avons choisi d'analyser, dans un premier temps, les deux magazines des associations de consommateurs *Que Choisir* et *60 millions de consommateurs* afin d'avoir un premier aperçu de ce traitement médiatique qui nous permet, en remontant sur deux années (2015 et 2016) d'identifier les produits et les usages incriminés mais également le ton (information, alerte…) de l'article et sa portée (demande réglementation, proposition de changement de pratiques…). À partir de cette analyse qualitative exploratoire, nous mettrons en place, une analyse textuelle, systématique et quantitative, des articles de plusieurs quotidiens et hebdomadaires nationaux et régionaux sélectionnés au travers de mots-clefs que nous sommes en train de définir. En outre, nous mettrons également en place une veille sur ces mêmes journaux et avec les mêmes mots-clefs afin de suivre l'actualité à laquelle nos ménages référents seront confrontés.

conservateurs ou plastifiants… pour citer celles et ceux qui sont le plus cités. En outre, dans ces articles, les effets qualifiés « d'indésirables » sont très souvent indiqués : perturbateurs endocriniens, cancérogènes, allergènes… Ces articles dénoncent toujours les impacts sur la santé de ces substances mais également sur l'environnement voire, pour quelques-uns, spécifiquement sur l'eau, en rappelant parfois rapidement le petit cycle de l'eau. Au travers de ces articles, dont certains font l'objet d'un titre en couverture, d'un dossier ou d'un hors-série, on peut faire l'hypothèse que la sensibilisation des individus au sujet des micropolluants peut s'expliquer, du moins en partie, par la médiatisation de ceux-ci – dimension pour laquelle nous aurons plus d'éléments par la suite.

Des tests de corrélations montrent en outre que les réponses concernant les perturbations perçues sur la qualité de l'eau sont corrélés positivement (Tableau 2).

*Tableau 2. Corrélations (Spearman) concernant la perturbation sur la qualité de l'eau entre les quatre types de pratiques domestiques. ns : corrélation non significative ; * : corrélation significative à p<0,05 ; ** : corrélation significative à p<0,01 ; *** : corrélation significative à p<0,001*

	Douche	Traitement antipuces	Médicaments
Traitement antipuces	0,367 ***		
Médicaments	0,397 ***	0,418 ***	
Utiliser sa voiture	0,273 **	0,410 ***	0,263 **

Les perturbations perçues sur la qualité de l'eau sont-elles corrélées aux perturbations perçues sur la qualité de l'air et la santé humaine ?

*Tableau 3. Corrélations (Spearman) entre les perturbations sur la qualité de l'eau et les perturbations sur la qualité de l'air et la santé humaine. ns : corrélation non significative ; * : corrélation significative à p<0,05 ; ** : corrélation significative à p<0,01 ; *** : corrélation significative à p<0,001*

Coefficients de corrélation de Spearman		Perturbation de la qualité de l'eau			
		Prendre une douche	Traiter son animal contre les puces	Se soigner avec des médicaments	Utiliser une voiture
Perturbations de chacune des pratiques	sur la qualité de l'air	ns	ns	0,241 *	ns
	sur la santé humaine	0,370 ***	0,477 ***	0,344 ***	0,326 ***

Alors que l'on n'observe pas (ou peu) de lien entre les perturbations liées à l'eau et à l'air pour les pratiques retenues, les résultats du Tableau 3 indiquent au contraire des corrélations positives entre perturbation de la qualité de l'eau et de la santé pour les quatre types de pratiques. Ces résultats peuvent mettre en évidence le lien que font les gens entre qualité de l'eau et santé humaine.

Question 2.

La deuxième question vise à connaître les connaissances des gens sur le petit cycle de l'eau pour voir s'ils font un lien entre : 1) l'utilisation d'un produit dans leurs pratiques quotidiennes -> 2) le rejet du produit usagé dans les eaux usées -> 3) le traitement en station d'épuration -> 4) le rejet des eaux traitées (contenant des traces éventuelles de substances non totalement éliminées par le traitement) vers le cours d'eau. Les questions sont proposées avec l'aide de trois schémas illustratifs. Pour chaque proposition, les participants doivent choisir le ou les schémas justes.

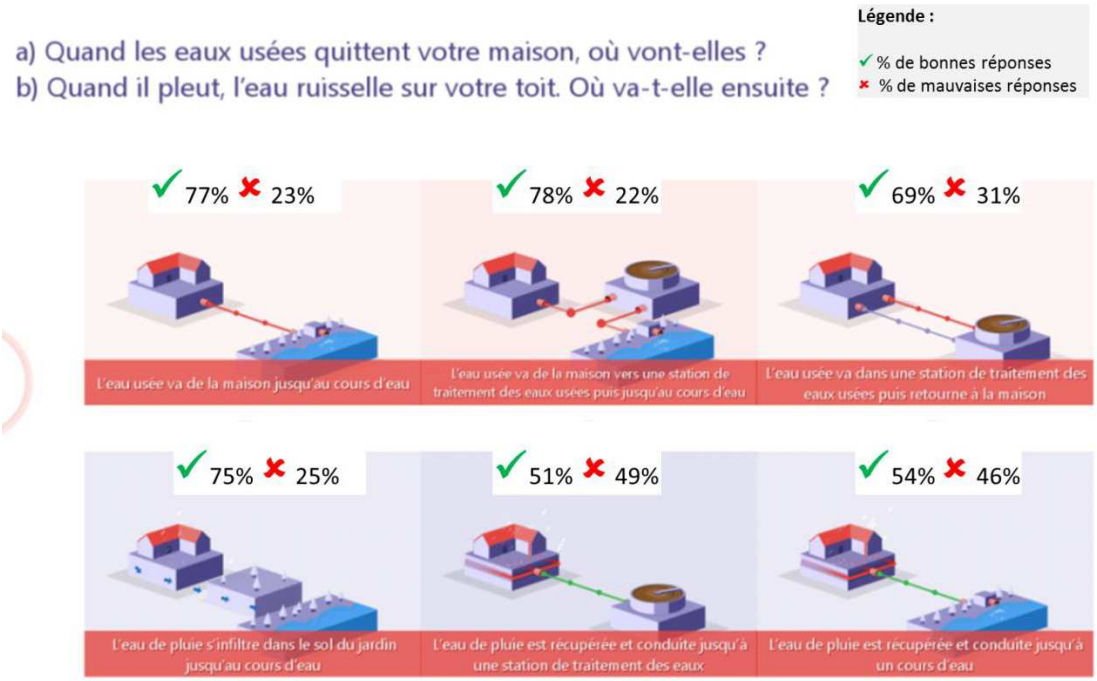


Figure 7. Question 2 du Living Lab

Pour la question 2a, seul le schéma n°2 est correct, et les répondants sont 78 % à indiquer la bonne réponse (à savoir : « l'eau usée va de la maison vers une station de traitement des eaux usées puis jusqu'au cours d'eau »). Ils sont également 77% à ne pas sélectionner la proposition « l'eau usée va de la maison jusqu'au cours d'eau ». Ces résultats indiquent que les personnes savent globalement que les eaux usées sont traitées avant leur rejet dans le milieu aquatique. Ce résultat est à interpréter avec prudence car les 23% de personnes ayant sélectionné ce premier schéma font peut-être référence à des maisons ayant un système de traitement individuel (fosse septique ou fosse toutes eaux) ne l'envisageant pas comme une micro-station de traitement des eaux usées. Il est également à noter qu'une minorité de maisons ne sont pas encore raccordées à un système de traitement. Par contre, concernant le 3^{e} schéma, 31% des répondants pensent qu'une fois traitée en station d'épuration, les eaux reviennent au logement sous forme d'eau potable, ce qui est faux (Figure 7).

Les trois schémas relatifs à la question 2b sur les eaux pluviales peuvent être vrais. En effet, en fonction des situations, l'eau de pluie peut directement s'infiltrer dans le sol (Schéma n°1) ou être collectée via le réseau unitaire et être conduite, avec les eaux usées, jusqu'à une station de traitement (Schéma n°2) ou bien encore être collectée par un réseau séparatif et être rejetée dans le milieu naturel (Schéma n°3). Les résultats de la Figure 7 montrent que plus de la moitié des personnes ont des réponses correctes.

Question 3.

La question 3 vise à mieux cerner les représentations sur l'efficacité de traitement des STEU. À chaque produit d'usage courant (relié aux pratiques de la question 1), est associée une substance que l'on peut retrouver dans les eaux usées/pluviales ainsi que dans le milieu aquatique. Ainsi, les parabènes sont associés aux shampoings, le Fipronil au traitement antipuces, le paracétamol à la prise de médicament, et le zinc à l'usage de son véhicule (issu notamment de l'abrasion des pneus sur la chaussée). Pour chaque substance, les répondants ont le choix d'indiquer dans leur réponse : 0% d'élimination, 20%, 40%, 60%, 80% ou 100% (Figure 8).

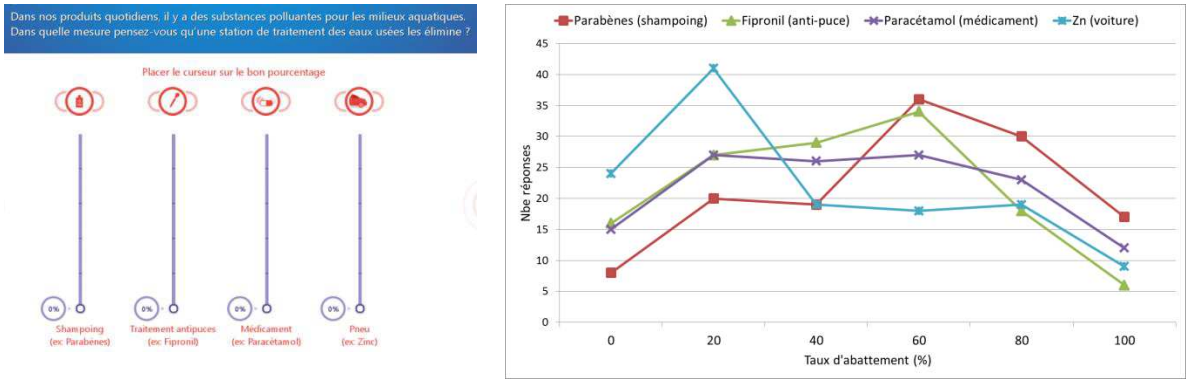


Figure 8. Question 3 du Living Lab : « Dans nos produits quotidiens, il y a des substances polluantes pour les milieux aquatiques. Dans quelle mesure pensez-vous qu'une station de traitement des eaux usées les élimine ? »

Globalement, les répondants ne connaissent pas le taux d'élimination des substances (qui varie selon le type de traitement en STEU et selon la concentration de la substance). Néanmoins, les résultats de la Figure 8 montrent que selon les répondants, les substances présentes dans les produits d'usages quotidiens (*a priori* jugés sans danger, comme le shampoing), seraient bien éliminées par les STEU (entre 60 et 80%) et qu'à l'inverse des substances comme le zinc (associé aux métaux lourds toxiques) seraient peu éliminés (20 % d'élimination). Les taux d'élimination des deux autres types de substances sont mieux répartis entre 20 et 80% selon les répondants.

Question 4.

La quatrième question vise à cerner comment les répondants se représentent les conséquences de la pollution des milieux aquatiques, en termes de probabilité et de gravité.

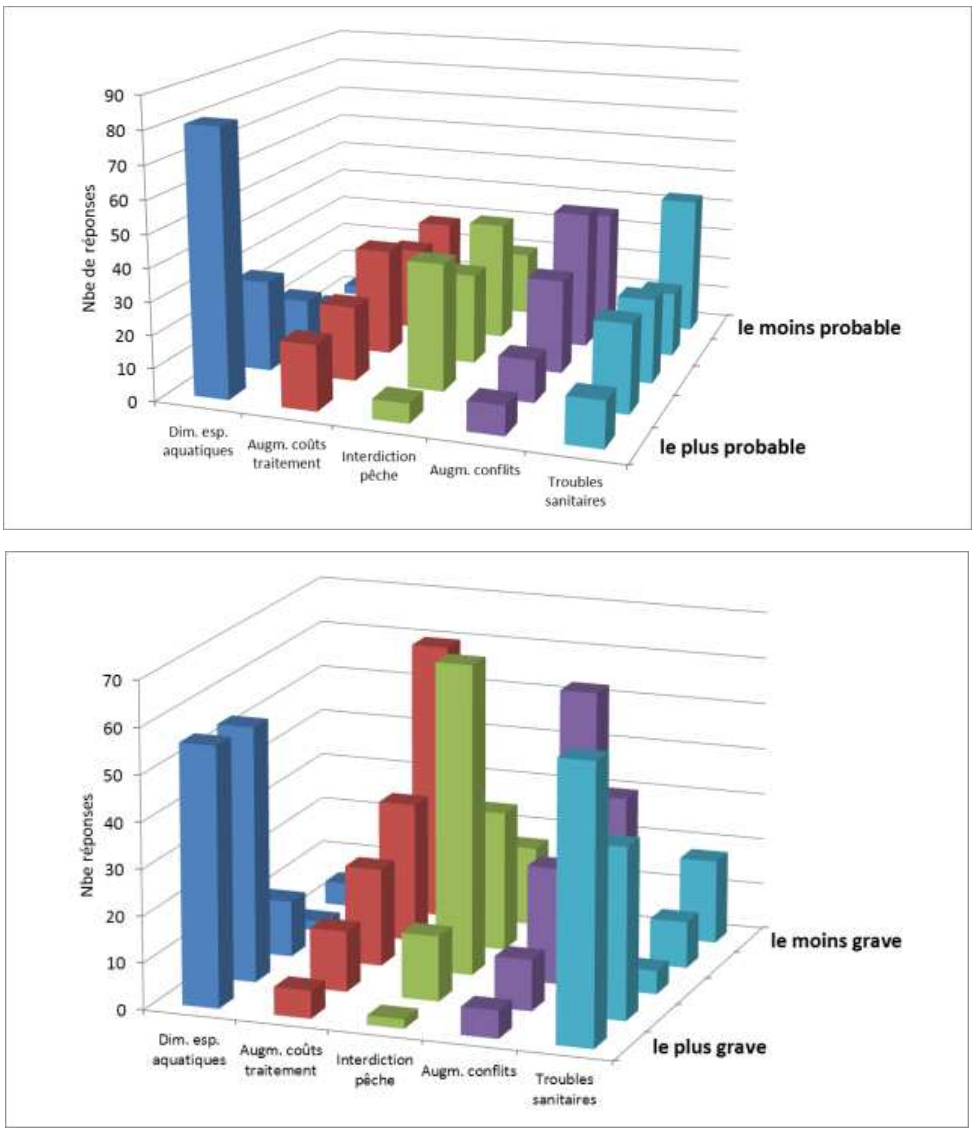


Figure 9. Classement des conséquences de la pollution des milieux aquatiques en termes de probabilité d'apparition (a) et de gravité (b)

Les résultats de la Figure 9 peuvent être résumés dans le Tableau 4. Si l'augmentation des coûts de traitement et l'augmentation du prix de l'eau sont jugés assez probables mais peu graves, l'apparition de troubles sanitaires chez les humains est à l'inverse jugée peu probable mais très grave, alors que la diminution ou la perturbation des espèces aquatiques est jugées à la fois très probable et très grave. En bref, les coûts environnementaux et sanitaires sont jugés très graves contrairement aux coûts économiques (Figure 9, Tableau 4).

Tableau 4. Conséquences de la pollution des milieux aquatiques en termes de probabilité et de gravité

	Probabilité	Gravité
Diminution ou perturbation des espèces aquatiques	+	+
Augmentation des coûts pour traiter les eaux usées et de la facture d'eau	~	-
Interdiction de la pêche ou de certains coquillages	~	~
Augmentation des conflits entre usagers de l'eau	~	+
Apparition de troubles sanitaires chez les humains	-	+

2.2.2. Résultats concernant les leviers d'action

Le jeu de cartes a été imaginé pour que les participants réfléchissent à des leviers d'action pour réduire l'émission de micropolluants dans les eaux usées. Pour rappel, cinq familles de pratiques domestiques sont proposées avec, pour chacune d'entre elles, des cartes actions caractéristiques de produits ou de comportements. Afin d'élargir les leviers d'actions envisageables, ces derniers sont élargis à l'ensemble des étapes du cycle de vie des produits (cartes « Chaîne d'un produit » : production, achat, usage, rejet et traitement), et à différents types d'acteurs (cartes « Joker » : niveaux collectif/individuel, communication, recherche, prix et législation).

Une animation traitant généralement d'une famille de pratiques, il a fallu plusieurs sessions d'animations pour compléter un tableau de leviers d'actions abordant plusieurs pratiques. Afin de voir la diversité des propositions, neuf tableaux Excel (dont deux issus du travail réalisé avec les collégiens) sont présentés en Annexe 3. Afin de regrouper et classer les différents leviers d'actions recensés dans ces tableaux, une typologie est créée en 10 grandes catégories :

- Substitution d'un produit par un autre
- Tri/séparation à la source
- Réduction
- Changement de comportement
- Étiquetage
- Solution technique d'amélioration du traitement en STEU
- Information/communication/sensibilisation
- Mutualisation
- Réglementation/taxation
- Innovation sur le produit

Le Tableau 5 permet de recenser quelques exemples de leviers d'actions relevés pour chacune des familles de pratiques domestiques en fonction de ces dix catégories.

Tableau 5. Exemples de leviers d'actions relevés dans les tableurs Excel pour chacune des familles de pratiques domestiques en fonction des 10 catégories de leviers d'action

	Hygiène et soins corporels	**Soins médicaux**	**Transports**	**Entretien maison et jardin**	**Lutte contre les indésirables**
Substitution d'un produit par un autre	*Changer la composition du produit* *Changer la forme du produit (cf. 'stick')* *Utiliser du bicarbonate de soude ou du citron* *Fabriquer soi-même ses propres produits cosmétiques*	*Utiliser des seringues d'anti-inflammatoires* *Utiliser des répulsifs naturels*	*Changer la composition du produit* *Utiliser de l'huile biodégradable*	*Changer la composition du produit* *Se tourner vers des produits plus naturels* *Désherber thermiquement*	*Changer la composition du produit* *Se tourner vers des produits plus naturels (Ex : citronnelle, huile essentielle de lavande, huile d'olive)* *Utiliser des seringues d'antipuces*
Tri / séparation à la source	*Avoir plusieurs bouches d'évacuation* *Stocker ou trier ses eaux usées* *Solidifier les produits pour les jeter dans des endroits adaptés* *Cracher dans une poubelle (lavage dents)* *Avoir chez-soi un système personnel de préfiltration*	*Collecter les médicaments inutilisés en porte-à-porte* *Jeter les restes de médicaments dans les toilettes sèches* *Pour l'antimoustiques, garder l'eau de lavage pour un rinçage ultérieur* *Avoir chez soi un système personnel de préfiltration*	*Stocker l'eau de lavage /l'huile de vidange pour l'amener en déchèterie* *Filtrer/retraiter l'eau de lavage*	*Stocker l'eau de javel*	*Récupérer les poils de l'animal avant de jeter l'eau de lavage* *Brosser l'animal avant de le laver* *Stocker les eaux de lavage et les filtrer de façon naturelle*
Réduction	*Utiliser des quantités plus faibles*	*Ne vendre que des doses journalières renouvelables chaque jour* *Rendre l'ordonnance médicale obligatoire pour tous les médicaments* *Limiter le nombre de médicaments par foyer*	*Ne pas utiliser d'antifouling*	*Améliorer la filtration de ces substances au niveau des STEU*	*Ne pas avoir d'animaux domestiques* *Ne pas les laver, ni les traiter*
Changement de comportement	*Pour la crème solaire :* *Se laisser bronzer ; se couvrir*	*Prescrire des massages plutôt que des cachets*	*Prendre les transports en commun (moins de voitures à laver !)*	*Pour déboucher une canalisation et désherber :* *Utiliser des solutions*	*Utiliser des solutions non chimiques (cages pour rats)*

			Faire sa vidange chez le garagiste *Laver sa voiture à la station de lavage*	*mécaniques plutôt que chimiques ()*	*Aller chez le toiletteur (contre une remise de prix pour des croquettes)*
Étiquetage	*Indiquer la composition du produit*	*Informer clairement sur le fait qu'il ne faut pas jeter les restes de médicaments avec les eaux usées*			*Indiquer sur les étiquettes un ratio de rendement toxicité/efficacité*
Solution technique d'amélioration du traitement en STEU			*Filtrer ce qui ruisselle des bas-côtés des routes*		
Information / communication / sensibilisation	*Réserver des créneaux publicitaires à des messages validés scientifiquement et agréés par les ministères concernés*			*Sensibiliser les gens sur les risques de rejet des produits polluants*	
Mutualisation					*Faire un produit tout-en-un pour tous les animaux* *Organiser des « bains communs » pour animaux*
Réglementation / taxation	*Augmenter le prix des produits les plus polluants*		*Augmenter le prix des produits les plus polluants*	*Interdire la vente des produits les plus polluants*	*Vendre les produits polluants plus chers* *Taxer les propriétaires d'animaux*
Innovation sur le produit	*Dentifrice à avaler ; sans rinçage* *Crème solaire qui pénètre entièrement (pas de ruissellement à la douche)*	*Capteurs dans les toilettes détectant les produits inappropriés -> taxation*	*Résine à enduire sur l'antifouling*		*Produit antipuces pénétrant complétement (sans rejet lors du lavage de l'animal)*

Un comptage est ensuite effectué pour mesurer dans quelles catégories d'actions et pour quelles familles de pratiques domestiques des exemples de leviers d'action sont le plus cités (Tableau 6).

Tableau 6. Comptabilisation des exemples cités par catégorie de leviers d'actions et par famille de pratiques domestiques

		Hygiène et soins corporels	**Soins médicaux**	**Transports**	**Entretien maison et jardin**	**Lutte contre indésirables**	**Total par catégorie de leviers d'actions**
Substitution d'un produit par un autre	Nombre d'exemples	14	5	1	9	16	**45**
	Pourcentage	22%	13%	5%	29%	34%	**22%**
Tri / séparation à la source	Nombre d'exemples	6	7	3	3	6	**25**
	Pourcentage	9%	18%	14%	10%	13%	**12%**
Réduction	Nombre d'exemples	5	7	0	0	4	**16**
	Pourcentage	8%	18%	0%	0%	9%	**8%**
Changement de comportement	Nombre d'exemples	12	7	10	5	4	**38**
	Pourcentage	19%	18%	48%	16%	9%	**19%**
Étiquetage	Nombre d'exemples	5	1	0	0	0	**6**
	Pourcentage	8%	3%	0%	0%	0%	**3%**
Solution technique d'amélioration du traitement en STEU	Nombre d'exemples	2	2	0	5	3	**12**
	Pourcentage	3%	5%	0%	16%	6%	**6%**
Information / communication / sensibilisation	Nombre d'exemples	4	5	2	5	4	**20**
	Pourcentage	6%	13%	10%	16%	9%	**10%**
Mutualisation	Nombre d'exemples	0	1	0	0	1	**2**
	Pourcentage	0%	3%	0%	0%	2%	**1%**
Réglementation / taxation	Nombre d'exemples	3	1	1	2	4	**11**
	Pourcentage	5%	3%	5%	6%	9%	**5%**
Innovation sur le produit	Nombre d'exemples	13	3	4	2	5	**27**
	Pourcentage	20%	8%	19%	6%	11%	**13%**
Total par famille de pratique domestique	**Nombre d'exemples**	**64**	**39**	**21**	**31**	**47**	**202**
	Pourcentage	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

On observe ainsi que ce sont les familles de pratiques « Hygiène et soins corporels », puis « Lutte contre les indésirables qui recueillent le plus d'exemples de leviers d'actions (respectivement 64 et 47 exemples pour un total de 202 leviers d'action cités). Les participants du Living Lab ont moins d'idées concernant les pratiques liées aux transports (21 idées de leviers d'actions).

En ce qui concerne les catégories de leviers d'actions, celles fournissant le plus grand nombre d'exemples sont : « la substitution d'un produit par un autre » (45 exemples de leviers d'action), « le changement de comportement » (38), « l'innovation sur le produit » (27) et « le tri/séparation à la source » (25). Le nombre d'exemples fournis varie en fonction des familles de pratiques :

- si les catégories de leviers d'action les plus plébiscitées concernent la substitution, le changement de comportement et l'innovation sur le produit pour la famille « Hygiène et soins corporels » (61% des exemples),
- ce sont le tri, la réduction et le changement de comportement qui sont mis en avant pour les soins médicaux (54%)
- ou bien encore la substitution, le changement de comportement et les solutions techniques d'amélioration du traitement des eaux usées pour les pratiques concernant l'entretien de la maison et du jardin (61%).

La Figure 10 permet de classer ces propositions par ordre décroissant pour l'ensemble des familles de pratiques.

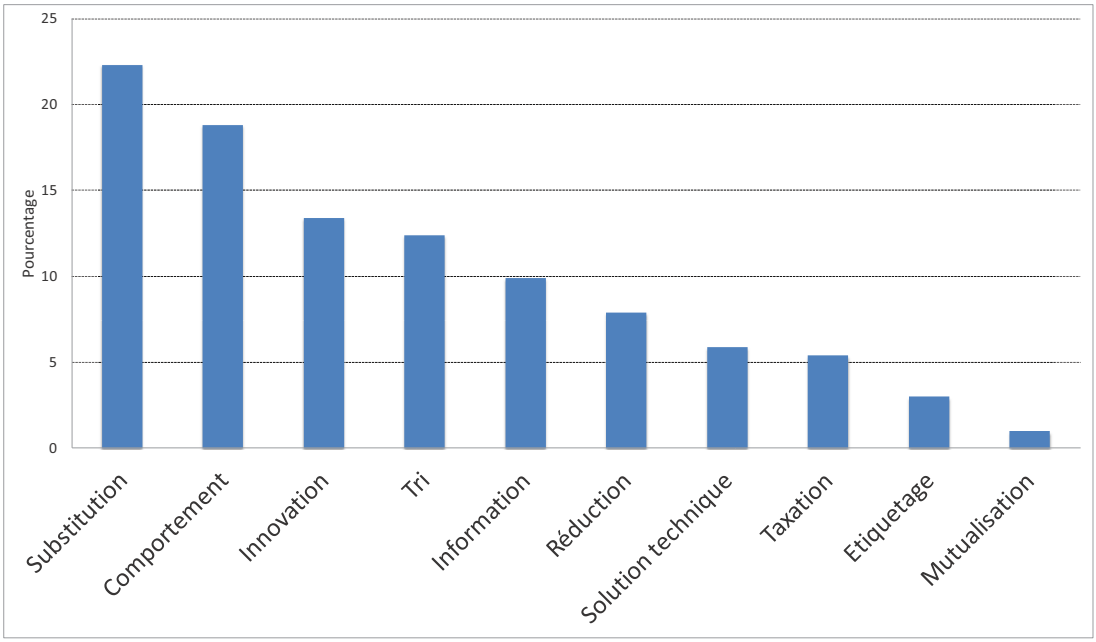


Figure 10. Classement des catégories de leviers d'actions citées par ordre décroissant

Quatre catégories de pratiques recueillent plus de 10 % des exemples : la substitution d'un produit par un autre (22%), le changement de comportement (19%), l'innovation sur le produit (13%) et le tri/séparation à la source (12%). Si la substitution et l'innovation sont plus liées à un changement ou une modification concernant les produits utilisés sans remise en cause de leur usage, les solutions de tri, au contraire, font autant appel à des solutions techniques *« avoir chez soi un système personnel de préfiltration »* qu'à des solutions comportementales *« cracher son dentifrice dans une poubelle à part ».* De plus, la substitution fait souvent référence au remplacement d'un produit chimique par un

produit plus naturel (bicarbonate de soude pour le nettoyage, huiles essentielles pour le traitement contre les indésirables …), mais aussi, par la fabrication d'un produit directement par l'usager *(« faire soi-même ses cosmétiques »)* ce qui peut donc également s'apparenter à un changement de comportement. Le changement de comportement en tant que tel recueille environ 19% des exemples et la réduction (des produits, des usages) 8%. Une des catégories qui semble également relativement importante, par rapport au nombre d'exemples cités, concerne l'information /communication /sensibilisation (10% des exemples de leviers d'action), indiquant que les participants sont demandeurs de plus de connaissances sur les produits susceptibles de rejeter des polluants leur permettant ainsi de mieux orienter leur choix vers des produits plus respectueux de l'environnement. Par contre, assez peu de leviers concernent directement l'étiquetage des produits (3% des exemples).

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur le nombre de leviers d'actions proposés pour chaque comportement des familles de pratiques retenues indique que les solutions proposées pour chaque famille de pratique font généralement appel à différentes catégories de leviers d'actions (Figure 11). Néanmoins, les solutions aux comportements suivants : laver son animal domestique (I_toilettage), prendre un médicament (M_médicament) et jeter des médicaments dans les toilettes (M_toilettes) sont globalement plus expliquées par des leviers d'action appartenant aux catégories : mutualisation, tri/réduction à la source et réduction qui sont des variables corrélées entre elles au seuil $p<0,05$. Les solutions aux comportements : se passer de la crème solaire (H_solaire), se mettre du déodorant (H_deo) et traiter son animal contre les puces (I_puce) sont globalement plus expliquées par les variables substitution d'un produit par un autre, innovation sur le produit et taxation/réglementation.

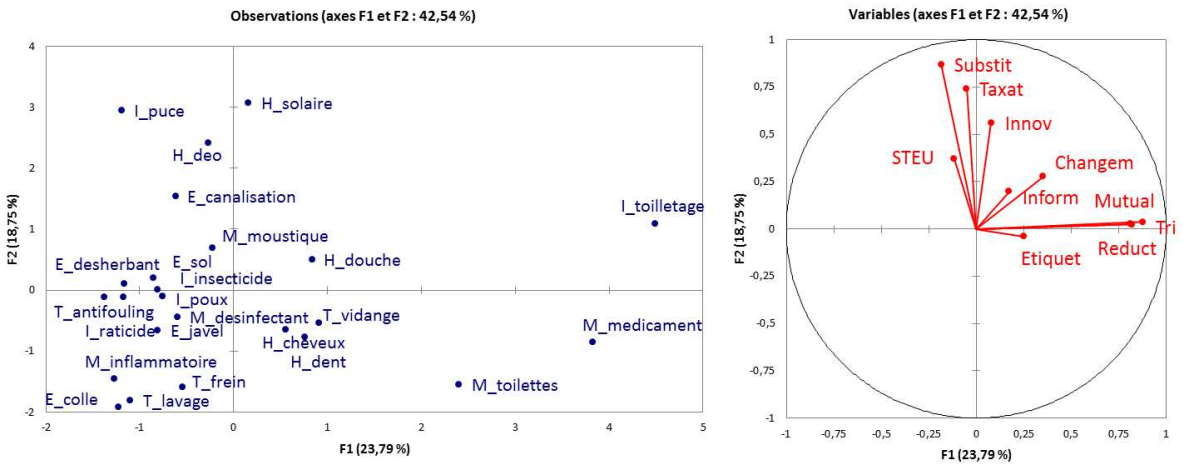


Figure 11. ACP réalisée sur le nombre de leviers d'actions proposés par type de comportement pour chaque famille de pratiques. Le plan factoriel des individus (à gauche) représente les comportements par type de pratiques : H (Hygiène et soins corporels), M (soins médicaux), T (transports), E (Entretien maison et jardin), I (lutte contre les indésirables). Le cercle des corrélations (à droite) représente les 10 catégories de leviers d'action utilisées comme variables explicatives : Substit (substitution d'un produit par un autre), Taxat (Taxation/réglementation), Innov (Innovation sur le produit), STEU (solution technique de traitement en STEU), Inform (Information/sensibilisation/communication), Changem (changement de comportement), Mutual (mutualisation), Tri (tri/séparation à la source), Reduct (réduction), Etiquet (étiquetage).

Ainsi, ce travail met en évidence que les participants proposent un certain nombre de solutions pour changer de produit (en donnant des exemples concrets, suite à des informations sur les impacts environnementaux des substances contenues dans le produit ou encore si ce produit est taxé ou interdit), mais amènent également, à travers certains leviers d'actions sur le changement de comportement ou sur la réduction, à se questionner sur les habitudes de consommation (doses, fréquences d'usage).

Le bilan de ce travail participatif de co-construction montre qu'un certain nombre de leviers d'actions peuvent être proposées par le grand public. Le fait que ce soit le public qui les proposent eux-mêmes et pas seulement les chercheurs ou les décideurs au sens large, les rendent sans doute plus acceptables. Cependant, assez peu d'idées réellement nouvelles, non imaginées par l'équipe de recherche émergent de ce travail. Cela peut s'expliquer par une difficulté de verbalisation ou d'imagination lors de l'animation de quelques dizaines de minutes, sur un sujet dont le public ne se sent pas expert et donc pas forcément légitime pour imaginer des leviers d'actions. On a ainsi pu observer que le public jeune (collégiens) avait moins de retenue et était plus imaginatif de solutions innovantes[6] par rapport au public adulte dont les solutions sont plus classiques et donc plus prévisibles.

2.3. Suites envisagées

Les évaluations du Living Lab servent à construire la suite du projet et de la participation citoyenne à celui-ci. Le concept Living Lab appliqué à ce projet de recherche ne s'arrête pas à cette phase de la tâche 1.2.3, mais représente la démarche globale du projet REGARD. La notion de sciences participatives s'inscrit dans le temps avec les citoyens sur l'ensemble du programme, non seulement dans de nouvelles actions participatives qui seront mises en place mais aussi en capitalisant sur les outils conçus et expérimentés. C'est pour cela que nous envisageons des prolongements nouveaux au-delà du projet initial.

2.3.1. Le projet initial

Dans le programme initial de REGARD, des prolongements de cette expérience Living Lab sont prévus. Des ateliers doivent se dérouler auprès de ménages référents (tâche 2.2.2. Leviers d'actions sur la source domestique). Ce sera certainement une introduction au protocole de suivi qui sera mis en place dans ces foyers. Il est intéressant de les faire entrer dans la démarche du projet de recherche par une animation ludique de sensibilisation qui s'est révélée efficace lors de ces cinq mois d'animation.

Puis l'expérience sera à nouveau présentée dans l'exposition itinérante finale du projet REGARD (Lot 5 Valorisation, sensibilisation, transfert et médiation scientifique grand public). Ici encore nous proposerons aux visiteurs de cette exposition de pénétrer le sujet des micropolluants par une posture active, qui les amène à se poser des questions sur cette problématique avant que nous puissions leur amener quelques réponses issues de ces années de recherche.

Il est également prévu que la Maison de l'eau se saisisse de ce Living Lab dans ses missions de sensibilisation et de pédagogie autour des enjeux de l'eau et des pollutions des milieux aquatiques sur la métropole bordelaise.

[6] Quelques exemples de leviers d'action cités par les collégiens : « inventer un dentifrice qui s'avale » ; « vendre des mini-seringues d'anti-inflammatoire à la place des crèmes » ; « « mettre des capteurs dans les WC et infliger des amendes à ceux qui jettent les médicaments inutilisés dans les toilettes ».

2.3.2. Autres pistes d'évolution

Les retours d'expériences ont dévoilé un potentiel d'usage de cet atelier Living Lab envers des cibles ou des lieux que nous n'avions au départ pas explorés.

Par exemple, les ateliers auprès des collégiens ont montré que l'outil pouvait être efficace pour une sensibilisation scolaire dans un cadre pédagogique. Il en est de même pour des sensibilisations du grand public et certainement plus particulièrement lors d'événements thématiques, type salon de l'environnement ou autre.

De plus, nous pouvons imaginer que les résultats 2016 de ce quiz servent de base, de référence à une étude plus large sur l'évolution de la perception des citoyens sur les micropolluants et leurs impacts dans les milieux aquatiques, une sorte de « baromètre » au fil des ans. Imaginons que nous proposions ce quiz (toujours la même interface, les mêmes questions et le même protocole d'animation) sur plusieurs années. Une étude sur l'évolution des réponses pourrait permettre de mesurer l'évolution des connaissances, des perceptions et des comportements du grand public sur le sujet. L'outil deviendrait alors l'instrument de mesure d'impact, non seulement de la sensibilisation générale du public sur le sujet, mais plus globalement de l'efficacité de certaines actions/campagnes menées dans les années à venir (dans le cadre du projet REGARD mais plus généralement dans notre société médiatique actuelle). Cette piste mérite d'être étudiée.

2.3.3. Adaptations nécessaires

Suite aux évaluations, et selon les choix d'usages futurs, quelques adaptations (faisant partie intégrante du processus d'innovation par itérations porté par le Living Lab) seront sans doute nécessaires.

Si nous utilisons cet outil pour réaliser des animations dans le cadre scolaire, certaines pratiques proposées en exemple dans l'atelier seront sans doute à modifier ou à adapter pour correspondre le mieux possible aux usages de produits pouvant contenir des micropolluants par ces jeunes. L'atelier devra aussi s'équiper de matériel supplémentaire ou modifier le déroulé d'animation pour répondre aux exigences des grands groupes que nous rencontrons dans ce cadre. Enfin, il serait souhaitable de proposer cette action dans un cadre pédagogique plus large en totale cohérence avec les programmes scolaires.

Pour finir, l'utilisation dans des événements demanderait moins de modifications (si ce n'est un ou deux termes à corriger qui ont parfois été mal compris par le public) mais l'usage d'un serveur itinérant autonome pour une mise en réseau des données numériques du quiz. La partie co-création de leviers d'actions pourrait persister dans une nouvelle forme. Moins pour la collecte de données qui aujourd'hui va nous permettre de proposer des actions concrètes aux ménages référents, que pour montrer aux participants leur importance en tant que créateurs d'idées ainsi que l'importance de petites actions individuelles choisies dont le cumul devrait participer à la réduction des micropolluants. Il est important que les individus puissent se situer eux-mêmes dans les démarches qu'ils jugeront appropriables ou non dans leurs propres modes de vie ou par rapport aux autres usagers (notamment les familles suivies dans le cadre du projet REGARD).

2.4. Le lien entre le Living Lab et l'enquête populationnelle

Le Living Lab (quiz et jeu de cartes interactif) s'est déroulé de décembre 2015 à mai 2016, c'est-à-dire avant la diffusion de l'enquête populationnelle (de mars à septembre 2016). La mise en place du Living Lab nous a donc permis d'identifier, parmi l'ensemble des pratiques domestiques testées dans le jeu de cartes interactif, d'identifier celles qui seraient approfondies dans l'enquête. Par ailleurs, le quiz nous a également permis d'entamer la réflexion concernant le lien entre ces pratiques et la perception des impacts sur les milieux aquatiques, plus poussée dans l'enquête.

Partie 2. L'enquête populationnelle

Comme indiqué en introduction, les objectifs de l'enquête populationnelle sont triples. Il s'agit :

- d'appréhender la diversité des connaissances et des représentations du grand public sur les micropolluants et leurs impacts sur les milieux aquatiques ;
- de faire un état des lieux des activités domestiques des individus pouvant avoir un effet sur les milieux aquatiques ;
- d'identifier des leviers d'action pour réduire les émissions domestiques de micropolluants.

Pour répondre à ces objectifs, une enquête quantitative a été réalisée. L'annexe 4 propose quelques éléments méthodologiques concernant ce type d'enquête. Ce questionnaire d'enquête est composé de quatre parties intitulées « À propos des micropolluants », « Vos pratiques au quotidien », « Pour agir » et « Pour mieux vous connaître » (Annexe 5).

Suite à un prétest effectué auprès de 25 personnes en vis-à-vis, le questionnaire a été diffusé en ligne (avec l'outil Google Forms) du 1er mars au 15 septembre 2016. Les principaux moyens de diffusion utilisés ont été les réseaux professionnels, sociaux, universitaires, ainsi que le site internet et le journal de Bordeaux Métropole.

Comment agir sur les comportements des individus pour les faire tendre vers plus de durabilité ?

Extrait du Document de l'ADEME (2016) :

« Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité. L'apport des sciences humaines et sociales pour comprendre et agir »

D'une manière générale, pour agir sur le comportement des individus et notamment le faire tendre vers plus de durabilité, il apparaît indispensable de s'appuyer sur des dispositifs qui visent le comportement dans sa composante individuelle et dans sa composante collective (économique, sociale et matériel). En effet, les outils qui jouent sur le calcul économique des individus (taxes, subventions), sur les modifications dans leur environnement direct (nudges) ou la contrainte réglementaire (interdictions) ne modifient pas forcément leur rapport à l'environnement. De même, les outils qui visent à l'évolution des représentations des individus ou leur montée en compétence (éducation, communication, sensibilisation) ne peuvent généralement pas à eux seuls surmonter les obstacles liés, par exemple, à un signal-prix déficient ou à un manque de technologies disponibles. Enfin, l'ensemble des réalités matérielles (aménagement du territoire, technologies existantes, biens et services disponibles), des normes sociales, des rythmes sociaux, etc., dans lesquels les individus sont insérés contribue fortement à restreindre la marge de manœuvre dont ces derniers disposent pour évoluer à leur échelle.

Il est par ailleurs essentiel d'articuler ces différents outils pour agir en même temps sur plusieurs leviers du changement. Il s'agit d'agir simultanément sur les représentations, les significations et les valeurs, les compétences et les savoirs, et la dimension matérielle et technique des pratiques sociales que l'on souhaite faire évoluer. Il faut toutefois veiller à la compatibilité des différents outils entre eux (jouer sur la morale écologique peut faire mauvais ménage avec la mise en place d'incitations économiques). Le choix entre les différents outils disponibles et leur combinaison doivent également se faire en fonction du contexte et donc du territoire, du type de comportement à faire évoluer, de la cible visée, etc.

L'articulation des échelles d'action (et donc les acteurs) est également importante : échelle individuelle, échelle de l'individu dans un groupe, échelle de l'interaction entre l'individu, les groupes et leur environnement proche, échelle de la société dans toutes ses dimensions (économiques, techniques, sociales, culturelles, etc.). À toutes ces échelles correspondent des acteurs et des compétences spécifiques et complémentaires.

Enfin, il s'agit de cibler à la fois les individus (ou les ménages) et les acteurs qui ont une influence sur leur capacité d'action. En effet, l'individu est contraint dans son action par les réalités économiques, matérielles et sociales de la société dans laquelle il vit et dont tous les acteurs (pouvoirs publics, société civile, entreprises) doivent également évoluer et agir.

1. Structure du questionnaire

La première partie *« À propos des micropolluants »*, composée de sept items, mesure les connaissances et les représentations des participants au sujet de la définition et de l'origine des micropolluants. Les participants sont amenés à donner leur avis à partir de différents types de questions (choix multiples, échelles de 1 à 6 et questions ouvertes).

Conscients que certains répondants ne connaissent pas le terme « micropolluant », nous avons jugé important d'ajouter, à la suite de la question leur demandant de choisir leur définition, la définition exacte afin que tout le monde puisse ensuite être en mesure de répondre à l'ensemble du questionnaire dans les meilleures conditions de compréhension possible.

Composée de 26 items, la deuxième partie *« Vos pratiques au quotidien »* s'intéresse aux usages domestiques pouvant perturber les milieux aquatiques. Les participants sont questionnés sur six de leurs pratiques, à savoir l'utilisation de produits d'hygiène pour la douche, l'entretien du linge, l'entretien de leur(s) véhicule(s), le traitement des animaux domestiques contre les puces, l'utilisation d'insecticides et la prise de médicaments. Ces pratiques ont été retenues car elles sont réalisées par la grande majorité de la population (par ex. douche, lavage du linge), ont un lien avec la source pluviale (par ex. lavage des voitures sur le trottoir), ou encore sont en lien avec les substances chimiques analysées dans le cadre de ce programme et qui ont préalablement révélé des concentrations importantes dans le réseau ou le milieu naturel (par ex. pesticides, Fipronil et résidus médicamenteux).

Pour chaque usage, afin de faire émerger des leviers d'action potentiels en matière de réduction (d'usage ou de fréquence d'utilisation), de substitution de produits par d'autres moins polluants, ou encore de changements de comportements, des questions sont posées sur la quantité, la fréquence et le type de produits utilisés (cases à cocher, échelles de 1 à 6 et questions ouvertes). Les répondants sont également invités à donner leur avis sur l'impact plus ou moins important des produits utilisés sur les milieux aquatiques.

La troisième partie *« Pour agir »*, constituée de cinq items (échelles de 1 à 6), amène les répondants à donner leur avis sur les responsables possibles de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques, ainsi que les pistes d'actions envisageables pour réduire l'impact de ces micropolluants.

La quatrième et dernière partie *« Pour mieux vous connaître » (*17 items) permet de caractériser le profil sociodémographique des répondants (âge, sexe, lieu d'habitation, type d'habitation, revenu, profession, etc.). Des questions sur leur implication dans des associations environnementales ou de consommateurs permettent également de caractériser le niveau d'engagement des répondants. S'ils le souhaitent, ils peuvent aussi s'exprimer à la fin du questionnaire en ajoutant des commentaires.

2. Analyse descriptive des résultats

2.1. Caractérisation de l'échantillon

Au total, 1081 personnes (dont 63% de femmes et 36% d'hommes) ont participé à l'enquête. Âgées de 17 à 90 ans (d'âge moyen de 38 ± 14 ans), elles vivent pour la plupart en Aquitaine et plus particulièrement en Gironde (68%).

Près de 90% de l'échantillon a un niveau d'étude supérieur ou égal au Bac, et 50% un niveau d'étude supérieur ou égal à Bac+5 (Figure 12). Ce sont les étudiants (21%), les professions intermédiaires (20%), les professions intellectuelles supérieures (17%), les cadres supérieurs/chefs d'entreprise (17%) et les ouvriers/employés (16%) qui sont les statuts les plus représentés[7] (Figure 13).

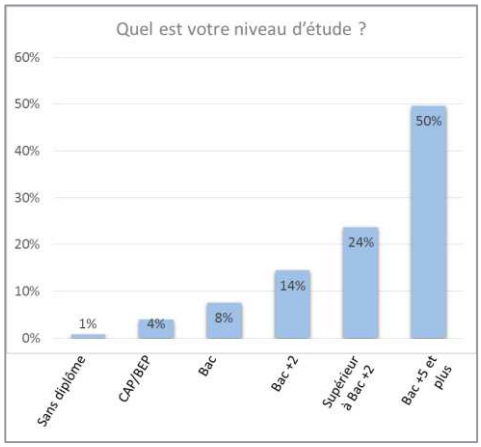


Figure 12. Niveau d'étude des participants (Q. 45)

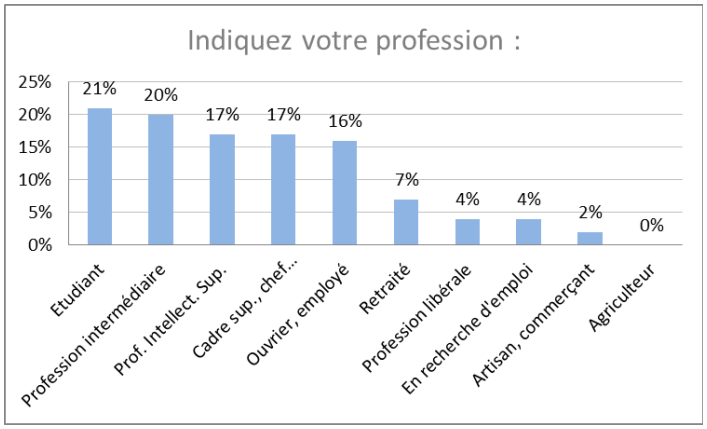


Figure 13. Professions des personnes de l'échantillon (Q. 46)

54% des répondants vivent dans un logement collectif et 46% en maison individuelle (Figure 14). On retrouve des tendances similaires lorsque l'on regarde le pourcentage de propriétaires (49%)/locataires (45%) (Figure 15), résultat sensiblement différent des données de l'INSEE (2011) pour le territoire de Bordeaux Métropole (38% de propriétaires, 60% de locataires et 2% d'hébergés). On peut également noter que plus de 80% des enquêtés disent avoir leur domicile relié à un réseau d'assainissement collectif/tout à l'égout et que 11% ne savent pas à quel type de collecteur des eaux usées leur domicile est relié.

[7] Les retraités et les personnes en recherche d'emploi devaient également indiquer leur dernière profession, ce qui explique qu'il peut y avoir quelques doubles-comptes

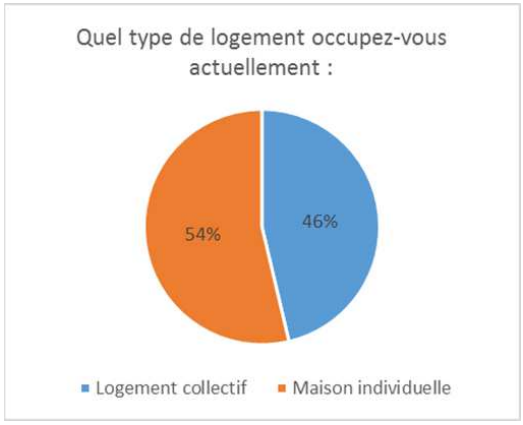


Figure 14. Type de logement occupé (Q.49)

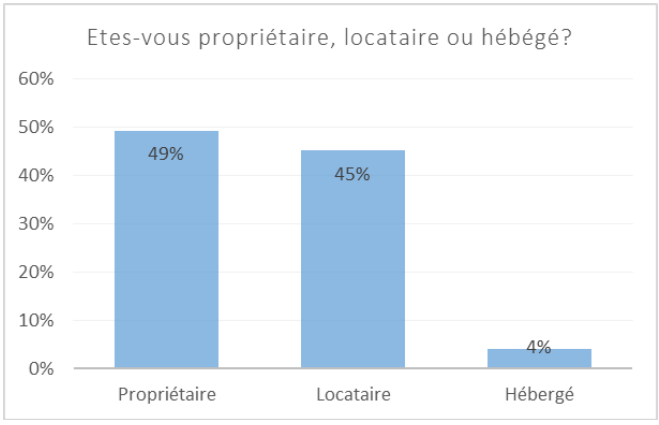


Figure 15. Type d'hébergement (Q.50)

Notre échantillon correspond donc à des personnes plutôt diplômées, encore étudiantes, de professions intellectuelles supérieures, cadres, professions intermédiaires ou ouvriers-employés, vivant pour moitié en logement collectif/maison individuelle, et qui sont pour moitié également propriétaires/locataires. Par rapport à la structure de la population locale, le déficit d'agriculteurs, de retraités et de chômeurs parmi les répondants trouve probablement ses racines dans le mode de diffusion du questionnaire (par internet via les réseaux professionnels et personnels des membres impliqués dans cette recherche), mais aussi peut-être du fait du thème traité, le terme « micropolluant » pouvant décourager certaines personnes.

2.2. Connaissances et représentations des micropolluants et de leurs sources

2.2.1. Les « micropolluants »

Les micropolluants concernent un nombre très important de substances chimiques qui sont réunies par le fait qu'elles peuvent avoir un impact à de faibles concentrations (de l'ordre du « micro »). Le terme « micropolluants » correspond surtout à une catégorie de gestion qui permet de ne pas stigmatiser des catégories d'activités qui en sont à l'origine. Pour le grand public, ce terme n'est pas ou peu connu et n'a donc pas de sens social. Ainsi, un micro-trottoir réalisé sur les quais de Bordeaux (mars 2016) a permis de montrer que, si le grand public connaît le terme « pollution » et peut l'associer avec un certain nombre de substances telles que « pesticides », voire « parabènes », ou « bisphénol A » ces dernières ayant fait l'objet d'une médiatisation, les individus ne savent globalement pas définir ce qu'est un micropolluant.

Pour cette raison, nous avons souhaité vérifier cette méconnaissance dans le questionnaire en proposant une question sur la définition sous forme de QCM[8]. Or, les résultats montrent étonnamment que 85% des enquêtés répondent correctement à la question portant sur la connaissance du terme « micropolluant » en sélectionnant uniquement la réponse B : *« un polluant qui agit, même à très faible dose, sur l'environnement et les êtres vivants »*[9], ce qui exprime une bonne connaissance de ce

[8] QCM : Questionnaire à Choix Multiples

[9] 92 % des répondants ont coché la réponse B, mais 7% ont également coché une ou plusieurs autres réponses, ce que nous avons interprété comme une mauvaise réponse. Ainsi, 85 % des répondants ont indiqué seulement la définition exacte dans leurs réponses.

terme (Figure 16). La question étant à choix multiple, certains ont répondu juste mais en cochant également une ou des réponses fausses, ce qui explique les 92% pour l'item B.

Néanmoins, ce résultat est à relativiser, car d'une part, la vraie réponse pouvait se déduire comparativement aux autres définitions et, d'autre part, il est possible que les enquêtés aient corrigé leur réponse après avoir lu la définition du terme « micropolluant » mise à disposition à la suite de cette question ou en recherchant sur internet. Pour rappel, nous voulions optimiser la qualité des réponses de l'enquête en nous assurant que tous les répondants aient le même niveau minimum de connaissances sur les micropolluants avant de poursuivre le questionnaire. Ce procédé nous garantissait ainsi des réponses cohérentes tout au long du questionnaire, mais entraînait également un biais méthodologique concernant cette première question relative à la connaissance du terme « micropolluant ».

Ainsi, au vu de ces biais, il ne nous semble pas pertinent de sur-interpréter ce taux de bonnes réponses. Cela nous permet cependant de considérer que tous les répondants avaient connaissance ou ont pris connaissance du sens de « micropolluant » avant de répondre aux questions suivantes, ce qui assure une meilleure interprétation des résultats de l'enquête.

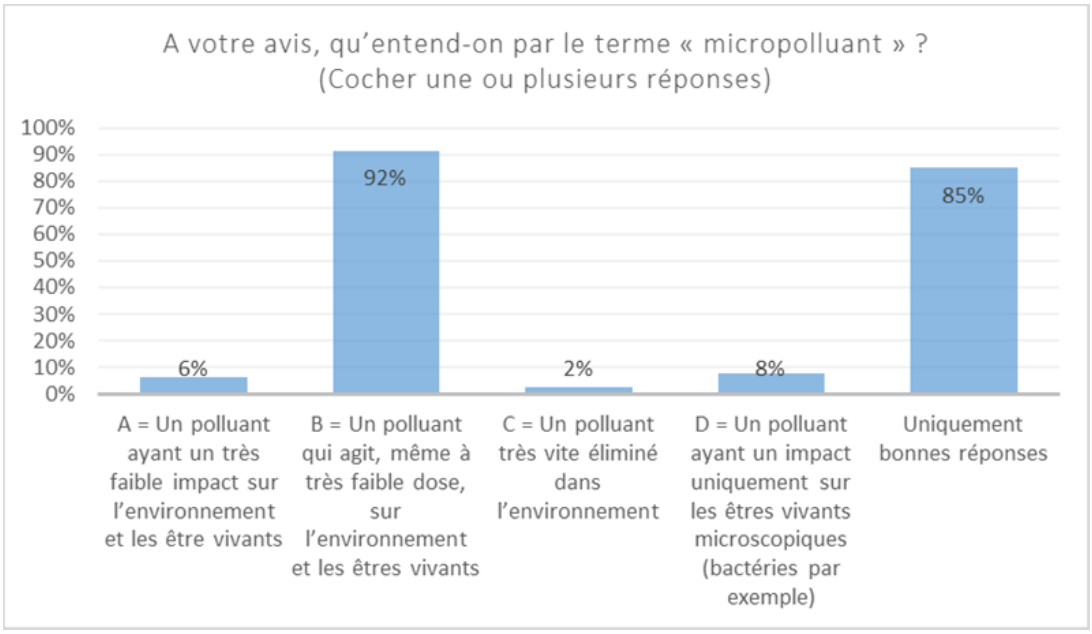


Figure 16. Connaissance du terme « micropolluant » (Q.1)

Tous les répondants considèrent qu'au moins un des produits proposés dans la liste contient des micropolluants (Figure 17). 32% pensent qu'il y en a dans tous les produits présentés, mettant en évidence un **état de suspicion généralisé** pour ces répondants, ce qui peut être lié à l'impact médiatique du thème : « les polluants sont partout ! »[10]. Les produits d'entretien de la maison (91%), les produits de bricolage (91%), les produits de jardinage (90%) et les produits d'hygiène et cosmétiques (88%) sont les plus représentés.

[10] Envoyé spécial (7/04/16) : « Perturbateurs endocriniens : ils sont partout ! » ; Sud-Ouest (19/05/13) : « Santé : les nouveaux polluants sont partout » ; émission radio RTS (8/03/05) : « polluants domestiques : ils sont partout ! » ; sans parler des dossiers et hors-séries des magazines d'associations de défense des consommateurs qui alertent sur la présence de résidus ou d'ingrédients toxiques dans l'alimentation ou les cosmétiques mais plus généralement dans tous les objets de la vie courante comme les jouets d'enfants (*60 millions*, n°521 - Décembre 2016 ; *Que choisir*, n°542 - Décembre 2015) ou les fournitures scolaires (*Que choisir*, n°550 - Septembre 2016) par exemple.

On peut s'étonner du classement des produits d'hygiène et cosmétiques en 4e position, juste après les produits d'entretien, de bricolage et de jardinage, plus souvent associés à des substances nocives pour la santé et l'environnement. Néanmoins, ce résultat peut être expliqué par le nombre important d'articles de la presse et d'émissions TV et radio sur la thématique des substances polluantes dans les produits d'usage courant, dont les cosmétiques. Ainsi, au travers de notre revue de presse exploratoire des magazines d'associations de consommateurs, nous observons que sur la soixantaine d'articles parus en 2016, un tiers traitait des substances chimiques problématiques dans les cosmétiques. Par exemple, des enquêtes comme « Cosmétiques : Pistez les ingrédients indésirables » parus en mars 2016 (n°545) dans *Que-choisir* qui détaillait les effets de ces micropolluants sur la santé et offrait une carte-repère des molécules toxiques afin d'accompagner le consommateur lors de ses achats ; ou, à l'occasion d'Halloween, « Des maquillages et des masques à faire peur » dans le *60 millions* de novembre 2016 (n°520) qui incitait d'autant plus au principe de précaution, rappelant les lacunes de la réglementation, que les utilisateurs sont des enfants ; ou encore le Hors-Série de cette même revue paru l'été dernier (n°120S) sur les cosmétiques proposant une liste d'ingrédients désirables, une explication des labels et des recettes pour la fabrication de produits cosmétiques « maison ».

Sont ensuite cités les médicaments (79%), les contenants et emballages alimentaires (76%), l'électroménager et l'électronique (64%), les vêtements (58%) puis les produits alimentaires (49%) (Figure 17).

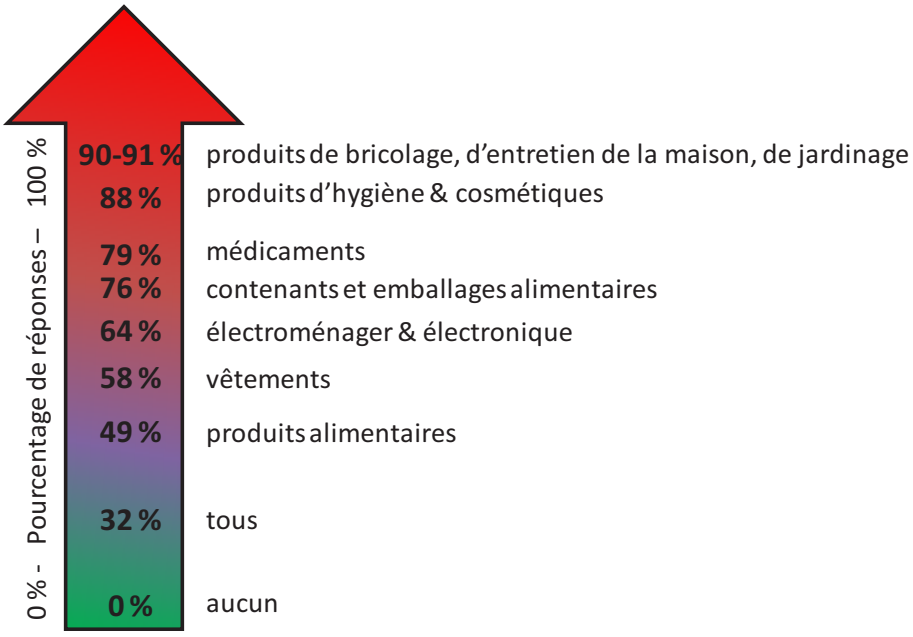


Figure 17. Produits d'usage courant contenant des micropolluants selon les participants (Q.2)

2.2.2. Le petit cycle de l'eau

En ce qui concerne la connaissance des répondants sur le traitement des eaux usées, on observe que 60% d'entre eux savent que les eaux usées domestiques sont *« acheminées vers des stations de traitement des eaux usées ou des systèmes de traitement individuel puis rejetées dans le milieu naturel »*. Ce résultat implique que 40 % des répondants soit ne sont pas sûrs de leur réponse, en en citant plusieurs, soit que les 10% de personnes indiquant « elles sont rejetées directement dans les cours d'eau » et les 15% citant « elles sont infiltrées dans le sol et se retrouvent ensuite dans le milieu naturel » font référence à l'éventualité de rejets non contrôlés (fuites, pertes…) ou délictueux (par ex.

systèmes non-conformes ou rejets non autorisés). Par contre plus, 30% des répondants (c'est-à-dire près de 300 personnes de l'échantillon !) pensent que les eaux usées domestiques sont *« acheminées vers des stations de traitement pour en faire de l'eau potable »* (Figure 18).

Les résultats concernant la connaissance des répondants sur le traitement des eaux usées montrent deux choses. D'une part, les pourcentages obtenus par l'enquête sont très proches de ceux obtenus par le Living Lab, ce qui indique que, malgré les biais d'échantillonnage associés à l'un ou l'autre des outils, les résultats peuvent être comparés et sont sans doute représentatifs de ce que pense la population en général. En outre, ce chiffre est à mettre en perspective avec ceux du rapport du CREDOC sur La perception de la qualité de l'eau et la sensibilité de la population à l'environnement, datant de 2000, qui montre que 21 % des Français pensent que l'eau distribuée dans leur commune provient du traitement des eaux usées et que 45 % croient que le Service d'Assainissement de l'eau traite les eaux usées « afin de les redistribuer au robinet » (Ortalda et Hatchuel, 2000). D'autre part, ces différents résultats traduisent indirectement la confiance accordée aux performances technologiques associées aux stations de traitement des eaux.

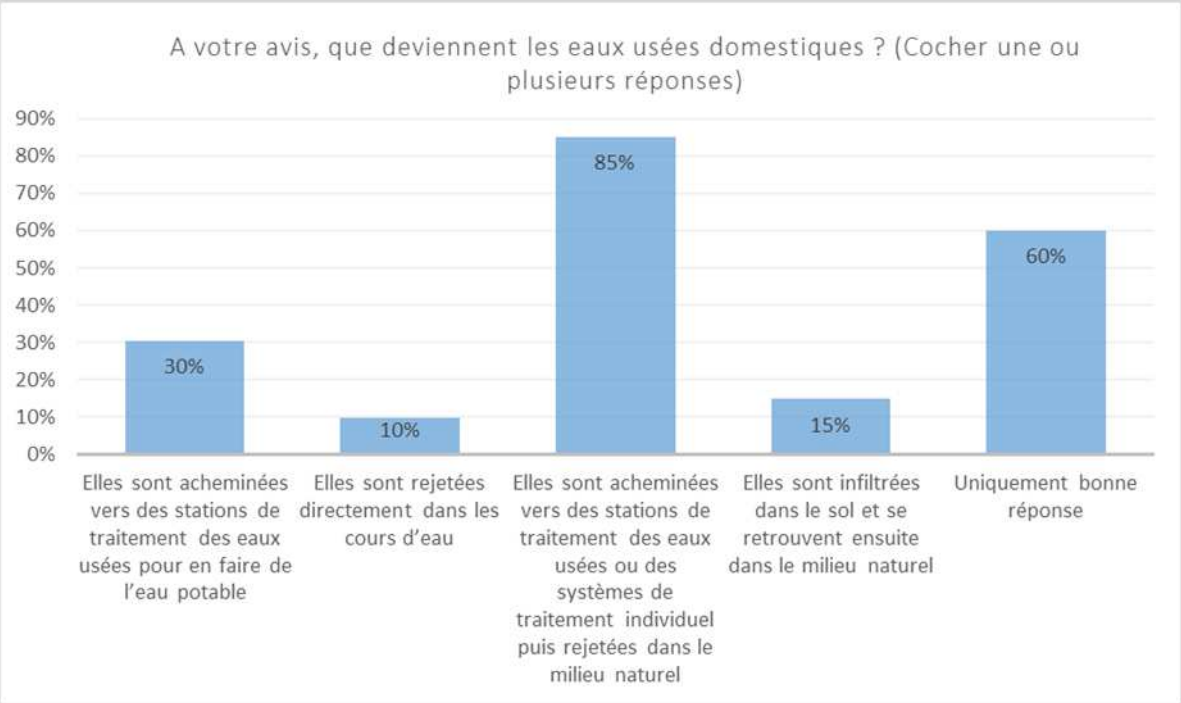


Figure 18. Cycle de traitement des eaux usées domestiques (Q.4)

2.2.3. Quelles sont les sources de micropolluants et les activités qui contribuent le plus à la pollution des milieux aquatiques ?

La majorité des enquêtés attribue fortement la pollution des milieux aquatiques aux activités agricoles et industrielles (scores moyens de 5,46 et 5,40 respectivement, avec une augmentation du pourcentage de réponses depuis le score 1-pas du tout à 6-tout à fait) (Figure 19). Ces activités sont, pour les Français, en effet, tenues comme les deux premiers responsables de cette pollution (Ortalda et Hatchuel, 2000) : 39 % des répondants[11] considèrent que les responsables sont les activités industrielles et agricoles (75 % pour l'industrie et 58 % pour l'agriculture). Ceci est fidèle à l'image de

[11] Parmi les 60 % de répondants qui constatent que l'état des rivières et des lacs s'est dégradé.

pollueurs qui est véhiculée, pointant leurs rejets dans l'environnement (Barrault, 2012). Un certain nombre de répondants avait peut-être à l'esprit l'arrêt de l'exploitation d'une partie des ressources en eau de la métropole bordelaise à cause d'une pollution au perchlorate d'ammonium par le site industriel Safran SME, ex-SNPE Matériaux énergétiques[12]. Une pollution peut-être également encore présente dans les esprits des répondants est la contamination en métaux (zinc, cuivre et cadmium) qui a affecté les huitres et les anguilles de l'estuaire de la Gironde dans les années 1980, dont la source principale était une usine métallurgique désaffectée située sur le Lot, à 300 km en amont de l'embouchure de l'estuaire. Par ailleurs, en 2016, une quinzaine d'articles dénonçaient la pollution par les pesticides présents dans la nourriture dont l'alimentation des bébés[13].

Les activités hospitalières et les activités domestiques présentent un profil de distribution des réponses différent des deux activités précédentes, avec des réponses mieux réparties en fonction des scores d'importance et des pourcentages de réponses les plus importants pour les scores 4 et 5 (sur une échelle de 1 à 6) (Figure 19). Les activités domestiques sont ainsi jugées comme moins polluantes pour les milieux aquatiques que les autres activités proposées, mais avec un score moyen tout de même supérieur à la moyenne des scores de l'échelle à 3,5. Le fait que les pratiques domestiques soient perçues comme moins perturbantes peut être attribué au fait qu'elles sont quotidiennes (par ex. le fait de se doucher) donc banalisées et ainsi jugées moins dangereuses. Pour autant, ces mêmes enquêtés déclarent être conscients de la présence de micropolluants dans les cosmétiques ainsi que nous l'avons décrit précédemment. En clair, si les individus sont conscients, au moins en partie, des apports en polluants liés à leurs propres usages, ils considèrent tout de même l'apport domestique moindre par rapport à celui de l'agriculture ou de l'industrie. A noter que le classement est identique au niveau national : le rejet des égouts – et donc des eaux domestiques – se retrouve en 3e position (Ortalda et Hatchuel, 2000).

[12] *Sud-Ouest*, 20/07/2011.

[13] *Que choisir*, n°552 - Novembre 2016 ; *60 millions*, n°521 - Décembre 2016.

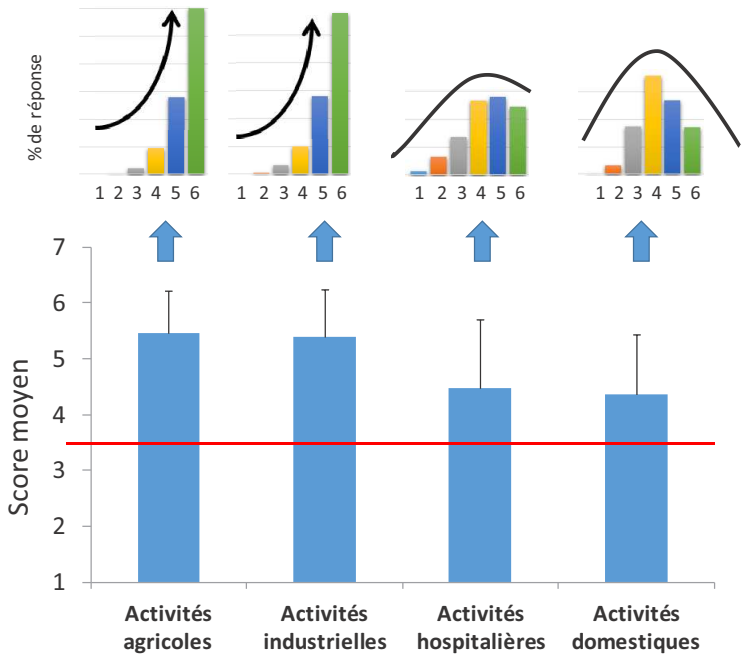


Figure 19. Activités jouant un rôle dans la pollution des milieux aquatiques selon les participants (Q.5 : « Selon vous, les activités suivantes contribuent-elles à la pollution des milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'activité, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout à 6-Fortement)

Par ailleurs, les répondants estiment que les sources principales de micropolluants présents dans les milieux aquatiques concernent des rejets non autorisés et la présence de micropolluants dans les sols puis leur entraînement vers les cours d'eau (Figure 20). Cette représentation peut être due au fait que les activités agricoles et industrielles sont considérées comme jouant un rôle important dans la pollution des milieux aquatiques (Figure 19), mais aussi comme l'indication d'un sentiment fort de non-respect de la réglementation. Ces dernières années, les différents scandales environnementaux d'origine industrielle[14] ou bien les reports de la réglementation sur les pesticides[15] sont peut-être en partie à l'origine de ces représentations.

[14] Citons par exemple la contamination métallique des huîtres et anguilles de l'estuaire de la Gironde ou, de manière plus éloignée, l'affaire des « boues rouges » du Parc national des Calanques

[15] Plan Ecophyto II : report des objectifs d'une réduction de moitié de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

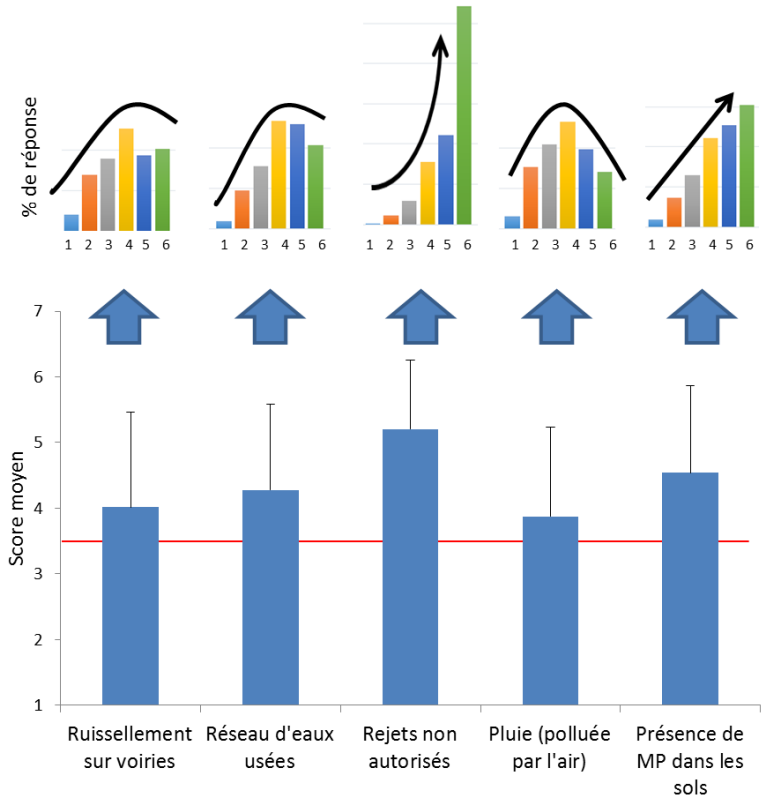


Figure 20. Provenance des micropolluants présents dans les milieux aquatiques selon les répondants (Q.6 : « selon vous, d'où proviennent les micropolluants présents dans les milieux aquatiques ? »). Pour chaque type de source, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout à 6-Tout à fait)

En matière de responsabilités perçues, les industriels, les agriculteurs et les élus sont considérés comme très responsables de la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques (avec des pourcentages de réponses augmentant en fonction des scores de 1-pas du tout à 6-tout à fait) (Figure 21). Si l'on retrouve la présence des agriculteurs et surtout des industriels, il est intéressant de faire apparaître celle des élus. Parmi les hypothèses proposées, évoquons par exemple : des déficits éventuels en matière de réglementation, d'information, un excès de tolérance, ou encore un manque d'implication. En outre, il est intéressant de rappeler que des enquêtes du CREDOC (Picard, 2009 ; Ortalda et Hatchuel, 2000) annoncent que l'action prioritaire de l'État attendue en matière d'environnement par les citoyens est la lutte contre la pollution de l'air et de l'eau. Même s'ils le sont également, les consommateurs, les supermarchés et les services hospitaliers sont considérés comme un peu moins responsables. Les gestionnaires des eaux sont quant à eux jugés les moins responsables de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques. Sur ce dernier point, on peut se demander si les répondants savent tous exactement qui sont et que font les « gestionnaires des eaux ». Ces mêmes enquêtes (Picard, 2009 ; Ortalda et Hatchuel, 2000) montrent effectivement une méconnaissance de ces métiers. On peut également se demander combien de personnes, parmi les répondants à notre enquête, sont impliqués dans la gestion de l'eau[16].

Ainsi, la vision des responsabilités se rapproche assez clairement des émetteurs pressentis ou des décideurs.

[16] Rappelons que l'enquête a été diffusée par Bordeaux Métropole à son personnel de la direction de l'eau.

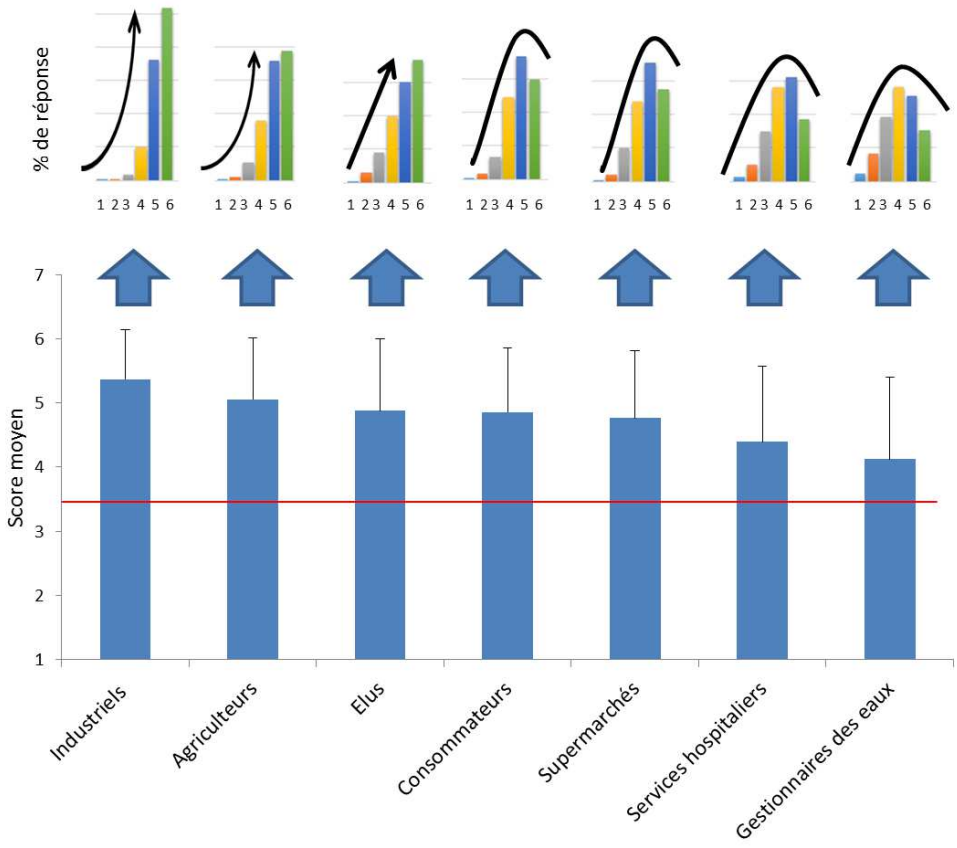


Figure 21. Responsables de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques (Q.37 : « A votre avis, qui est responsable de la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'acteur, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout responsables à 6-Très responsables)

2.3. Les pratiques du quotidien comme sources de micropolluants

2.3.1. La douche

Une grande partie des participants déclare faire souvent à systématiquement attention à la quantité de produits utilisée. Que ce soit à titre personnel ou pour l'ensemble du foyer, ils utilisent pour la plupart 2 à 3 produits pour se doucher (respectivement 75% et 43% des réponses), mais 34 % des répondants utilisent 4 à 5 produits et 21 % en utilisent plus de 5 pour l'ensemble de leur foyer. Les tests statistiques montrent en fait que la quantité de produits est corrélée avec le nombre de personnes dans le ménage.

Concernant l'utilisation de produits respectueux de l'environnement, on observe une bonne répartition de la distribution des scores : 16 % des répondants n'en utilisent « pas du tout », 17% en utilisent « systématiquement », le reste des pourcentages se répartissant entre les scores 2 et 5 (Figure 22).

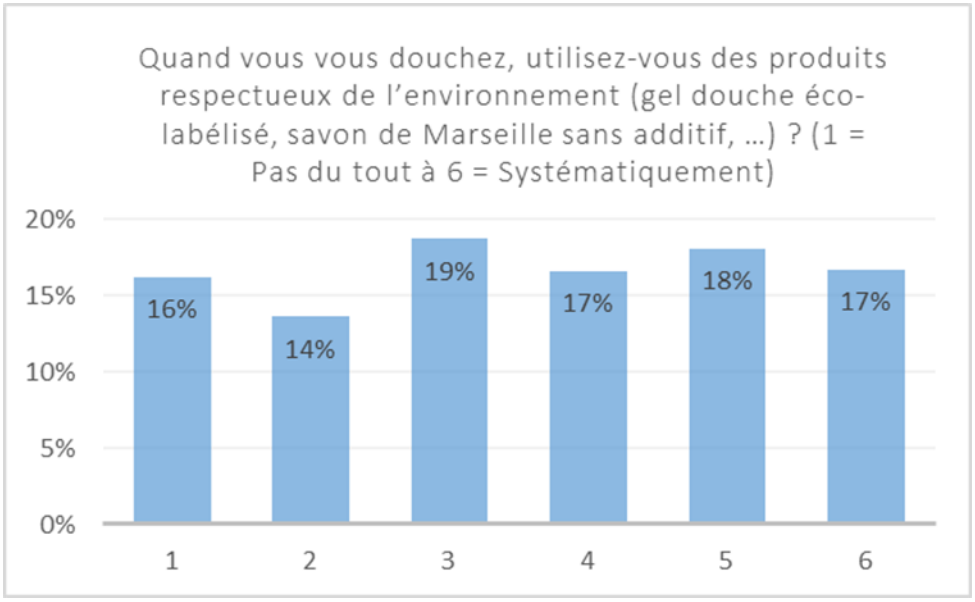


Figure 22. Utilisation de produits d'hygiène corporelle respectueux de l'environnement (Q.8)

Concernant la perturbation potentielle des milieux aquatiques par les produits utilisés pour la douche, on observe que les répondants n'ont pas d'idée très claire. En effet, plus de la moitié des réponses se concentre sur les deux réponses médianes (scores 3 et 4 recueillant 55% des réponses). Par ailleurs, on peut interpréter les 30 % des réponses des scores 5 et 6 de deux manières : soit comme une connaissance réelle de cet impact, soit comme un biais lié à la façon la question est posée (le répondant raisonnant en essayant de deviner les attentes de la recherche) (Figure 23).

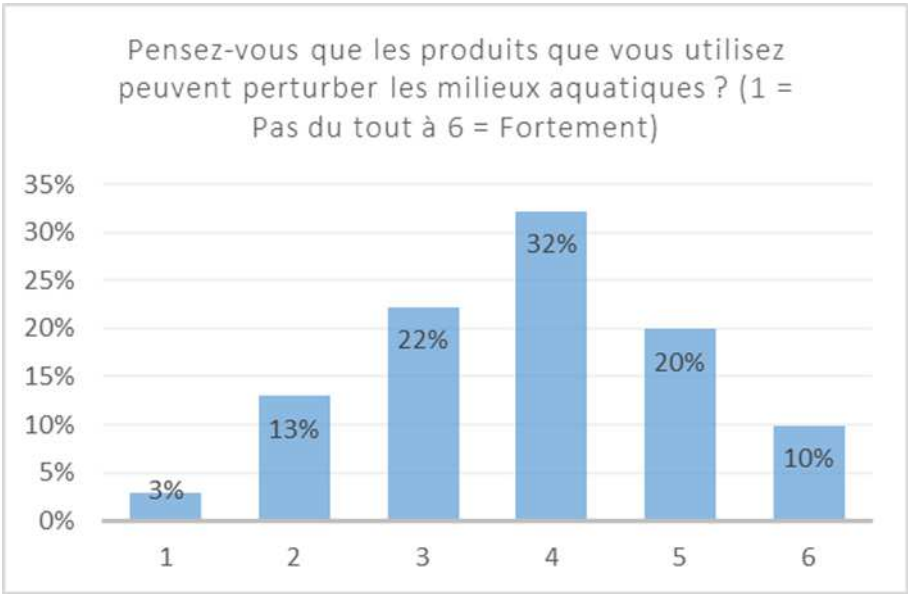


Figure 23. Perturbation des milieux aquatiques par les produits d'hygiène corporelle (Q.11)

2.3.2. *L'entretien du linge*

Pour l'entretien du linge, on retrouve sensiblement les mêmes résultats que pour l'hygiène corporelle : 54% de l'échantillon déclare utiliser 2 à 3 produits pour le lavage du linge. De la même manière que pour les produits de douche, les réponses concernant l'utilisation de produits respectueux de l'environnement sont bien distribuées entre les scores de 1 à 6 (Figure 24). Ce résultat semble assez

surprenant au regard de la forte distribution de plusieurs marques de lessives écolabellisées dans tous les supermarchés, et ce, depuis de nombreuses années. On peut alors se poser la question si les exemples proposés entre parenthèses *(« produits écolabellisés, noix de lavage… »)* n'ont pas eu comme limite de focaliser les réponses uniquement sur les exemples cités, en fonction de l'effet de primauté (premier cité) ou de récence (dernier cité ; dans notre cas : noix de lavage moins fréquentes et moins utilisées que les lessives écolabellisées).

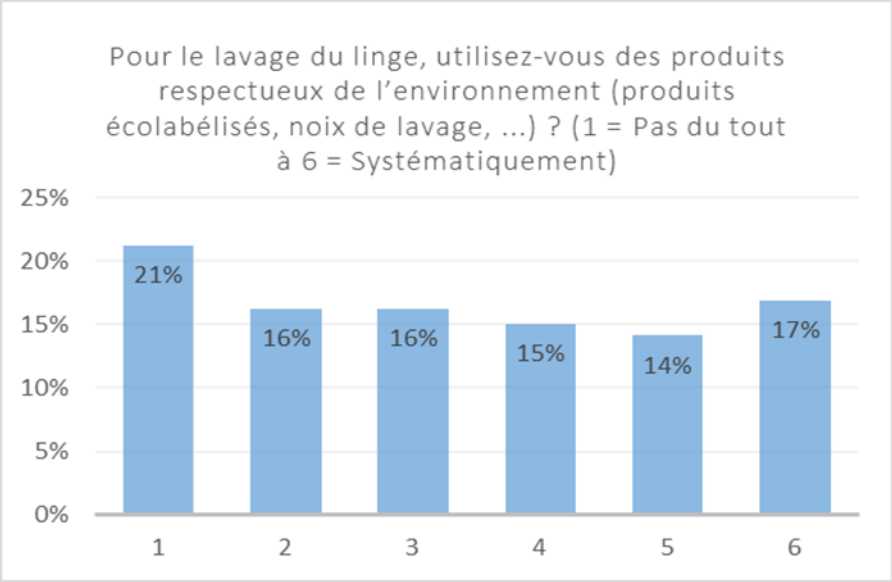


Figure 24. Utilisation de produits de lavage respectueux de l'environnement (Q.12)

Malgré la proportion relativement peu importante de personnes utilisant des produits respectueux de l'environnement, près de 70% d'entre elles (pour le cumul des scores de 4 à 6) estiment que les produits utilisés pour le lavage du linge peuvent perturber moyennement à fortement les milieux aquatiques (Figure 25).

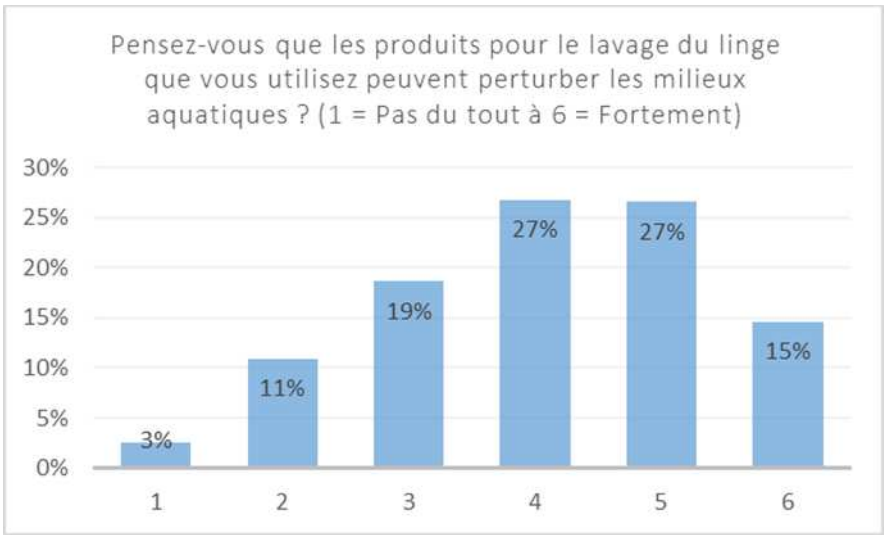


Figure 25. Perturbation des milieux aquatiques par les produits d'entretien du linge (Q.15)

Concernant les rejets en micropolluants avérés par cette pratique, les travaux de Deshayes (2015) montrent que c'est l'eau issue des lave-linges qui apparaît la plus contaminée en phtalates parmi l'ensemble des eaux grises domestiques ayant fait l'objet d'analyses chimiques (eau de douche, eau

de lavage des sols, eaux de vaisselle). Bien que produits de lavage du linge représentent la source majoritaire de nonylphénol et le dibutylphtalate (DnBP), il semblerait que la source majoritaire d'autres formes de phtalates et d'alkylphénols (octylphénol, phtalate de benzylbutyl BBP, phtalate de di-2 étylhexyle DEHP, et surtout phtalate de diéthyle DEP) soit les vêtements eux-mêmes (qui pourraient être contaminés par la pollution atmosphérique ou par le contact avec la peau, elle-même contaminée par les cosmétiques…). Ces résultats montrent la complexité liée aux sources de micropolluants retrouvés dans les eaux usées et questionne sur les leviers d'actions à mettre en place ….

2.3.3. L'entretien du véhicule

D'une manière générale, le plus grand nombre de participants dit posséder 2 à 3 véhicules par ménage[17] et préfère les laver au Lavomatic (71%) plutôt que chez eux (36%). Les personnes préférant laver leurs véhicules chez eux déclarent utiliser de l'eau et des détergents pour 29 % d'entre eux, également des produits spéciaux, de type produits lustrants, pour les jantes (8%). 4 % de des personnes utilisent des produits écolabellisés.

Contrairement aux réponses concernant les produits pour la douche et les lessives où les réponses étaient bien distribuées entre les 6 scores, ce sont clairement les scores 4, 5 et 6 qui sont ici le plus cités comme pouvant perturber les milieux aquatiques. Ainsi, les produits utilisés pour laver les véhicules sont jugés comme perturbant assez à fortement les milieux aquatiques (Figure 26). La question étant formulée de la manière suivante : *« Pensez-vous que les produits que **vous** utilisez pour laver votre véhicule peuvent perturber les milieux aquatiques ? »*, on peut penser que les répondants ont répondu par rapport au lavage chez eux, et non par rapport au lavage au Lavomatic où les eaux sont recyclées. Or, seulement 300 répondants (36 % des répondants à cette question) ont répondu laver leurs voitures à domicile (entre 1 fois par semaine et quelques fois par an).

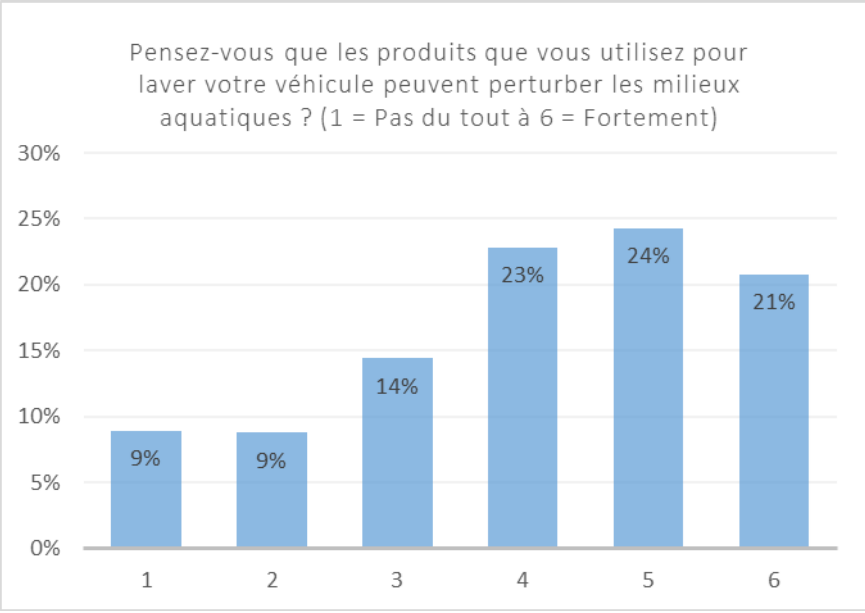


Figure 26. Perturbation des milieux aquatiques par les produits d'entretien du véhicule (Q.19)

[17] Ce qui est conforme avec les données de l'INSEE : en 2008, 36 % des ménages français possèdent 2 véhicules ou plus

2.3.4. Le traitement des animaux domestiques

Parmi les participants ayant des animaux domestiques (ce qui représente 41% de notre échantillon), 37% d'entre eux les traitent à une fréquence régulière/à titre préventif, 46% occasionnellement en cas d'infestation et 17% ne les traitent jamais.

Un tiers des répondants n'utilise pas du tout ou peu de produits antipuces respectueux de l'environnement (Figure 27), ce qui diffère des produits pour la douche ou le linge présentés auparavant. Cela peut s'expliquer par le fait qu'on trouve moins de médicaments « respectueux de l'environnement », même pour les animaux, la/les substance(s) pouvant impacter l'environnement étant justement la/les substance(s) active(s) du/des médicament(s). On remarque néanmoins que les utilisateurs d'antipuces sont partagés sur la perturbation probable de ces produits sur les milieux aquatiques (Figure 28). Certains peuvent en effet penser que des substances « biocides » peuvent potentiellement perturber l'environnement, mais il est difficile, même pour les personnes sensibilisées et expertes, de se représenter le passage de la substance antipuce de l'animal à la rivière ! Pourtant des études récentes montrent que le passage de l'antipuce[18] vers les eaux usées se fait préférentiellement après le lavage des mains du propriétaire de l'animal (Dufour *et al.*, 2016).

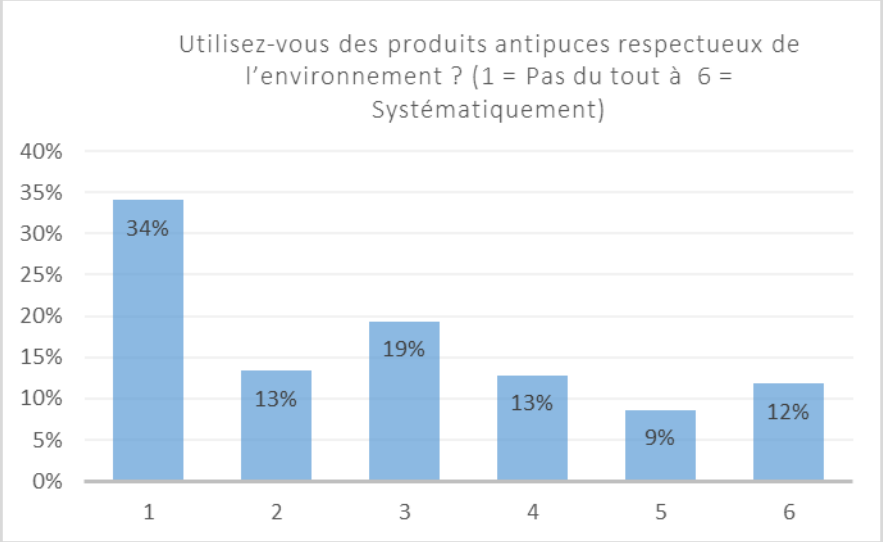


Figure 27. Utilisation de produits antipuces respectueux de l'environnement (Q.22)

[18] Substance active : Fipronil

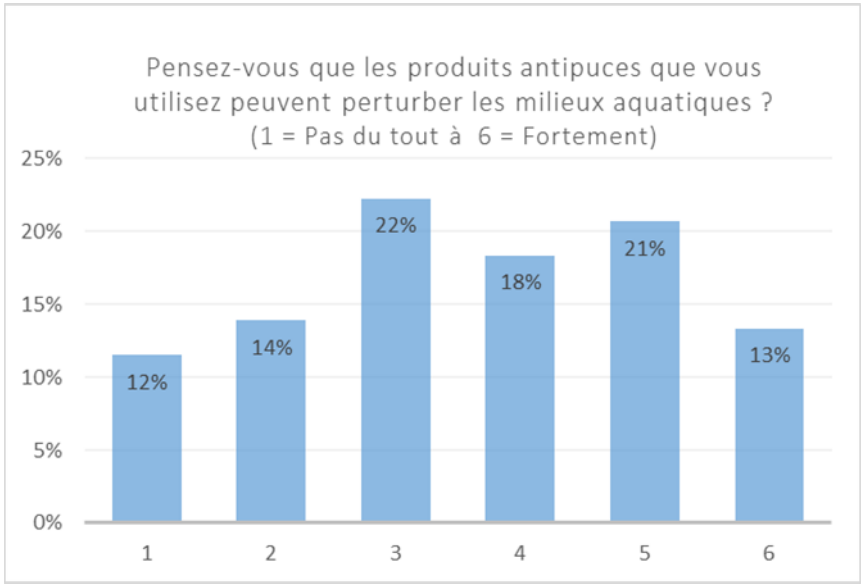


Figure 28. Perturbation des milieux aquatiques par les produits antipuces (Q.23)

2.3.5. L'usage d'insecticides

La majorité de l'échantillon déclare ne jamais (38%) ou rarement (68%) utiliser des insecticides chimiques, et seulement 6% déclarent en utiliser fréquemment ou en continu. Par contre, aucun répondant ne déclare avoir aucun produit insecticide chimique chez lui et un nombre très important d'entre eux dit avoir 1 produit insecticide chimique (62%) ou 2-3 (35%). Concernant l'utilisation de produits insecticides respectueux de l'environnement, la distribution des scores de réponses est assez équilibrée, bien qu'un quart de l'échantillon déclare en utiliser très souvent ou bien mettre très souvent en œuvre des actions mécaniques (score de 5 sur l'échelle de 1 à 6) pour se débarrasser des insectes gênants (Figure 29).

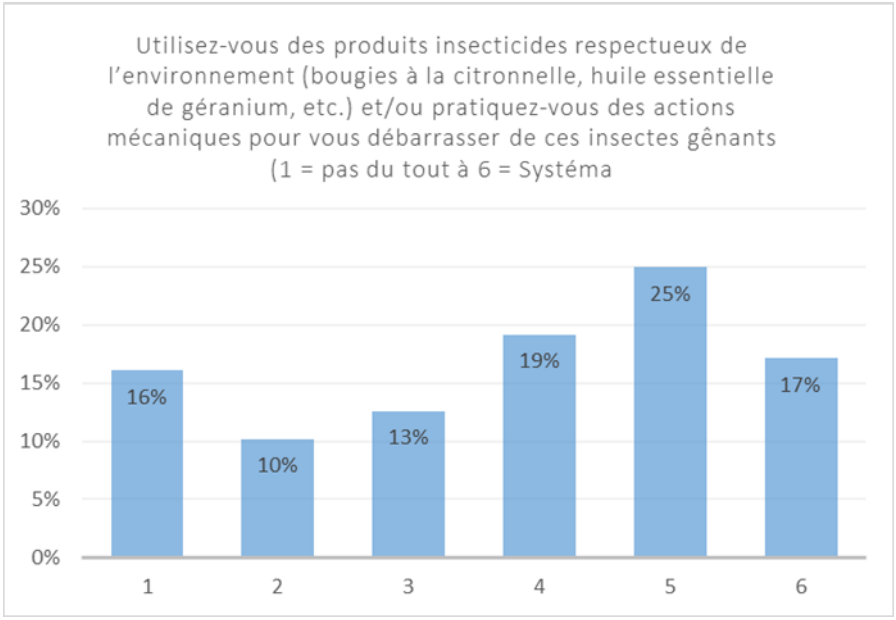


Figure 29. Utilisation de produits insecticides respectueux de l'environnement (Q.26)

Par ailleurs, les pourcentages de personnes pensant que les produits insecticides chimiques peuvent perturber les milieux aquatiques vont croissant des scores de 1 à 6 (Figure 30). Ces forts taux de

réponses sur l'effet perturbateur de ces produits sont sans doute influencés par le fait que les insecticides utilisés comme phytosanitaires dans l'agriculture sont connus pour avoir des effets néfastes sur l'environnement (ce qui renvoie en partie à la Figure 19 et à la Figure 21). Par ailleurs, une partie de ces produits est utilisé sous forme d'aérosols, ce qui est aussi perçu comme un risque pour la santé humaine (au regard des pictogrammes d'information sur les dangers adossés directement aux produits).

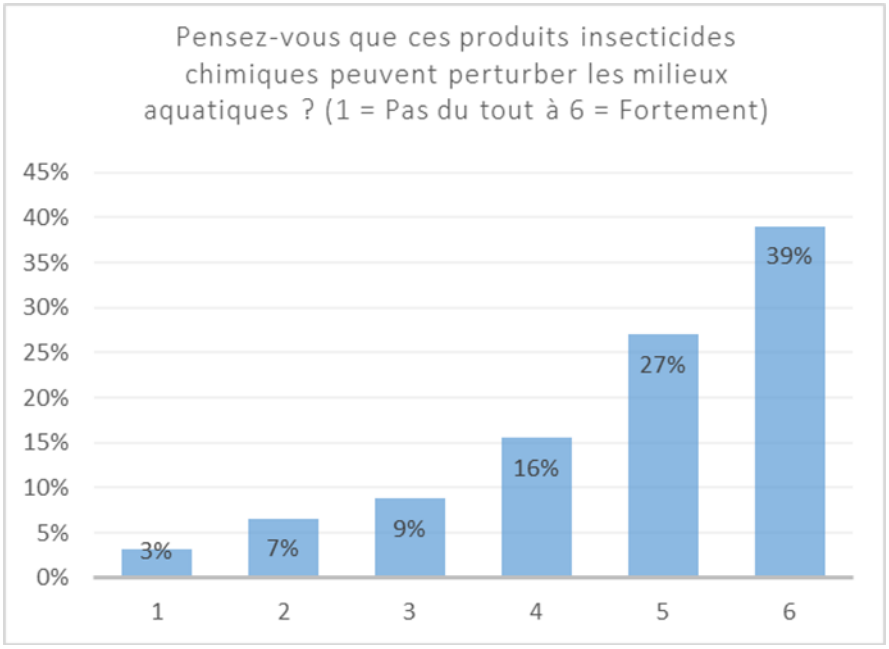


Figure 30. Perturbation des milieux aquatiques par les produits insecticides (Q.27)

2.3.6. La prise de médicaments

Les répondants déclarent utiliser *« occasionnellement »* les antidouleurs de type paracétamol (67%), et ibuprofène (51%), et respectivement 21% et 10 % des répondants déclarent en prendre *« régulièrement (1 à 3 fois par mois)* ». Les données de l'ANSM[19] indiquent que le paracétamol domine très largement le classement des substances médicamenteuses les plus vendues en ville en France. Pour ce qui est des autres médicaments plus spécifiques comme les bétabloquants, les antidépresseurs et les anxiolytiques, les participants indiquent dans leur très grande majorité ne jamais les utiliser. 1 à 7% en utilisent *« occasionnellement »* ou *« tous les jours »* du fait de leur traitement.

En ce qui concerne la perturbation des milieux aquatiques par les médicaments, on observe un accroissement des pourcentages de réponses en fonction des scores de 1 à 6 (Figure 31).

[19] Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé.

En France en 2013, 2 800 substances actives différentes ont été commercialisées. Elles correspondent à plus de 11 000 spécialités. En moyenne, un Français consomme 48 boîtes de médicaments par an.

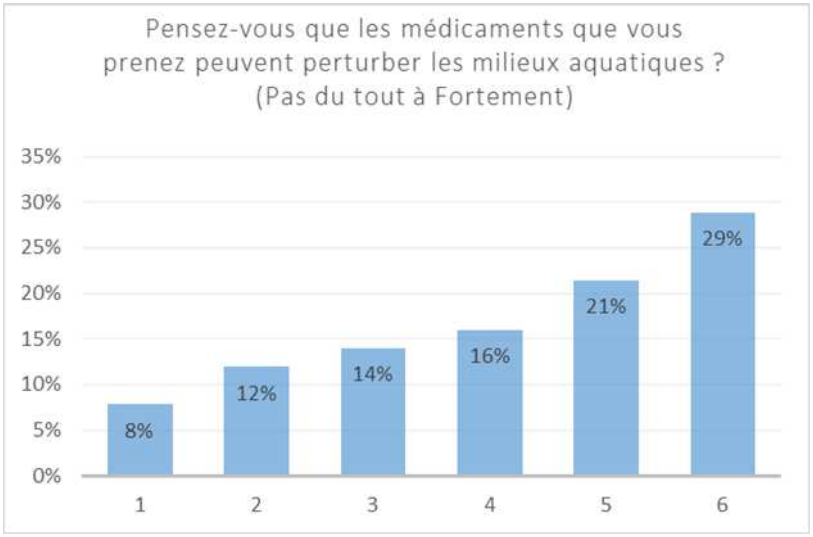


Figure 31. Perturbation des milieux aquatiques par les médicaments (Q.31)

2.4. Micropolluants et impacts

2.4.1. Perturbation des milieux aquatiques

La Figure 32 permet de comparer les questions 11, 15, 19, 23, 27 et 31 relatives à la perturbation des différents produits utilisés lors des pratiques quotidiennes sur les milieux aquatiques. On peut tout d'abord noter que l'ensemble des produits, avec un score moyen de réponses supérieur à 3,5, sont considérés par les répondants comme des perturbateurs des milieux aquatiques. Les produits cités comme les plus perturbants sont les insecticides et les médicaments, qui montrent tous les deux une distribution croissante des réponses du score 1 (pas du tout) au score 6 (tout à fait). Ces scores importants peuvent être expliqués par une forte médiatisation de l'impact de ces produits et potentiellement, pour les insecticides chimiques, par une certaine confusion entre les insecticides utilisés à domicile dans le cadre des activités domestiques et les pesticides utilisés en agriculture, même s'il est à noter que les biocides à usage domestique sont de plus en plus décriés et font l'objet d'articles dans les magazines d'associations de défense des consommateurs. On trouve ensuite les produits plus courants et utilisés fréquemment comme les lessives[20], les produits pour l'entretien des voitures et pour la douche. Enfin, l'antipuces est le produit qui semble le moins perturbant pour les répondants, alors même que certaines substances antipuces comme le Fipronil sont retrouvées dans les eaux usées et le milieu naturel (Dufour *et al.*, 2016). Le faible impact associé à ce type de produit est sans doute lié à la difficulté à faire le lien entre le traitement de l'animal domestique et le rejet dans le milieu naturel.

[20] les citoyens se souviennent sans doute que les phosphates contenus dans les lessives ont contribué, pendant longtemps, à l'eutrophisation des cours d'eau

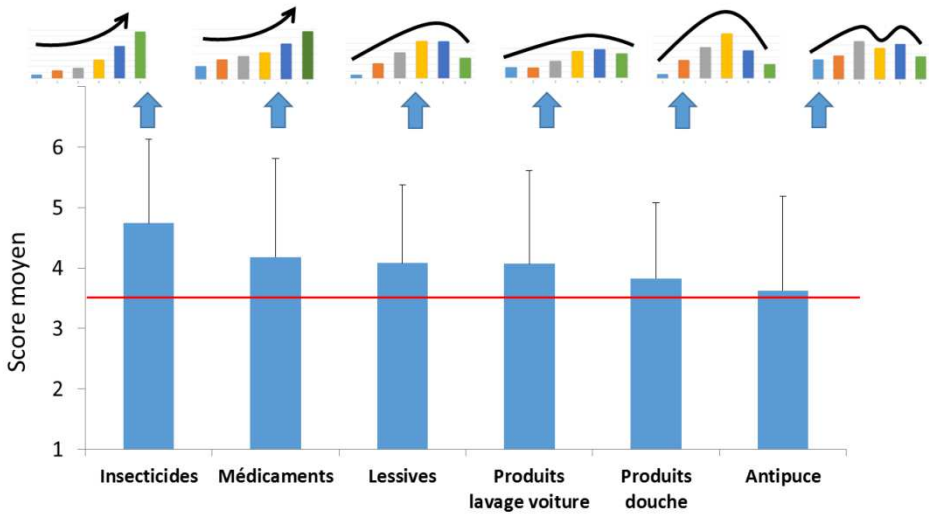


Figure 32. Comparaison des représentations concernant la perturbation des milieux aquatiques par les insecticides (Q.27), les médicaments (Q.31), les lessives (Q.15), les produits de nettoyage des voitures (Q.19), les produits pour la douche (Q.11) et les produits antipuces (Q.23) utilisés dans les pratiques domestiques

2.4.2. Impacts sur la santé

Lorsqu'on demande aux personnes d'indiquer si la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques peut affecter la santé humaine *« actuellement »* et *« à long terme »*, un très faible pourcentage indique que les micropolluants n'affectent pas du tout ou peu la santé humaine (Figure 33). Les personnes jugent donc les micropolluants comme impactant fortement à très fortement leur santé. Par contre, on remarque que pour les répondants, l'impact sera plus fort dans les années à venir (score moyen de 5,53) par rapport à maintenant (4,95). Ce phénomène, bien connu en psychologie sociale, peut être expliqué par le fait que les personnes tendent généralement à sous-estimer les risques environnementaux actuels en les situant plutôt comme des risques pour les générations futures (Lassare & Meiffren, 2008).

On peut aussi penser que les effets des micropolluants déversés actuellement se manifesteront à long terme (image des cancers qui se déclenchent après une période de latence de plusieurs années voire plusieurs dizaines d'années), éventuellement amplifié par un nombre croissant de « polluants » déversés dans les milieux (en lien avec l'accroissement de la diversité et de la quantité de molécules mises sur le marché).

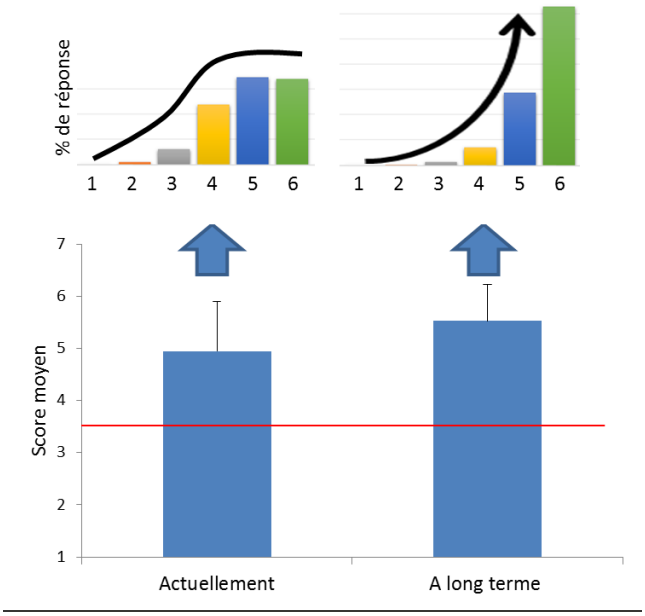


Figure 33. Perception des impacts des micropolluants sur la santé humaine « actuellement » et à « long terme » (Q.36 : « Selon, vous, la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques peut-elle affecter la santé humaine ? »)

3. Quels sont les liens entre les items ?

Compte-tenu du grand nombre d'items du questionnaire et de la forte cohérence des réponses des participants concernant certains d'entre eux, des scores composites sont calculés dans l'objectif d'avoir recours à ces scores intégrateurs pour prédire ou interpréter les représentations, les attitudes, les comportements et l'engagement pro-environnemental (Figure 34).

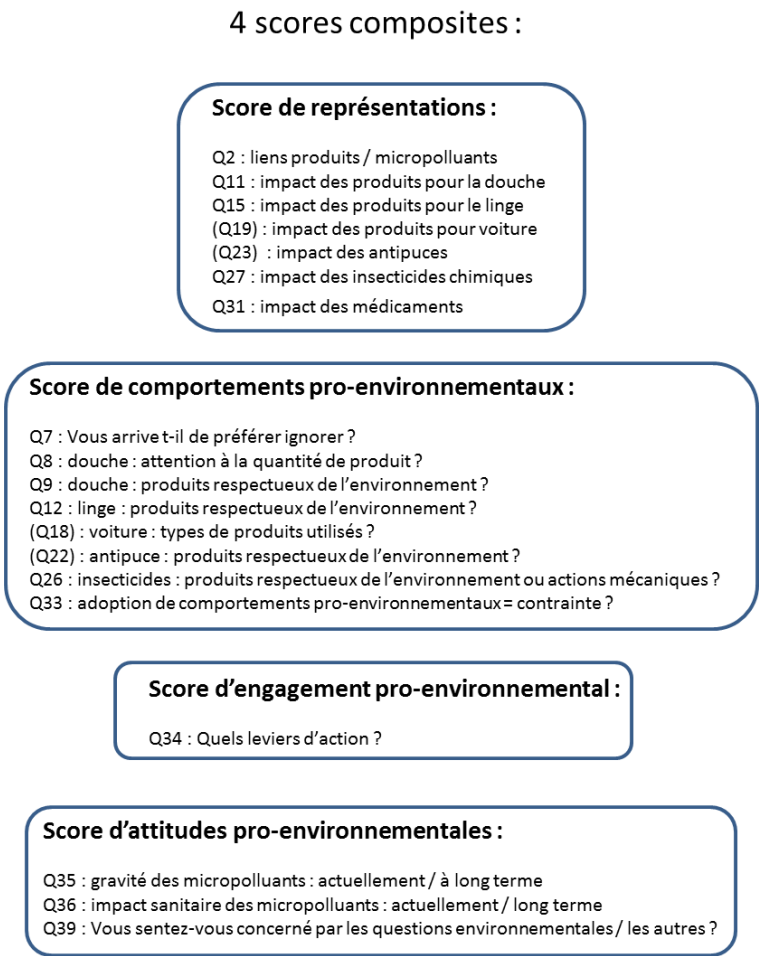


Figure 34. Scores composites

3.1. Proposition de scores composites

3.1.1. Représentations

Certains items font globalement référence aux « représentations » ou aux « croyances » des individus concernant l'impact des micropolluants.

Les questions Q.2 *(« Selon vous, dans quels produits d'usage courant peut-on trouver des micropolluants ? »)*, Q.11 *(« Pensez-vous que les produits que vous utilisez pour la douche peuvent perturber les milieux aquatiques ? »),* Q.15 *(« Pensez-vous que les produits que vous utilisez pour le lavage du linge peuvent perturber les milieux aquatiques ? »*), Q.19 *(« Pensez-vous que les produits que vous utilisez pour laver votre véhicule peuvent perturber les milieux aquatiques ? »*), Q.23 *(« Pensez-vous que les produits antipuces que vous utilisez peuvent perturber les milieux aquatiques ? »*), Q.27 *(« Pensez-vous que les produits insecticides chimiques que vous utilisez peuvent perturber les milieux aquatiques ? »*), Q.*31 (« Pensez-vous que les médicaments que vous prenez peuvent perturber les milieux aquatiques ? »)* ont ainsi fait l'objet d'une analyse factorielle[21]. En raison du nombre de répondants inférieur à l'échantillon global, les questions relatives au lavage des voitures à domicile

[21] Méthode d'extraction maximum de vraisemblance + rotation varimax

(Q.19) et au traitement de son animal domestique (Q.23) ont été, dans un deuxième temps, supprimées de l'analyse statistique.

Cette analyse statistique révèle l'existence d'un facteur principal regroupant les items Q.11, Q.15, Q.27 et Q.31, regroupés et moyennés au sein d'un seul score de « Représentations ». En d'autres termes, lorsque les participants ont répondu un score à l'un de ces items, leurs autres réponses sont globalement proches, ce qui signifie que peu de différences sont faites entre les différentes sources potentielles de pollution. Il s'agit donc d'un score global de représentations par individu de l'impact polluant de ces produits. Pour chaque répondant, la valeur de ce score composite correspond à la moyenne des scores des différents items cités précédemment.

3.1.2. Comportements pro-environnementaux

De la même manière que pour le score de représentations, une AFC est réalisée entre les questions relatives aux comportements pro-environnementaux de manière à définir un score pro-environnemental composite.

Ainsi, l'AFC est réalisée entre les questions Q.7 *(« Vous arrive-t-il de préférer les conséquences sur l'environnement des produits que vous utilisez au quotidien* »), Q.8 *(« Quand vous vous douchez, faites-vous attention à la quantité de produit utilisée ? »)*, Q.9 *(« Quand vous vous douchez, utilisez-vous des produits respectueux de l'environnement ? »*), Q.12 *(« Pour le lavage du linge, utilise-vous des produits respectueux de l'environnement ? »*), Q.26 *(« Utilisez-vous des produits insecticides respectueux de l'environnement et/ou pratiquez-vous des actions mécaniques pour vous débarrasser de ces insectes gênants ? »)* et Q.33 *(« Au quotidien, vous adoptez des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement, même si cela vous paraît contraignant »)*. De la même manière que ce qui a été exposé plus haut, les questions comportementales relatives au lavage de voitures à domicile et au traitement des animaux domestiques sont éliminées de l'analyse du fait d'un nombre de réponse moindre.

Les résultats montrent une forte cohérence entre ces items. Ainsi, un score de comportement pro-environnemental (déclaré) est créé en regroupant les items Q.7 (inversé) Q.8, Q.9, Q.26 et Q.33 (α = 0,68). Ce score individuel correspond à la moyenne des scores de chacun de ces items.

3.1.3. Score d'engagement pro-environnemental

Un score « d'engagement pro-environnemental » est créé sur le même principe en croisant les différents items de la question Q.34. En effet, ces items sont, là encore, peu discriminants et fortement reliés entre eux (α = 0,75). Ils sont agglomérés et moyennés en un unique score que l'on peut qualifier de score « d'engagement pro-environnemental ».

Q.34. Selon vous, réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques nécessiterait de :

- *Généraliser les produits sans micropolluants au risque de réduire vos choix*
- *Ne mettre sur le marché que des produits respectueux de l'environnement même s'ils sont plus chers pour vous*
- *Interdire l'utilisation de certains produits domestiques au risque que vous y perdiez en termes de confort*
- *Traiter les eaux usées de façon plus performante mais plus coûteuse pour vous*
- *Donner plus d'information au risque de vous lasser*
- *Remplacer vos habitudes de consommation par d'autres vous demandant plus de temps*
- *Réduire votre consommation de médicaments pour les petits maux*

3.1.4. Score d'attitude pro-environnementale

Concernant l'attitude pro-environnementale, les analyses statistiques (analyse factorielle et de fiabilité) font apparaître la possibilité de regrouper une dernière série d'items concernant les attitudes des participants vis-à-vis des micropolluants et plus largement de l'environnement. Il s'agit des items des questions Q.35 *(« Selon vous, la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques est : a) actuellement et b) à long terme : pas du tout grave à très grave »*), Q.36 *(« Selon vous, la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques peut-elle affecter la santé humaine ? : a) actuellement et b) à long terme »*), et Q.39 *(« Par rapport aux questions environnementales, vous considérez-vous comme une personne : pas du tout concernée à très concernée » ; « selon vous, les gens en général sont-ils : pas du tout concernés à très concernés »*). Pour cette dernière question, c'est la différence de score entre les répondants et « les gens en général » qui est traitée.

3.2. Prédicteurs des représentations et des comportements pro-environnementaux

3.2.1. Quels sont les prédicteurs des scores de représentations, de comportement et d'engagement ?

Des régressions simples et multiples sont effectuées afin de tester quels sont les variables qui sont prédictrices ou qui peuvent expliquer les représentations, les comportements, l'engagement ou encore les attitudes pro-environnementales au moyen des scores composites calculés précédemment.

Il apparaît en premier lieu que les représentations[22] ne sont prédictrices ni des comportements déclarés[23], ni de l'engagement pro-environnemental, ni des attitudes[24] (relation non significative, $p > 0{,}26$). Cela signifie que le fait de croire ou de se représenter certains produits comme plus ou moins polluants n'est pas relié au fait de se comporter de façon pro-environnementale, ou de souhaiter s'engager dans ce domaine (par ex : remplacer ses habitudes de consommation ou réduire sa consommation de médicaments). Cette absence de lien doit être interprétée avec précaution, mais

[22] Par l'intermédiaire du score de représentations

[23] Par l'intermédiaire du score de comportements

[24] Par l'intermédiaire des scores d'engagement pro-environnemental et d'attitude pro-environnementale

elle conduit toutefois à penser **qu'une meilleure connaissance de l'impact des micropolluants ne suffirait pas à modifier les comportements et les attitudes associés**.

L'attitude pro-environnementale est le meilleur prédicteur du comportement déclaré (β = 0,45, R^2 = 0,019, p <0,001). Ce résultat est cohérent avec d'autres études sur le sujet : plus les participants se déclarent (globalement) sensibles aux questions environnementales, plus leur comportement déclaré en ce sens est important. Néanmoins, le lien observé n'est pas très fort (un peu moins de 20% de variance expliquée), ce qui est là aussi cohérent avec ce que d'autres études de ce type montrent : le fait de se « sentir » pro-environnemental augmente la probabilité de déclarer des comportements plus écologiques, mais le lien entre les deux propositions demeure relativement faible et fragile, d'autres facteurs entrant en jeu dans l'adoption de comportements écologiques.

3.2.2. Biais de conformité de soi[25]

Les participants se sont déclarés globalement plus pro-environnementaux à titre personnel (Q39a, M = 4.84) que les « gens en général » (Q39b, M = 2.97) (t (1079) = 48.4, p <0,001). Ce résultat n'est pas surprenant non plus et a été observé dans d'autres études environnementales (REFIOM, 2013 ; INOVE.COM, 2016). Il traduit un « biais de conformité », en l'occurrence considérer qu'être pro-environnemental est une norme, et qu'ainsi les répondants s'y conforment davantage que « les autres » (Figure 35).

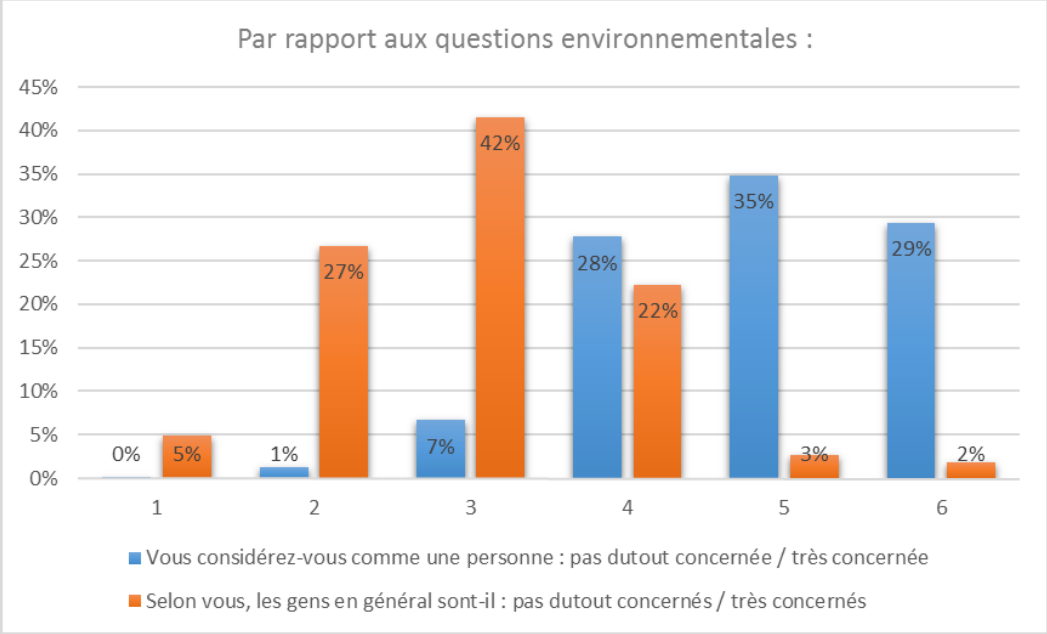


Figure 35. Illustration du biais de Conformité supérieure de soi (Q.39)

De façon intéressante, ce score de biais de conformité, à savoir la différence entre les deux scores de la Q.39, est prédicteur du comportement pro-environnemental (β = 0,38, R^2 = 0,15, p <0,001) et de l'attitude (β = 0,53, R^2 = 0,28, p <0,001). Ainsi, plus une personne estime qu'il existe un écart entre elle

[25] La conformité supérieure de soi (CSS) est un processus psychologique qui conduit à penser que l'on est plus conforme que les autres à une norme sociale donnée (Codol, 1987). La CSS se mesure à partir de la différence entre un comportement déclaré pour soi et le même comportement déclaré pour autrui.

et les autres gens concernant son engagement envers l'environnement, plus elle déclare d'attitudes et de comportements favorables à l'environnement. En revanche, les analyses ne montrent aucun lien entre le biais de conformité et les représentations des micropolluants, et montrent donc, de nouveau, un **faible pouvoir prédicteur du score de représentations**.

3.3. Impact des variables sociodémographiques

Considérées indépendamment, peu de variables sociodémographiques ont un effet sur les scores de représentations, de comportements, d'attitudes et d'engagement pro-environnemental.

En premier lieu, signalons l'absence d'effet du sexe du participant (ou alors de façon extrêmement marginale), du type de profession, du niveau d'études (avec, pour ces dernières variables, de grandes disparités d'effectifs), du type de logement ou encore de type de raccordement du réseau d'eaux usées.

Par contre, **un effet du niveau de revenus est observé sur le comportement pro-environnemental** de type « courbe en U ». Cet effet montre que les plus petits revenus et les plus importants présentent les scores pro-environnementaux les plus élevés, avec un creux pour les revenus modestes et intermédiaires. Néanmoins, ce résultat est à nuancer pour deux raisons. D'une part, à cause de l'effet très faible, avec moins de 3% de variance expliquée. D'autre part, parce que l'effet concerne le revenu moyen du ménage sans tenir compte du nombre de personnes dans le ménage.

Enfin, de façon assez logique, un effet de l'engagement dans une association pro-environnementale est retrouvé sur l'ensemble des variables attitude et comportement ($F > 12$, $p < 0{,}001$). Les participants qui font partie d'une association écologique rapportent plus d'attitudes et de comportements en faveur de l'environnement que les autres répondants. Par contre, on n'observe aucun lien entre l'investissement dans une association (de protection de l'environnement ou de défense des consommateurs) et les représentations. Par ailleurs, la pratique de loisirs en lien avec le milieu aquatique n'est en lien avec aucun des scores de représentations, d'attitude, d'engagement et de comportements pro-environnementaux.

3.4. Conclusion concernant l'analyse statistique

Ces résultats (partiels) montrent en premier lieu une forte cohérence dans les réponses des participants (à savoir, lorsque je réponds un score à un item, j'ai tendance à réponse la même chose pour un item proche), ce qui a pour effet de diminuer le pouvoir discriminant d'un grand nombre d'items. Ils indiquent ensuite que, globalement, les représentations des participants sur les micropolluants sont faiblement corrélées aux autres variables pro-environnementales du questionnaire (attitudes et comportements pro-environnementaux). Peu de variables sociodémographiques, à l'exception des revenus et de l'engagement associatif, semblent avoir un impact. Enfin, ces résultats montrent un lien cohérent, bien que modéré (conformément à d'autres études sur le sujet) entre attitudes pro-environnementales et comportements déclarés (Figure 36). D'autres études plus approfondies (ex : médiations et clusters) sont à venir.

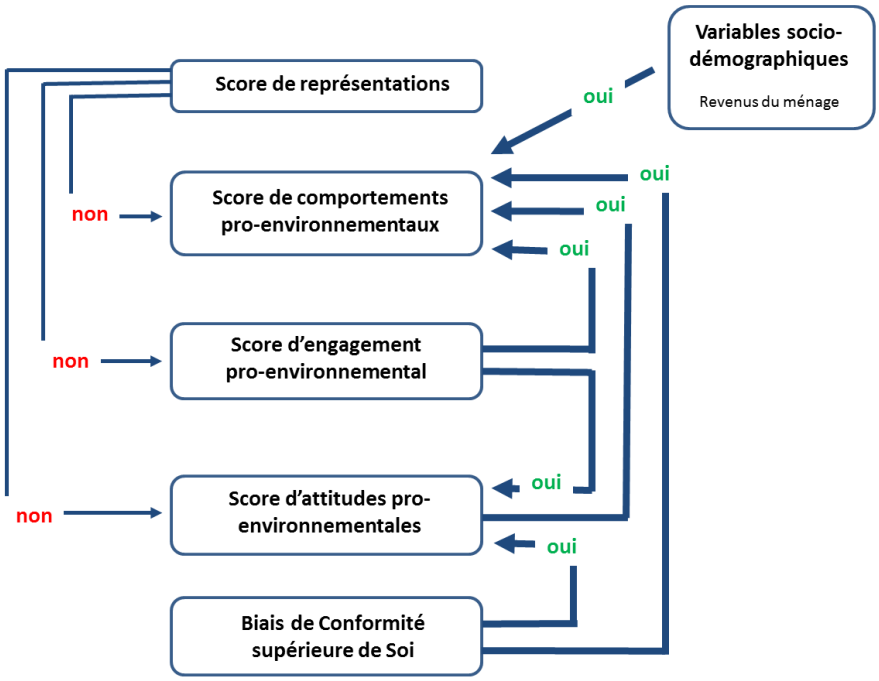


Figure 36. Scores et variables predictrices

4. Pour agir …

Pour rappel, ce questionnaire n'a pas pour objectif de tester des leviers d'action auprès de la population, mais de les faire émerger.

4.1. Actions et comportements individuels

En lien avec les conclusions concernant les comportements pro-environnementaux, les éléments ci-dessous reprennent certains éléments influençant les comportements individuels. Globalement, les répondants déclarent déjà adopter des comportements pro-environnementaux même si cela leur paraît contraignant (Figure 37).

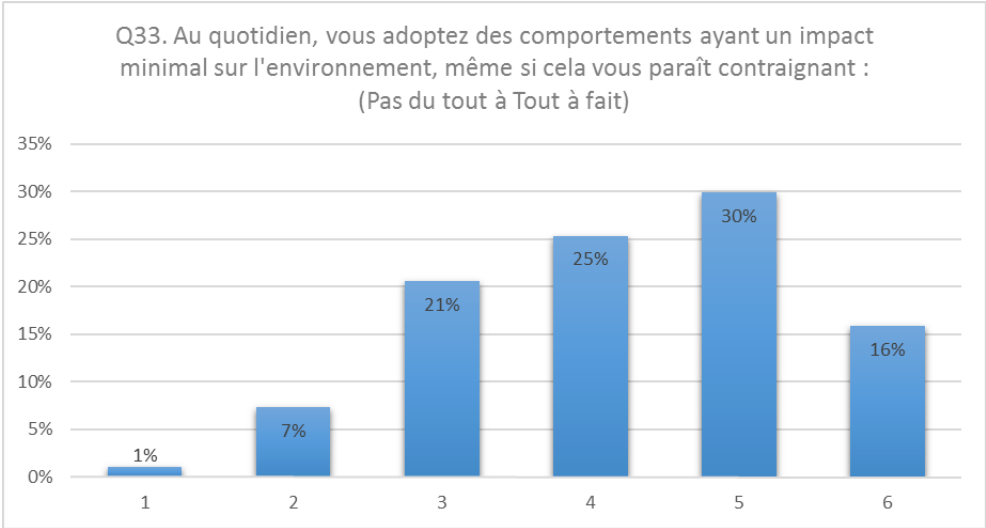


Figure 37. Réponses à la Q.33 : « Vous adoptez des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement, même si cela vous paraît contraignant »

La Q.7 correspond à un item inversé (Figure 38). Elle a pour objectif de savoir, de façon détournée, si les répondants assument le fait d'avoir « bonne conscience » en utilisant des produits dont ils ne connaissent pas les effets néfastes sur l'environnement, ou s'ils préfèrent les connaître à tout prix. La Figure 38 montre que, de façon assez marquée, les répondants veulent savoir quels sont les effets sur l'environnement des produits qu'ils utilisent (16% ne veulent jamais ignorer) et seulement 5% se prononcent pour les niveaux 5 et 6 (systématiquement ignorer). Si « vouloir savoir » renforce le sentiment de responsabilité et permet de disposer d'informations pour mieux agir, le fait de déclarer « vouloir savoir » engage finalement peu le répondant qui ne présente pas de risque d'être confronté à la réalité.

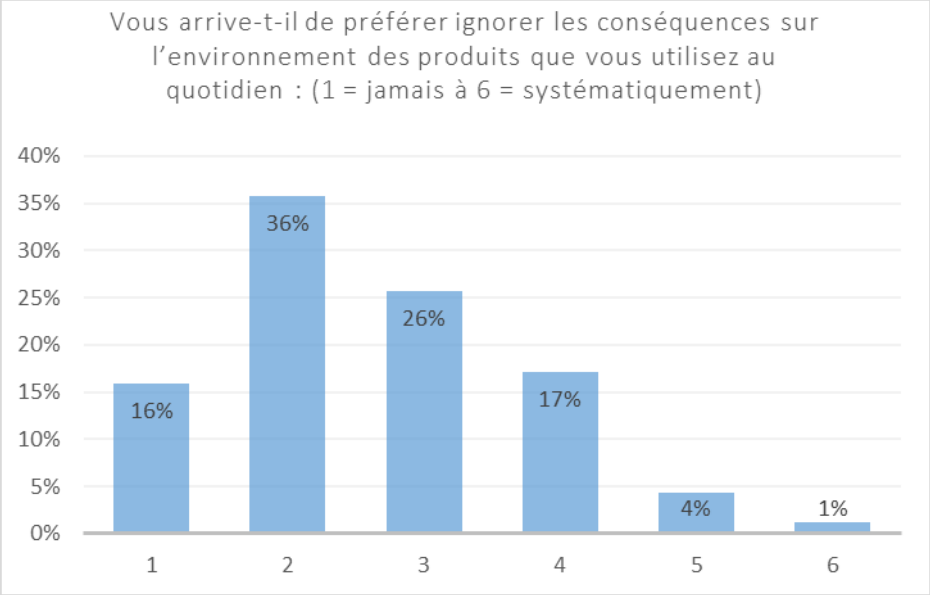


Figure 38. Réponses à la Q.7 : « Vous arrive-t-il de préférer ignorer les conséquences sur l'environnement des produits que vous utilisez au quotidien ? »

Les trois questions de la Q.32 proposent d'arbitrer entre des dilemmes : environnement proche / lointain, environnement actuel / futur et en faveur du bien-être des proches / des autres. Aucun de ces items n'est relié au score des représentations. En revanche, les deux items concernant l'environnement actuel / futur et le bien-être des proches / des autres sont prédicteurs du comportement pro-environnemental (mais pas des attitudes ni des représentations). Ainsi, plus les participants estiment favoriser l'environnement des générations futures et le bien-être des autres, plus ils présentent des scores de comportement pro-environnemental élevés ($\beta > 0{,}40$, $R^2 = 0{,}16$, $p < 0{,}001$).

Dans le choix des produits courants, l'environnement proche des répondants serait sensiblement privilégié par rapport aux environnements plus lointains (régionaux ou nationaux). Comparativement, l'environnement des générations futures aurait une préférence par rapport à leur environnement actuel. Le positionnement du bien-être des proches / des autres prenant une position intermédiaire (Figure 39).

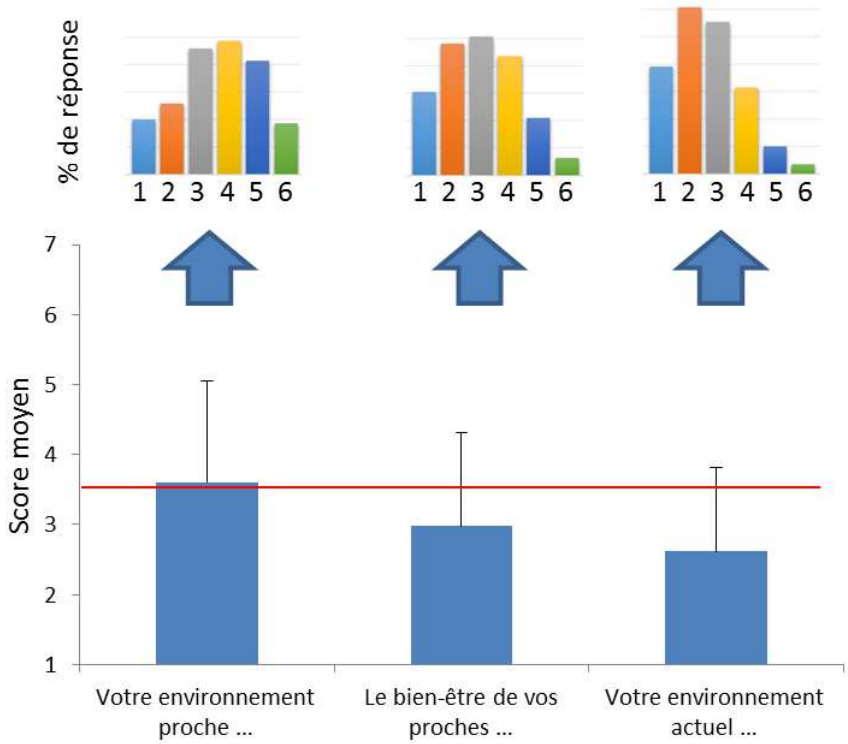


Figure 39. Réponses à la Q.32 : « Dans le choix de vos produits quotidiens, vous avez tendance à donner priorité à … »

4.2. Actions collectives

Concernant les actions collectives, sept questions sont posées pour tester la réceptivité des répondants par rapport à certains leviers d'action pouvant être préconisés (Q.34). Afin de limiter les biais liés à la désirabilité sociale[26], chacun des sept leviers d'action proposés est associé à une contrepartie nécessitant un effort de la part des utilisateurs de produits. Par exemple : *« remplacer vos habitudes de consommation par d'autres vous demandant plus de temps »* ou encore *« interdire l'utilisation de certains produits domestiques au risque que vous y perdiez en termes de confort ».*

Les résultats montrent que toutes les pistes d'actions proposées sont adaptées pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques (les scores moyens de tous les leviers d'actions proposés étant supérieurs au score moyen de l'échelle de 3,5). Néanmoins, certaines semblent plus pertinentes pour les répondants comme *: « **généraliser les produits sans micropolluants au risque de réduire vos choix », « interdire l'utilisation de certains produits domestiques au risque d'y perdre en confort », « ne mettre sur le marché que des produits respectueux de l'environnement même s'ils sont plus chers »*** et *« réduire la consommation de médicaments pour les petits maux »*, dont les deux premières recueillent les plus forts pourcentages de scores 6 (Figure 40).

On observe ainsi que ce sont les **démarches réglementaires venant « de l'extérieur » qui recueillent le plus d'assentiment**. À l'opposé, le levier d'action le moins préconisé est celui nécessitant un changement personnel de comportement *(« remplacer vos habitudes de consommation »)* (Figure 40).

[26] Désirabilité sociale : fait de répondre en fonction des attentes supposées de l'interlocuteur de façon à se présenter favorablement.

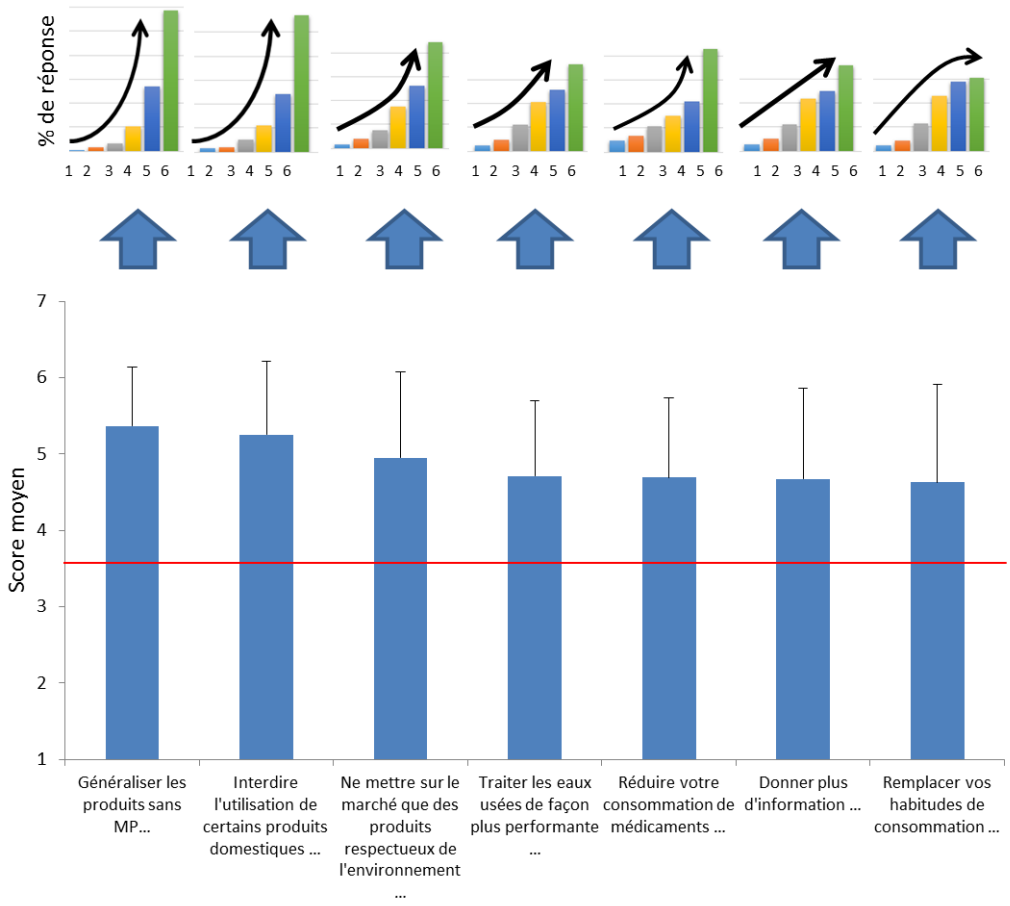


Figure 40. Pistes d'actions pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques (Q.34 : « selon vous, réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques nécessiterait de …»)

Bien que les répondants indiquent que ce sont d'abord les industriels, les agriculteurs et les élus qui sont responsables de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques (Figure 21), ils estiment néanmoins que tout le monde, dont les consommateurs, devrait agir pour réduire leur présence (Figure 41). Ce résultat, retrouvé dans d'autres recherches (Félonneau & Causse, 2014 ; REFIOM, 2013), montre que, contrairement à ce que l'on pourrait penser, les consommateurs ne se dédouanent pas de leur responsabilité en accusant les autres. Même s'ils se considèrent comme moins responsables que d'autres acteurs, ils semblent avoir intériorisé l'importance du thème de la conservation des ressources et l'idée qu'agir pour l'environnement correspond à un devoir de chacun[27] . Des études nationales montrent même que ces attitudes sont croissantes : en 2011, plus de huit personnes sur dix se sentent concernées par les problèmes d'environnement et une majorité (53 %) se disent très sensibles, contre 41 % l'année d'avant (Bigot et Hoibian, 2011). On retrouve ici la force de la norme pro-environnementale aujourd'hui émergente (Félonneau & Becker, 2008). Rappelons cependant que l'adoption de cette norme ne préfigure pas forcément l'adoption des comportements pro-environnementaux correspondants. Ainsi, ce n'est pas parce qu'on est sensibilisé à l'environnement et qu'on se déclare préoccupé par les enjeux environnementaux que l'on modifie systématiquement ses pratiques (Krieger, 2015). L'adoption de gestes écologiques demande vigilance et efforts pour concilier convictions et modes de vie de consommateurs urbains et actifs (Dobré, 2002).

[27] La responsabilisation des individus se fait dans le domaine de l'environnement comme elle s'est faite dans celui de l'alimentation (en relation avec la santé aussi d'ailleurs) : « mangez, bougez ! » ; « mangez au moins 5 fruits et légumes par jour »…

Voter avec son portefeuille, afin de faire coïncider ses valeurs citoyennes avec des choix de pratiques de consommation (Zaccaï, 2009), n'est donc pas juste une affaire de prise de conscience. Juan (2009) parle en ce sens de « l'impossible cohérence absolue des pratiques ordinaires ». Les obstacles à ce que Kalaora (2001) nomme l'écologisation ont été analysés : Macnaghten (2003), par exemple, les impute au caractère abstrait des problèmes environnementaux publicisés – dont les micropolluants sont un exemple représentatif -, mais aussi déconnectés de la vie quotidienne et de la capacité d'agir que se reconnaissent les individus – dont les micropolluants pourraient être un contre-exemple si des leviers d'action appropriables par les individus sont définis, comme le tri sélectif pour la gestion des déchets qui reste l'action environnementale phare des individus (Ortalda et Hatchuel, 2000).

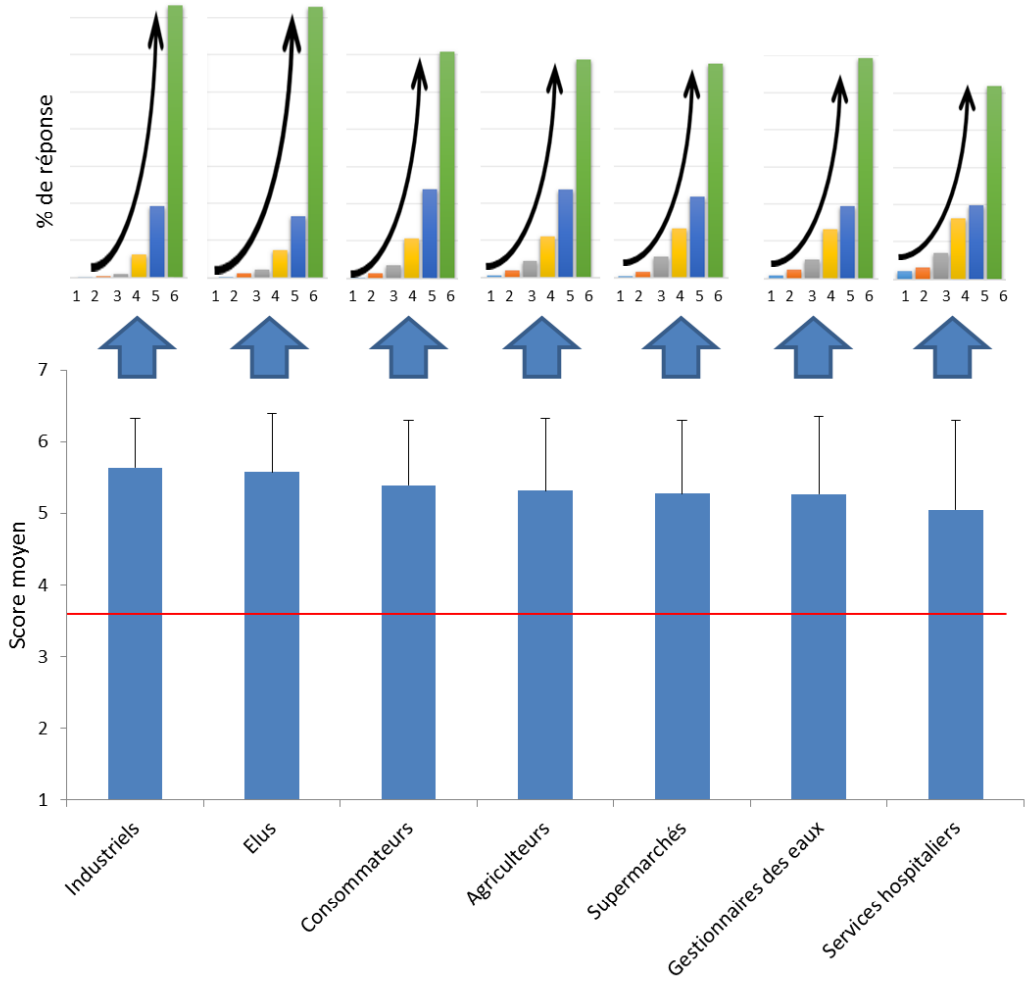


Figure 41. Acteurs devant agir pour la réduction des micropolluants (Q.38 : « Qui devrait agir pour réduire la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? »)

Partie 3. Connaissances de la source domestique

1. Bilan méthodologique au regard des objectifs visés

Dans le cadre général du projet REGARD, l'objectif de la sous-tâche 1.2.3, vise à identifier les micropolluants issus de la source domestique afin de réduire leurs impacts sur les systèmes aquatiques et la santé. Dans la perspective de proposer des leviers d'action auprès des citoyens, des élus, des producteurs/distributeurs, ou encore des gestionnaires de l'eau, il était tout d'abord nécessaire de mieux cerner les relations existant au sein de la population entre les activités domestiques et les micropolluants. Cette étape est en effet déterminante pour apprécier la pertinence des préconisations aussi bien en matière de faisabilité que d'appropriation par les citoyens.

Quatre objectifs principaux ont alors été fixés : i) mieux connaître les représentations des populations à l'égard de ces « micropolluants », ii) identifier les comportements domestiques pouvant contribuer au rejet de ces molécules dans les eaux usées et également les eaux pluviales pour quelques pratiques, iii) faire émerger des leviers d'action et, d'un point de vue pédagogique, iv) informer et sensibiliser.

Les investigations ont été conduites selon deux outils : 1) le Living Lab mené au plus près des citoyens (250 participants), 2) l'enquête populationnelle menée à grande échelle par questionnaire (1081 réponses exploitables). Ces deux outils présentent de fortes complémentarités. Tout d'abord, le quiz du Living Lab et certaines questions de l'enquête visent à cerner des connaissances précises ainsi que des positionnements personnels vis-à-vis de certaines situations quotidiennes. Ensuite, de façon plus distante et moins impliquante, ils visent à appréhender le positionnement et les représentations des répondants à l'égard d'une palette plus large de questionnements. Enfin, ils visent à faire émerger des solutions, pouvant être traduites en leviers d'action pour tenter de réduire les rejets mais également à identifier les freins vis-à-vis de certaines propositions. Par ailleurs, afin d'assurer une certaine continuité cognitive et de tester le degré de cohérence entre les deux publics, quelques questions identiques ont été proposées dans ces deux approches. Rappelons que ces publics ne sont que partiellement représentatifs de la population de la Métropole Bordelaise du fait, pour l'un, de la fréquentation à un centre de médiation scientifique et, pour l'autre, de l'appartenance à des catégories socio professionnelles et des niveaux d'éducation se situant sensiblement au-dessus des fréquences observées au sein de la population dans son ensemble[28].

Le Tableau 7 permet d'analyser qualitativement le rôle de ces deux outils dans la réponse aux quatre objectifs énoncés ci-dessus :

[28] De tels biais sont néanmoins souvent associés à ce type d'outils. Redresser l'échantillon de l'enquête populationnelle pour avoir un échantillon plus représentatif de la métropole bordelaise nécessiterait d'interroger la population par des moyens autres qu'un questionnaire en ligne (par exemple par téléphone ou dans la rue), ce que nous n'avons pas prévu de faire pour des raisons liées à la longueur du questionnaire d'une part et au temps imparti à cette mission d'autre part.

Tableau 7. Analyse qualitative de l'adéquation du Living Lab et de l'enquête populationnelle aux objectifs de la sous-tâche concernant la source domestique

	Living Lab	Enquête populationnelle
Connaître les représentations	**++**	**+++**
Identifier les comportements à l'origine des émissions de micropolluants	**+**	**+++**
Faire émerger des leviers d'action	**+++**	**+**
Sensibiliser	**+++**	**+**

Globalement, l'adéquation entre les outils mis en œuvre et les objectifs initialement fixés est satisfaisante. Du fait du nombre important de participants (répondants au questionnaire ou acteurs du Living Lab), une grande quantité d'informations a été collectée assurant une certaine robustesse aux conclusions émises. Les premières analyses réalisées confortent un certain nombre d'hypothèses avancées dans la littérature. L'ensemble des éléments ainsi collectés représente un support fort utile pour la poursuite du programme, à savoir les études très fines conduites auprès de ménages référents. Toutefois, le déroulement des deux approches mises en œuvre montrent forcément quelques biais, qu'il s'agisse de la représentativité des échantillons par rapport à l'ensemble de la population, du biais de compréhension de certaines questions, ou encore du crédit que l'on peut accorder aux informations obtenues sur le mode déclaratif, dans le questionnaire.

2. Pistes d'actions pour réduire les émissions de micropolluants

À terme, l'objectif de limitation des micropolluants dans les milieux aquatiques au niveau de la source domestique suppose la mise en place et l'adoption de nouveaux comportements de la part des usagers. Mais, encore faut-il que ceux-ci soient convaincus de l'utilité de ces changements ou soient contraints de les adopter. Un des prérequis est sans doute l'accès à l'information et l'acquisition d'un savoir minimal sur la problématique de la dégradation de la qualité des milieux aquatiques par les micropolluants. De ce point de vue, en prolongement des résultats obtenus par le Living Lab, l'enquête populationnelle permet de recueillir des données concernant les connaissances des usagers, leurs attitudes, leurs comportements auto-déclarés ainsi que les modalités d'action possibles et de cibler plus spécifiquement les carences révélées.

Les propos suivants visent à présenter pour chaque ensemble de conclusions déduites des analyses de données des hypothèses et des pistes de réflexion pouvant s'avérer pertinentes pour la mise en œuvre de leviers d'action, à l'échelle des ménages référents dans un premier temps.

2.1. Le devenir des eaux usées

On observe une **certaine méconnaissance du petit cycle de l'eau** pour une partie des répondants notamment du fait que 30 à 31% des répondants[29] pensent que l'eau distribuée chez les ménages

[29] Résultats similaires entre le quiz du Living Lab et l'enquête populationnelle.

provient des eaux prélevées en sortie de station de traitement des eaux (Figure 18). Cette erreur peut être expliquée soit par un désintérêt ou une certaine insouciance portée à l'eau consommée, soit par une confiance sans borne accordée aux technologies de traitement et d'épuration des eaux et, indirectement, au service de l'eau. Une des conséquences possibles de cette représentation erronée peut être un gaspillage de l'eau potable qui, selon ce schéma de pensée, est recyclée sans fin puisque si on la « salit », elle sera « nettoyée » et réutilisée. Cette représentation a également pour conséquence de minimiser le risque perçu pour la qualité des milieux aquatiques puisque les effluents domestiques ne sont pas rejetés dans les cours d'eau après traitement des eaux usées mais recyclées dans le cycle « distribution-usage-traitement-distribution-usage… ».

Ces résultats nous amènent à conclure qu'il s'avère nécessaire de renforcer les actions pédagogiques pour amener les citoyens à accroître leurs connaissances par rapport aux ressources en eau potable et à accroître leur conscience de leur contribution d'apports de micropolluants aux diverses phases du cycle de l'eau.

2.2. Les vecteurs de contamination des milieux aquatiques

Dans le prolongement de la représentation concernant le petit cycle de l'eau, celle des circuits de contamination des milieux aquatiques accorde une origine majeure aux rejets non autorisés et à la présence de micropolluants présents dans les sols, les vecteurs liés à la pluie et son ruissellement sur les voiries, et au réseau d'eaux usées recueillant des scores plus faibles (Figure 20). Concernant les représentations liées aux sols, s'agit-il uniquement de la composante agricole ? Pour le ruissellement sur les voiries, s'agit-il des dépôts et fuites liés à l'utilisation des véhicules ? Pour le réseau d'eaux usées, s'agit-il d'un manque d'efficacité des stations de traitement ? Ces différentes interrogations nécessitent de croiser ces réponses avec d'autres items pour mieux identifier les responsabilités, en termes d'activités et d'acteurs à l'origine de ces pollutions.

Les causes de la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants sont tout d'abord attribuées, comme souvent, aux activités agricoles et aux activités industrielles, avec cependant la reconnaissance d'une source hospitalière et, en dernier lieu, à la source domestique émanant de leur propre consommation (Figure 19). La reconnaissance des activités domestiques comme source de micropolluants dans les milieux aquatiques n'est donc plus à démontrer car elle semble admise par la plupart des répondants. Cet élément peut donc contribuer à accroître la réceptivité des citoyens face à des propositions d'action pour réduire les émissions. Cependant, la forte adhésion des répondants à l'idée que les micropolluants présents dans l'eau proviennent de rejets non autorisés (Figure 20) traduit un sentiment de non contrôle et d'impunité ce qui peut alors les inciter à ne pas faire eux-mêmes d'efforts de prévention.

Si l'on considère, non plus les activités, mais les acteurs responsables des rejets de micropolluants on retrouve, logiquement, en tant que premiers responsables les industriels et les agriculteurs (Figure 21). La première place allouée aux industriels est sans doute à mettre en lien avec la multitude de produits manufacturés, dont le cycle de production est complexe et lointain, à l'origine de nombreux scandales (exemple des constituants des jouets, des images de pollutions généralisées dans des zones industrielles, de foyers de maladies…), et de ce fait associés à des impacts négatifs pour les systèmes aquatiques. Le rôle des agriculteurs est sans doute lié à l'impact de plus en plus médiatisé des entrants agricoles et phytosanitaires sur l'environnement (phénomènes des algues vertes) et la santé (perturbateurs endocriniens, cancérogènes).

Outre ces deux acteurs économiques, de façon moins classique mais tout aussi claire, les répondants mettent en exergue les élus. Ce résultat pose la question de la représentation de l'élu par ses administrés, de son rôle, de ses responsabilités et de ses moyens. Là encore, une clarification serait nécessaire pour délimiter à l'échelle locale les prérogatives d'un maire ou d'un président de Région, et pour préciser quels leviers d'action pourraient être mobilisés à l'échelle territoriale pour légiférer, contrôler, sensibiliser, ou encore avoir le courage politique consistant à dire des choses non agréables aux administrés … Plus largement, le statut et les fonctions des élus sont à repositionner par rapport aux autres acteurs du domaine de l'eau : Ministère de l'Environnement, ONEMA, Agences de bassin, syndicats de gestion des eaux, sociétés de pèche, etc.…

2.3. La présence des micropolluants dans les produits domestiques

D'une façon générale, les personnes répondent que les polluants sont présents partout, avec une prépondérance pour les produits d'entretien, d'hygiène et les médicaments (Figure 17). Cela peut être interprété de plusieurs façons non exclusives les unes des autres : i) un manque d'information sur les constituants des produits utilisés en lien avec la difficulté à décrypter les étiquettes apposées sur les flaconnages et emballages (taille des caractères, formules chimiques, pictogrammes de dangers …) ; ii) une méconnaissance de la fabrication des produits, associée au nombre croissant des substances chimiques à la complexité des circuits de production et de distribution auxquels les consommateurs n'ont quasiment plus accès ; iii) une suspicion généralisée, due à une multitude de messages alarmistes, à l'égard de l'ensemble des produits de consommation courante proposés par les fabricants et les distributeurs, bien que la mise sur le marché soit autorisée par la réglementation.

Ainsi, il y aurait donc tendance à considérer que l'ensemble des produits utilisés par les ménages sont toxiques pour l'environnement. Par contre, cette représentation ne prédit aucunement l'adoption de comportements pro-environnementaux (Figure 36). On constate ainsi la disjonction classique entre les niveaux cognitif et comportemental. S'agissant de levier d'action, on comprend aisément que l'information, indispensable dans une première étape, ne suffit pas à transformer les habitudes !

2.4. Quelles incidences des produits domestiques sur les milieux aquatiques ?

Concernant les effets connus ou imaginés de l'usage des produits d'usage courant sur les milieux aquatiques, les résultats montrent que :

- Pour les **produits de douche ou d'entretien du linge** les réponses sont assez bien distribuées en fonction des scores de perturbation, avec des pourcentages de réponses les plus importants centrés sur les scores 3-4-5 (Figure 23, Figure 25). Cette relative modération quant aux risques pour les milieux aquatiques générés par ces deux familles de produits peut être liée à la sécurité attendue vis-à-vis des produits d'hygiène corporelle ou vestimentaire. S'agit-il aussi d'une forme de déni basé sur l'idée que ce que l'on utilise au plus près du corps ne peut (doit ?) pas être nocif pour les humains que nous sommes, et donc pour les autres espèces présentes dans les écosystèmes aquatiques. Enfin, de nombreux articles « grand public » récents (*Que Choisir, 60 millions de consommateurs*) ont largement fait la part des choses en invitant les consommateurs à éviter certaines substances contenues dans ces produits et en les rassurant pour d'autres produits considérés comme « plus sains ». Par ailleurs, les résultats du quiz du Living Lab nous indiquent également que les substances présentes dans les produits d'usage

courant comme les shampoings (parabènes par exemple) seraient plutôt bien éliminées par les STEU (Figure 8) et, de ce fait, engendreraient moins de perturbations pour les milieux aquatiques.

- Concernant **l'entretien des véhicules**, la plupart des répondants déclarent nettoyer leur voiture dans des centres de lavage (Lavomatics), ce qui peut être une garantie de la réduction des impacts liés à cette pratique, sous réserve que les stations de lavage aient mis en place des équipements retraitant les eaux usées, limitant les consommations d'eau et utilisant des agents nettoyants à faible impact écologique. Pour les personnes qui pratiquent cette opération au domicile, les incidences à l'égard des systèmes aquatiques sont perçues comme plutôt polluantes (Figure 26). Le levier de diminution des rejets le plus pertinent est donc sans doute d'inciter les personnes à utiliser les services proposés par les centres de lavage agréés. Néanmoins, on peut également préconiser de généraliser la mise sur le marché de produits lessiviers moins toxiques, et encore, d'informer les citoyens, en expliquant le parcours de ces eaux de lavage (et le fait que les eaux s'infiltrant dans les sols ou collectées par certains collecteurs du pluvial ne sont pas traitées).

- **L'usage des antipuces** ne concerne également qu'une partie des répondants et est peu perçu comme problématique (Figure 28), sans doute parce que les répondants perçoivent peu le lien entre leur animal et les milieux aquatiques. Pourtant, ces biocides se retrouvent dans les cours d'eau et peuvent présenter des risques pour la faune et la flore. La sous-estimation de ce type de risques appelle les scientifiques, gestionnaires, associations et revues spécialisées (notamment celles consacrées aux animaux domestiques) à préciser ces risques encore mal évalués mais aussi à rappeler comment le dépôt d'une très faible quantité de ces molécules sur l'animal, peut par divers cheminements, malgré des stations de traitement des eaux, se retrouver dans les rivières (Dufour *et al*., 2016). Cette prise de conscience peut cependant se heurter à l'attachement porté à l'animal traité, dont le soin prime sur les conséquences négatives éventuelles sur les milieux aquatiques.

- **Pour les insecticides**, leurs fonctions de biocides en font des sources de contamination très importantes. Cette réalité étant reconnue par les répondants (Figure 30), les efforts devront porter sur les manières de s'en passer ou du moins d'en réduire leur usage : alternatives douces ou moyens mécaniques. Par ailleurs, un élément qui intervient souvent dans la surutilisation d'insecticides relève de la peur des piqures, des maladies véhiculées et aussi, assez souvent, des phobies. Il serait donc judicieux de relativiser la dangerosité de certains insectes au regard de la dangerosité potentielle de l'exposition chronique aux substances chimiques, ou de mieux informer quant aux moyens préventifs de leur présence (par ex. en posant des moustiquaires sur les fenêtres ou en évitant les points d'eau, gîtes de ponte de moustiques).

- Pour une large partie de répondants **les médicaments** sont perçus comme très dégradants pour les milieux aquatiques (Figure 31) en référence sans doute à l'efficacité à l'égard des dysfonctionnements biologiques mais aussi au vu des effets secondaires pouvant apparaître chez les êtres humains. Cette reconnaissance de faits devrait faciliter la mise en place de comportements basés sur une réduction avisée de certains traitements qui apparaissent quelquefois comme surmédicalisés au regard de l'efficacité de ces traitements et des coûts générés. Certains répondants déclarent être prêts à pratiquer des méthodes de soin douces

ou encore à utiliser des produits écologiques sains. Mais ces substances plus « douces » (comme par exemple les huiles essentielles) sont-elles pour autant sans impact pour les milieux aquatiques ? Les politiques et messages de santé publique sont sans doute des leviers d'action efficaces pour accompagner cette inflexion (citons par exemple la campagne : « les antibiotiques, c'est pas automatique »). Par ailleurs, une réflexion globale et systémique est certainement à engager pour lutter contre la surmédicamentation. En effet, l'adoption de modes de vie plus équilibrés en termes de nourriture, de rythmes de vie, d'exercices physiques sont à favoriser en mettant en place tout un ensemble de mesures et de structures (médecins généralistes et médecins du travail, soutiens de proximité, réseaux de transport publics) visant à favoriser le bien-être des citoyens et ainsi réduire le recours aux médicaments. Par ailleurs, cette réflexion systémique est également envisagée pour appréhender la gestion hospitalière extra-muros liée aux soins ambulatoires et aux parcours de soins (cf Livrable 1.2.5 sur la source hospitalière).

Enfin, plus globalement, les incidences sur les milieux aquatiques comme la diminution ou la perturbation des espèces aquatiques sont jugées non seulement très graves mais également très probables. *A contrario*, si les troubles sanitaires chez les humains apparaissent comme très graves, ils sont jugés moins probables (Figure 9). En bref, les conséquences environnementales et sanitaires sont jugées comme très graves contrairement aux conséquences économiques (Tableau 4).

2.5. L'appropriation des leviers d'actions

Tous les leviers d'action préconisés pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques semblent pertinents pour les répondants, et cela malgré les contreparties en termes de coûts (financier, comportemental, de perte de confort ou de choix) (Figure 40). On peut cependant se poser la question de savoir si le mode de collecte des données, sur la base du déclaratif, restitue fidèlement la réalité de mise en place ou d'appropriation de telles préconisations.

Les préconisations plébiscitées concernent tout d'abord des solutions en provenance de « l'extérieur ». Certaines engagent les producteurs-distributeurs, comme « généraliser les produits sans micropolluants » et « ne mettre sur le marché que des produits respectueux de l'environnement ». D'autres concernent le réglementaire comme « interdire certains produits domestiques ». Concernant l'usage des médicaments, les répondants se disent prêts à les réduire pour les petits maux, sans doute grâce au développement de certaines solutions alternatives (homéopathie, usage d'huiles essentielles…) qui facilitent ainsi la réduction des médicaments classiques. Les leviers « internes » concernant un changement personnel de comportements sont les moins approuvés.

Les résultats de l'enquête sont plus tranchés que ceux issus des propositions de leviers d'actions du Living Lab, où les changements comportementaux apparaissent comme les plus cités après la substitution de produits, et avant l'innovation sur le produit et le tri à la source (Figure 10). Le fait que ce soient les citoyens qui proposent eux-mêmes les leviers d'action les rendent sans doute plus acceptables. Ainsi, le travail de co-construction semble un moyen pertinent et efficace permettant une meilleure appropriation de propositions *a priori* plus coûteuses pour les individus. En outre, impliquer ainsi les individus permet de les engager et favorise le changement comportemental davantage que lorsque des propositions de changement sont anticipées et proposées par des sources externes. On peut ainsi penser à la communication engageante comme levier d'action au changement comportemental.

S'agissant des attitudes pro-environnementales, on s'aperçoit que le degré de préoccupation à l'égard des questions environnementales prédit en quelque sorte la tolérance à la contrainte et donc la mise en place de comportements (Figure 36). En effet, les personnes les plus concernées préconisent des efforts consistant à supporter des prix de produits plus élevés, des coûts de traitement des eaux supérieurs, une perte de confort et de temps et vont même jusqu'à soutenir une réduction de médicaments pour les maux mineurs. Les réponses sont homogènes et les efforts doivent porter sur tous les domaines à la fois : il n'y a pas pour nos répondants d'arbitrage entre les contraintes.

2.6. De la responsabilité au devoir d'agir

Qui devrait agir pour réduire les émissions de micropolluants ? Selon les répondants, c'est tout d'abord aux industriels d'agir, en lien avec leur responsabilité reconnue (pour leurs rejets dans les milieux naturels ou en lien avec leur fabrication de produits contenant des substances polluantes). Mais c'est ensuite aux élus d'agir (Figure 41). Cela renvoie, comme déjà mentionné, à une attente d'action de la part des élus dont le rôle doit être éclairé auprès des citoyens. On peut à nouveau s'interroger sur les moyens des élus pour faire face à la problématique des micropolluants, mais aussi sur les informations apportées par les scientifiques aux élus qui ont sans doute eux-mêmes, dans leur majorité, très peu de connaissances sur le sujet.

Bien que se trouvant moins responsables que les acteurs précités, les répondants, en tant que consommateurs, estiment également devoir agir pour réduire la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques. Ils s'estiment en quelque sorte dans l'obligation morale d'agir opposant la responsabilité au consentement à agir. Hormis le fait que ces déclarations donnent une image de générosité publique (« bien que peu responsable, je dois assumer cependant une part de responsabilité ! »), des motivations plus profondes sont sans doute à considérer. En effet, ces polluants représentent une cause d'inquiétude qu'il leur importe de réduire, si l'on s'en réfère au degré élevé de risque qu'ils jugent pour la santé (Figure 9, Figure 33). Pour ce faire, la mobilisation des acteurs économiques et des élus n'étant pas assurée à leurs yeux, ils se sentent dans l'obligation de s'impliquer aussi. Déjà, la très grande majorité d'entre eux déclare adopter des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement même si cela leur paraît contraignant (Figure 37). Certes ils sont prêts à se mobiliser, à condition que cela bénéficie à leur environnement proche, qu'il soit environnemental ou familial (Figure 39). Ainsi, le fait de « montrer » la pollution sur le territoire local peut amener les citoyens à agir. Le diagnostic territorial du projet REGARD paraît de ce fait beaucoup plus efficient qu'un diagnostic national. Ainsi, dans le choix des produits courants, l'environnement proche des citoyens serait sensiblement privilégié par rapport aux environnements lointains (régionaux ou nationaux), le positionnement du bien-être des proches par rapport aux autres prenant une position intermédiaire, et l'environnement des générations futures aurait une préférence par rapport à leur environnement actuel. Se pose la question de savoir comment ils imaginent préserver les générations futures tout en optant pour leur satisfaction personnelle actuelle ? Sachant que pour les répondants prêts à une telle implication, un soutien important de la part des structures associatives et des pouvoirs publics serait sans doute un levier d'action efficace en lien avec les actions nombreuses et permettrait notamment de clarifier le rôle des élus, comme évoqué précédemment.

2.7. La norme pro-environnementale

En lien avec les structures associatives, les résultats montrent également l'importance de l'influence groupale et des pratiques en lien avec la nature sur la préoccupation environnementale, résultat que l'on trouve de façon récurrente dans la littérature (Olivos *et al*.2011). Plus précisément, l'appartenance à une association de protection de l'environnement accroît la propension au pro-environnementalisme, tant au niveau des attitudes que des comportements.

Toutefois, malgré les déclarations de volonté d'agir, on observe à nouveau la saillance de la norme environnementale qui explique notamment le biais de conformité supérieure de soi que l'on observe parmi les répondants qui s'estiment largement plus préoccupés par les questions environnementales que les autres en général (Figure 35). Ce processus psychologique récurrent dans de nombreux champs liés à la prévention, a une répercussion immédiate sur la qualité de réception des messages de sensibilisation. En effet, plus on a une Conformité Supérieure de Soi élevée, moins on se sent concerné par les messages préventifs qui « finalement ne s'adressent qu'aux autres !».

2.8. Les profils de répondants comme variable explicative

Afin de cibler et d'adapter au mieux les leviers d'action aux situations des ménages, il est intéressant de constituer des groupes de personnes (clusters) présentant si possible des profils similaires (à partir des déterminants sociodémographiques et économiques présents dans le questionnaire).

En l'état actuel de l'analyse des données, très peu de variables sociodémographiques n'ont d'effets directs sur la préoccupation environnementale (représentations et comportements) : aucun effet par exemple du niveau d'étude, de la CSP ou du type de logement. Il existe par contre conformément à la littérature (Félonneau & Causse, 2016) un léger effet du sexe qui associe les femmes à un pro-environnementalisme supérieur aux hommes. En revanche, l'effet le plus intéressant est obtenu à partir de la variable « revenus du ménage ». Les résultats montrent que l'on est d'autant plus préoccupé par l'environnement (en termes d'attitudes et de comportements auto-déclarés) que l'on dispose soit des revenus les plus faibles, soit des revenus les élevés. Les catégories en position moyenne paraissent les moins concernées. On peut penser que la norme environnementale est prégnante dans la partie de l'échantillon la plus favorisée économiquement pour qui le pro-environnementalisme ferait l'objet d'une forte valorisation sociale et serait assimilée à un style de vie alors que pour les plus défavorisés, il correspondrait à une stratégie d'adaptation à des contraintes économiques liées au déclassement social (Inove.com, 2016). D'autres études plus approfondies concernant ces clusters sont à venir.

3. Quels leviers d'action préconiser ?

Les **freins** à la prise de conscience de l'impact des micropolluants sont liés à plusieurs facteurs relatifs i) à leur invisibilité, ii) à leur diversité (de nombreuses substances ne sont ni recherchées dans les milieux aquatiques, ni même encore mesurables chimiquement), iii) à la difficulté de relier les usages de la sphère domestique privée à leur présence dans les eaux usées et à la pollution des milieux aquatiques. Sans doute, les individus sont-ils partagés entre l'idée diffuse d'une toxicité généralisée des produits (diffusée par les médias) et la difficulté à établir une continuité entre les différentes échelles spatiales (entre le chez-soi et le milieu aquatique en général, entre le cours d'eau à proximité et le grand fleuve plus lointain) et temporelles (mes consommations actuelles et leurs conséquences à

long terme). On sait par ailleurs qu'on a tendance à être pessimiste quant à l'avenir de la planète mais optimiste quant au devenir de son propre territoire (Gifford *et al.*, 2009).

À **l'échelon des ménages**, les leviers consisteraient sans doute d'abord à « re-personnaliser » et relocaliser la question de la pollution des milieux aquatiques, à la faire entrer dans la sphère privée c'est-à-dire à conférer un sens au changement de comportements domestiques rendus obligatoires par l'urgence. Ces leviers d'action doivent concerner les 3 phases de la consommation, à savoir la phase d'acquisition du produit (achat ou fabrication), la phase d'usage (concernant les pratiques) et enfin la phase de rejet. Concernant les phases d'acquisition, et d'usage, des messages d'information et de sensibilisation renforçant les connaissances déjà acquises et surtout invitant les usagers à être plus attentifs aux produits utilisés et aux substances qu'ils contiennent pourraient être bénéfiques, même si les résultats nous montrent que les représentations ne sont pas forcément des prédicteurs du changement comportemental. Si la substitution des produits « polluants » par d'autres « plus sains » (au moyen de la réglementation, du rôle des acteurs de la chaîne de production-distribution) est plébiscitée, on peut néanmoins se questionner sur l'innocuité totale des nouveaux produits mis sur le marché, en termes d'impact sanitaire et environnemental. Ainsi, le levier d'action le plus efficace serait sans doute d'éduquer les citoyens à la réduction du nombre de produits différents utilisés pour un même usage (pour réduire la diversité des substances associées aux produits) et à la diminution des quantités (par des moyens techniques comme des systèmes de distribution de doses adaptées ou par des moyens comportementaux comme le fait de remplir le tambour de sa machine à laver…). Enfin concernant les rejets, l'information et la sensibilisation, par différents moyens (étiquetage sur les produits, presse, messages en provenance des élus et des services de l'Eau), ainsi que les filières de collecte et de traitement identifiées sur le territoire (déchèteries par exemple) doivent permettre de réduire les « mauvais » rejets de substances (restes de peintures, médicaments périmés, huiles…) dans les éviers, toilettes et caniveaux.

Dans le prolongement de cette recherche, différents leviers d'action seront mis en place et testés dans le cadre d'un dispositif de ménages référents conçu dans cette perspective.

À l'échelon du groupe, on pourrait également favoriser la connexion à l'environnement à partir du tissu associatif ou par l'intermédiaire d'activités en lien avec la nature dont on sait qu'elles prédisent le pro-environnementalisme. Enfin **au niveau sociétal**, s'il convient sans doute de renforcer la désirabilité sociale de la norme pro-environnementale en la liant par exemple à une augmentation de l'estime de soi, encore faut-il éviter de la transformer en diktat moraliste qui ne ferait que produire de la réactance.

Références Bibliographiques

Ademe (2016). Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité. L'apport des sciences humaines et sociales pour comprendre et agir. Rapport, 183p. PDF téléchargeable sur le site : http://www.ademe.fr/changer-comportements-faire-evoluer-pratiques-sociales-vers-plus-durabilite.

Barrault, J. (2012). Les pratiques de jardinage face aux risques sanitaires et environnementaux des pesticides. Les approches différenciées de la France et du Québec. Thèse de Doctorat en sociologie, Université du Québec et Université Toulouse 2, septembre 2012, 427p.

Bigot, R. et Hoibian, S. (2011). *Environnement : des bonnes intentions aux bonnes pratiques*. CREDOC. 4 pages.

Bœuf, G., Allain, Y-M., Bouvier, M. (2012). L'apport des sciences participatives dans la connaissance de la biodiversité. Rapport remis à la Ministre de l'Ecologie.

Capdevilla, Ignasi (2015). Les différentes approches entrepreneuriales dans les espaces ouverts d'innovation. Innovations 2015/3 (n°48 p87-105).

Deshayes, S. (2015). Identification des sources de phtalates et d'alkylphénols (polluants émergents en milieu urbain et compréhension des processus d'élimination, Thèse de doctorat, Université Paris Est décembre 2015, 252p.

Dobré, M. (2002). L'écologie au quotidien : éléments pour une théorie sociologique de la résistance ordinaire. Éditions L'Harmattan, 353 p.

Dufour V., Cruz, J., Le Menach, K., Capdeville M.J., Granger, D., Chambolle, M., Budzinski, H. (2016). Sources of Fipronil in urban areas : an environmental concern. 9th European Conference on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment, Saint Jacques de Compostelle (Espagne), 4-7 octobre 2016.

ENoLL, www.openlinvinglabs.eu

Felonneau, M.L. & Becker, M. (2008). Pro-environmental attitudes and behavior: Revealing perceived social desirability. International Review of Social psychology, 21, 4, 25-53.

Felonneau ML. & Causse E. (2014). Who is responsible for household waste? From the responsibility attribution to the duty to act. Communication International Congress of Applied Psychology (ICAP), Paris.

Félonneau ML & Causse, E. (2016) Pro-environmentalism, identity dynamics and environmental quality of life in G. Fleury-Bahi, O. Navarro-Carrascal & E. Pol (Eds), *Handbook of Environmental Psychology and Quality of Life*, Springer (211-228).

Gifford, R., Scannell, L., Kormos, C., Smolova, et al. (2009). Temporal pessimism and spatial optimism in environmental assessment: An 18-Nation Study. *Journal of Environmental Psychology,* 29, 1, 1-12.

Inmédiats (2014). Living Lab, une nouvelle forme de rapport au public. Cahier d'Inmédiats.

INOVE.COM.(2016). Identité, NOrme, Vulnérabilité pour une approche Ecologique de la COnsommation des Ménages.. Projet de recherche MEDDE, programme MOVIDA (auteurs : Ballesta, O., Carimentrand, A., Causse, E., Delerue, F., Félonneau, M.L., Gombert-Courvoisier, S., Ribeyre, F. & Rioche, G.).

Jodelet, D. (1989). Folies et représentations sociales. Les sciences sociales comntemporaines. PUF Sociologie d'aujourd'hui, 216p.

Juan, S. (2009). « La relation modes de vie - environnement comme question sociologique », dans *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, Éditions L'Harmattan.

Kalaora, B. (2001). « À la conquête de la pleine nature », *Ethnologie française*, 31, p. 591-597.

Krieger, S-J. (2015). *Écologisation d'un « centaure » ? Analyse d'une appropriation différenciée des enjeux environnementaux par les usagers récréatifs de nature*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux et Université du Québec à Rimouski.

Lassare, D., et Meiffren, D. (2008). Le stress est-il un risque ? In. S. Berjot et B. Paty (Eds.), *Stress et faire face aux menaces du soi et de l'identité* (p.99-122). Reims : Epure.

Macnaghten, P. (2003). « Embodying the environment in everyday life practices », *The Sociological Review*, 51, 1, p. 63-84.

Olivos, P., Aragones, J.I. & Amerigo, M., (2011) The connectedness to nature scale and its relationship with environmental beliefs and identity ? IPHJ (2011) ISSN 1939-5841

Ortalda, L. et Hatchuel, G. (2000). *La perception de la qualité de l'eau et la sensibilité de la population à l'environnement.* CREDOC. 211 pages.

Picard, R. (2009). La protection de l'eau : une forte sensibilité, une faible implication. CREDOC. 92 pages.

Collectif Umvelt, Montréal in vivo (mars 2014), Qu'est-ce qu'un Living Lab ? Le Livre Blanc des Living Labs.

Inmédiats (2014). Living Lab, une nouvelle forme de rapport au public. Cahier d'Inmédiats.

Lassare, D., et Meiffren, D. (2008). Le stress est-il un risque ? In. S. Berjot et B. Paty (Eds.), *Stress et faire face aux menaces du soi et de l'identité* (p.99-122). Reims : Epure.

REFIOM (2013). Rôle de l'Ecologie Familiale dans la réduction de l'Impact des Ordures Ménagères. Projet de recherche ADEME, programme Déchets et Sociétés (auteurs : carimentrand, A., Causse, E., Félonneau, M.L., Gombert-Courvoisier, S. & Ribeyre, F).

Zaccaï, E. (2009). « Contradictions de la consommation durable », dans *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, L'Harmattan.

Table des figures

Figure 1. Intérêts de la mise en évidence des liens entre connaissances, représentations et comportements pour proposer des solutions de réduction des émissions domestiques de micropolluants 8

Figure 2. Écran d'accueil de l'application 15

Figure 3. Extrait du jeu de cartes : « a : Pratiques domestiques et produits associés » « b : Jokers » et « c : Chaîne du produit » 19

Figure 4. Installation du matériel et groupe en activité pendant la phase du quiz 20

Figure 5. Répartition des répondants (en pourcentage) par structure d'âge (en années) 25

Figure 6. Perturbations des quatre types de pratiques domestiques sur la qualité de l'eau 26

Figure 7. Question 2 du Living Lab 28

Figure 8. Question 3 du Living Lab : « Dans nos produits quotidiens, il y a des substances polluantes pour les milieux aquatiques. Dans quelle mesure pensez-vous qu'une station de traitement des eaux usées les élimine ? » 29

Figure 9. Classement des conséquences de la pollution des milieux aquatiques en termes de probabilité d'apparition (a) et de gravité (b) 30

Figure 10. Classement des catégories de leviers d'actions citées par ordre décroissant 35

Figure 11. ACP réalisée sur le nombre de leviers d'actions proposés par type de comportement pour chaque famille de pratiques. Le plan factoriel des individus (à gauche) représente les comportements par type de pratiques : H (Hygiène et soins corporels), M (soins médicaux), T (transports), E (Entretien maison et jardin), I (lutte contre les indésirables). Le cercle des corrélations (à droite) représente les 10 catégories de leviers d'action utilisées comme variables explicatives : Substit (substitution d'un produit par un autre), Taxat (Taxation/réglementation), Innov (Innovation sur le produit), STEU (solution technique de traitement en STEU), Inform (Information/sensibilisation/communication), Changem (changement de comportement), Mutual (mutualisation), Tri (tri/séparation à la source), Reduct (réduction), Etiquet (étiquetage). 36

Figure 12. Niveau d'étude des participants (Q. 45) 42

Figure 13. Professions des personnes de l'échantillon (Q. 46) 42

Figure 14. Type de logement occupé (Q.49) 43

Figure 15. Type d'hébergement (Q.50) 43

Figure 16. Connaissance du terme « micropolluant » (Q.1) 44

Figure 17. Produits d'usage courant contenant des micropolluants selon les participants (Q.2) 45

Figure 18. Cycle de traitement des eaux usées domestiques (Q.4) 46

Figure 19. Activités jouant un rôle dans la pollution des milieux aquatiques selon les participants (Q.5 : « Selon vous, les activités suivantes contribuent-elles à la pollution des milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'activité, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout à 6-Fortement) 48

Figure 20. Provenance des micropolluants présents dans les milieux aquatiques selon les répondants (Q.6 : « selon vous, d'où proviennent les micropolluants présents dans les milieux aquatiques ? »). Pour chaque type de source, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout à 6-Tout à fait) . 49

Figure 21. Responsables de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques (Q.37 : « A votre avis, qui est responsable de la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? »). Pour chaque type d'acteur, sont représentés : le score moyen avec son écart-type et la distribution des réponses en fonction de l'échelle de 1-pas du tout responsables à 6-Très responsables) 50

Figure 22. Utilisation de produits d'hygiène corporelle respectueux de l'environnement (Q.8) 51

Figure 23. Perturbation des milieux aquatiques par les produits d'hygiène corporelle (Q.11) 51

Figure 24. Utilisation de produits de lavage respectueux de l'environnement (Q.12) 52

Figure 25. Perturbation des milieux aquatiques par les produits d'entretien du linge (Q.15) 52

Figure 26. Perturbation des milieux aquatiques par les produits d'entretien du véhicule (Q.19) 53

Figure 27. Utilisation de produits antipuces respectueux de l'environnement (Q.22) 54

Figure 28. Perturbation des milieux aquatiques par les produits antipuces (Q.23) 55

Figure 29. Utilisation de produits insecticides respectueux de l'environnement (Q.26) 55

Figure 30. Perturbation des milieux aquatiques par les produits insecticides (Q.27) 56

Figure 31. Perturbation des milieux aquatiques par les médicaments (Q.31) 57

Figure 32. Comparaison des représentations concernant la perturbation des milieux aquatiques par les insecticides (Q.27), les médicaments (Q.31), les lessives (Q.15), les produits de nettoyage des voitures (Q.19), les produits pour la douche (Q.11) et les produits antipuces (Q.23) utilisés dans les pratiques domestiques 58

Figure 33. Perception des impacts des micropolluants sur la santé humaine « actuellement » et à « long terme » (Q.36 : « Selon, vous, la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques peut-elle affecter la santé humaine ? ») 59

Figure 34. Scores composites 60

Figure 35. Illustration du biais de Conformité supérieure de soi (Q.39) 63

Figure 36. Scores et variables predictrices 65

Figure 37. Réponses à la Q.33 : « Vous adoptez des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement, même si cela vous paraît contraignant » 65

Figure 38. Réponses à la Q.7 : « Vous arrive-t-il de préférer ignorer les conséquences sur l'environnement des produits que vous utilisez au quotidien ? » 66

Figure 39. Réponses à la Q.32 : « Dans le choix de vos produits quotidiens, vous avez tendance à donner priorité à … » 67

Figure 40. Pistes d'actions pour réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques (Q.34 : « selon vous, réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques nécessiterait de …») 68

Figure 41. Acteurs devant agir pour la réduction des micropolluants (Q.38 : « Qui devrait agir pour réduire la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques ? ») 69

Table des tableaux

Tableau 1. Tableau de collecte des leviers d'action par les animateurs pendant la phase du jeu de cartes..... 21

Tableau 2. Corrélations (Spearman) concernant la perturbation sur la qualité de l'eau entre les quatre types de pratiques domestiques. ns : corrélation non significative ; * : corrélation significative à p<0,05 ; ** : corrélation significative à p<0,01 ; *** : corrélation significative à p<0,001..... 27

Tableau 3. Corrélations (Spearman) entre les perturbations sur la qualité de l'eau et les perturbations sur la qualité de l'air et la santé humaine. ns : corrélation non significative ; * : corrélation significative à p<0,05 ; ** : corrélation significative à p<0,01 ; *** : corrélation significative à p<0,001..... 27

Tableau 4. Conséquences de la pollution des milieux aquatiques en termes de probabilité et de gravité..... 31

Tableau 5. Exemples de leviers d'actions relevés dans les tableurs Excel pour chacune des familles de pratiques domestiques en fonction des 10 catégories de leviers d'action 32

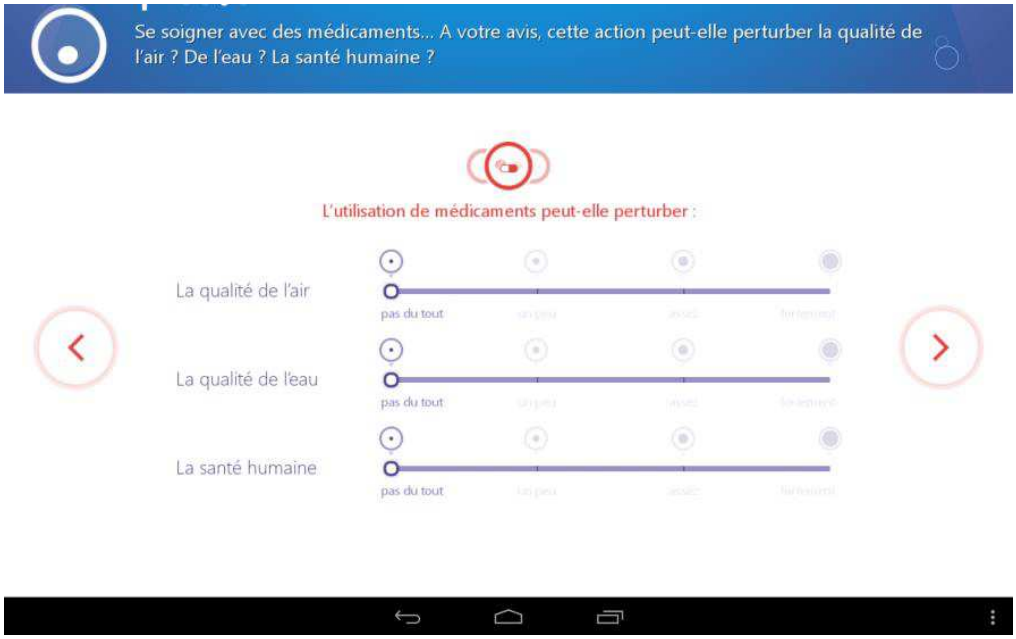
Tableau 6. Comptabilisation des exemples cités par catégorie de leviers d'actions et par famille de pratiques domestiques 34

Tableau 7. Analyse qualitative de l'adéquation du Living lab et de l'enquête populationnelle aux objectifs de la sous-tâche concernant la source domestique 71

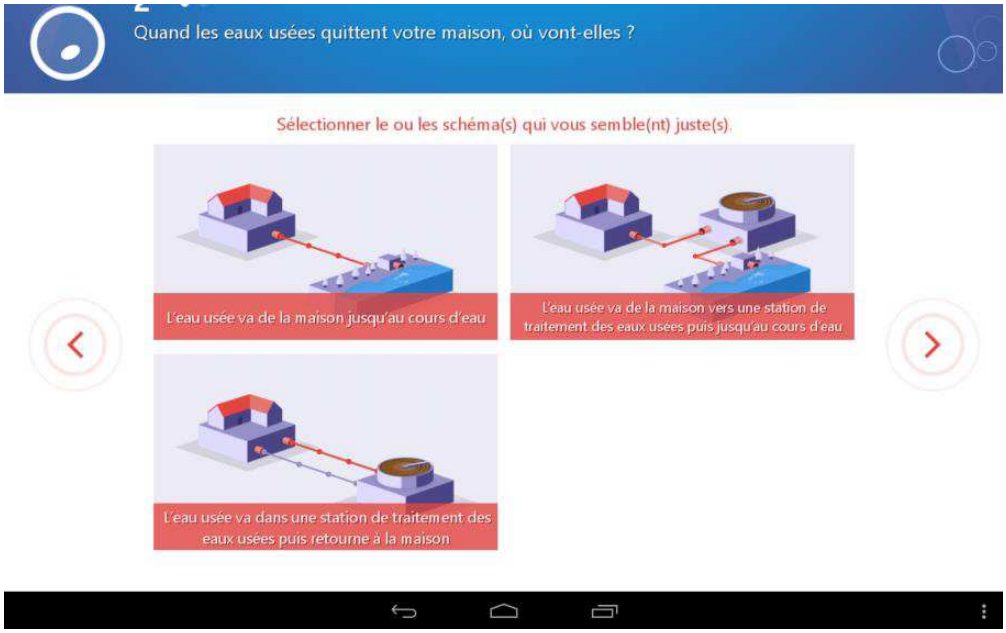
Annexes

Annexe 1 : Illustrations du quiz. Captures d'écran

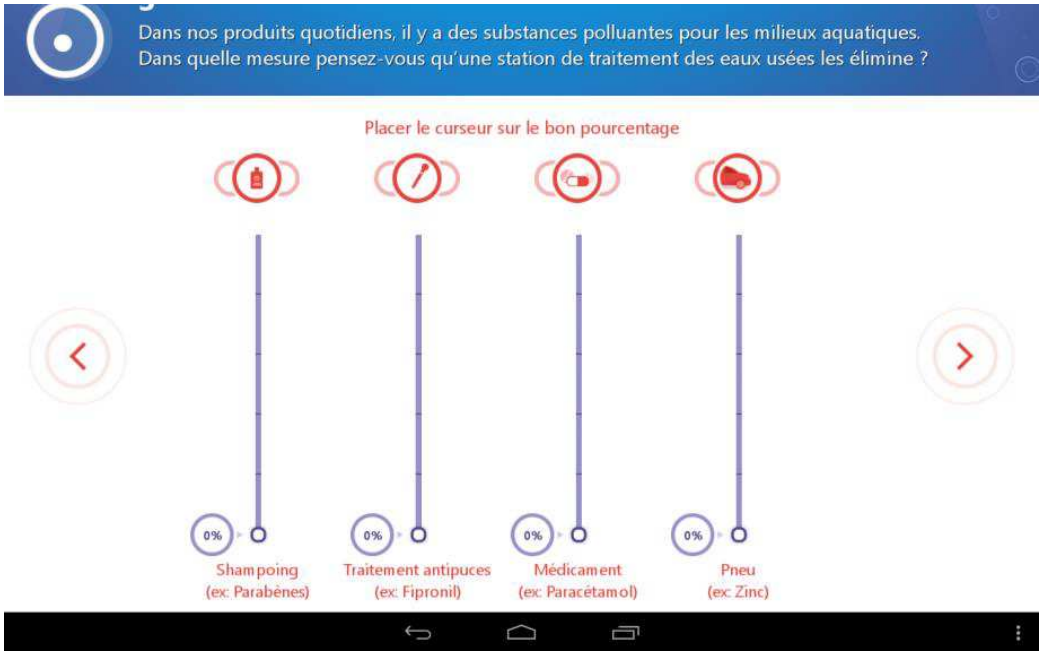
Thème 1. Q3 :



Thème 2, Q1 :



Thème 3 :



Thème 4, Q1 :

Annexe 2 : Book de l'animateur du Living Lab du projet REGARD

REGARD

Éléments de contexte scientifique pour les animateurs du Living Lab

1. LES MICROPOLLUANTS 89

QUI SONT-ILS ? 89
D'OU VIENNENT-ILS ? 91
QUELLE EST LEUR PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT ? 94
QUELS SONT LEURS IMPACTS ? 95
Impacts sur les milieux aquatiques 95
Impact sur l'homme 97
COMMENT SONT-ILS REGLEMENTES ? 100
Au niveau européen 100
Au niveau français 101
QUEL EST L'ETAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES MP ? 103
Etat des connaissances sur les eaux potables 103
Etat des connaissances pour les eaux usées 103
- Elimination des MP par les stations de traitement des eaux usées classiques 103
- Elimination des MP par les traitements tertiaires existants 103
- Impact des boues de STEU vis-à-vis de leur épandage 104
- Etat de la contamination des eaux de l'estuaire de la Garonne et apport du système d'assainissement de la métropole bordelaise 104

Comment réduire les émissions ? 105
Peut-on traiter les micropolluants ? 105

2. LE SYSTEME D'ASSAINISSEMENT ET LA FILIERE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES 107

3. LE PROGRAMME DE RECHERCHE REGARD ET SON LIVING LAB 111

CONTEXTE, OBJECTIFS ET PARTENAIRES DE REGARD 111
LES PARTENAIRES IMPLIQUES DANS LA CREATION DU LIVING LAB 114
LE LIVING LAB DANS REGARD 116
Intégration dans le projet 116
Objectifs du Living Lab 117
Organisation/ contenu 118
- Déroulement : 118
- Organisation : 118

4. ELEMENTS DE REPONSES AU QUIZZ 120

QUESTION 1 : 120
Question 1a : Une douche peut-elle perturber : 120
- Impact de la douche sur la santé humaine 120
- Impact de la douche sur la qualité de l'eau 120

Question 1b : Un traitement antipuce peut-il perturber : 121
- Impact d'un traitement antipuces sur la santé humaine 121

- Impact d'un traitement antipuces sur la qualité de l'eau 121

Question 1c : L'utilisation de la voiture peut-elle perturber : *122*

- Impact des automobiles sur la santé humaine 122
- Impact des automobiles sur la qualité de l'eau 122
- Impact des automobiles sur la qualité de l'air 122

Question 1d : L'utilisation de médicaments peut-elle perturber : *123*

- Impact des médicaments sur la santé humaine 123
- Impact des médicaments la qualité de l'eau 124

QUESTION 2 : SELECTIONNER LES SCHEMAS QUI VOUS SEMBLENT JUSTES 124

QUESTION 3 : 124

Question 3a : Substances d'un dentifrice, exemple des parabènes *124*

Question 3b : Substances d'une pipette antipuce, exemple du fipronil *125*

Question 3c : Substances d'un médicament, exemple du paracétamol et du diclofénac *125*

Question 3d : Substances d'un pneu, exemple du zinc *126*

QUESTION 4 : 127

5. ANNEXE 128

6. GLOSSAIRE 130

Les micropolluants

Qui sont-ils ?

Les micropolluants, ou MP, sont des composés susceptibles d'avoir une action toxique sur les organismes vivants (plantes, algues ou animaux voire l'homme) d'un milieu donné, à des concentrations infimes, de l'ordre du microgramme (10^{-6} gramme) ou du nano-gramme (10^{-9} gramme) par litre.

Pour avoir un ordre d'idée de ce que ces concentrations représentent, on peut se dire qu'en gros, elles correspondent à la valeur d'un sucre dans une piscine olympique.

L'appellation MP englobe des dizaines de milliers, voire des centaines de milliers de composés chimiques. C'est un nom « fourre-tout » qui comprend des composés très différents que l'on peut classer selon :

- leurs origines :
  - naturelle comme par exemple les métaux (ex. le fer qui donne la couleur rouille à certaines terres) ou les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) (ex. le benzo(a)pyrène[30] qui peut provenir des éruptions volcaniques ou des feux de forêt)
  - anthropique comme par exemple les PolyChloroBiphényles (PCB) utilisés dans les transformateurs électriques[1]
- leurs usages : pesticides, médicaments, produits d'hygiène (cosmétiques), etc.
- leurs effets sur la santé humaine comme par exemple les perturbateurs endocriniens ou les composés CMR (cancérigène/mutagène/reprotoxique),
- leurs effets sur l'environnement comme la féminisation des poissons[31] ou la disparition des vautours au Pakistan[32]
- leurs propriétés physico-chimiques : les métaux *vs* les molécules organiques[33], les molécules hydrophiles *vs* hydrophobes
- les cadres réglementaires qui les concernent : composés règlementés *vs* composés émergents

[30] Agence de l'eau Seine-Normandie, 2008, Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie, http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5327

[31] Kidd et *al.*, 2007, Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen, Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(21), p. 8897 -8901

[32] Oaks et *al.*, 2004, Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. Nature, 427 (6975), p. 630-633

[33]Les molécules organiques sont constituées d'un assemblage d'atomes tels que le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, etc. (exemple : la molécule de méthane, CH_4, qui est constituée de 1 atome de carbone et 4 atomes d'hydrogène) alors que les métaux sont des éléments à part entière (exemple : le fer, le cuivre, etc.)

Les MP sont présents dans des produits que nous utilisons tous les jours (cf Figure 42) pour des raisons personnelles/domestiques (exemple : santé, hygiène, entretien de la maison ou du jardin, déplacements, etc.) ou professionnelles (exemple : industrie, agriculture, centre de soin, etc.).

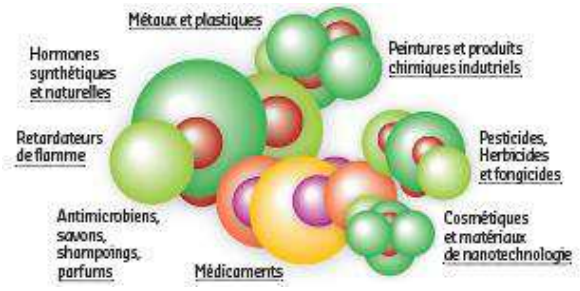


Figure 42 *Les différentes sortes de MP (source : Les cahiers Eau service, supplément technique du n°34,2011).*

D'où viennent-ils ?

Comme les MP sont présents dans de très nombreux produits, leurs sources sont diverses et sont liées aux usages que l'on fait de ces produits : usages domestiques, industriels, agricoles, artisanaux, hospitaliers, etc. De fait, leurs origines dans l'environnement sont multiples mais les voies d'introduction dans les milieux aquatiques peuvent se résumer à 3 : les eaux usées, les eaux pluviales et les déversements directs ou diffus.

Explication détaillée :

Lorsque les MP sont contenus dans des savons, shampoings, dentifrices, produits de vaisselle, lessives, produits pour nettoyer le sol, etc. ils sont déversés dans les canalisations d'évacuation des eaux usées avec les eaux de rinçage. Ces eaux sont dirigées vers des stations de traitement des eaux usées (STEU) où elles seront traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Malheureusement, lorsque les MP ne sont pas efficacement éliminés par les traitements appliqués dans les STEU[34], ils se retrouvent déversés avec les eaux traitées dans les milieux aquatiques tels que les cours d'eau, les lacs ou le milieu marin.

Par ailleurs, le traitement des eaux usées dans les STEU génère des boues résiduaires dans lesquelles les MP peuvent être piégés. Ces boues peuvent ensuite être épandues sur les sols cultivés afin de les fertiliser. Les MP qui y étaient piégés se retrouvent alors dans le milieu édaphique*. Cette voie d'introduction présente le double inconvénient d'atteindre à la fois le milieu terrestre et le milieu aquatique à cause des ruissellements d'eau de pluie sur les sols amendés. Les eaux de pluie entrainent les MP vers les nappes phréatiques sous-jacentes et les eaux de surface à proximité. Il en est de même pour les MP contenus dans les produits agricoles tels que les pesticides (herbicides, fongicides, insecticides) ou les engrais qui sont épandus sur les champs. Ces derniers peuvent de plus atteindre l'air lorsqu'ils sont disséminés sous forme d'aérosols.

Lorsque les MP sont des résidus de médicaments à usage humain, ils sont excrétés via les urines et les fèces dans le cas d'une administration orale ou nettoyés avec les eaux de rinçage dans le cas d'une application sur la peau. Ils finissent alors dans les eaux usées et suivent le même circuit que celui décrit précédemment. Il en est de même pour les MP contenus dans les médicaments administrés dans les centres de soins et les hôpitaux. Les eaux usées provenant de ces établissements sont alors plus particulièrement chargées en MP d'origine médicamenteuse et ceci est d'autant plus vrai que les molécules entrent dans la composition de médicaments administrés exclusivement à l'hôpital. Lorsque les médicaments ne sont pas consommés et qu'ils sont jetés dans les éviers ou les toilettes, les MP qu'ils contiennent se retrouvent aussi dans les eaux usées et suivent aussi le même circuit.

Lorsque les MP sont des résidus de médicaments à usage vétérinaire, ils peuvent atteindre le sol des pâturages, via les excréments, quand les animaux sont élevés en plein champ ou se retrouver dans les déchets d'élevage (lisier, fumier, etc.) qui, comme les boues de STEU, sont appliqués sur les sols agricoles pour les enrichir. Dans les 2 cas, ils pourront rejoindre les nappes phréatiques sous-jacentes

[34] Les STEU n'ont pas été conçues pour éliminer les MP mais les déchets solides, les bactéries et les macropolluants (carbone, azote). Elles fonctionnent très bien pour ce pour quoi elles ont été construites (pour plus de détails cf partie 2 - Le système d'assainissement et la filière de traitement des eaux usées).

et les eaux de surface à proximité via le ruissellement des eaux de pluie. Ils peuvent aussi être directement déversés dans le milieu aquatique dans le cas des fermes aquacoles.

Lorsque les MP sont présents dans des produits jetés avec les déchets, ils peuvent finir comme ces derniers dans les décharges[35]. Les lixiviats* de ces décharges contiennent des polluants de toutes sortes qui contaminent les sols et les eaux de surface ou souterraines avoisinantes. Néanmoins, en général les bacs des décharges sont étanches et les lixiviats sont récupérés.

Les eaux usées des industries fabriquant et conditionnant des produits contenant des MP sont aussi des sources importantes. Néanmoins, ces usines ont souvent leur propre système de traitement avant de rejeter leurs eaux usées dans le réseau d'assainissement général ou directement dans le milieu naturel.

Enfin, lorsque les MP sont présents dans des produits antimousse qu'on applique sur les toitures, des désherbants qu'on applique sur les trottoirs, des huiles de moteur ou des carburants qui peuvent être déversés sur la chaussée, ils sont lessivés avec les eaux de pluie et peuvent atteindre soit les canalisations d'évacuation des eaux pluviales (réseau séparatif) puis le milieu naturel ; soit les canalisations d'eaux usées (réseau unitaire) puis la STEU puis le milieu naturel s'ils ne sont pas éliminés en STEU ; soit directement le sol ou les eaux de surface ou souterraines à proximité.

En résumé, il existe de nombreuses voies d'entrée des MP dans l'environnement :

- les rejets d'eaux traitées dans les STEU,
- les épandages* de boues résiduaires provenant du traitement des eaux dans les STEU,
- les émissions agricoles ou industrielles directes,
- les épandages des déchets d'élevage,
- les déjections animales émises directement dans le milieu,
- les déversements dans les fermes aquacoles,
- les lixiviats de décharges,
- les eaux de pluie lessivant les surfaces traitées ou salies.

La Figure 43 ci-dessous reprend les différentes sources de MP et leur origine dans l'environnement.

[35] Il y a de moins en moins de décharges. De nos jours, les déchets sont le plus souvent incinérés.

Figure 43 *Origine des micropolluants dans l'environnement (source : Les cahiers Eau service, supplément technique du n°34,2011).*

REGARD étudie les apports de MP issus du système d'assainissement de la ville, à savoir les eaux pluviales et les eaux usées traitées.

Quelle est leur présence dans l'environnement ?

A cause de la diversité des sources et origines, les MP sont présents dans tous les compartiments de l'environnement (air, eau, sol).

Leur présence est confirmée dans la majorité des cours d'eau et nappes superficielles en France. Par exemple, 92 % des prélèvements effectués en cours d'eau entre 2007 et 2009 ont révélé la présence d'au moins un pesticide. De nombreuses autres familles de micropolluants sont aussi très fréquemment trouvées (HAP, PCB...)[36].

Localement, le projet ETIAGE a montré la présence de pesticides (cf Figure 44) et de résidus de médicaments dans la Garonne (à différentes dates).

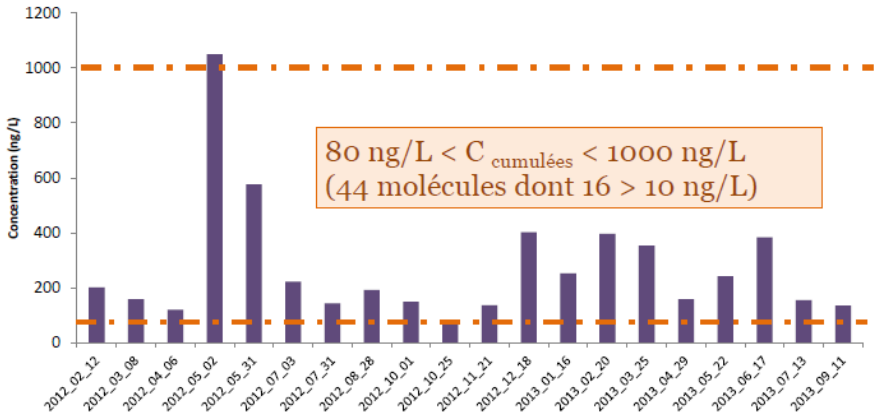


Figure 44 *Evolution des concentrations cumulées (ng/L) en pesticides recherchés dans la Garonne au niveau du site de Bordeaux (source : présentation des résultats de l'axe 2 du programme de recherche ETIAGE, Les micropolluants organiques par Hélène Budzinski lors du séminaire de restitution, 2014).*

[36] Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux Période 2007-2009, Commissariat Général du Développement Durable, 2011

Quels sont leurs impacts ?

La présence des MP dans les milieux aquatiques est avérée. Bien que leurs impacts sur l'environnement et la santé humaine commencent à être mieux compris, ils font encore l'objet de nombreuses études. Ci-dessous, voici un bref aperçu de l'état actuel des connaissances sur l'impact des MP sur les milieux aquatiques, les organismes qui y vivent et l'homme.

Impacts sur les milieux aquatiques

De par leur définition, les micropolluants peuvent avoir des effets toxiques sur les organismes vivants. Les effets visibles dans le milieu naturel concernent surtout : une diminution de la croissance des organismes, voire une augmentation de leur mortalité, ainsi qu'une perturbation de leur fonctionnement (alimentation, reproduction, respiration, etc.).

Plus précisément, des effets cellulaires et moléculaires sont observés en laboratoire, comme des effets Cancérigènes, Mutagènes, Reprotoxiques (baisse de la fécondité, stérilité) [on parle des effets CMR], ainsi que des effets neurotoxiques, immunotoxiques, teratogènes (apparition de malformations congénitales), et de perturbations du système hormonal (perturbateurs endocriniens). Ces effets peuvent se cumuler[37].

Voici quelques exemples en milieu naturel ou semi-naturel :

- impact du chlorothanlonil : ce fongicide largement utilisé aux Etats Unis a pour effet d'augmenter la mortalité de plusieurs espèces d'amphibiens (grenouilles, rainettes)[38]
- impact du tributylétain (TBT) : ce composé de la famille des organo-étains, utilisé comme biocide* dans les antifoulings (peintures antisalissures), est un perturbateur endocrinien* qui induit un dérèglement de la production et de la sécrétion des hormones. Chez les gastéropodes femelles, il provoque le développement d'un pénis (appelé imposex), pouvant engendrer une stérilité[39]. Le TBT est aujourd'hui interdit d'usage. Même si la contamination diminue lentement, le TBT et ses métabolites sont stockés dans les sédiments qui diffusent progressivement la pollution. On en retrouve en France dans les environs des grandes infrastructures portuaires (Le Havre, Cherbourg), mais il est peu présent dans la région Aquitaine[40].

[37] La pollution des rivières à l'heure des micropolluants, Agence de l'eau Seine Normandie, 2014

[38] McMahon et *al.*, 2011, The Fungicide Chlorohalonil Is Nonlinearly Associated with Corticosterone Levels, Immunity, and Mortality in Amphibians . Environmental Health Perspectives , volume 119, number 8

[39] GIS Seine-Aval, 2011, Qualité de l'eau et contaminations : Utilisation des mollusques pour le suivi de la contamination chimique dans l'estuaire et la baie de Seine

[40] Agence de l'eau Seine Normandie, 2014, plaquette Poissons, coquillages et crustacés, Quels risques chimiques ?

Malgré les exemples cités ci-dessus, la mise en évidence des impacts des MP sur les organismes vivants en dehors des laboratoires reste compliquée.

D'une part, parce que les variations observées chez les organismes ou communautés d'organismes en milieu naturel peuvent aussi être provoquées par de multiples autres facteurs comme par exemple les variations naturelles de température, d'oxygénation, de lumière, etc. Il faut donc arriver à faire le tri entre les différentes causes à l'origine des variations et mettre en évidence les effets spécifiquement liés aux MP.

Et d'autre part, parce que les MP sont nombreux dans l'environnement et interagissent entre eux, c'est ce que l'on appelle l'effet cocktail. Lorsque plusieurs MP sont présents en même temps dans le milieu naturel, leurs effets toxiques peuvent s'additionner, s'annuler ou se multiplier.

Ces effets dépendent donc du mélange des nombreuses molécules présentes, ce qui complique les comparaisons avec les études en laboratoire où le type et la quantité de micropolluants sont beaucoup plus contrôlés.

Une solution intermédiaire entre l'étude en laboratoire où tous les paramètres sont contrôlés mais qui simplifient la réalité, et l'étude en milieu naturel où il est difficile d'identifier la cause exacte puisque plusieurs paramètres varient en même temps, est l'introduction de manière contrôlée d'organismes « témoins » (c'est-à-dire dont on connait l'origine, la taille, l'âge, le sexe, le poids, etc.) dans le milieu que l'on souhaite étudier.

C'est par exemple ce qui a été fait dans le cadre du programme ETIAGE avec l'exposition dans la Garonne du coquillage *Corbicula fluminea*[41] encagé (détails ci-dessous).

Exposition de *Corbicula fluminea* dans la Garonne[42] :

L'organisme étudié est le bivalve filtreur *Corbicula fluminea*, organisme résistant et à durée de vie longue (3-4 ans). C'est un bon indicateur de la contamination du milieu par son caractère filtreur. Les *Corbicula* ont été immergés dans des cages pendant 1 à 3 mois en 2010, 2011 et 2012, sur différents sites en amont (St Macaire), au début de (Bègles), et à la sortie de l'agglomération bordelaise (Bacalan) (Figure 45). Ils ont été immergés durant l'été (de Juillet à Septembre) car c'est une période où la quantité d'oxygène dans l'eau est moindre (hypoxie). Dans ces conditions, les organismes aquatiques « ventilent » plus. Par exemple, les organismes filtreurs filtrent une quantité d'eau plus importante servant à la respiration et à l'alimentation. L'accumulation des MP présents dans ces eaux, et les effets qui en découlent sont donc plus marqués pendant ces périodes.

Les résultats ont mis en évidence i) une bioaccumulation des métaux plus importante dans les organismes exposés au niveau de Bacalan que ceux exposés au niveau de Saint Macaire ; ii) une inhibition de la croissance marquée autour de l'agglomération bordelaise ; et iii) une mortalité des bivalves qui est moins marquée en amont (St Macaire). Pourtant *Corbicula fulminea* est un organisme résistant. Les MP métalliques (mais pas que, il y a aussi les micropolluants organiques) sont certainement responsables de ces effets.

[41] Remarque si une personne du public connaît cette palourde asiatique, qui est une espèce envahissante : bien sûr l'expérimentation ne permet pas la propagation des organismes dans l'environnement (utilisation de cages, hors périodes de dispersion des larves...)

[42] Données et explications transmises par Magalie Baudrimont (UMR EPOC, Université de Bordeaux).

En résumé, le programme ETIAGE a montré que la Garonne estuarienne est une zone de vulnérabilité pour les organismes aquatiques, combinant l'hypoxie, à certaines saisons, avec la présence de MP métalliques et organiques.

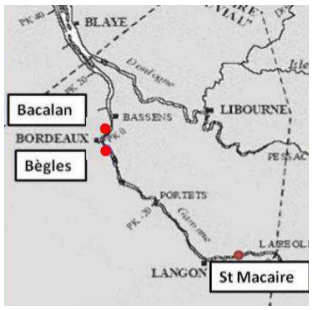


Figure 45 *Localisation des points d'exposition de Corbicula Fluminea sur la Garonne.*

Si certains MP sont connus pour leur persistance dans l'environnement, d'autres pour leur bioaccumulation dans les organismes et leur bioamplification dans la chaine alimentaire, il n'y a pas de classement réel par rapport à leurs effets sur l'environnement. Néanmoins, il existe des seuils de concentrations maximales en milieu aquatique à ne pas dépasser pour éviter un impact sur les organismes vivants et les écosystèmes. Il s'agit soit de normes européennes appelées NQE (Norme de Qualité Environnementale), valables pour les substances déjà règlementées, soit de seuils appelés PNEC (Predictive Non Effect Concentration ou concentration prédite sans effets) valables pour certaines molécules, non encore réglementées mais pour lesquelles des effets ont été observés.

Impact sur l'homme

Les micropolluants peuvent passer de l'environnement à l'homme de différentes façons (cf Figure 46).

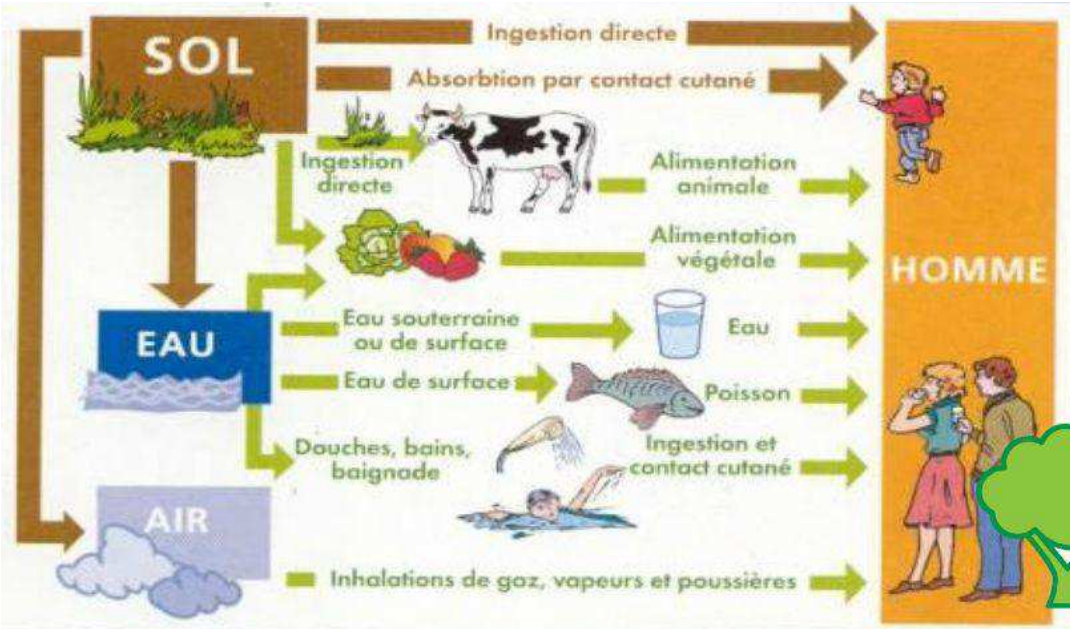


Figure 46 *: Les voies d'exposition de l'Homme aux micropolluants (source : dossier de presse, Agence de l'eau Seine Normandie, La pollution des Rivières à l'heure des micropolluants, 2014).*

L'homme peut être exposé aux MP via les milieux aquatiques principalement dans 3 situations : i) lorsqu'il se baigne dans une zone polluée ; ii) lorsqu'il consomme des produits (poissons, coquillage, fruit de mer, etc.) issus de zones polluées ; ou iii) lorsqu'il boit une eau polluée.

En effet, dans le deuxième cas, les organismes vivants dans des zones polluées peuvent accumuler des micropolluants non dégradés dans leurs tissus, c'est ce qu'on appelle la bioaccumulation. L'ingestion de proies contaminées peut provoquer d'une part le transfert des MP de la proie vers le prédateur, et d'autre part, une concentration des MP le long de la chaîne alimentaire, depuis les producteurs primaires tels que le phytoplancton jusqu'aux super-prédateurs (oiseaux, mammifères marins) dont l'homme, c'est ce qu'on appelle la bioamplification.

Voici quelques exemples de risques pour la santé humaine :

- Exemple des PCB : les PCB ont beaucoup été utilisés pour la fabrication des produits électroniques mais aussi pour d'autres produits (présents dans les peintures). Ils sont interdits en France depuis 1987 en raison de leur toxicité. En l'état actuel des connaissances, une exposition accidentelle de courte durée aux PCB n'a pas de conséquence grave. Une exposition aiguë à forte dose est associée à des irritations de la peau (chloracné) ou à des troubles plus graves, qui sont pour certains, réversibles. Une exposition régulière (possible pour les personnes consommant beaucoup de produits de la mer, dans des zones polluées aux PCB) entraîne des dommages au foie, des effets sur la reproduction et la croissance. Les PCB sont classés en tant que substances probablement cancérigènes pour l'homme. Malgré l'interdiction de l'utilisation des PCB depuis 1987, ils sont encore fortement présents dans les milieux aquatiques où ils se sont accumulés car très peu biodégradables (cela indique qu'une fois la source de pollution stoppée, les polluants peuvent être stockés dans l'environnement, et leur effets durer très longtemps [la demi-vie des PCB varie entre 94 jours à 2700 ans suivant le composé considéré]). Les interdictions partielles ou totales de pêche et de consommation de poissons dans de nombreux cours d'eau Français, en lien avec les PCB sont très fréquentes : 141 arrêtés préfectoraux comptabilisés de 1996 à 2013[43]. Par exemple, plus en amont dans la Garonne, la pêche à l'anguille est interdite pour cause de présence de PCB.
- Exemple du mercure : Le mercure est un élément présent dans la nature que l'on retrouve dans l'air, l'eau et les sols. L'exposition au mercure, même à de petites quantités (concentrations), peut causer de graves problèmes de santé et constitue une menace pour le développement de l'enfant *in utero* et à un âge précoce. Le mercure peut avoir des effets toxiques sur les systèmes nerveux, digestif et immunitaire, et sur les poumons, les reins, la peau et les yeux. Il est considéré par l'OMS comme l'un des dix produits chimiques ou groupes de produits chimiques extrêmement préoccupants pour la santé publique. Un exemple significatif d'exposition au mercure ayant des répercussions sur la santé publique est celui de Minamata (Japon) où, entre 1932 et 1968, une usine produisant de l'acide acétique a déversé des déchets liquides dans la baie de Minamata. Les rejets étaient fortement concentrés en méthyle mercure. La baie, riche en poissons et en coquillages, était le principal moyen de

[43] source : liste des arrêtés d'interdiction de pêche du fait des PCB

subsistance pour les résidents locaux et les pêcheurs d'autres localités. Pendant de nombreuses années, personne n'a compris que le poisson était contaminé par le mercure et que sa consommation était à l'origine d'une étrange maladie dans la communauté locale et dans d'autres districts. Au moins 50 000 personnes ont été touchées dans une certaine mesure et plus de 2000 cas de la «maladie de Minamata» ont été reconnus officiellement. La maladie de Minamata a connu un pic dans les années 1950, avec de nombreux cas de lésions cérébrales, de paralysies, de discours incohérents et de délires[44].

Dans la région, dans l'estuaire de la Gironde, le ramassage et la production de coquillages (dont les huîtres) est interdit depuis 1996 en raison d'une forte présence de cadmium, un métal toxique. Récemment, les concentrations en cadmium diminuant avec le temps, l'affinage des huîtres pendant 3 mois avant la vente a été autorisé mais pas le développement complet des huîtres dans ce milieu.

Remarque : pour qu'une interdiction ait lieu, il faut que les micropolluants aient été inclus dans la réglementation et dans les listes de molécules dangereuses à surveiller.

De nombreux micropolluants ne sont pas encore inclus dans la réglementation ni dans les analyses des réseaux de suivis. Pour que cela soit le cas, leur niveau de toxicité doit être établi et les méthodes analytiques pour les détecter, développées.

[44] Site internet de l'OMS http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/fr/

Comment sont-ils réglementés ?

Les micropolluants se trouvent au carrefour de beaucoup de textes législatifs, dans une réglementation complexe assez imbriquée portant sur les autorisations de mise sur le marché ou les restrictions d'usage (règlement REACH, règlement sur le marché des produits phytosanitaires, règlement biocide), les autorisations de rejet (directive IED, règlement des rejets et transferts de polluants) et sur l'environnement avec tout particulièrement la Directive Cadre sur l'Eau. Cette dernière vise à obtenir un bon état des masses d'eau[45].

Au niveau européen

Au niveau Européen, il y a 2 textes principaux :

- **La Directive Cadre sur l'Eau (DCE)** de 2000 et ses directives filles de 2008, 2013 et 2015.

Afin de préserver et de restaurer la qualité des eaux superficielles, le Conseil et le Parlement européen ont adopté la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) en octobre 2000[46]. Elle a pour objectif d'atteindre un bon état général des eaux d'ici 2015. Il est demandé d'améliorer la qualité chimique des eaux en réduisant progressivement les rejets des substances «prioritaires», et en supprimant les rejets des substances «dangereuses prioritaires».

En application de cette directive, une première liste de 41 substances (33 + 8), pour qualifier l'état chimique des eaux superficielles, a été adoptée :

- 20 substances prioritaires de l'annexe X de la DCE

- 13 substances dangereuses prioritaires de l'annexe X de la DCE, correspondant à des substances Persistantes, Bioaccumulables et Toxiques (PBT)

- 8 substances prioritaires de la directive 76/464/CEE (directive 2006-11).

9 polluants ont aussi été retenus pour qualifier l'état écologique des eaux (4 métaux et 5 pesticides).

La directive de 2008 s'est appliquée à définir les NQE (Normes de Qualité Environnementale) en fixant des objectifs de concentration maximale dans les milieux naturels à atteindre d'ici 2015.

En 2013, ont été rajoutées à la liste, 12 nouvelles substances ainsi qu'une liste de vigilance permettant de suivre des substances à risque dont des composés pharmaceutiques[47].

---

[45] Observatoire de l'eau de Seine-et-Marne, Les micropolluants dans l'eau, 27/02/2015 (http://eau.seine-et-marne.fr/actualites2/les-micropolluants-dans-l-eau)

[46] Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 200 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

[47] Directive 2013/39/UE du Parlement Européen et du Conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

En 2015, 11 substances ou familles de substances, soit 17 molécules, sont inscrites sur la liste de vigilance[48].

C'est donc désormais 53 substances dangereuses ou dangereuses prioritaires qu'il faut réduire ou supprimer à l'horizon 2021 (ou 2028 pour 2 d'entre elles, l'anthracène et l'endosulfan) et 17 de plus qu'il faut surveiller.

Au-delà de ces substances, la DCE pousse à prendre en compte les substances classifiées comme émergentes. Elles ne sont pas réglementées mais sont détectées dans les systèmes aquatiques et apparaissent toxiques envers les organismes aquatiques (INERIS et ONEMA 2009). La dernière conférence environnementale (septembre 2013) confirme la prégnance de ces enjeux.

- Le règlement REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals ou en français enRegistrement, Evaluation et Autorisation des produits Chimiques)

C'est la réglementation sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques entrée en vigueur depuis 2007 au sein de l'UE. Elle a pour but d'améliorer la protection de la santé humaine et de l'environnement en ayant un champ d'action sur tous les produits chimiques et sur leur libre circulation dans l'UE, tout en renforçant la compétitivité et l'innovation. Cette réglementation donne la responsabilité aux industries de l'évaluation et de la gestion des risques associés aux produits chimiques utilisés.

Au niveau français

En application des directives européennes, différents plans nationaux sont mis en œuvre. De nouveaux textes français voient le jour en 2007 pour intégrer la DCE et pour traduire l'amélioration des connaissances sur l'état des milieux et sur les émissions de substances et le retour d'expérience de la mise en œuvre des mesures.

Un plan national d'actions de lutte contre la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants (Plan Micropolluants) établi par le MEDDTL[49] est également adopté en octobre 2010 afin notamment de respecter les objectifs de la DCE.

- Le Plan Micropolluants (2010-2013) avait pour but d'améliorer la surveillance des milieux et des rejets, et de réduire les émissions des substances les plus préoccupantes. Le plan visait à agir à la source sur les secteurs d'activité qui émettent le plus de MP et à renforcer la veille (ex: suppression du perchloréthylène dans les pressings, récupération des amalgames dentaires riches en mercure chez les dentistes)[16].

[48] Commission implementing decision (EU) 2015/495 of 20 March 2015 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council

[49] Ministère l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, devenu le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

- L'action nationale RSDE (recherche des substances dangereuses pour l'environnement)

Elle débute en 2002 et est renforcée en 2008 au niveau des industriels classés ICPE (Installation Classées pour la Protection de l'Environnement) et des stations de traitement des eaux usées de plus de 10 000 EH (Equivalent Habitant). Elle oblige toutes les installations classées et les STEU urbaines à rechercher des substances dangereuses dans leurs effluents*. Cette action a permis d'établir la liste des micropolluants réellement présents site par site. Après cette phase d'identification, l'objectif sera de réduire, lorsque cela est possible ou d'arrêter à terme, le rejet et les émissions de 106 substances identifiées.

- Le Plan Polychlorobiphényls (PCB, 2008/2013) a pour objectifs de réduire les rejets en PCB et de mieux connaitre leur devenir dans l'environnement[16].

- Le plan national des résidus médicamenteux : il est lancé en mai 2011 dans le cadre du Plan national santé environnement (PNSE 2) afin d'évaluer les risques, gérer les risques environnementaux et sanitaires et coordonner les différents projets de recherche.

- **Le Plan écophyto 2018** : adopté en 2008, il a pour but de réduire si possible de 50 % la consommation en pesticides[16].

REGARD va plus loin que l'étude de ces seules substances réglementées et s'intéresse à une liste plus importante de molécules susceptibles d'avoir des impacts sur les milieux aquatiques.

Quel est l'état des connaissances actuelles sur les MP ?

Etat des connaissances sur les eaux potables

Une campagne nationale de mesures de 45 substances pharmaceutiques d'origine humaine, vétérinaires ou de leurs métabolites*, a été lancée dès 2009 par le ministère de la santé et de l'environnement. 285 échantillons ont été analysés. La majorité des échantillons ne contenaient aucune molécule quantifiable et aucune molécule n'a été retrouvée à des niveaux élevés. Les quelques composés détectés dans l'eau potable, à hauteur de quelques dizaines de ng/L ne représentent donc, sur une vie entière, qu'une fraction infime d'une dose journalière. En l'état actuel des connaissances, il n'y a donc aucun risque de santé publique lié à l'eau potable et aux MP.

Etat des connaissances pour les eaux usées

Sont présents ci-dessous quelques exemples de projets de recherche menés en France sur la présence des MP dans les eaux usées, leur devenir dans les STEU et leur impact une fois qu'ils ont passé la barrière de la STEU et qu'ils ont atteint le milieu naturel. Cette liste est loin d'être exhaustive.

Elimination des MP par les stations de traitement des eaux usées classiques

Les stations de traitement des eaux usées rejettent une fraction plus ou moins importante de MP dans les eaux du milieu naturel (ex : rivières, cours d'eau, mer, etc.), selon la qualité des eaux usées reçues et selon les performances des différentes filières de traitement mises en œuvre.

Le projet AMPERES[50] (Analyse de Micropolluants Prioritaires et Emergents dans les Rejets et les Eaux Superficielles, 2006-2009) a permis de mesurer les concentrations de micropolluants dans les eaux usées en entrée et en sortie de stations de traitement des eaux usées afin d'évaluer les performances d'élimination des STEU vis-à-vis des MP (il faut savoir que les STEU ne sont pas conçues à la base pour éliminer les MP). Les résultats à retenir sont que la moitié des substances étudiées sont éliminées en sortie de STEU à plus de 70% par la filière biologique classique. Seulement 15% des substances prioritaires se retrouvent dans les rejets à la sortie des STEU classiques à des concentrations supérieures à 100 ng/L, soit des quantités très faibles (avant dilution dans le milieu aquatique récepteur).

Elimination des MP par les traitements tertiaires existants

Le projet ARMISTIQ[51] (Amélioration de la Réduction des MIcropolluants dans les Stations de Traitement des eaux domestIQues, 2010-2013) consiste à évaluer et à améliorer la connaissance et la maîtrise de technologies de traitement des substances prioritaires et émergentes présentes dans les eaux usées et les boues urbaines. 4 axes de recherches ont été suivis : i) la réduction des

[50] https://projetamperes.cemagref.fr/

[51] http://armistiq.irstea.fr/

micropolluants par traitements avancés intensifs (ozonation, charbon actif, procédés d'oxydation avancée) ; ii) la réduction des micropolluants par traitements avancés extensifs (zone de rejet végétalisée, filtration sur matériaux adsorbants) ; iii) la modélisation des processus de dégradation pour la réduction des micropolluants partiellement biodégradables (optimisation des traitements secondaires) ; et iv) la réduction des micropolluants hydrophobes par traitements biologiques et thermiques des boues (séchage solaire ou thermique, compostage, lit de séchage planté de roseaux, …) avant valorisation agricole.

Le projet ECHIBIOTEB[52] (Outils innovants d'Échantillonnage, d'analyses CHImiques et BIOlogiques pour le suivi de Traitements avancés des Eaux usées et le traitement des Boues, 2011-2014) en liant étroit avec le projet ARMISTIQ, il avait pour but d'étudier différents outils qui permettent de caractériser l'efficacité des traitements complémentaires/tertiaires des eaux usées et des traitements des boues vis-à-vis des micropolluants. Les outils étudiés étaient les échantillonneurs intégratifs (POCIS, SPMD), les analyses chimiques ciblées et non ciblées (screening), les analyses biologiques *in vitro* et *in vivo* et la démarche EDA (effect directed analysees).

Impact des boues de STEU vis-à-vis de leur épandage

L'étude INRA Quali Agro a étudié, sur 16 années d'expérimentation en champ, l'apport de produits résiduaires organiques (boues de stations de traitement des eaux usées, compost, etc.). Elle a mis en avant que ces apports n'ont pas de réel impact sanitaire sur les sols et les cultures. Il n'y a pas d'accumulation de composées traces organiques ni dans les sols ni dans les plantes. Par contre il est noté une accumulation très progressive des métaux qui reste dans la partie supérieure du sol mais avec des concentrations très inférieures aux limites fixées par la réglementation[16].

Etat de la contamination des eaux de l'estuaire de la Garonne et apport du système d'assainissement de la métropole bordelaise

Le projet ETIAGE[53] (Etude Intégrée de l'effet des apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne Estuarienne, 2010-2014). Ce projet local avait pour but : i) d'améliorer les connaissances sur la qualité des eaux et l'état du milieu de la Garonne estuarienne ; ii) d'évaluer les impacts des apports de l'agglomération de Bordeaux, ainsi que les apports du bassin versant amont ; et iii) présenter des perspectives et des préconisations de gestion. Concrètement, il a permis d'étudier les apports en MP organiques et métalliques du système d'assainissement de l'agglomération bordelaise à la Garonne en comparaison aux apports amont et d'étudier l'impact de ces MP sur les organismes vivants, en particulier en période d'étiage*.

[52] http://echibioteb.irstea.fr/

[53] http://etiage.epoc.u-bordeaux1.fr/index.php/R%C3%A9union_Publique_juin_2014.html

Comment réduire les émissions ?

Réduire au maximum les sources d'émissions de MP de la part de tous et plus particulièrement de la part des industriels améliorera la qualité des milieux aquatiques.

Les méthodes de traitement s'affinent mais le cout reste élevé. La réduction à la source des émissions polluantes est prioritaire et doit être conjuguée à une réflexion comprenant des analyses de risque par bassin versant.

Compte tenu des différentes études menées, il est essentiel sans plus attendre de privilégier la prévention en :

- informant et en sensibilisant les prescripteurs, les fabricants, les distributeurs et les consommateurs de produits,
- en diminuant la pollution à la source et l'ensemble des émissions,
- en faisant évoluer les règlementations de mise sur le marché.

Il faut trouver les moyens de sensibiliser les différents contributeurs de MP et les consommateurs sans pour autant les alarmer ni les culpabiliser.

Peut-on traiter les micropolluants ?

Depuis plus de 10 ans, les chercheurs et les industriels de l'eau collaborent pour mener à bien des études et des projets de recherche afin d'avancer sur cette question du traitement des MP (cf projet AMPERES et ARMISTIQ décrits plus haut). Il faut appréhender les effets cocktails et contourner le problème des listes sans fin.

Eliminer les MP en améliorant les techniques de traitement est une solution possible mais généralement couteuse.

Il est par exemple possible d'optimiser les filières de traitement biologiques des STEU classiques car plus le traitement biologique est poussé, plus l'élimination des MP est efficace. Il est aussi possible de mettre en place des traitements tertiaires, aussi appelés traitements complémentaires. Différents procédés de traitement tertiaires existent. Les 3 principaux sont :

- la rétention par filtration (ex : l'osmose inverse)
- la rétention par adsorption (ex : le charbon actif),
- l'élimination par oxydation (ex : l'ozonation)

Toutes ces solutions ont toutes des contraintes, des avantages, des performances et des couts différents.

En France, une STEU a spécialement été conçue dans l'objectif de répondre à cette problématique du traitement des MP. Il s'agit de la STEU de Sophia Antipolis qui traite certains micropolluants. En Suisse, il a été décidé d'ajouter un traitement complémentaire/tertiaire dans les STEU de plus de 100 000 EH afin de traitement les MP.

En dehors de ces solutions dites « intensives », il existe des solutions dites « extensives ». Tout comme les premières, ces dernières sont encore à l'étude mais commencent déjà à être appliquées sur le territoire français. Il s'agit par exemple des zones humides artificielles (ZHART) placées en sortie de STEU pour affiner le traitement en utilisant le pouvoir épuratoire des plantes et les habitats naturels. Ces zones permettent de proposer un traitement de finition des eaux usées traitées (notamment sur certains MP) tout en créant des zones très riches d'un point de vue biodiversité. Des exemples sont visibles à Saint Just dans le sud de la France ou, plus près de chez nous, à Mios et à Marcheprime.

Afin d'avancer sur toutes ces questions, l'ONEMA et les Agences de l'eau ont lancé en 2013 un appel à projet (AAP) national pour financer des projets leur permettant de répondre à la question de la pollution par les MP issus des eaux urbaines.
L'appel à projet « Lutte contre les MP des eaux urbaines » pose 2 grandes questions :
- comment identifier et prioriser les micropolluants à enjeux sur un territoire?
- comment éviter ou réduire leurs déversements dans les réseaux collectifs et leurs effets sur les ressources en eau ?
REGARD fait partie des 13 projets lauréats de cet AAP.

Le système d'assainissement et la filière de traitement des eaux usées

En France, avant d'être rejetées dans le milieu naturel, les eaux usées peuvent être traitées soit par un système d'assainissement non collectif (ex les fosses septiques) soit par un système d'assainissement collectif (ex les stations de traitement des eaux usées). Dans ce second cas, les eaux usées sont emmenées en STEU où elles subissent un traitement destiné à enlever la pollution carbonée et à les rendre conformes à la règlementation avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

Depuis la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, tout immeuble d'habitation doit être raccordé à un réseau d'assainissement collectif ou doit être doté d'un système d'assainissement autonome. Tout système d'assainissement qu'il soit collectif ou non, a pour but de regrouper les eaux usées (la collecte), puis de les dépolluer (l'épuration) en les traitant avant de les rejeter dans le milieu naturel. La complexité des traitements mis en œuvre varie en fonction de la nature des eaux usées. Le traitement des eaux usées a pour but de les dépolluer suffisamment pour qu'elles n'altèrent pas la qualité du milieu naturel dans lequel elles seront finalement rejetées.

De l'arrivée à la station jusqu'au rejet dans le milieu naturel, le traitement comporte en général dans l'ordre : le relevage*, le prétraitement pour éliminer les plus gros déchets (ex : dégrillage, dessablage, deshuilage), le traitement physicochimique, qui élimine 70% des matières en suspension, puis les traitements biologiques qui vont dégrader les matières polluantes dissoutes par l'action de bactéries. Les stations de traitement des eaux usées sont donc dimensionnées pour éliminer les composés carbonés présents sous forme soluble tels que sucres, graisses, protéines, etc,… Ceux-ci sont nocifs pour l'environnement puisque leur dégradation implique la consommation de l'oxygène dissous dans l'eau nécessaire à la survie des animaux aquatiques. En plus de la pollution organique carbonée, les traitements appliqués dans les STEU peuvent permettre d'éliminer aussi l'azote et le phosphore. Initialement, les STEU n'ont donc pas été conçues pour traiter les micropolluants ces derniers n'étant pas ou peu réglementés à l'heure actuelle en France.

Ces dernières années, de nombreuses avancées en recherche et développement ont été nécessaires pour faire face à la complexité croissante de la pollution, quelle qu'en soit sa source. Les nouveaux produits mis sur le marché, ainsi que la prise de conscience et l'identification de nouvelles sources de pollutions industrielles mais également pharmaceutiques (résidus de médicaments actifs rejetés par les individus) posent en effet de nouveaux défis technologiques à l'épuration.

Rappelons que le terme "tout à l'égout" employé autrefois n'a plus lieu d'être puisque les réseaux d'assainissement ne doivent collecter que des eaux usées, sans produits nocifs pour l'environnement. Les déchets toxiques liquides (comme par exemple l'ammoniaque, le liquide de refroidissement, la soude ou encore les restes de peinture...) sont nocifs pour les STEU car ils détruisent les bactéries épuratrices du traitement biologique, ce qui dégrade la qualité du traitement de l'eau (ces produits doivent être emmenés en déchèterie pour suivre une filière de traitement adéquate). Les STEU ne sont

pas conçues pour éliminer de telles substances, ce qui veut dire qu'elles traverseront la filière de traitement et se retrouveront dans les boues d'épuration et/ou dans le milieu naturel.

De la même façon, les STEU ne sont pas conçues pour traiter les micropolluants. Ces molécules passent donc la barrière de la STEU de manière très inégale. Certains sont enlevés quasiment à 100% alors que d'autres passent complétement cette barrière et se retrouvent dans les milieux aquatiques.

C'est l'une des principales conclusions du projet de recherche AMPERES décrit plus haut. Ainsi nous pouvons voir sur la Figure 47, qui résume les conclusions de ce projet, que certains composés comme le paracétamol, un médicament de la famille des anti-inflammatoires, est bien éliminé (pourcentage d'élimination > à 70%) alors qu'à l'inverse le diclofénac, un autre médicament de cette même famille, est mal éliminé par les traitements biologiques appliqués dans les STEU (pourcentage d'élimination < à 30%).

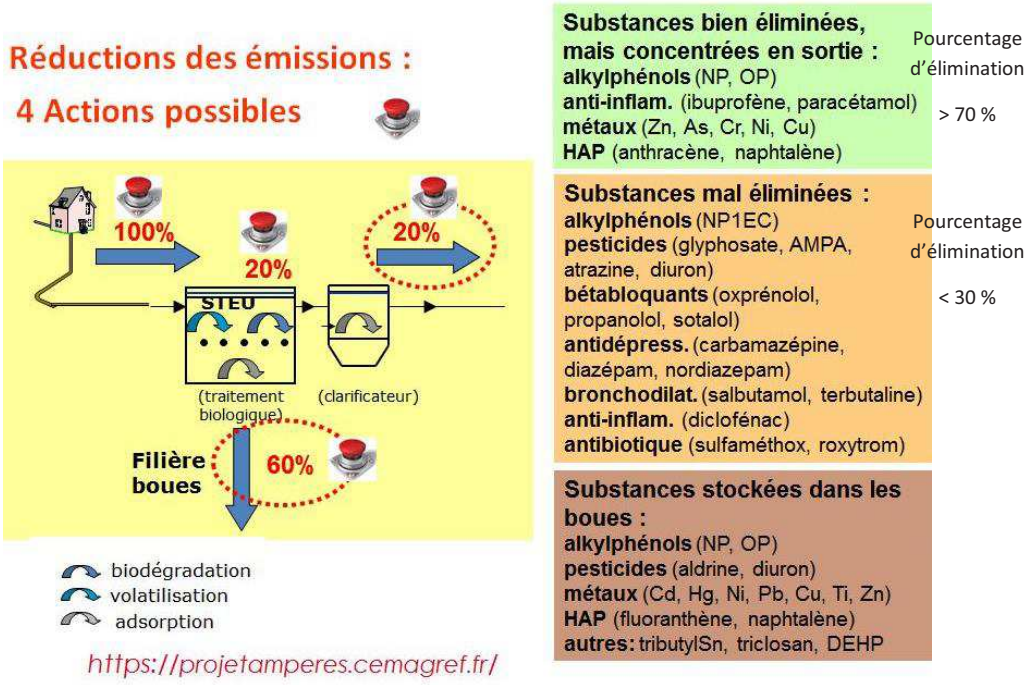


Figure 47 *Principales conclusions du projet de recherche AMPERES. Les 4 actions possibles pour réduire les émissions de MP : i) la réduction à la source ; ii) l'amélioration des procédés de traitement biologique ; iii) l'ajout d'un procédé de traitement complémentaire/tertiaire ; ou iv) le traitement des boues.*

<u>Sur le territoire de Bordeaux Métropole</u>

Depuis le 1er janvier 2013, les services publics d'eau potable et d'assainissement collectif de Bordeaux Métropole portent la marque L'Eau Bordeaux Métropole. L'eau et l'assainissement sont des compétences de Bordeaux Métropole. Le service public de l'assainissement collectif a été confié à la Société de Gestion de l'Assainissement de Bordeaux Métropole (SGAC) pour 27 des 28 communes de

la métropole. La gestion des eaux pluviales de l'ensemble du territoire est également assurée par la SGAC.

Dans ce cadre, SUEZ (Lyonnaise des Eaux) et sa filiale la SGAC mettent en œuvre la politique du service de l'eau potable et de l'assainissement collectif définie par Bordeaux Métropole. Elles se sont notamment engagées à livrer une eau de qualité, à donner aux usagers les moyens de maîtriser leurs consommations et de respecter leur environnement en limitant les impacts de leurs rejets.

Le système d'assainissement de Bordeaux Métropole est réparti en 6 bassins de collecte et de traitement des eaux usées, auxquels se superpose le dispositif d'assainissement pluvial de lutte contre les inondations. La capacité d'épuration théorique s'élève, pour l'ensemble des 6 stations de traitement des eaux usées existantes, à près d'1 million d'équivalent habitant (EH). Fin 2010, les linéaires de réseau atteignent 1 346 km pour les eaux pluviales, 1 771 km pour les eaux usées et 784 km pour les réseaux unitaires, soit un total de 3 901 km. Les 6 stations de traitement des eaux usées de la métropole sont (Figure 48):

- la station CD10 (3 000 EH) à Ambès qui traite les eaux usées de la commune.

- la station Lille (66 700 EH) à Blanquefort qui traite les eaux usées d'une partie des communes de Blanquefort, Bruges, Parempuyre et le nord de Bordeaux.

- la station Sabarèges à Ambarès (116 700 EH) qui traite les eaux usées des communes de Artigues, Cenon, Lormont, Carbon Blanc, Bassens, Ambarès, St Louis De Montferrand et St Vincent de Paul.

- la station Cantinolle (85 000 EH) à Eysines qui traite les eaux usées des communes du Haillan, Le Bouscat, Eysines, une partie de Saint Médard en Jalles, Saint Aubin de Médoc, Le Taillan-Médoc, Mérignac, Bruges, Bordeaux.

- la station Louis Fargue (476 000 EH) à Bordeaux nord, qui traite les eaux usées de la commune du Bouscat, et d'une partie des communes de Bordeaux, Mérignac, Eysines, Bruges, Talence et Pessac.

- la station Clos de Hilde (408 300 EH) à Bègles qui traite les eaux usées des communes de Cenon, Floirac, Bouliac, Bègles, Villenave d'Ornon, Gradignan, Talence et Pessac.

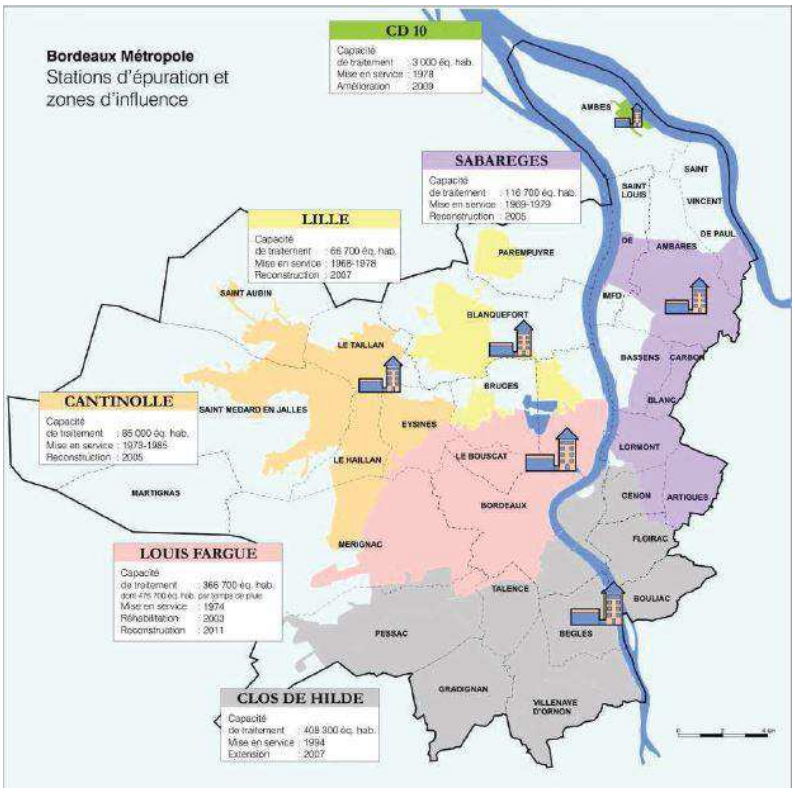


Figure 48 *Les STEU de Bordeaux Métropole, leurs zones d'influence, leurs capacités de traitement et leurs dates de mise en service et de renouvellement.*

Les stations rejettent des eaux épurées respectant les arrêtés de rejet liés au milieu récepteur dans lequel elles déversent. Pour indication, les rendements d'épuration des STEU du territoire pour les paramètres règlementés sont indiqués Figure 49.

	MES	DCO	DBO5
Louis Farque	92%	83%	89%
Clos de Hilde	95%	88%	93%
Sabarèges	94%	89%	93%
Cantinolle	95%	91%	95%
Lille	99%	96%	98%
Ambès CD10	84%	82%	91%
Minimum	**84%**	**82%**	**89%**
Maximum	**99%**	**96%**	**98%**
Moyenne	**93%**	**88%**	**93%**

Figure 49 *Les rendements d'épuration 2014 des STEU de Bordeaux Métropole (MES : Matières en Suspension; DCO : Demande Chimique en Oxygène, DBO5 : Demande Biologique en Oxygène à 5 jours).*

Ces stations sont soumises à un suivi des MP dans le rejet pour répondre à la directive RSDE et développer la connaissance sur les substances présentes dans le rejet, mais aucune n'est soumise à un traitement sur ces MP.

REGARD se propose d'aller plus loin dans les obligations de la collectivité et de son délégataire et de suivre une liste importante de substances et d'essayer de les réduire.

Le programme de recherche REGARD et son Living Lab

Contexte, objectifs et partenaires de REGARD

Le projet REGARD (REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole Bordelaise) est un des 13 projets retenus à l'appel à projet commun ONEMA/Agences de l'eau sur la réduction des micropolluants dans les eaux urbaines. Il est porté par Bordeaux Métropole (anciennement La Cub) et le LyRE en est le coordinateur scientifique.

Le consortium de 8 partenaires mobilisés autour de ce projet est unique et apporte la nécessaire complémentarité de compétences :

- le LyRE, le centre de recherche de SUEZ EAU France (anciennement Lyonnaise des Eaux) à Bordeaux ;

- 3 équipes de EPOC, l'unité mixte de recherche en chimie analytique et en écotoxicologie de l'Université de Bordeaux (UMR Université de Bordeaux - CNRS) ;

- 2 équipes de l'INERIS, l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques ;

- une équipe de sociologues et une d'économistes de l'IRSTEA, l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture ;

- ADESS (Aménagement, Développement, Environnement, Santé et Sociétés) l'unité mixte de recherche entre le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l'Université de Bordeaux Montaigne, associée à l'équipe d'accueil Géoressources et Environnement (EA 4592);

- le Laboratoire de recherche en Psychologie, Santé et Qualité de Vie (EA 4139) de l'Université de Bordeaux ;

- le CIRSEE, le Centre International de Recherche sur l'Eau et l'Environnement de SUEZ ;

- Cap Sciences, le centre de médiation et de culture scientifique de Bordeaux.

Le projet traite de l'identification des sources de micropolluants sur un territoire urbain (l'agglomération de Bordeaux Métropole), dans le but de réduire les émissions, soit par des changements de comportements ou d'organisation, soit par des traitements à la source de ces émissions. Il étudie en détail et en simultané quatre sources de micropolluants : domestiques, hospitalières, industrielles et pluviales, depuis leur source jusqu'à leur impact sur le milieu (Figure 50).

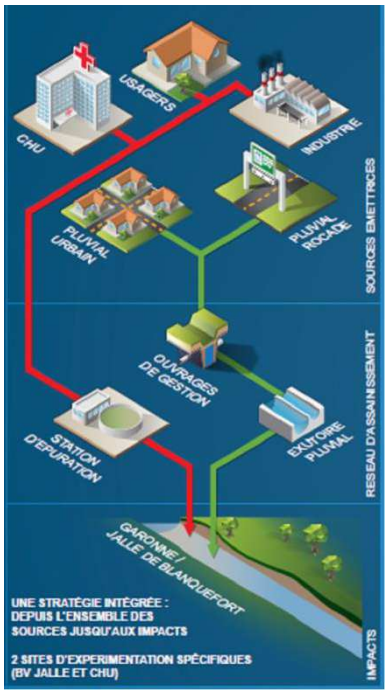


Figure 50 *Les sources de MP étudiées par REGARD.*

La caractérisation de la pollution est donc multi-classe, multi-composé, multi-source (175 substances suivies dans la 1ere phase), elle doit ensuite proposer une hiérarchisation des risques vis-à-vis de l'impact sur la qualité des milieux aquatiques et enfin tester et évaluer des actions de réduction des impacts (mesures comportementales, mesures curatives ou organisationnelles) sur les 4 sources d'émission étudiées.

Concrètement, dans une 1re phase du projet, un grand nombre de MP organiques et métalliques sont recherchés sur une soixantaine de sites : eaux pluviales (quartier résidentiel, parkings, terrain de foot, rocade), eaux usées d'origine domestique, hospitalière et industrielle, eaux usées brutes, traitées et boues de station de traitement des eaux usées, ou encore milieu naturel. Des analyses biologiques *in vitro* et *in vivo* sont aussi pratiquées afin de mettre en évidence des effets toxiques au niveau cellulaire ou au niveau de l'organisme. L'ensemble de ces analyses doit permettre d'identifier les MP sur lesquels une action de réduction des émissions doit être menée en priorité à l'échelle de la métropole. En parallèle, des études psychosociologiques et des enquêtes d'usages permettront d'identifier les leviers d'actions possibles au niveau de chaque source.

La deuxième phase du projet est consacrée à la mise en œuvre d'un plan d'actions de différentes solutions de réduction. En parallèle, un suivi chimique et biologique est réalisé afin de vérifier leur efficacité, ainsi qu'une analyse socioéconomique permettant de renseigner les coûts et l'acceptabilité des solutions proposées.

L'objectif du projet est de trouver des réponses adaptées en lien avec les acteurs et experts du territoire, permettant d'agir, d'orienter et d'anticiper les choix et les priorités de l'action publique en

prenant en compte l'ensemble des enjeux réglementaires, environnementaux, sociétaux et économiques liés à la préservation des milieux aquatiques.

Différentes innovations techniques, méthodologiques et sociétales sont prévues. Les livrables seront des solutions testées et validées, des outils, des messages de sensibilisation et de pédagogie, des guides et des méthodologies d'aide à la décision pour une stratégie de réduction intégrée des flux de micropolluants.

Le territoire de Bordeaux Métropole est utilisé comme terrain d'étude (avec notamment 2 sites pilotes) et comme lieu d'interaction et de mise en synergie d'acteurs porteurs des solutions, qu'ils soient politiques, socioéconomiques, universitaires, associatifs ou encore usagers. Deux sites d'expérimentation et de validation des solutions de réduction ont été choisis :

- Le bassin versant de la Jalle de Blanquefort, qui est une petite rivière périurbaine du nord-ouest de l'agglomération aux multiples enjeux et usages de l'eau. Les actions qui y seront menées portent sur les sources industrielles, pluviales et domestiques et impliqueront notamment des « quartiers tests » avec les services techniques des collectivités, des « ménages volontaires » et enfin un site d'expérimentation d'un traitement du pluvial des eaux de la rocade.

- Le CHU de Bordeaux, afin d'établir la part des apports du principal centre hospitalier du territoire dans le flux global de substances pharmaceutiques et biocides retrouvées en entrée de station de traitement des eaux usées, et de tester des solutions de changements de pratiques en collaboration avec les services de l'hôpital.

Enfin, afin de réussir à faire changer les pratiques et les organisations et mettre le territoire et ses acteurs en action, un important volet sensibilisation, pédagogie et participation citoyenne sera également développé dès le démarrage du projet, : développement d'un Living Lab par Cap Sciences (jeu numérique permettant d'évaluer la connaissance du grand public sur ce sujet et outil interactif de sensibilisation), création d'un site internet, d'une exposition itinérante dans les communes de la métropole et d'outils de sensibilisation à destination des usagers de l'assainissement, des scolaires, des collectivités et des artisans. Des séminaires de transfert et de formation sont également prévus à destination des gestionnaires de l'eau.

Le projet met donc en œuvre un véritable projet de territoire, conséquent et structurant en taille et en visibilité. L'ensemble du projet s'élève à 3,3 M€ sur 4 ans, avec une aide financière de l'ONEMA / Agence de l'eau Adour Garonne autour de 1,6 M€.

Poster récapitulatif :

REGARD

Réduction et gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise

Fiche d'identité du projet de recherche REGARD

Grands-parents : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) et Agence de l'Eau Adour Garonne *(financeurs)*

Parents : Bordeaux Métropole et Le LyRE *(porteur administratif et coordinateur scientifique)*

Frères et sœurs : Université de Bordeaux (UMR 5805 EPOC et EA 4139), Université Bordeaux Montaigne (UMR 5185 ADESS et EA 4592), CNRS, INERIS, Irstea, Cirsee (SUEZ) et Cap Sciences *(partenaires)*

Profession : Etude des micropolluants* dans l'eau de la métropole bordelaise et proposition de solutions de traitement et de gestion *(objectif du projet de recherche)*

Diplômes : chimie, géochimie, biologie, écologie, sociologie, psychologie, économie, hydraulique *(disciplines d'étude)*

Date de naissance : mars 2015

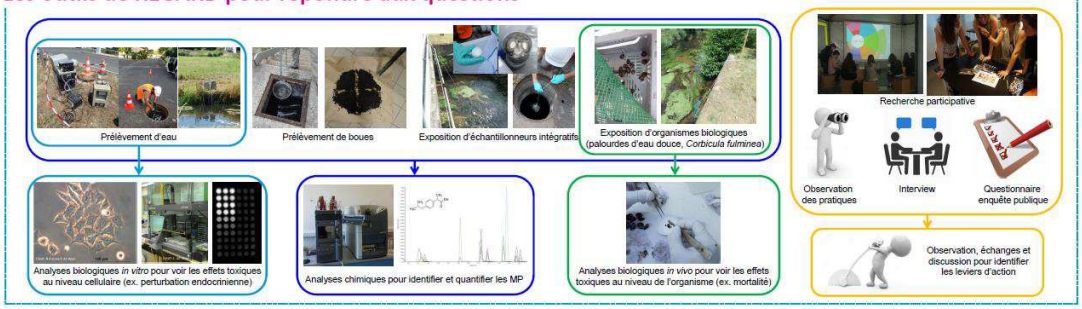
Espérance de vie : 4 ans

* Les micropolluants, ou MP, sont des composés susceptibles d'avoir une action toxique sur les organismes vivants (plantes, algues ou animaux) d'un milieu donné, à des concentrations microscopiques, de l'ordre du microgramme (10^{-6} gramme) ou du nano-gramme (10^{-9} gramme) par litre d'eau.

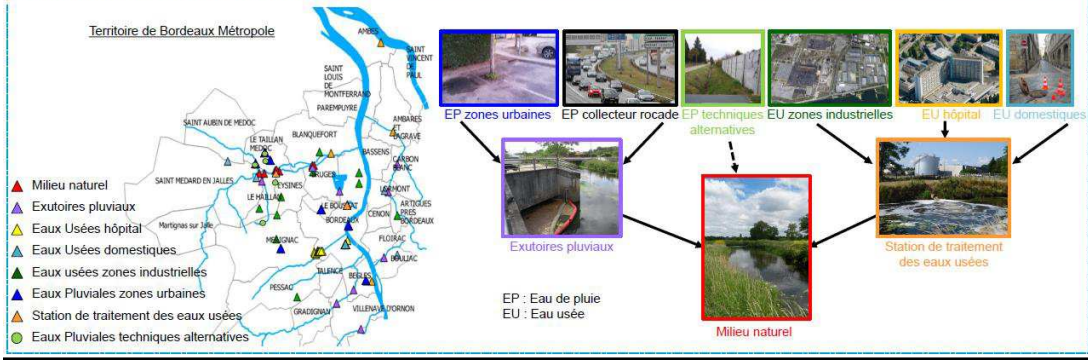
Les questions posées par REGARD

Le projet cherche à identifier les origines et les sources de micropolluants sur le territoire de la métropole bordelaise afin de préserver au mieux la qualité des milieux aquatiques de ce territoire urbain en développement. REGARD doit identifier les polluants et leurs impacts sur le milieu, remonter aux usages et aux sources (pluviales, domestiques, industrielles ou encore hospitalière), pour au final tester différentes solutions de réduction de ces émissions, soit par des changements de pratiques soit par des traitements à la source. Pour remplir sa mission, REGARD va devoir apporter des réponses aux différentes questions indiquées ci-dessous. Chaque question correspond à une tâche du projet.

Les outils de REGARD pour répondre aux questions



Les lieux où les outils seront utilisés



Les partenaires impliqués dans la création du Living Lab

Les personnes de **l'ENSEGID** (École nationale supérieure en environnement, géoressources et ingénierie du développement durable) impliquées dans la création du Living Lab sont :

- **Sandrine Gombert-Courvoisier**, maitre de conférences, rattachée à l'UMR ADESS
- **Florian Delerue**, maitre de conférences, rattaché à l'EA 4592
- **Francis Ribeyre**, professeur émérite, rattaché à l'UMR ADESS

Les personnes du **Laboratoire de Psychologie, Santé et Qualité de Vie** (EA 4139) impliquées dans la création du Living Lab sont :

- **Marie-Line Felonneau,** maître de Conférences, habilitée à diriger les recherches
- **Elsa Causse**, maitre de conférences

Les personnes de **SUEZ EAU France** impliquées dans la création du Living Lab sont :

- **Julia Barrault,** chargée de projet au LyRE
- **Mélodie Chambolle,** responsable de projets au LyRE
- **Marion-Justine Capdeville,** chargée de projet au LyRE
- **Maritxu Harriet**, responsable service Communication de la SGAC
- **Pauline Hedouin Maltete**, animatrice de la maison de l'eau
- **Mathieu Guionie**, animateur de la maison de l'eau

Les personnes de **Cap Sciences** impliquées dans la création du Living Lab sont :

- **Céline Domenc**, responsable animations et actions éducatives
- **Didier Laval**, manager Médiation & Living Lab

Pour toute demande d'information complémentaire spécifique, vous pouvez renvoyer sur :
- **Le site de Bordeaux Métropole**
- **Le site de l'ONEMA**
- **Le Facebook REGARD (quand celui-ci sera créé)**
- **Le mail de MJC : marion-justine.capdeville@lyonnaise-des-eaux.fr**

Nous nous engageons à essayer de répondre aux questions et demande d'envoi de plaquettes ou renseignements sur le projet.

Le Living Lab dans REGARD

Intégration dans le projet

REGARD prévoit de réaliser une médiation scientifique de grande ampleur auprès du grand public afin que les résultats pénètrent la société et ne restent pas cantonnés au milieu de la recherche ou des professionnels de l'eau. 2 outils seront utilisés pour cela : le Living Lab à Cap Sciences et l'exposition finale itinérante

Le Living Lab, outil numérique de participation citoyenne, permettra de sensibiliser le grand public tout au long de l'étude.

L'exposition finale itinérante, permettra d'aller à la rencontre des publics et de leur lieu de vie. Le territoire est ainsi aussi utilisé comme terrain de transfert et de distillation des bonnes pratiques afin de donner une réponse aux préoccupations environnementales des administrés et de leur montrer les solutions collectives pouvant être mises en place pour réduire les flux de pollutions urbaines.

Le Living Lab servira au niveau des Tâches 1.2 et 3.2 du projet. Au niveau de la tâche 1.2, il permettra de mieux comprendre la source domestique et les usages des habitants de la métropole, leurs représentations et leurs idées concernant les actions d'amélioration à proposer. Au niveau de la tâche 3.2, il sera utilisé dans le cadre de la mise en œuvre et de l'évaluation de solutions pour venir les tester et les donner à voir aux visiteurs. Cela permettra à la fois de donner des infos et d'avoir des retours dessus autrement que par l'expérimentation avec les ménages référents. Le Living Lab servira aussi au niveau du lot 5, le lot de valorisation et de médiation scientifique, puisque c'est un lieu où de l'information pourra être donnée au grand public afin de sensibiliser sur ces questions, donner de l'info sur REGARD et ses avancées.

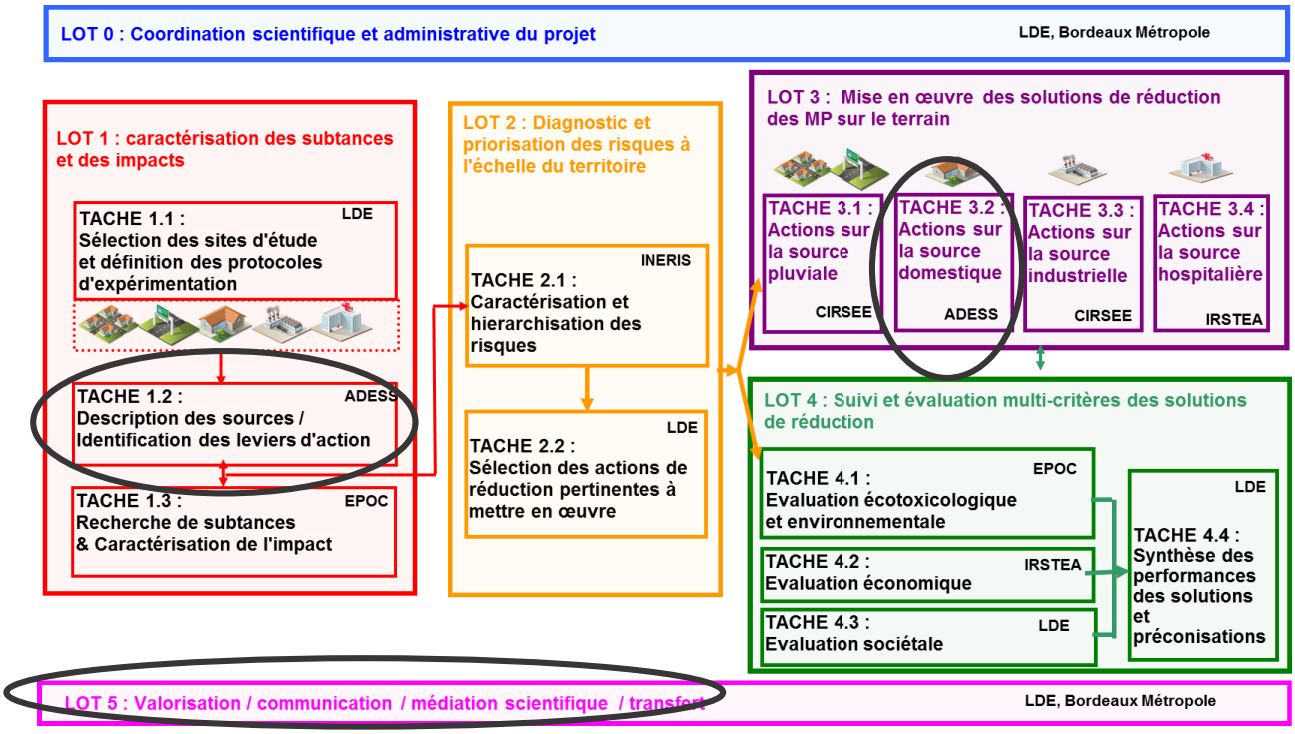


Figure 51 *Organisation du projet REGARD et tâches et lot où le Living Lab interviendra.*

Le premier Living Lab de novembre 2015 à avril 2016 fait partie de la tâche 1.2. Cette tâche implique la caractérisation des acteurs et usages (pas de chimie), la qualification des sources (dont la source domestique, sous-tâche 1.2.3) et des leviers d'action.
Cette analyse se fera grâce à :

1. Living Lab : interactivité entre les chercheurs et le grand public (science participative), partage d'informations

2. Enquête par questionnaire internet grand public, notamment pour venir combler le biais que comporte le Living Lab (visiteurs Cap Sciences uniquement)

Objectifs du Living Lab

Le Living Lab a une triple vocation :

1) enquêter auprès du grand public pour connaitre les connaissances, pratiques, représentations sur les MP et les impacts sur l'eau et les milieux aquatiques : utilisation des sciences participatives pour identifier les représentations des citoyens sur les MP ;

2) transmettre des informations et sensibiliser ;

3) savoir ce que les gens seraient prêts à faire comme changements de pratiques et évaluer l'acceptabilité des changements de pratiques.

Il permet de faire des retours servant :

- l'analyse des « résultats utilisateurs » via le quiz

- la mise en valeur des résultats et leur restitution aux usagers via l'espace lui-même, le web ou encore leur compte C You (compte personnel des visiteurs en lien avec Cap Sciences).

Il sera situé dans le 127° au 1er étage à Cap Sciences.

Organisation/ contenu

Déroulement :

1 - Quiz : état des lieux des connaissances et des pratiques sous forme ludique

2 - Information / sensibilisation / (apport de réponses au quiz)

3 - Atelier « créatif » ou « participatif » pour trouver des solutions acceptables puis les tester auprès des visiteurs suivants

Dans une deuxième étape, un deuxième Living Lab (tâche 3.2 - mise en œuvre des leviers d'action), on testera la communication engageante sur les changements de pratiques en lien avec la pollution par les MP

Organisation :

- Introduction

- Phase 1 : le quiz

- Phase 2 : le Debrief avec visualisation des résultats

  Seront données à voir :

  - les réponses cumulées depuis le début du Living Lab. L'animateur pourra lancer la discussion en faisant réagir les participants sur leurs réponses vis-à-vis de celles des autres.

  - les réponses aux questions du quiz et apport d'informations. Les réponses devront être générales + 1 ou 2 exemples, concises et compréhensibles pour tous les publics (effort de pédagogie).

Attention : L'objectif est bien de connaitre les perceptions des gens, il n'y a pas de bonne réponse attendue de leur part ! (il faut les décomplexer !)

Les animateurs ne peuvent pas répondre à tout ! Le consortium est en revanche à la disposition des gens intéressés ! Si nécessaire, ne pas hésiter à renvoyer vers le mail pour une demande d'information trop précise

- Phase 3 : l'atelier créatif/participatif

Proposition de le scinder en 3 temps :

1. A partir du choix des cartes représentant les postes de consommation de produits contenant des MP, faire parler les participants autour de leurs pratiques et les problèmes potentiels que ces pratiques peuvent engendrer pour les milieux aquatiques.

2. Leur proposer de réfléchir à des solutions possibles pour éviter ces problèmes, sans orienter leurs idées.

3. Leur montrer la « grille d'analyse » (tableau excel) que nous avons construite et qui présente une typologie des leviers d'actions possibles à différentes échelles (d'acteurs et d'espace), et leur demander à la fois de placer leurs idées précédentes dans cette grille mais également de réfléchir à d'autres idées pour « combler les vides ». Cette grille sous forme numérique permettra de placer la carte choisie par la personne (ou le groupe) en haut du tableau et servira évidemment de matériau issu du Living Lab à analyser pour les chercheurs. La « grille d'analyse » reprendra des éléments de la Figure 52 ci-dessous.

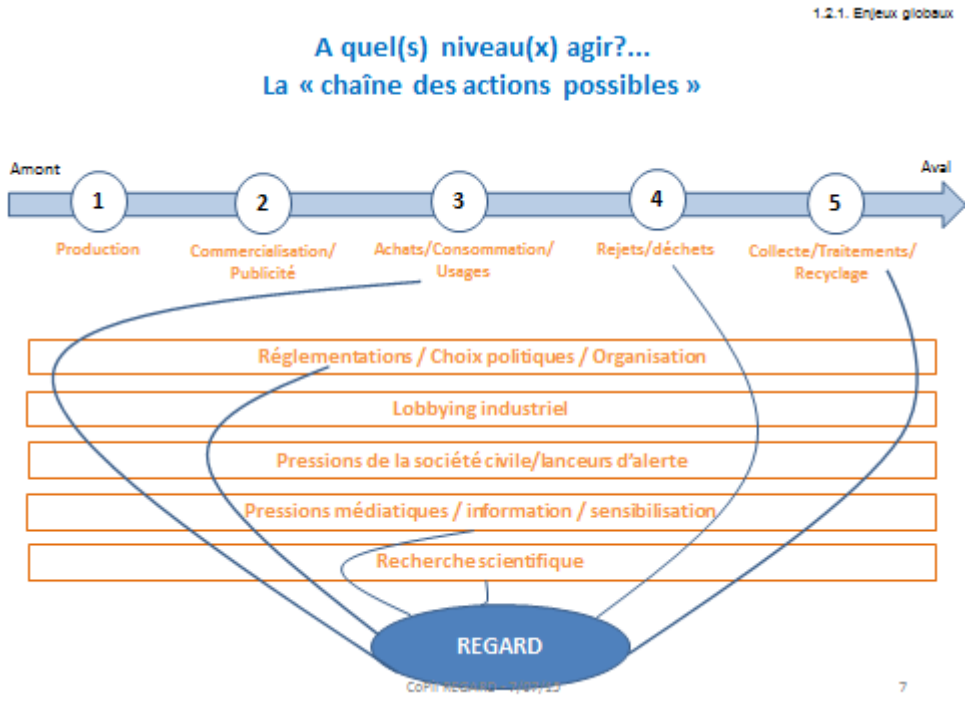


Figure 52 *Les niveaux d'action possibles.*

Eléments de réponses au quiz

Question 1 :

Prendre une douche, traiter son animal domestique contre les puces, utiliser la voiture, se soigner avec des médicaments, ces différentes actions que vous réalisez, peuvent-elles, à votre avis, perturber la santé humaine ? la qualité de l'eau ? de l'air ?

Pour ces questions, pas une seule réponse, mais plusieurs possibles.

Question 1a : Une douche peut-elle perturber :

- La santé humaine : pas du tout - un peu – assez - fortement
- La qualité de l'eau : pas du tout - un peu – assez – fortement
- La qualité de l'air : pas du tout - un peu – assez – fortement

Impact de la douche sur la santé humaine

L'hygiène est primordiale pour préserver la santé ; elle passe par une toilette régulière et donc des douches ou des bains. Cependant, plusieurs scientifiques et associations de consommateurs (voir par exemple 60 millions de consommateurs n°458 de septembre 2013) sonnent aujourd'hui l'alarme concernant de nombreuses substances chimiques, entrant dans la composition des produits cosmétiques utilisés lors de la toilette, qui auraient des effets néfastes sur notre santé. Par exemple, certains parabènes, des conservateurs présents dans toutes sortes de cosmétiques (gel douche, dentifrice, fonds de teint, crèmes dépilatoires, cires pour les cheveux, etc.) seraient susceptibles de modifier le fonctionnement normal du système hormonal. Le triclosan, un agent antibactérien également utilisé comme conservateur dans les cosmétiques (mousses à raser, dentifrices…), pourrait favoriser des résistances aux antibiotiques. Cette molécule est d'ailleurs en cours de réévaluation au niveau européen.

Impact de la douche sur la qualité de l'eau

Ce n'est pas la douche en elle-même qui « pose question » mais les produits que l'on utilise lorsqu'on se douche : shampoing, démêlant, gel douche, produits de soin pour les cheveux ou pour la peau (gommage…) ou bien les produits que l'on a sur la peau et qui vont être « lessivés » lors de la toilette (résidus de crème solaire, de crèmes pour la peau, de produits dépilatoires, etc.). En effet, la grande majorité de ces produits contiennent de nombreuses substances chimiques, comme par exemple les parabènes (des conservateurs) ou la benzophenone (un filtre UV), qui se retrouvent après la douche dans les eaux usées puis dans les stations de traitement des eaux usées. Or ces dernières n'ont pas été initialement conçues pour éliminer ces substances qui peuvent alors se retrouver dans le milieu naturel.

Voir aussi en annexe la fiche sur les cosmétiques.

Question 1b : Un traitement antipuce peut-il perturber :

- La santé humaine : pas du tout - un peu – assez - fortement
- La qualité de l'eau : pas du tout - un peu – assez – fortement
- La qualité de l'air : pas du tout - un peu – assez – fortement

De nombreux traitements antipuces contiennent comme substance active du fipronil. Le fipronil est un insecticide interdit d'usage en agriculture en France[54] mais encore autorisé comme biocide (traitement antitermites par exemple) ou en médecine vétérinaire.

Impact d'un traitement antipuces sur la santé humaine

Les médicaments vétérinaires à base de fipronil pour le traitement des parasites externes des chiens et des chats constituent une source d'exposition à laquelle toute personne peut être exposée. Le cas le plus défavorable correspond à celui des enfants qui peuvent être en contact de manière prolongée avec les animaux domestiques traités. De plus, compte tenu de leur poids, les valeurs d'exposition exprimées en mg de fipronil par kg de poids corporel sont les plus importantes. Les voies d'exposition aux médicaments vétérinaires à base de fipronil sont la voie cutanée, la voie orale (contact main-bouche) et la voie respiratoire dans le cas d'une formulation en spray.

Le fipronil est considéré comme toxique par inhalation, toxique par contact cutané et toxique en cas d'ingestion. Il représente un risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée[55].

Si en 2005 l'ANSES conclue à une absence de risque pour la santé publique lors de l'utilisation des médicaments vétérinaires à base de fipronil (« dans la mesure où les modalités d'application et les mesures de précaution rappelées dans la notice sont respectées par les propriétaires des animaux traités »), en 2012, une étude de l'INRS[26] indique, elle, que le fipronil induit des effets d'irritation des muqueuses oculaires et respiratoires, qu'il provoque des réactions cutanées d'irritation ainsi que quelques signes neurologiques transitoires.

Chez l'animal, les études toxicologiques et épidémiologiques, plus nombreuses, mettent en évidence une neurotoxicité chez toutes les espèces testées et une atteinte du foie chez le rat et la souris.

Impact d'un traitement antipuces sur la qualité de l'eau

Se laver les mains après avoir traité son animal de compagnie avec un produit contenant du fipronil ou doucher son chien, par exemple, peu de temps après l'avoir traité avec un produit contenant du fipronil sont 2 exemples possibles d'origine du fipronil dans les eaux usées domestiques. Comme cette molécule est très peu éliminée en STEU, elle se retrouve alors dans le milieu aquatique.

[54] http://e-phy.agriculture.gouv.fr/

[55] Fiche INRS 2012 sur le fipronil

Le fipronil est considéré comme très toxique pour les organismes aquatiques. Il entraine des effets néfastes à long terme[26].

Question 1c : L'utilisation de la voiture peut-elle perturber :

- La santé humaine : pas du tout - un peu – assez - fortement
- La qualité de l'eau : pas du tout - un peu – assez – fortement
- La qualité de l'air : pas du tout - un peu – assez – fortement

Impact des automobiles sur la santé humaine

Les effets de la pollution automobile sont connus depuis longtemps pour augmenter les risques de contracter des maladies respiratoires et cardiaques. Les particules fines (de diamètre inférieur à 10 µm voire inférieur à 2,5 µm) pénètrent profondément dans les alvéoles pulmonaires et les bronches en altérant la fonction respiratoire. Les gaz (oxydes d'azote, ozone) entrainent des irritations oculaires et des voies respiratoires. L'ensemble « particules/ molécules adsorbées sur ces particules » tels que les HAP (hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) a des propriétés mutagènes et cancérigènes.

Le gasoil et les particules fines avaient été classés comme « cancérigènes certains » en juin 2012, mais c'est dorénavant la pollution de l'air dans son ensemble qui est classée comme « cancérigène certain » en octobre 2013 par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) et l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Impact des automobiles sur la qualité de l'eau

Les fuites moteur (huile, carburant), l'abrasion des pneus, du revêtement routier et des freins ou encore le dépôt au sol des particules atmosphériques peuvent contribuer à polluer les voies de circulation (particules, métaux, hydrocarbures). La pluie et le ruissellement sur les chaussées évacuent ces polluants vers le réseau pluvial et participent de ce fait à la contamination des milieux aquatiques.

Impact des automobiles sur la qualité de l'air

Cela fait déjà longtemps que l'on sait que les émissions des voitures contribuent à la pollution atmosphérique. Bien que les émissions individuelles ne cessent de diminuer du fait des nombreuses réglementations mises en place et de l'abaissement des seuils d'émission (autrement dit, une voiture neuve en 2015 pollue moins qu'une voiture neuve en 1975), les niveaux de pollution dus à l'automobile ne cessent d'augmenter en France à cause de l'augmentation de nombre de véhicules[56].

[56] Doublement du nombre de ménages bimotorisés entre 1980 et 2013 (14,8% vs 29,9%, source INSEE); augmentation du parc automobile des ménages métropolitains de 1,6% par an entre 1994 et 2008 pour un nombre total de véhicules de 32,7 millions (source CGDD, 2010).

Les pots d'échappement des voitures émettent des polluants sous forme de gaz (retenons le CO_2 et les oxydes d'azote) et sous forme de particules fines. Les concentrations de ces polluants primaires sont élevées en ville, à proximité des sources d'émission. En fonction de différents paramètres, ces polluants primaires peuvent se combiner pour en former d'autres, appelés polluants secondaires, comme l'ozone, dont les concentrations sont plus élevées en périphérie des grandes villes. Certaines conditions météorologiques peuvent entraîner des pics de pollution comme les périodes anticycloniques d'hiver (pics de pollution aux particules fines) et les étés chauds (pics de pollution à l'ozone).

Question 1d : L'utilisation de médicaments peut-elle perturber :

- La santé humaine : pas du tout - un peu – assez - fortement
- La qualité de l'eau : pas du tout - un peu – assez – fortement
- La qualité de l'air : pas du tout - un peu – assez – fortement

Impact des médicaments sur la santé humaine

Les médicaments sont des substances ambivalentes. D'un côté, ils sont créés pour soigner et améliorer la santé, d'un autre ils peuvent provoquer des provoquer des effets secondaires, également appelés effets indésirables.

Le Médiator en est un exemple, incriminé dans des problèmes cardiaques graves. Le 22 octobre 2015, le Tribunal de grande instance de Nanterre reconnaît la responsabilité civile des laboratoires Servier (qui ont commercialisé le Médiator depuis 1971), pour avoir laissé sur le marché un médicament "défectueux", dont ils ne pouvaient "pas ignorer les risques" (Le Figaro).

Extrait de la thèse de MJ CAPDEVILLE soutenue en 2011 :

La toxicité d'un médicament peut s'évaluer d'après les effets indésirables qu'il génère. Selon les directives 2001/83/CE et 2001/82/CE, un effet indésirable est « une réaction nocive et non voulue à un médicament, se produisant aux posologies normalement utilisées chez l'homme/l'animal pour la prophylaxie, le diagnostic ou le traitement d'une maladie ou pour la restauration, la correction ou la modification d'une fonction physiologique ». Par conséquent, un médicament peut être nocif et représenter un danger pour l'homme ou l'animal à qui il a été administré.

Les effets indésirables ou effets secondaires de certains médicaments, comme les antibiotiques qui provoquent des troubles digestifs, sont parfois courants et ne représentent pas un grave danger. En revanche, les réactions allergiques à la pénicilline par exemple peuvent être plus graves jusqu'à provoquer des chocs anaphylactiques. De même, l'hépatotoxicité du paracétamol ne représente pas un risque aux posologies habituelles mais un surdosage important entraîne la mort. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens comme l'ibuprofène, de par leur mode d'action, détruisent les globules blancs du système immunitaire. De plus, ils sont responsables de troubles gastro-intestinaux et de la formation d'ulcères (dictionnaire Vidal, 2006). L'ibuprofène est également un néphro-toxique. Les anticancéreux agissent sur la reproduction et la division des cellules cancéreuses mais ils peuvent aussi interagir avec toutes les cellules de l'organisme et provoquer de nombreux effets secondaires comme

des problèmes de toxicité gastro-intestinale, rénale, vésicale, dermatologique, cardiaque, hépatique, pulmonaire, … (http://www.caducee.net/Dossier Specialises/cancerologie/agents-anticancereux.asp#definition, http://www.med.univ-rennes1 .fr /resped/s/pharma co/antican/an tican.ppt, 24/11/2006). Les antiviraux utilisés pour le traitement du VIH sont lourds à supporter à cause de leurs effets secondaires tels que les diarrhées, les nausées, les neuropathies (affection des cellules nerveuses), la lipodystrophie (modification de la répartition des graisses dans le corps : creusement des joues, amas de graisses au niveau du cou, du ventre…) ou encore les effets neuropsychiques (vertiges, troubles d'humeur, dépression) (http://www.solidarite-sida.org/index.php3?dossier=sidamst&partie=sidamst_traitements, 26/02/2008). L'organisation mondiale pour la santé (OMS) écrit même à propos des anti-VIH qu'il sont "responsables d'un large éventail de toxicités allant de la simple intolérance de grade 1 ou 2 (gêne légère, limitation des activités) et de résolution spontanée, aux effets secondaires pouvant mettre en jeu le pronostic vital" (OMS, 2008). En conséquence, même volontairement consommés les médicaments ne sont pas sans risque pour la santé humaine.

Impact des médicaments la qualité de l'eau

Les résidus de médicaments peuvent se retrouver dans les réseaux d'assainissement domestique via les urines ou à cause de mauvaises pratiques telles que de vider un reste de sirop dans le lavabo ou jeter un reste de pilule dans les toilettes. Or si certains médicaments sont bien éliminés en STEU, ce n'est pas le cas de tous et ceux qui sont mal éliminés se retrouvent dans les milieux aquatiques. Une fois que les médicaments ont atteint les écosystèmes naturels, si les récepteurs avec lesquels ils interagissent sont présents dans les organismes non ciblés, ils pourront avoir un effet sur ces organismes. Par ailleurs, des effets toxiques ont été mis en évidence sans pour autant que des homologies de récepteurs aient été recherchées.

Question 2 : Sélectionner les schémas qui vous semblent justes

Bonne réponse : schéma 1B et les 3 schémas 2A, 2B et 2C

Question 3 :

Dans les produits que nous utilisons tous les jours il y a des substances polluantes pour les milieux aquatiques. Dans quelle mesure pensez-vous qu'une station de traitement des eaux usées les retient ?

Question 3a : Substances d'un dentifrice, exemple des parabènes

Réponse : entre 80 et 100%

Extrait de la thèse Darine GEARA-MATTA soutenue en 2012

Les eaux usées urbaines constituent la principale source d'introduction des parabènes dans l'environnement (Canosa et al. 2006). Le rejet en parabènes est estimé à 1 mg/personne par jour au Danemark (Eriksson et al. 2009). Le méthyl- et le propylparabène sont les plus utilisés dans les produits de soins corporels et sont employés ensemble en raison d'un effet synergique (Núñez et al. 2008) et, de fait, ils sont les plus abondants dans l'environnement (Jonkers et al. 2009a). Aujourd'hui, peu d'études s'intéressent au devenir des parabènes dans les stations de traitement des eaux usées et dans l'environnement. Les parabènes sont éliminés dans les STEU à de fortes proportions : 99 % pour le méthylparabène, 98,9 % pour l'éthylparabène, 99,7% pour le propylparabène, 99,3 % pour le butylparabène et 97,8 % pour l'isobutylparabène (Andersen et al. 2007). Cette élimination se fait en grande partie lors du traitement biologique (Eriksson et al. 2009). Ainsi, Kasprzyk-Hordern et al. (2009) ont montré que les parabènes étaient éliminés à plus de 90 % dans des stations de traitement des eaux usées de Grande Bretagne appliquant des traitements secondaires différents, boues activées et biofiltres, avec un meilleur abattement (> 99 %) pour les boues activées. De même par comparaison des concentrations en entrée et en sortie de STEU (en phase dissoute), González-Mariño et al. (2009) et Jonkers et al. (2009b) ont conclu que l'élimination des parabènes atteint 99 voire 99,9 %. Au Mexique, Regueiro (2009) a estimé un abattement > 90 %, l'analyse ayant été conduite sur échantillons bruts.

Question 3b : Substances d'une pipette antipuce, exemple du fipronil

Réponse : entre 20 et 40 %

Données issues de la thèse de Justine Cruz et du programme de recherche ETIAGE.

Question 3c : Substances d'un médicament, exemple du paracétamol et du diclofénac

Réponse : paracétamol entre 80 et 100% ; diclofénac entre 40 et 60%

Données issues du programme de recherche ETIAGE.

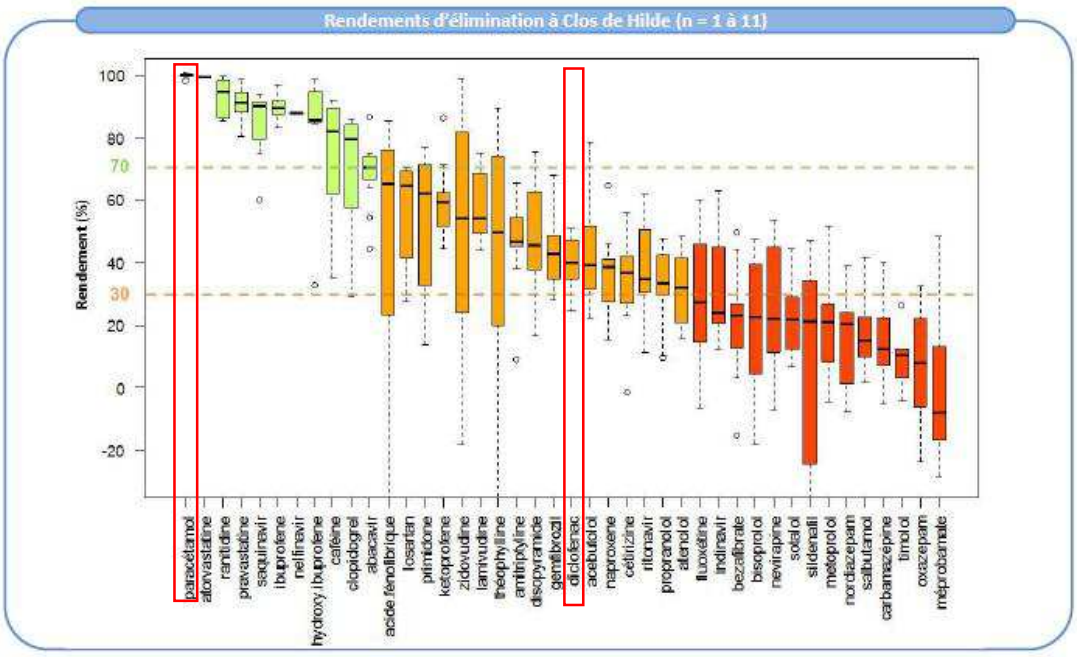


Figure 53 Pourcentage (rendement) d'élimination des composés pharmaceutiques par la STEU de Clos de Hilde (source : présentation des résultats de l'axe 2 du programme de recherche ETIAGE, Les micropolluants organiques par Hélène Budzinski lors du séminaire de restitution, 2014).

Question 3d : Substances d'un pneu, exemple du zinc

Réponse : entre 60 et 80%

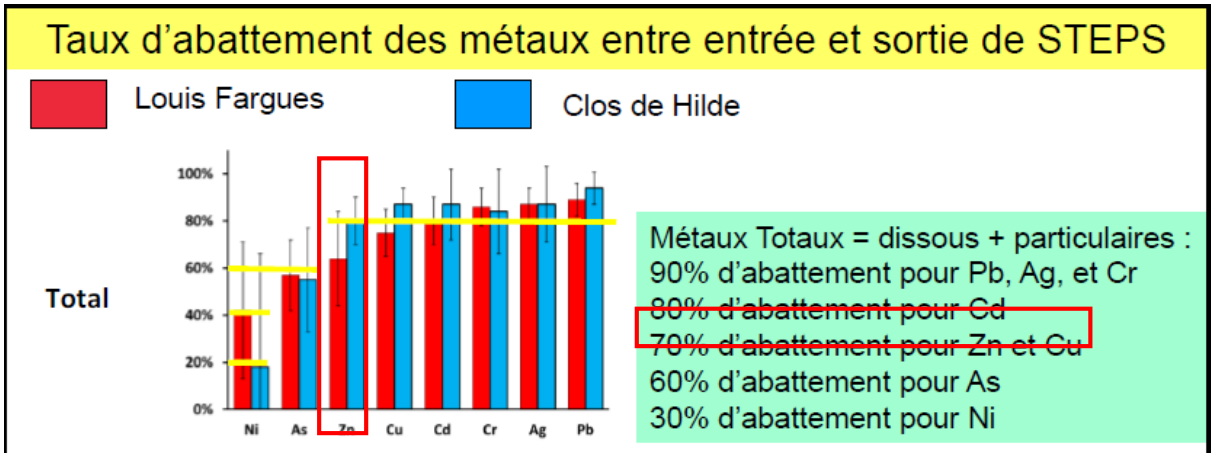


Figure 54 *Pourcentage d'élimination (taux d'abattement) des métaux par les 2 STEU de Bordeaux, Louis Fargue etClos de Hilde (source présentation des résultats de l'axe 3 du programme de recherche ETIAGE, Les micropolluants métalliques par Gérard Blanc lors du séminaire de restitution, 2014).*

Question 4 :

Pour les substances que la station d'épuration n'arrête pas et que l'on retrouve donc dans les cours d'eau, que pensez-vous de leurs effets, de leurs conséquences ? Classez-les du plus au moins probable, puis du plus ou moins grave :

- Diminution ou perturbation des espèces aquatiques
- Augmentation du coût de l'assainissement et donc de la facture d'eau
- Interdiction de la pêche ou de l'exploitation de certains coquillages
- Augmentation des conflits entre usagers de l'eau (par exemple entre agriculteurs, plaisanciers et exploitants des parcs à huitres)
- Apparition de troubles sanitaires chez les humains

Pour cette question, pas une seule réponse, mais plusieurs possibles.

Annexe

Fiche « cosmétiques »

Quels sont les micropolluants présents dans les cosmétiques ?

Les cosmétiques correspondent aux produits d'hygiène (savons, gels douche, shampoings), produits bucco-dentaires (dentifrices, bains de bouche), produits de soin du visage (crèmes de jour/nuit), produits capillaires (après-shampoings, défrisants, huiles, teintures), produits de maquillage et démaquillage (anticernes, fonds de teint, mascaras, rouges à lèvre, démaquillants), produits solaires (crèmes et huiles solaire), produits pour le rasage ou dépilatoires (mousses à raser), produits de toilette intime et parfums. Les Français achètent en moyenne 525 000 shampoings, 309 000 produits de soins spécifiques et 157 000 flacons de parfum par jour[57], sachant qu'en moyenne 9 cosmétiques différents sont utilisés par jour. Ces cosmétiques contiennent de nombreuses substances qui peuvent, en partie, se retrouver dans les eaux usées, soit directement (ex : eau savonneuse qui est évacuée dans le lavabo), soit indirectement (ex : crème solaire en partie rincée par la douche). Parmi ces substances, certaines sont dites « indésirables » car elles peuvent avoir des effets, même à très faible concentration, tant sur le plan sanitaire (cosmétiques directement appliqués sur la peau) qu'environnemental (si ces substances ne sont pas intégralement stoppées ou dégradées par les systèmes de traitement des eaux et se retrouvent dans le milieu naturel).

Parmi les substances « indésirables », on trouve : des composés potentiellement allergisants (parfums, colorants), des agents tensio-actifs irritants (incorporés dans les produits lavants), de multiples conservateurs et des filtres UV. Ainsi, on peut trouver du triclosan (induisant une résistance aux antibiotiques et perturbateur endocrinien) dans du dentifrice ; de l'ethylhexyl methoxycinnamate (perturbateur endocrinien) et des sulfates de sodium ou d'ammonium (irritants) dans du shampoing ; du phénoxyéthanol (soupçonné de toxicité sur le foie et les cellules sanguines) dans des lotions et crèmes pour le corps ; des parabènes à longue chaîne , tel le propylparaben (perturbateur endocrinien) dans du fond de teint ; du méthylsothiazolinone et du méthylchloroisothiazolinone (irritants cutanés et allergisants) dans les mousses à raser et dans des produits sans rinçage (crèmes, laits) ; un libérateur de formaldéhyde (allergène et agent cancérigène) dans du savon liquide….

Quels cosmétiques choisir : produits de luxe ou marques leader ?

D'après une étude de 60 millions de consommateurs[58], les cosmétiques à petit prix (hard discount, marques distributeurs) ne sont ni pires, ni meilleurs sur le plan toxicologique que les marques leaders et/ou les produits de luxe. Souvent, une même marque (quelle qu'elle soit) s'avère irréprochable sur un produit mais très critiquable sur un autre. Par ailleurs, le fait d'acheter les produits en pharmacie n'apporte pas plus de garanties.

[57] Fernandez, X., Merk, F. et Kerdudo, A. (2012). Conservateurs pour cosmétiques. Techniques de l'ingénieur, 18p.

[58] Hygiène et beauté : chassez les molécules toxiques. 60 Millions de consommateurs. Octobre 2015. N° 508.

Quid des labels bio ?

Les cahiers des charges des cosmétiques « bio » interdisent le recours à la plupart de ces molécules de synthèse controversées. Néanmoins, d'après l'étude de 60 millions de consommateurs[29], ces produits ne sont pas exempts de critiques, incorporant souvent des substances parfumantes allergisantes. A noter que l'écolabel européen, dont le but est de distinguer des produits plus respectueux de l'environnement interdit les parabènes mais pas le phénoxyéthanol, le méthylsothiazolinone, ni le méthylchloroisothiazolinone.

Le devenir des molécules dans l'environnement

Le pourcentage d'élimination des parabènes est généralement élevé au niveau des stations de traitement des eaux usées (en moyenne 96,1-99,9%). Ainsi, bien qu'elles puissent se retrouver dans le milieu naturel, ces substances présentent généralement des concentrations qui semblent être trop faibles pour produire des effets indésirables[59].

Certaines substances présentes dans les cosmétiques agissant comme filtre UV ont été mesurées dans la Garonne estuarienne recevant les effluents traités de l'agglomération bordelaise (oxybenzone, avobenzone, EHMC, ODPABA, 4-MBC, octocrylène)[60]. Les méthodes d'échantillonnage appliquées ne permettent pas de calculer des taux de rendements d'épuration pour ces molécules en amont et aval de la station de traitement des eaux usées du Clos de Hilde. Néanmoins, on observe une diminution de la phase dissoute de 30 à 70 % en fonction des molécules. Pour ces molécules, les flux amont de la Garonne (au niveau de La Réole) ont été comparés aux flux estimés sortants de deux stations de traitement des eaux usées de la métropole bordelaise (Clos du Hilde et Louis Fargue). Bien que ces résultats ne concernent que la phase dissoute (en ne prenant pas en compte la fraction potentiellement fixée sur les particules), les résultats indiquent que l'amont apporte à la Garonne un flux nettement supérieur au flux apporté par les stations de traitement des eaux usées.

[59] Bledzka, D., Gromadzinska ; J. & Wasowicz, W. (2014). Parabens. From environmental studies to human health; Elsevier, 16p.

[60] Aminot, Y., 2013. Etude de l'impact des effluents urbains sur la qualité des eaux de la Garonne estuarienne : application aux composés pharmaceutiques et aux filtres UV. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux.

Glossaire

Biocide : Les biocides sont des substances ou des préparations destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles (champignons, bactéries, virus), à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique (source : site internet de l'ANSES (Agence Nationale Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), https://www.anses.fr/fr/content/les-produits-biocides

Édaphique : le milieu édaphique c'est-à-dire le milieu relatif au sol (dictionnaire Larousse)

Effluent : se dit d'un fluide qui s'écoule d'une source, qui sort d'un dispositif, d'une installation (dictionnaire Larousse). Dans notre cas, il s'agit des eaux rejetées.

Épandage : action d'épandre c'est-à-dire le fait d'étendre ou de répandre un produit, une matière sur le sol en le dispersant (dictionnaire Larousse)

Etiage : terme utilisé pour indiquer une période de basses eaux, son contraire étant la crue (http://www.dictionnaire-environnement.com/Etiage_ID1526.html)

Lixiviat : désigne les eaux qui ont percolé à travers les déchets stockés (http://www.dictionnaire-environnement.com/lixiviat_ID50.html)

Métabolite : produit de dégradation/transformation

Perturbateur endocrinien : c'est-à-dire un composé qui peut interférer négativement avec les fonctions du système hormonal soit au niveau de la synthèse, de la sécrétion, du transport, de l'action ou de l'élimination des hormones (http://www.dictionnaire-environnement.com/perturbateur_endocrinien_ID4979.html)

Relevage : c'est-à-dire le fait de relever/remonter les eaux usées lorsqu'elles arrivent à un niveau inférieur à celui des installations de dépollution (http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/dico/d/maison-pompe-relevage-10852/)

Annexe 3. Tableaux restituant les leviers d'action transmis au responsable de sous-tâche

Fichier transmis le 31 janvier 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche		sans paraben / sans silicone	utiliser moins de savon		
Se laver les dents			mettre une noisette de dentifrice		
Déodorant					
Teindre ses cheveux					
Crème solaire					
SOINS MEDICAUX					
Médicament					
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique					
Jeter un médicament aux					
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling					
Vidange vers une bouche					
Laver sa voiture			faire du covoiturage ou prendre les	mettre de côté l'eau souillée	
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements					
Nettoyer le sol					
Eau de javel				la stocker	
Déboucher une canalisation					
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les					
Raticide					
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique					
Commentaires					

Fichier « Collégiens 1 » transmis le 2 février 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche			Utiliser un savon naturel	Avoir un système de filtre en sable à la maison	
Se laver les dents	Inventer un dentifrice qui s'avale			Cracher dans une poubelle	
Déodorant	Ne produire que des produits en stick	[Médias] Inciter à l'achat de produits à base de pierre d'alun			
Teindre ses cheveux	Changer les produits qu'il y a dedans	Augmenter le prix du produit			
Crème solaire	Utiliser des produits naturels ou moins toxiques		Attendre que la crème pénètre avant de se doucher		
SOINS MEDICAUX					
Médicament		Rendre la prescription par médecin obligatoire pour tous les médicaments		Les jeter dans des toilettes sèches	
Crème anti inflamatoire	Vendre des mini-seringues à la place de crèmes	[Légiférer] Créer un label comme pour les logements, de A à F			
Répulsif antimoustique	Utiliser des produits naturels	Acheter de quoi réaliser une recette de grand-mère plutôt qu'un produit du commerce	Ne pas en utiliser inutilement	Se laver avec une eau à part, que l'on collecte, et se relaver avec quand il y a trop de moustiques	Filtrer l'eau nous-même
Jeter un médicament aux toilettes	Faire des emballages contenant une très faible quantité du produit	N'acheter que des doses journalières et devoir retourner à la pharmacie chaque jour		Faire des collectes porte-à-porte pour récupérer les médicaments	
Désinfectant	Le faire avec des produits biodégradables				
TRANSPORTS					
Antifouling	Le faire avec des produits biodégradables				Réutiliser la peinture
Vidange vers une bouche d'égoût		Acheter une huile de moteur bio	Faire faire la vidange par un garagiste		
Laver sa voiture	Utiliser un savon moins toxique à l'usine				Filtrer l'eau de la station de lavage avant égoûts
Coup de freins				[Légiférer] Équiper toutes les routes de bas-côtés connectés aux égoûts pour pouvoir filtrer	
ENTRETIEN MAISON ET JARDIN					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements	Créer un produit moins toxique		[Individuel] Jardiner plus, pas tous les trois mois, pour pouvoir désherber soi-même		
Nettoyer le sol					
Eau de javel		Ne pas en acheter	L'utiliser avec modération		Filtrer l'eau plus efficacement
Déboucher une canalisation			En utiliser moins		
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les puces	Que la solution pénètre directement dans la peau	Augmenter le prix du produit	Utiliser une seringue		
Raticide	Y mettre moins de produits toxiques		Utiliser des cages à la place		
Insecticide domestique	Vendre des pièges à la confiture à la place			Vérifier que l'emballage est vraiment vide	
Laver son animal domestique	Interdire les parabens	Vendre le produit plus cher	Laver son animal à l'eau et au savon bio	Récupérer les poils avant de jeter l'eau	
Commentaires					

Fichier « Collégiens 2 » transmis le 2 février 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche					
Se laver les dents					
Déodorant	Ne pas produire de déodorant en sprays				
Teindre ses cheveux					
Crème solaire					
SOINS MEDICAUX					
Médicament					
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique			S'enduire de citronnelle à la place		
Jeter un médicament aux toilettes		Donner une limitation du nombre de médicaments achetables par foyer	Mettre des capteurs dans les WC et infliger des amendes à ceux qui les jettent	Pouvoir le rapporter à la pharmacie et savoir qu'ils ne le détruiront pas	
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling					
Vidange vers une bouche d'égoût					
Laver sa voiture					
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET JARDIN					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements					
Nettoyer le sol					
Eau de javel					
Déboucher une canalisation					
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les puces					
Raticide					
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique			Brosser l'animal avant		
Commentaires					

Fichier transmis le 9 mars 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche	faire des lois pour que les labo de cosmétique retirent les polluants de leurs produits				
Se laver les dents					
Déodorant	en bille, produit naturels	achat produit naturel/ prix	reduire l'utilisation, utilser pierre Alun	systeme de recharge	
Teindre ses cheveux					
Crème solaire					
SOINS MEDICAUX					
Médicament					
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique					
Jeter un médicament aux					
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling	Trouver une solution non-chimique, au niveau de la matière		Utiliser une résine qui vienne par dessus l'antifouling		
Vidange vers une bouche				Rejeter dans des bacs étanches	
Laver sa voiture	eco conception	verifier la consommationd'eau classe A etc	utiliser des produits ecologiques/ lavage collectif	retraiter les eaux	
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements			Trouver d'autres solutions pour		
Nettoyer le sol					
Eau de javel					
Déboucher une canalisation					
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les					
Raticide					
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique					
Commentaires					

Fichier transmis le 21 mars 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche					
Se laver les dents					
Déodorant					
Teindre ses cheveux					
Crème solaire	utiliser des produits naturels, changer les matières premières favoriser creème plutôt que spray, modifier le contenant, distributeur individuel	[Argent] création d'une taxe, bonus/malus en fonction des habitudes	porter une combinaison anti UV, acheter un nouveau soleil, avoir des méga parasols qui se déplacent	réutilisation des contenants, faire en sorte que la crème se solidifie après usage, ou après la douche pour pouvoir la jeter dans un endroit adapté	[Argent] rendre ce bloc mangeable, ou utilisable pour autre chose
SOINS MEDICAUX					
Médicament					
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique					
Jeter un médicament aux toilettes				être sensibilisé pour savoir que c'est nocif de jeter des médicaments aux toilettes	
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling	Lancer une recherche pour trouver aussi efficace et moins toxique	Ne pas en acheter - la surtaxer			
Vidange vers une bouche d'égoût		Acheter à une entreprise labelisée		Récupérer l'huile à part et l'envoyer dans un centre de traitement spécialisé	
Laver sa voiture			Utiliser des produits biodégradables	Récupérer l'eau à part au lieu de la jeter aux égouts	
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements			être sensibilisé pour trouver d'autre façon de désherber		
Nettoyer le sol					
Eau de javel					
Déboucher une canalisation	trouver d'autres composants moins nocifs				
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les					
Raticide					
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique	faire un produit tout en un, pour tous les animaux !	organiser des bains communs pour animaux, taxé les propriétaires d'animaux	ne pas avoir d'animaux, ne pas les laver, les laver avec des recettes de gds mère, réutiliser l'eau de notre bain	récupérateur de choses pas très propres, filtreur naturel, dépolluant naturel ? réduction sur les croquettes si utilisation du dogwashing	
Commentaires					

Fichier transmis le 8 avril 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche		créer un affichage de conetnance de micropoluants sur les produits (comme les indication énergétique sur l'électroménager)		Avoir plusieurs bouches d'évacuation pour rejeter les bains les plus polluants à part du reste.	Moderniser les stations de traitement pour les rendre plus efficaces sur ces types de polluants --> coût augmenté pour le consommateur
Se laver les dents	Banaliser les dentifrices pour lesquels on n'a plus besoin de se rincer la bouche	Etiqueter les produits selon une norme qui indique "quel % ne sera jamais traité dans la STEU et rejeté"	Se laver les dents avec moins de dentifrice et additionner du polycarbonate		
Déodorant	changer le matériau initial (aluminium pas terrible)	utiliser une consigne qui réduise le coût Clareté du cycle du produit sur l'étiquette pour comparer	Réduire la consommation, réduire l'utilisation, éducation de la population à l'hygiène. Alternative aux aérosols, pierre d'alin, plus naturels		
Teindre ses cheveux				Différencier certains types de rejets : à l'image du tri des déchets, trier ses eaux usées	
Crème solaire			Se laisser bronzer		
SOINS MEDICAUX					
Médicament		éduquer les médecins pour qu'ils expliquent mieux les traitements et leur recyclage, faire en sorte de ne pas être dans la surconsommation de médicaments		éviter de tout concentrer au même endroit	
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique					
Jeter un médicament aux toilettes	information sur les embalages de ne pas jeter ces médicaments dans les canalisations				
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling					
Vidange vers une bouche					
Laver sa voiture					
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements					
Nettoyer le sol					
Eau de javel					
Déboucher une canalisation	utiliser des produits plus naturels, bio, quitte à prendre plus de temps, interdiction à la vente de certains produits 'les plus dangereux)		privilégier des solutions mécaniques plus que chimique. ventouse ... utiliser des filtres, faire en sorte que les gens comprennent que des solutions lentes peuvent êtres plus efficaces à long terme, sensibiliser les population) la fréquence d'utilisation.	éducation de la population aux rejets des huiles et autres liquides bizarres	
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les puces	utiliser des produits naturels/	augmenter les prix des produits non naturels	utiliser des rechages/ produits naturels/ recharger a la demande	recycler	organiser un traitement specifique
Raticide					
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique					
Commentaires	Faire une recherche génétique pour que nos cheveux n'aient plus besoin d'être lavés, ni teints - anti cheveux blancs, etc. --> modifier nos gène pour ne plus avoir besoin de ça !				

Fichier « Quartier libre » transmis le 16 avril 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche					
Se laver les dents	Fabriquer un dentifrice naturel, sans				
Déodorant	Détaxer la pierre d'alun				Fabriquer de nouveaux filtres dédiés à
Teindre ses cheveux					
Crème solaire					
SOINS MEDICAUX					
Médicament	Créer d'autres principes actifs moins	Prescrire des massages plutôt que des			
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique					
Jeter un médicament aux		Vendre à l'unidose	Créer une permanence téléphonique qui	L'emmener en déchetterie - pas	
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling					
Vidange vers une bouche				Ne confier la tâche qu'à des personnes	
Laver sa voiture			La laver au savon et rien d'autre		
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements		Acheter le brûleur plutôt que le produit	Préférer une action mécanique		
Nettoyer le sol		Baisser le prix des produits écolabels	Privilégier le bicarbonate de soude		
Eau de javel	Harmoniser les normes européennes et				
Déboucher une canalisation		Faire de la pub pour les produits écolabel	Utiliser du vinaigre blanc		
INDESIRABLES					
Anti-poux	Fabriquer des produits à base de plantes		Que le mode d'emploi soit plus clair et que l'on soit mieux informé sur l'emballage		
Traiter son animal contre les					
Raticide	Produire des poudres non solubles	Préférer les pièges			
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique					
Commentaires					

Fichier transmis le 3 mai 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche					
Se laver les dents					
Déodorant					
Teindre ses cheveux					
Crème solaire					
SOINS MEDICAUX					
Médicament	augmenter la période de péremption	grouper les achats	utilisation de produits naturels	retour en pharmacie des produits non-utilisés / redistribution	recycler
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique	changer la composition bio/usine moins polluante	ne pas en acheter / acheter des produits bio / utiliser une raquette electrique	en utiliser moins (question de dose) / sensibiliser le public à utiliser d'autres produits naturels	organiser du recyclage/	
Jeter un médicament aux					
Désinfectant					
TRANSPORTS					
Antifouling					
Vidange vers une bouche d'égoût		Pas d'huile à la vente, seulement disponible aux garagistes	Rendre la vidange gratuite en station (tout comme le gonflage de pneus) qui est équipée du bon système de collecte	Être plus sévère pénalement	
Laver sa voiture		Subventionner les transports en commun	Encourager le covoiturage		
Coup de freins	Aux fabricants de faire un effort, inventer le pneu en tissu	Changer les pneus tous les ans	Remplacer tous les STOP par des Cédez le passage		
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture					
Désherbant et traitements					
Nettoyer le sol		Utiliser des produits écologiques dont on connait la formule, les principes actifs et leurs impacts	Utiliser de l'eau chaude et frotter fort...	Arrêter de rejeter dans la rue, mais dans sa baignoire, au cas où on n'habite pas un réseau unitaire	
Eau de javel	[Médias] Sensibiliser à l'usage de l'eau de javel et aux doses utiles	Privilégier le bicarbonate de soude et le vinaigre blanc			
Déboucher une canalisation			Utiliser du citron pour le tartre		Privilégier l'ozonation à la chloration
INDESIRABLES					
Anti-poux					
Traiter son animal contre les					
Raticide					
Insecticide domestique					
Laver son animal domestique	shampoing bio/ reglementation label	verifier les labels / acheter en volumes sinon une taxe	preferer des salons spécialisées		
Commentaires					

Fichier transmis le 29 mai 2016

	PRODUCTION	ACHAT	USAGE	REJET	TRAITEMENT
HYGIENE, SOINS CORPORELS					
Prendre une douche	Faire ses propres cosmetiques/ produit bio	créer un label/ achat reflechi/ savon de marseille	simplifier l'ettiquetage/ reduire la consommation/ couper l'eau au bout de 5min	faire un recyclage collectif,	
Se laver les dents					
Déodorant	pouvoir faire de l'unidose à la distribution du produit/ produire ecologique	acheter responsable/ sensibiliser / utiliser un label	reduire les quantitées/ preferer les stick/ format famillial	recyclage collectif	
Teindre ses cheveux					
Crème solaire	utiliser des filtres mineraux/ utiliser d'autres types de molécules plus facilement eliminables, creme plus efficaces	acheter en fonction d'un label	faire attention aux heures d'exposition, utiliser chapeau , tshirt etc..éviter les spray	essuyer la crème, creme moins polluantes	utiliser des bacteries qui consommes les polluants
SOINS MEDICAUX					
Médicament	transparence sur les réels besoin de	réduire le nombre de médicament par	utiliser une consigne		
Crème anti inflamatoire					
Répulsif antimoustique		augmenter le prix	utiliser des lumieres venir avec sa boîte		
Jeter un médicament aux					
Désinfectant	produit naturel, ajout huiles essentielles	communiquer sur un label	utilser les EPI, ne pas surconsommer	rapporter en pharmacie, recyglage	améliorer le procces, utiliser des consignes, traiter par hyper oxidation
TRANSPORTS					
Antifouling					
Vidange vers une bouche d'égoût	Huiles durables, Bilogiques	Communication sur des huiles durables / classer en fonction de la capacité de recyclage, la valorasation etc	campagne d'information	rapporter au garage centre de collecte	mettre en place un systeme de consigne pour les bidons
Laver sa voiture	produire des nettoyant biologique	ne pas acheter des produits non bio	ne pas laver sa voiture/ ne pas avoir de voiture/ utiliser des lieux spécifiques	collecter	recycler
Coup de freins					
ENTRETIEN MAISON ET					
Colle et peinture				Déchetterie	Laver le rouleau dans du white spirit et apporter en déchetterie
Désherbant et traitements	Produire biologique	Insister sur les précautions d'emploi	Désherbant mécanqiue ou manuel	Traiter les eaux pluviales	Mieux équiper les stations
Nettoyer le sol		Préférer le vinaigre blanc			
Eau de javel		Imposer une politique "zéro phyto"	Privilégier le savon noir		
Déboucher une canalisation		Acheter une ventouse			Renforcer les traitements en station, financement par une taxe
		Sensibiliser le public sur l'utilisation des produits			
INDESIRABLES					
Anti-poux	Taxe spécifique sur les produits polluants			Pré-filtrer l'eau avant rejet en baignoire	
Traiter son animal contre les		On achète des produits naturels			
Raticide		On met des images comme sur les paquets de cigarette pour sensibiliser			
Insecticide domestique		Acheter des plantes comme le géranium	Privilégier les pièges et le savon noir		
Laver son animal domestique		Utiliser des produits biologiques	Moins le laver	Rejeter dans des endroits spéficiques, chez le toilletteur, comme pour les voitures	
Commentaires					

Annexe 4 : Eléments méthodologiques concernant l'enquête quantitative

(d'après Ademe, 2016)

La **sociologie quantitative** consiste à examiner un grand nombre d'individus dont on connaît les caractéristiques sociodémographiques (âge, genre, lieu d'habitation, catégorie socio-professionnelle, niveau d'études, préférences politiques, etc.) ou les pratiques (utilisateurs d'Autolib, inscrits à une plateforme de covoiturage, usagers des Espaces Info Énergie, etc.). Les données statistiques utilisées peuvent être recueillies auprès des individus de façon déclarative ou collectées de façon indirecte (nombre d'immatriculations, consommation nationale de carburant, résultats aux élections, etc.). Dans le cas, le plus fréquent, de données déclaratives, l'ensemble des réponses collectées permet de calculer des proportions (les pourcentages) et surtout de rechercher des corrélations en fonction des variables sociodémographiques ou comportementales.

Les enquêtes quantitatives fournissent alors **des fréquences et des tendances d'évolution au sein d'une population**.

Parce que les outils quantitatifs sont les seuls à pouvoir traiter les données correspondant à de grandes masses d'individus, ils sont aussi les plus à même de mettre en évidence l'existence des régularités, de constantes ou d'invariants, et donc d'orientations, de cadrages ou de déterminismes sociaux. Ils conduisent notamment à rendre visibles les différences, et donc aussi les inégalités, entre catégories sociales, classes d'âge ou genres ou selon le lieu d'habitation. Ils permettent également de suivre ces différences dans le temps et donc de prendre la mesure de la reproduction sociale ou de la pérennité des normes et des institutions sociales. De fait, si les mouvements d'opinion enregistrés par les sondages peuvent montrer une certaine volatilité, les réponses sur les pratiques ou les attitudes varient le plus souvent de façon marginale … Lorsqu'elles portent sur des opinions et des jugements de valeur, elles permettent d'apprécier le réalisme et la popularité de mesures, d'actions ou de projets menés par les autorités publiques, lesquelles s'adressent à des populations entières et donc, par définition, à de grandes masses d'individus. Ce sont des outils très utiles pour connaître ses cibles en préalable à l'élaboration de politiques et de mesures adaptées ainsi que d'une communication pertinente sur ses actions.

Il existe plusieurs techniques d'interrogation (face-à-face, téléphone, auto-administrée par voie postale ou en ligne, Internet) avec chacune leurs biais spécifiques. Pour les plus connues, il sera difficile de toucher les populations les plus âgées et les moins diplômées avec une interrogation en ligne, mais il sera également compliqué d'interroger les jeunes avec une interrogation par téléphone fixe. Le biais de désirabilité sociale, c'est-à-dire la propension de l'interrogé à fournir des réponses socialement valorisées, sera d'autant plus fort que l'enquêteur sera présent : maximal en face-à-face et bien plus réduit sur Internet.

Devant l'impossibilité d'interroger l'ensemble d'une population, les enquêtes quantitatives vont se focaliser sur une partie, **un échantillon de cette population**. Les techniques d'échantillonnage sont diverses, et se divisent entre méthodes probabilistes et méthodes non probabilistes.

Les **méthodes probabilistes** consistent à créer un échantillon de façon aléatoire : tous les individus de la population étudiée et, éventuellement de ses différents sous-groupes ou strates, sont susceptibles d'être sélectionnés par un tirage au hasard. Cette méthode implique de disposer de la liste complète de ces individus. D'un point de vue statistique, seule cette façon de procéder est considérée comme valide.

Les **méthodes non probabilistes** permettent de répondre aux situations où l'on ne dispose pas de la liste complète des individus de la population considérée. Une première façon de procéder, la plus robuste, constitue son échantillon de façon à ce qu'il corresponde à la population étudiée au regard de caractéristiques qui pourraient s'avérer déterminantes dans les réponses des individus (l'âge, la catégorie socioprofessionnelle, le genre, etc.). Cette méthode, dite des quotas, implique donc de disposer de données sur la répartition de ces caractéristiques au sein de la population. **D'autres méthodes, dites de convenance, constituent l'échantillon de façon arbitraire, en règle générale pour faciliter le recrutement des personnes interrogées. Les résultats obtenus permettent de conclure sur un pourcentage de la population interrogée, mais sans savoir de quoi cette population interrogée est représentative**.

Annexe 5 : Questionnaire enquête populationnelle REGARD

Questionnaire REGARD

Ce questionnaire s'inscrit dans un programme de recherche scientifique nommé REGARD.

Ce programme a pour objectif la protection et l'amélioration de la qualité de l'eau des milieux naturels. Il a débuté en mars 2015 sur le territoire de l'agglomération bordelaise. Il est porté par Bordeaux Métropole et est financé par l'Office National pour l'Eau et les Milieux Aquatiques (ONEMA) et par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Neuf partenaires, universitaires et gestionnaires, contribuent à son bon déroulement.

Nous vous remercions pour le temps que vous prendrez à répondre à ce questionnaire, a priori une quinzaine de minutes environ.

Votre participation est indispensable pour aider les chercheurs et la collectivité à trouver des solutions pour réduire la pollution de l'eau.

Il s'agit de recueillir votre point de vue personnel, il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses.

Vos réponses seront traitées de manière anonyme et vous êtes libre de participer ou non.

Si vous rencontrez des difficultés pour accéder à la suite du questionnaire, essayez en changeant de navigateur Internet.

A propos des micropolluants ...

Q1. A votre avis, qu'entend-on par le terme « micropolluant » ? (Cocher une ou plusieurs réponses)

- ☐ Un polluant ayant un très faible impact sur l'environnement et les êtres vivants
- ☐ Un polluant qui agit, même à très faible dose, sur l'environnement et les êtres vivants
- ☐ Un polluant très vite éliminé dans l'environnement
- ☐ Un polluant ayant un impact uniquement sur les êtres vivants microscopiques (bactéries par exemple)

Q2. Selon vous, dans quels produits d'usage courant peut-on trouver des micropolluants ? (Cocher une ou plusieurs réponses)

- ☐ Aucun
- ☐ Produits alimentaires
- ☐ Contenants et emballages alimentaires
- ☐ Vêtements
- ☐ Produits d'hygiène et cosmétiques
- ☐ Médicaments
- ☐ Produits d'entretien de la maison
- ☐ Produits de bricolage (peintures, solvants, revêtements de surface, etc.)
- ☐ Produits de jardinage (engrais, pesticides, etc.)
- ☐ Electroménager et électronique (réfrigérateurs, machines à laver, etc.)

Les micropolluants (définition)

Les micropolluants englobent des dizaines de milliers de composés chimiques susceptibles d'avoir une action toxique sur les organismes vivants (plantes, algues ou animaux voire l'homme) d'un milieu donné, à des concentrations infimes, de l'ordre du microgramme ou du nanogramme par litre (concentration qui correspond environ à l'équivalent d'un sucre dans une piscine olympique).

Q3. Pourriez-vous citer entre 1 à 5 produits utilisés au quotidien à votre domicile qui vous semblent perturber les milieux aquatiques (comme les cours d'eau et les lacs) ?

- ……
- ……
- ……
- ……
- ……

Q4. A votre avis, que deviennent les eaux usées domestiques ? (Cocher une ou plusieurs réponses)

- ☐ Elles sont acheminées vers des stations de traitement des eaux usées pour en faire de l'eau potable
- ☐ Elles sont rejetées directement dans les cours d'eau
- ☐ Elles sont acheminées vers des stations de traitement des eaux usées ou des systèmes de traitement individuel puis rejetées dans le milieu naturel
- ☐ Elles sont infiltrées dans le sol et se retrouvent ensuite dans le milieu naturel

Q5. Selon vous, les activités suivantes contribuent-elles à la pollution des milieux aquatiques ?

- Les activités industrielles :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Fortement

1 2 3 4 5 6

- Les activités domestiques (liées aux activités quotidiennes à domicile) :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Fortement

1 2 3 4 5 6

- Les activités agricoles :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Fortement

1 2 3 4 5 6

- Les activités hospitalières (hôpitaux, cliniques, centres de soins) :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Fortement

1 2 3 4 5 6

Q6. Selon vous, d'où proviennent les micropolluants présents dans les milieux aquatiques ?

- Du ruissellement de l'eau de pluie sur les voiries

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Du réseau d'eaux usées

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Des rejets non autorisés

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- De la pluie en raison de la pollution atmosphérique

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- De la présence de micropolluants dans les sols et leur entraînement vers les cours d'eau

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

Q7. Vous arrive-t-il de préférer ignorer les conséquences sur l'environnement des produits que vous utilisez au quotidien :

Jamais ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Systématiquement

1 2 3 4 5 6

Vos pratiques au quotidien…

Q8. Quand vous vous douchez, faites-vous attention à la quantité de produit utilisée ?

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Systématiquement

1 2 3 4 5 6

Q9. Quand vous vous douchez, utilisez-vous des produits respectueux de l'environnement (gel douche éco-labélisé, savon de Marseille sans additif, …) **?**

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Systématiquement

1 2 3 4 5 6

Q10. Combien de produits avez-vous à votre disposition pour vous doucher (gel douche, savon, shampoing, après shampoing …) **?**

- **A titre personnel :**

  ☐ 1 produit
  ☐ 2-3 produits
  ☐ 4-5 produits
  ☐ Plus de 5 produits

- **Pour l'ensemble de votre foyer :**

  ☐ 1 produit
  ☐ 2-3 produits
  ☐ 4-5 produits
  ☐ Plus de 5 produits
  ☐ Ne sais pas

Q11. Pensez-vous que les produits que vous utilisez peuvent perturber les milieux aquatiques ?

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Fortement

1 2 3 4 5 6

Q12. Pour le lavage du linge, utilisez-vous des produits respectueux de l'environnement (produits éco-labélisés, noix de lavage, ...) **?**

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Systématiquement

1 2 3 4 5 6

Q13. Pour le lavage du linge, combien utilisez-vous de produits (lessives, adoucissants, lingettes antidécoloration, antibactérien, détachants, …) **?**

- ☐ 1 produit
- ☐ 2-3 produits
- ☐ 4-5 produits
- ☐ Plus de 5 produits
- ☐ Ne sais pas

Q14. En moyenne combien de lessives faites-vous par semaine ? _____

Q15. Pensez-vous que les produits pour le lavage du linge que vous utilisez peuvent perturber les milieux aquatiques ?

Pas du tout							Fortement
	1	2	3	4	5	6	

Q16. Combien de véhicules avez-vous dans votre ménage ?

- ☐ 0 (passez directement à la question 20)
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4 et +

Q17. En moyenne, combien de fois la (ou les) lavez-vous ?

- Au Lavomatic (lavage automatique, lavage à haute pression, etc.) :
  - ☐ Jamais (passez directement à la question 18)
  - ☐ 1 fois par mois
  - ☐ Moins d'une fois par mois
  - ☐ Quelques fois par an
  - ☐ Ne sais pas

- Chez vous (allée, cour, rue, parking, …)
  - ☐ Jamais (passez directement à la question 19)
  - ☐ 1 fois par semaine
  - ☐ 1 fois par mois
  - ☐ Moins d'une fois par mois
  - ☐ Quelques fois par an
  - ☐ Ne sais pas

Q18. Si vous lavez votre ou vos véhicules(s) chez vous, utilisez-vous généralement (plusieurs réponses possibles) **:**

- ☐ Uniquement de l'eau
- ☐ Des détergents
- ☐ Des produits spéciaux (produits lustrant, pour les jantes, les vitres, …)
- ☐ Des produits éco-labélisés

Q.19. Pensez-vous que les produits que vous utilisez pour laver votre véhicule peuvent perturber les milieux aquatiques ?

Pas du tout | | | | | | | Fortement

1 2 3 4 5 6

Q20. Avez-vous un animal domestique (chat, chien, autre…) ? **:**

- ☐ **Oui**
- ☐ **Non** (passez directement à la question 24)

Q21. Si oui, à quelle fréquence le traitez-vous contre les puces ?

- ☐ Jamais (passez directement à la question 24)
- ☐ Occasionnellement, en cas d'infestation
- ☐ A une fréquence régulière, à titre préventif

Q22. Utilisez-vous des produits antipuces respectueux de l'environnement ?

Pas du tout | | | | | | | Systématiquement

1 2 3 4 5 6

Q23. Pensez-vous que les produits antipuces que vous utilisez peuvent perturber les milieux aquatiques ?

Pas du tout | | | | | | | Fortement

1 2 3 4 5 6

Q24. A quelle fréquence utilisez-vous des insecticides chimiques contre les moustiques, fourmis, guêpes, mouches, mites, etc. ?

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Fréquemment
- ☐ En continu (diffuseurs, poudres, …)

Q25. Combien de produits insecticides chimiques avez-vous chez vous ?

- ☐ Aucun
- ☐ 1 produit
- ☐ 2-3 produits
- ☐ 4-5 produits
- ☐ Plus de 5 produits
- ☐ Ne sais pas

Q26. Utilisez-vous des produits insecticides respectueux de l'environnement (bougies à la citronnelle, huile essentielle de géranium, etc.) **et/ou pratiquez-vous des actions mécaniques pour vous débarrasser de ces insectes gênants** (ruban collant, tapette à mouches, etc.) **?**

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Systématiquement

1 2 3 4 5 6

Q27. Pensez-vous que ces produits insecticides chimiques peuvent perturber les milieux aquatiques ?

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Fortement

1 2 3 4 5 6

Q28. Pouvez-vous citer les 3 ou 4 médicaments les plus utilisés par vous et/ou votre famille ?

-

-

-

-

Q29. A quelle fréquence prenez-vous les antidouleurs suivants ?

- Paracétamol

- ☐ Jamais
- ☐ Occasionnellement
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par mois)
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par semaine)
- ☐ Tous les jours

- Ibuprofène

- ☐ Jamais
- ☐ Occasionnellement
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par mois)
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par semaine)
- ☐ Tous les jours

Q30. A quelle fréquence prenez-vous les autres médicaments suivants ?

Bétabloquants (ex : Bisoprolol (Bisoce, Cardensiel, Detensiel))

- ☐ Jamais
- ☐ Occasionnellement
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par mois)
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par semaine)
- ☐ Tous les jours

Antidépresseurs (ex : fluoxétine, (Prozac))

- ☐ Jamais
- ☐ Occasionnellement
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par mois)
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par semaine)
- ☐ Tous les jours

Anxiolytiques (ex : lorazepam (Temesta) ou bromazepam (Lexomil) ou oxazepam (Seresta))

- ☐ Jamais
- ☐ Occasionnellement
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par mois)
- ☐ Régulièrement (1 à 3 fois par semaine)
- ☐ Tous les jours

Q31. Pensez-vous que les médicaments que vous prenez peuvent perturber les milieux aquatiques ?

Pas du tout | | | | | | | Fortement

1 2 3 4 5 6

Q32. Dans le choix de vos produits courants, vous avez tendance à donner priorité à :

- Votre environnement proche (maison, travail, lieux de vie courants) au détriment de l'environnement lointain (région, pays)

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Votre environnement actuel au détriment de l'environnement des générations futures

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Le bien-être de votre famille et de vos proches au détriment du bien-être des autres

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

Q33. Au quotidien, vous adoptez des comportements ayant un impact minimal sur l'environnement, même si cela vous paraît contraignant :

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

Pour agir …

Q34. Selon vous, réduire l'impact des micropolluants sur les milieux aquatiques, nécessiterait de :

- Généraliser les produits sans micropolluants au risque de réduire vos choix :

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Ne mettre sur le marché que des produits respectueux de l'environnement même s'ils sont plus chers pour vous :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Interdire l'utilisation de certains produits domestiques au risque que vous y perdiez en termes de confort :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Traiter les eaux usées de façon plus performante mais plus coûteuse pour vous :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Donner plus d'informations au risque de vous lasser :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Remplacer vos habitudes de consommation par d'autres vous demandant plus de temps :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Réduire votre consommation de médicaments pour les petits maux :

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

Q35. Selon vous, la présence de micropolluants dans les milieux aquatiques :

- Est actuellement :

Pas du tout grave ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Très grave

1 2 3 4 5 6

- Sera à long terme :

Pas du tout grave ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Très grave

1 2 3 4 5 6

Q36. Selon vous, la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques peut-elle affecter la santé humaine :

- Actuellement :

Pas du tout | | | | | | | Très fortement

1 2 3 4 5 6

- A long terme :

Pas du tout | | | | | | | Très fortement

1 2 3 4 5 6

Q.37 A votre avis, qui est responsable de la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques ?

- **Agriculteurs**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

- **Industriels**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

- **Supermarchés**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

- **Consommateurs**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

- **Elus**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

- **Gestionnaires des eaux**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

- **Services hospitaliers**

Pas du tout responsables | | | | | | | Très responsables

1 2 3 4 5 6

Q.38 Qui devrait agir pour réduire la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques ?

- **Agriculteurs**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- **Industriels**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- **Supermarchés**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- **Consommateurs**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- **Elus**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- **Gestionnaires des eaux**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- **Services hospitaliers**

Pas du tout | | | | | | | Tout à fait

1 2 3 4 5 6

Pour mieux vous connaître …

Q39. Par rapport aux questions environnementales :

- **Vous considérez-vous comme une personne :**

Pas du tout concernée | | | | | | | Très concernée

1 2 3 4 5 6

- **Selon vous, les gens en général sont-ils :**

Pas du tout concernés | | | | | | | Très concernés

1 2 3 4 5 6

Q40. Vous êtes :

- ☐ Un homme
- ☐ Une femme

Q41. Votre âge : _____

Q42. Combien êtes-vous de personnes dans votre ménage (y compris vous) : _____

Q43. Combien avez-vous d'enfants vivant avec vous ? _____

Q44. Indiquez leur âge (ex : 6 ans / 9 ans …) :

Q45. Quel est votre niveau d'étude ?

- ☐ Sans diplôme
- ☐ CAP/BEP
- ☐ Bac
- ☐ Bac+2
- ☐ Supérieur à Bac+2
- ☐ Bac+5 et plus

Q46. Indiquez votre profession :

- ☐ Agriculteurs
- ☐ Profession libérale
- ☐ Profession intellectuelle supérieure
- ☐ Cadre supérieur, chef d'entreprise (PME et grandes entreprises)
- ☐ Profession intermédiaires (infirmier, technicien, professeur des écoles, etc.)
- ☐ Artisan, commerçant et chef d'entreprise TPE
- ☐ Ouvrier, employé
- ☐ Etudiant
- ☐ En recherche d'emploi (s'il y a lieu, cochez également votre dernière profession)
- ☐ Retraité (cochez également votre dernière profession)
- ☐ Sans emploi

Q47. Merci d'indiquer les ressources mensuelles de votre ménage (tout compris et en net, salaires, prestations sociales, revenus fonciers…) :

- ☐ Inférieurs à 1000 €
- ☐ Entre 1000 et 1300 €
- ☐ Entre 1300 € et 2000€
- ☐ Entre 2000 € et 3000 €
- ☐ Entre 3000 € et 4000 €
- ☐ Supérieurs à 4000€
- ☐ Ne sais pas

Q48. Quel est le code postal de votre commune ? _____

Q49. Quel type de logement occupez-vous actuellement :

- ☐ Logement collectif
- ☐ Maison individuelle

Q50. Etes-vous ?

- ☐ Propriétaire
- ☐ Locataire
- ☐ Hébergé

Q51. Votre domicile a-t-il un jardin ?

- ☐ Non
- ☐ Oui

Q52. Votre domicile est-il relié à un :

- ☐ Réseau d'assainissement collectif (« tout à l'égout »)
- ☐ Réseau d'assainissement autonome (« fosse septique »)
- ☐ Ne sais pas

Q53. Etes-vous membre d'une association de protection de l'environnement ?

- ☐ Non
- ☐ Oui Si oui, laquelle : _____

Q54. Etes-vous membre d'une association de défense des consommateurs ?

- ☐ Non
- ☐ Oui Si oui, laquelle : _____

Q55. Pratiquez-vous une activité en lien avec le milieu aquatique naturel (sport nautique, pêche, etc.) :

- ☐ Non
- ☐ Oui, de temps en temps
- ☐ Oui, régulièrement

Q56. Par quels moyens avez-vous eu connaissance de ce questionnaire :

- ☐ Le journal / site municipal
- ☐ Le journal / site de Bordeaux Métropole
- ☐ Le quotidien Sud-Ouest
- ☐ Mon réseau professionnel
- ☐ Mon réseau d'amis
- ☐ Réseau associatif
- ☐ Réseaux sociaux (Facebook, Twitter, etc.)
- ☐ Autre : _____

Si vous souhaitez ajouter des commentaires ...

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : Caractérisation des substances et des impacts

TÂCHE 1.3 Recherche de Substances et caractérisation de l'impact

Sous tâche 1.3.1 : substances organiques

Livrable n°134 : Développement de nouveaux outils d'échantillonnage passif, de diagnostic basé sur les effets biologiques, d'extraction automatisée et d'analyses non ciblée

Version finale - Juillet 2019

Auteurs : C.Gardia-Parège, V. Dufour, C. Chollet, J. Cruz, E. Maillot-Maréchal, S Aït-Aïssa, H. Budzinski

Sommaire

I. Approches bio-analytiques 5
a. L'équilibre des masses 5
i. Principe 5
ii. Résultats 5
b. L'analyse dirigée par l'effet (*Effect Directed Analysis*, EDA) 6
i. Principe 6
ii. Résultats 7
II. Innovations techniques dans l'évaluation de la contamination chimique 9
a. Développement d'échantillonneurs passifs de type POCIS pour un suivi intégratif de la contamination 9
i. Problématique 9
ii. Méthodologie 11
iii. Suivi des masses d'eaux 11
iv. Développements du POCIS 12
v. Conclusions 14
b. Automatisation de méthodes d'extraction et d'analyse pour un diagnostic rapide de la contamination 15
i. Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE) 15
ii. Solid Phase Micro-Extraction (SPME) 16
iii. Solid Phase Extraction (SPE) en ligne 18
iv. Injection directe 20
c. Analyses non ciblées pour une caractérisation globale de la contamination 20
i. Démarche suivie pour l'analyse chimique non ciblée 21
ii. Analyse globale des extraits d'eau brute et traitée de Station de Traitement des Eaux Usées (STEU) 23
iii. Identification des composés non recherchés 23
III. Références bibliographiques 26

Livrable 1.3.4 : Développement de nouveaux outils de diagnostic

I. Approches bio-analytiques

Les directives en vigueur pour la surveillance du milieu aquatique telles que la DCE se basent sur le suivi d'un nombre défini de molécules. Dans la majorité des cas, ces composés n'expliquent pas ou peu l'(éco)toxicité observée *in situ* et le lien de causalité reste souvent inconnu. Dans ce contexte, différentes approches dites bio-analytiques couplant les analyses biologiques et chimiques ont été développées pour permettre de mieux comprendre et d'identifier les causes des perturbations environnementales (*e.g.* composés non recherchés ou inconnus, produits de transformation, effets de mélange…).

a. L'équilibre des masses

i. Principe

L'équilibre des masses est une approche arithmétique permettant de corréler les réponses biologiques mesurées aux concentrations en composés quantifiés dans un échantillon donné (Giesy *et al.* 2002). En d'autres termes, elle consiste à comparer une activité biologique théorique déterminée par le biais des analyses chimiques (Chim-TEQ) à l'activité biologique mesurée par les tests biologiques (Bio-TEQ). Chaque élément est calculé selon les équations suivantes :

$$Bio - TEQ = \frac{CEx\ composé\ de\ référence}{CEx\ Extrait} \quad ; \qquad Chim - TEQ = \Sigma\ (Ci\ \times TEF\ i)$$

avec

Bio-TEQ : quantité équivalente toxique déterminée biologiquement
Chim-TEQ : quantité équivalente toxique déterminée chimiquement
CE : Concentration entraînant x% de l'effet biologique maximal pour l'activité biologique considérée
Ci : Concentration quantifiée en composé i
TEFi : Facteur d'équivalent toxique du composé i c'est-à-dire l'activité relative du composé i par rapport au composé de référence.

Le rapport Chim-TEQ sur Bio-TEQ permet d'évaluer la contribution des composés identifiés à la réponse biologique mesurée dans l'échantillon analysé.

L'équilibre de masse est une approche basique qui ne s'appuie que sur les phénomènes d'additivité pouvant exister entre les molécules d'un même mélange. Les réactions plus complexes comme la synergie ou l'antagonisme ne sont pas prises en compte dans cette approche.

ii. Résultats

Sur la base des concentrations en composés, mesurées dans les échantillons, et de leur activité biologique, l'équilibre des masses a été calculé afin de déterminer si les molécules détectées sont responsables de l'activité biologique des échantillons. Seul un nombre restreint de composés, détectés lors des analyses chimiques ciblées (Livrable 1.3.1 « *Substances organiques* »), sont connues pour être des ligands des récepteurs utilisés (parmi les molécules dont l'activité a été étudiée).

Concernant les échantillons d'eaux ayant les plus fortes activités (eaux brutes et traitées de STEU et des eaux usées), les ligands détectés n'expliquent pas les activités biologiques observées. La contribution des molécules quantifiées et actives (quelques HAP) est inférieure à 1% pour l'activité « HAP-like ». Pour l'activité œstrogénique, les ligands détectés (Gemfibrozil et quelques alkylphénols) expliquent moins de 1% de la réponse ER observée pour les eaux usées et des eaux brutes de STEU. Concernant les eaux traitées de STEU, les alkylphénols quantifiés contribuent à 4% de l'activité œstrogénique, excepté pour la sortie 2 de Louis Fargue où la contribution est de 6,5% (Tableau 1). Pour l'activité AR, aucune des molécules détectées n'est connue pour être un ligand AR.

Ces résultats montrent que les perturbateurs endocriniens majeurs et les composés dits « dioxin-like », n'ont pas été identifiés.

La recherche de stéroïdes ou autres ligands connus par l'analyse chimique ciblée pourraient permettre d'expliquer une partie des effets observés. Cependant, il a été rapporté dans plusieurs études que les composés ciblés expliquent rarement les activités biologiques et qu'une approche alternative telle que l'analyse dirigée par l'effet permet de se focaliser sur les molécules actives et de les identifier (Creusot *et al.* 2013, 2014)

Tableau 1 : Composés œstrogèno-mimétiques détectés dans les eaux brutes et traitées de STEU et comparaison des équivalent toxique (TEQ) dérivés des analyses chimiques (Chim-TEQ) et des bioassays (Bio-TEQ).

			Pharmaceutique	**Alkylphénols**			ER		
STEU			Gemfibrozil	Nonylphénols	Octylphénols	Acide nonylphénoxyacétique	Bio-TEQ	Chim-TEQ	*Chim-TEQ/Bio-TEQ*
Cantinolle	Eau brute	ng/L	152.3	413.2	129.94	688.9	68.2	0.30	*0.4%*
	Eau traitée	ng/L	28.2	106.4	24.13	353.3	3.41	0.15	*4.3%*
Louis Fargue	Eau brute 1	ng/L	142.9	282.6	32.37	490.8	43.7	0.21	*0.5%*
	Eau traitée 1	ng/L	88.0	167.7	17.46	893.2	9.42	0.37	*3.9%*
	Eau brute 2	ng/L	100.9	288.7	33.81	555.4	28.09	0.23	*0.7%*
	Eau traitée 2	ng/L	83.1	145.6	15.61	1011.6	5.67	0.42	*6.5%*
		TEF	4.70E-08	3.30E-06	1.10E-04	4.10E-04			

TEF : Facteur d'équivalent toxique du composé i

b. L'analyse dirigée par l'effet (*Effect Directed Analysis*, EDA)

i. Principe

L'approche bio-analytique de type EDA est une méthode récente permettant de simplifier les échantillons complexes afin d'identifier les molécules biologiquement actives

Elle repose sur une simplification séquentielle d'un échantillon biologiquement actif en combinant procédés physico-chimiques de fractionnement et tests biologiques (Brack 2003; Brack *et al.* 2016). Le principe est schématisé Figure 1. Après avoir évalué l'activité biologique de l'échantillon, ce dernier est soumis à un ou plusieurs processus de fractionnement afin de réduire la complexité du mélange. Après chaque étape de fractionnement, les fractions générées sont testées biologiquement à l'aide de bio-essais *in vivo* et/ou *in vitro* afin de mettre en évidence les fractions actives, contenant les molécules d'intérêt. Ces dernières sont ensuite identifiées généralement par spectrométrie de masse en tandem et spectrométrie de masse haute résolution. Une fois caractérisées, les molécules sont testées avec les mêmes bio-essais de manière à confirmer leurs effets biologiques.

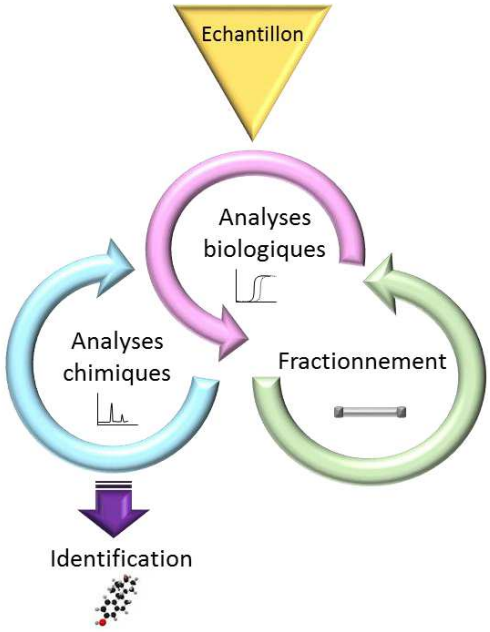


Figure 1 : Principe de l'analyse dirigée par l'effet.

L'EDA permet de guider les analyses chimiques pour se focaliser uniquement sur les fractions d'intérêt et *in fine* sur les composés ayant un effet biologique. Par conséquent, cette approche peut amener à l'identification de molécules non recherchées ou inconnues (*e.g.* métabolites, photo-produits…). L'avantage d'une telle approche, bien que complexe, est de mettre en évidence le lien de cause à effet existant entre les composés présents dans un échantillon et l'activité biologique mesurée. La simplification de l'échantillon permet également de mettre en évidence des effets de mélange entre les composés. La perte de l'activité biologique après le fractionnement peut résulter de la séparation des molécules interagissant entre elles. La séparation des composés peut également mettre en évidence des effets masqués par le mélange de composés, comme par exemple la présence d'une activité agoniste masquée par la forte proportion de ligands antagonistes dans l'échantillon brut (Weiss *et al.* 2009).

ii. Résultats

Les profils d'activité obtenus par les bioessais *in vitro* ont montré que les eaux brutes et traitées de la STEU de Cantinolle possèdent une activité œstrogénique (ER) et androgénique (AR) importante (Livrable 1.3 « *Détection de composés perturbateurs endocriniens et dioxin-like à l'aide de bioessais in vitro dans les eaux usées, pluviales et naturelles* »). Une partie de ces activités est maintenue malgré les traitements appliqués sur les eaux suggérant que les molécules responsables des effets biologiques n'ont pas été totalement éliminées par la STEU. Ces composés sont par conséquent rejetés dans le milieu et peuvent représenter un risque pour les organismes aquatiques. Les composés quantifiés lors des analyses chimiques ciblées ne permettent pas d'expliquer ces activités. La démarche EDA a donc été mise en place sur des extraits d'eaux brutes et traitées de STEU prélevés en Décembre 2015 afin 1) d'identifier les composés responsables des activités *in vitro* et 2) de rechercher leurs sources afin de développer *in fine* des procédés de traitement plus adaptés.

Les extraits ont été fractionnés en phase inverse par chromatographie en phase liquide en 96 fractions (collecte d'une fraction toute les 1,2 min). Chaque fraction a été testée avec les bio-essais pour identifier celles contenant les ligands ER et AR.

Après fractionnement, le profil biologique de l'extrait d'eau brute de STEU montre que les activités œstrogéniques et androgéniques se localisent dans un nombre assez restreint de fractions, 7 et 4 fractions respectivement (Figure 2). Ce constat permet de supposer que l'activité *in vitro* est liée à un nombre réduit de molécules. Certaines fractions actives étant contigües (ER : F12-F13, F42-F43 ; AR : F51-F52, F58-F59) ceci suggère que le/les ligands responsables de l'activité sont identiques et ont été élués puis collectés dans les deux fractions. Concernant le profil biologique de l'extrait d'eau traitée, seule l'activité androgénique persiste après le traitement en STEU. L'activité est localisée dans deux fractions (F58-F59).

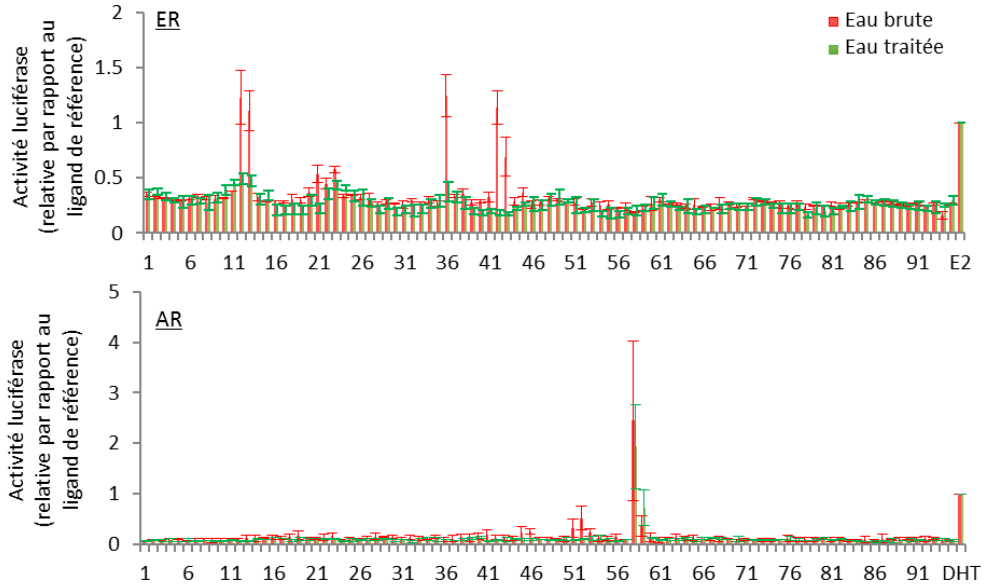


Figure 2 : Profil biologique des activités œstrogéniques (ER) et androgéniques (AR) des extraits fractionnés d'eaux brutes et traitées de la STEU de Cantinolle.

Des analyses chimiques par spectrométrie de masse haute résolution ont été menées sur les fractions actives. Les résultats permettent de dresser une liste de molécules suspectées ou identifiées (Tableau 2). Au total, 16 molécules appartenant à la classe des médicaments, plastifiants ou des phytohormones ont pu être identifiées et 26 composés sont suspectés dans les différentes fractions actives.

Parmi les molécules identifiées, des ligands connus du récepteur des œstrogènes, non recherchés lors des analyses ciblées, ont été détectés et contribuent à l'activité des fractions (F12 : daidzéine ; F12-13 : bisphénol S ; F36 : bisphénol A) (Escande *et al.* 2006; Molina-Molina *et al.* 2013; Le Fol *et al.* 2017). Concernant les autres fractions actives, aucune des molécules identifiées n'est actuellement référencée pour induire une activité œstrogénique ou androgénique. Afin d'identifier des ligands potentiels, les composés identifiés devront être testés sur les modèles cellulaires utilisés lors de l'étude.

Tableau 2 : Liste des composés suspectés ou identifiés dans les fractions actives des extraits d'eaux brutes et traitées de la STEU de Cantinolle

Activité	Fraction	Tr (min)	Ion	Nom	Eau brute	Eau Traitée	Niveau ID	Activité	Famille
ER	F12	9.6	[M-H]-	Diadzein	x		Identifié	Ligand ER	Phytoestrogène
	F12- F13	6.5	[M-H]-	Nitrophenol-4	x	x	Suspecté	nd	Produit transformation (paracétamol,
		7.7	[M-H]-	Bisphénol S	x	x	Identifié	Ligand ER	Plastifiant
		2.4	[M+H]+	O Desmethyltramadol	x	x	Suspecté	nd	Produit transformation (Tramadol)
		4	[M+H]+	O Desmethylvenlafaxine	x	x	Suspecté	nd	Produit transformation (Venlafaxine)
		3.6	[M+H]+	Amisulpride	x	x	Identifié	nd	Psychotrope
		5	[M+H]+	Acebutolol	x	x	Identifié	nd	Bétabloquant
		4.3	[M+H]+	Desalkyldisopyramide		x	Suspecté	nd	Produit transformation (Disopyramide)
	F13	9.2	[M+H]+	Carbamazepine 10,11 epoxide		x	Suspecté	nd	Produit transformation (carbamazepine)
		2.3	[M+H]+	Fenspiride	x	x	Suspecté	nd	Anti-inflammatoire
	F36	17.2	[M-H]-	Bisphénol A	x	x	Identifié	Ligand ER	Plastifiant
		6.5	[M+H]+	Disopyramide	x	x	Identifié	nd	Médicament
		14.5	[M+H]+	Nordiazepam	x	x	Suspecté	nd	Produit transformation (Diazepam)
		9.9	[M+H]+	N Desalkylverapamil (D617)		x	Suspecté	nd	Produit transformation (verapamil)
		6.5	[M+H]+	Tiemonium		x	Suspecté	nd	Antispasmodique
		8.4	[M+H]+	Bisoprolol	x	x	Identifié	nd	Bétabloquant
		17.6	[M+H]+	Telmisartan	x	x	Suspecté	nd	Médicament
		2.4	[M+H]+	Pheniramine	x		Suspecté	nd	Antihistaminique
	F43 - F42	24	[M+H]+	(3α,5β,6α)-3-Hydroxy-6-methyl-20-oxopregnan-17-yl acetate	x		Suspecté	nd	Métabolite (Stéroïde)
	F43	10	[M+H]+	Propranolol	x	x	Identifié	nd	Médicament
		11.4	[M+H]+	5-hydroxypropafenone		x	Suspecté	nd	Produit transformation (Propafenone)
		13.7	[M+H]+	Dipyridamole	x		Identifié	nd	Antiagrégant plaquettaire
		6.5	[M+H]+	Sitagliptin	x		Suspecté	nd	Antidiabétique
		6.4	[M+H]+	Cocaïne	x		Identifié	nd	Stupéfiant
AR	F51	11.2	[M+H]+	Trospium		x	Suspecté	nd	Médicament
	F51-52	14	[M+H]+	Erythromycin	x		Identifié	na	Antibiotique
		13.5	[M+H]+	Diltiazem	*x*	x	Suspecté	nd	Médicament
		15.2	[M+H]+	Climbazole	x	x	Identifié	nd	Antifongique
		12.5	[M+H]+	Citalopram	*x*	x	Identifié	nd	Psychotrope
		14.2	[M+H]+	Norverapamil		x	Suspecté	nd	Produit transformation (Verapamil)
		24	[M-H]-	8 Hydroxyefavirenz	x	x	Suspecté	nd	Produit transformation (Efavirenz)
	F52	20.9	[M+H]+	Atazanavir	x	x	Suspecté	nd	Antirétroviral
		13.9	[M+H]+	Raloxifene	x		Suspecté	nd	Traitements hormonaux de substitution
		11.5	[M+H]+	Diphenhydramine	*x*	x	Suspecté	nd	Antihistaminique
		11	[M+H]+	Betaxolol	x		Suspecté	nd	Bétabloquant
	F58	25.7	[M-H]-	Gemfibrozil	*x*	x	Identifié	Ligand ER	Médicament
		13.3	[M+H]+	Loxapine	x	x	Suspecté	nd	Psychotrope
		14	[M+H]+	Trimebutine	x		Suspecté	nd	Antispasmodique
	F58-59	18	[M+H]+	Clarithromycin	x	x	Identifié	na	Antibiotique
	F59	18.7	[M+H]+	Roxythromycin	x	x	Suspecté	na	Antibiotique
		15.5	[M+H]+	Propafenone		x	Suspecté	nd	Anti-arythmique
		15.7	[M+H]+	Hydroxyzine	x	x	Identifié	nd	Psychotrope

nd : non déterminé, na: non active

II. Innovations techniques dans l'évaluation de la contamination chimique

Les micropolluants organiques sont représentés par de nombreuses classes de molécules, toutes différentes en termes de propriétés physico-chimiques, de structures et de concentrations. De nouvelles techniques d'évaluation de la contamination chimique ont dû être mise en place afin de d'améliorer le suivi de ces molécules. Ces développements se sont basés sur 1) des échantillonneurs passifs de type POCIS pour un suivi intégratif de la contamination, 2) l'automatisation des méthodes d'extraction et d'analyse et 3) sur les analyses non ciblées pour une caractérisation globale de la contamination.

a. Développement d'échantillonneurs passifs de type POCIS pour un suivi intégratif de la contamination

i. Problématique

Les POCIS (Polar Organic Chemicals Integrative Sampler) sont des échantillonneurs passifs constitués d'une phase accumulatrice entourée par deux membranes semi-perméables, elles même

maintenues par deux anneaux en acier inoxydable. Ils sont issus des travaux de thèse d'Alvarez (Alvarez 1999). La version classiquement utilisée, ou version « pharmaceutiques », est constituée par 0,2 g d'une phase Oasis HLB et des membranes en polyethersulfone (PES) de 0,1 µm de porosité. Ce dispositif permet d'échantillonner les composés organiques polaires possédant un coefficient de partage octanol/eau (log Kow) compris entre 1 et 4. L'accumulation des composés dans la phase suit une loi du premier ordre. Deux phases peuvent être identifiées : (1) une accumulation proportionnelle au temps d'exposition, et (2) la mise en place progressive d'un équilibre entre les quantités accumulées dans la phase et la concentration de l'eau au contact de l'outil. Afin de pouvoir relier la quantité de composé accumulé dans le POCIS à une concentration moyenne de la masse d'eau en fonction du temps, il est nécessaire de rester dans la zone de linéarité de la cinétique (phase 1). Cependant chaque composé possède sa propre vitesse d'accumulation, le taux d'échantillonnage ou Rs (L/j), qui représente le volume journalier d'eau que le POCIS est capable d'échantillonner pour la molécule considérée. L'estimation de ce paramètre nécessite la calibration de l'outil en amont de son déploiement sur le terrain.

Le Rs, donc l'accumulation des composés organiques au sein du POCIS, est influencé par les paramètres environnementaux tels que le débit (Vrana *et al.* 2005; Belles 2012), la température (Togola & Budzinski 2007; Bailly *et al.* 2013; Wund 2013), le pH (Li *et al.* 2011), la salinité (Togola & Budzinski 2007), etc. Afin de tenir compte de ce phénomène, une correction est appliquée sur la base de l'utilisation de composés de référence de performance (PRC) : ces composés sont introduits dans la phase Oasis HLB par enrobage, avant le montage des POCIS, à des concentrations de l'ordre de 10 µg/g de phase. Ils vont désorber de la phase au cours de l'exposition selon une loi isotrope à la loi d'accumulation des composés et permettre de corriger le Rs théorique en calculant un Rs *in-situ*. Dans le cadre de cette étude, les PRC choisis sont : la caféine 13C, la désisopropylatrazine d5 et le salbutamol d3. L'isoproturon d6 sert, lui, de témoin de non désorption permettant de vérifier le bon déroulement de l'exposition, de l'extraction et de la caractérisation des POCIS.

L'utilisation de l'échantillonnage passif présente des avantages par rapport à un échantillonnage ponctuel ou moyenné dans le temps réalisé plus classiquement. Tout d'abord, la durée de l'échantillonnage est de l'ordre d'une quinzaine de jours dans le milieu naturel. Durant cette période l'outil va échantillonner en continu la masse d'eau et intégrer les variations de concentration, ce qui présente un très fort intérêt dans le cadre de l'identification de sources de micropolluants : il permet de calculer des flux plus précis que via un échantillonnage traditionnel. C'est un gain non négligeable dans le cadre du suivi de masses d'eaux complexes comme le réseau d'assainissement où les concentrations en micropolluants organiques et les débits vont fluctuer sur une base horaire.

Le POCIS va également permettre d'abaisser les limites de quantification selon la formule :

$$LQ_{eau} = \frac{LQ_{phase} \times m_{phase}}{R_S \times t}$$

En effet, l'accumulation des contaminants organiques sur une longue période de temps permet de travailler sur une quantité plus importante de matériel et de concentrer davantage la masse d'eau qu'avec une simple extraction en phase solide. *In fine*, il permet de détecter davantage de composés à des concentrations inférieures au ng/L.

Enfin, cet outil est simple à utiliser sur le terrain et, de par la large gamme de composés qu'il est capable d'échantillonner, il permet un suivi multi-résidu des masses d'eaux. Dans le cadre de ce projet, seuls les pesticides et les médicaments ont été suivis, bien que les POCIS soient à même d'échantillonner un large panel de molécules comme des biocides ou des tensioactifs par exemple.

ii. Méthodologie

Les échantillonneurs passifs sont montés en laboratoire à l'aide de 2 anneaux en acier inoxydable, de 200 mg de phase Oasis HLB et de 2 membranes en PES avec un seuil de coupure de 0,1 µm.

Trois outils sont immergés par site d'échantillonnage dans des cages d'exposition en acier inoxydable. La période d'immersion choisie est de 15 jours dans le milieu naturel et de 7 jours dans réseau d'assainissement. A la fin de la période d'échantillonnage, les POCIS sont sortis de la cage, nettoyés à l'eau ultrapure et stockés à -20°C jusqu'à l'extraction.

Tableau 3. Méthodes d'injection des extraits POCIS

Classe de molécule	Méthode	Appareil	Ionisation
Pesticides	LC-MS/MS	Agilent 6460	ESI +
	GC-MS/MS	Agilent 7000B	IE
Médicaments	LC-MS/MS	Agilent 6410	ESI +
	LC-MS/MS	Agilent 6410	ESI -
PRC	LC-MS/MS	Agilent 6410	ESI +

(LC-MS/MS : chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem ; GC-MS/MS : chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem ; ESI+ : ionisation positive par électrospray ; ESI+ : ionisation négative par électrospray ; IE : ionisation par impact électronique)

En laboratoire, les POCIS sont ouverts et la phase est récupérée dans des cartouches en verre, entre 2 frittés en téflon. L'extraction des composés retenus par la phase accumulatrice est effectuée à l'aide de solvants organiques (dichlorométhane et méthanol), et est basée sur une dilution isotopique. L'extrait ainsi obtenu est reconcentré sous flux d'azote (300 µL) puis analysé selon la filière appropriée. Cinq méthodes d'injection différentes sont nécessaires à la caractérisation des pesticides, médicaments et PRC présents dans la phase accumulatrice. Le détail des méthodes est présenté dans le Tableau 3.

iii. Suivi des masses d'eaux

Les POCIS ont été déployés sur 7 jours dans le réseau d'assainissement et 15 jours dans la Jalle de Blanquefort afin de caractériser plus précisément les concentrations en pesticides par rapport aux prélèvements moyennés réalisés dans le cadre du Plan Micropolluants Bordeaux Métropole. La Figure 3 présente les concentrations estimées en diuron et atrazine pour l'échantillon Mn_Jal_RES6-3 (échantillon du milieu naturel prélevé au niveau de la réserve naturel de Bruges) à la fois par échantillonnage moyenné 24h, et via les POCIS, avec et sans la démarche corrective PRC.

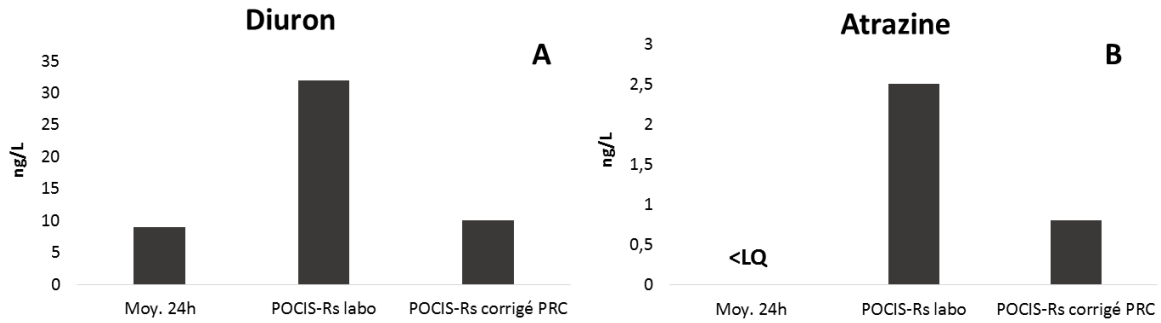


Figure 3. Comparaison des échantillonnages moyennés 24h et des POCIS pour le Diuron (A) et l'Atrazine (B)

(Application de la démarche PRC par utilisation de la DIA d5)

Le POCIS permet d'intégrer les variations de concentration en pesticides dans le cours d'eau. Cependant, dans ce cas précis, l'utilisation du Rs sans correction entraine une surestimation de la concentration calculée. En revanche, l'utilisation des PRC afin de calculer un Rs *in-situ* permet de prendre en compte l'impact des variables environnementales sur les capacités d'échantillonnage de l'outil tel que l'illustre l'exemple du diuron (Figure 3A).

La Figure 3B présente les concentrations en atrazine dans le cours d'eau. Aucune concentration en atrazine n'a pu être mise en évidence sur le prélèvement moyenné 24h (LQ= 1 ng/L) alors que l'utilisation du POCIS permet d'estimer une concentration moyenne sur la durée d'échantillonnage de l'ordre de 0,7 ng/L, avec une limite de quantification de 0,1 ng/L. Cela atteste de l'intérêt du POCIS dans le cadre du suivi de molécules à l'état de traces et sur le moyen terme.

Concernant le déploiement de POCIS dans les réseaux d'assainissements, une calibration en entrée de STEU a mis en évidence que la durée d'immersion choisie, soit 7 jours, était trop importante au vu de la cinétique d'accumulation des pesticides. En effet, la majorité des molécules ayant pu être calibrées ont un $t_{1/2}$ de l'ordre de 3-5 jours dans ces effluents particuliers (diuron = 1,5 j), ce qui ne permet pas de calculer des concentrations robustes dans les effluents avec un temps d'exposition supérieur à 2 jours.

Le développement du POCIS semble donc essentiel afin de suivre au mieux et sur le long terme le réseau d'assainissement.

iv. Développements du POCIS

Comme expliqué précédemment, dans le cadre du déploiement du POCIS au sein du réseau d'assainissement, il est apparu que bien que très facile d'utilisation, il était nécessaire d'adapter cet outil notamment en raison de l'encombrement du dispositif de protection (cage en inox). Ce dispositif ne permettait pas une immersion homogène du triplicata de POCIS déployé sur chacun des sites. En effet, dans le cas de l'étude de nœuds du réseau d'assainissement de faible diamètre de section, 1 à 2 POCIS sur les 3 n'étaient pas immergés. De plus, l'encombrement de la cage a conduit à la rétention de flottants (lingettes) pouvant conduire à terme à une obstruction de la section, à une mise en charge du réseau ou encore à l'arrachement de la cage.

De plus, suite à la calibration *in–situ* des POCIS dans le bassin de rétention de la STEU de Louis Fargue, il est apparu que la période d'immersion pour laquelle l'accumulation est proportionnelle au temps n'excède pas 5 jours dans le réseau d'assainissement et tend plutôt vers 2 à 3 jours.

Dans ce contexte, 2 modifications ont été apportées au POCIS (présentées dans la Figure 4) : (1) une miniaturisation du dispositif afin de réduire la masse et limiter l'encombrement, et (2) une miniaturisation des POCIS associée au retrait des anneaux inox afin de réduire également la masse de l'outil. Les cages inox ont été remplacées par des filets en nylon. Ces modifications ont pour but de rendre l'outil plus petit et plus léger, réduisant ainsi les possibilités d'accumulation de flottants dans le réseau et permettant une meilleure immersion des POCIS.

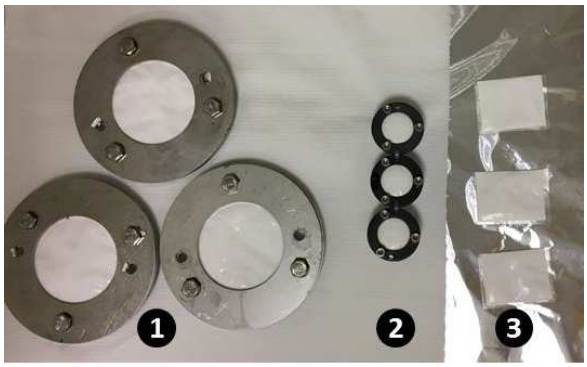


Figure 4. Présentation des versions modifiées du POCIS
(1- POCIS classiques, 2- POCIS miniaturisés ou « mini-POCIS », 3- POCIS sans anneaux ou « POCIS-T »)

Figure 5 : Filet en Nylon pour l'immersion des nouveaux outils sans obstruction des canalisations du réseau d'assainissement

Ces outils ont été calibrés *in-situ* dans les effluents d'entrée de la STEU de Louis Fargue de Bordeaux, afin de se rapprocher le plus possible des conditions d'exposition du réseau d'assainissement, notamment en termes de nature et de complexité de la masse d'eau. Des résultats sont présentés dans la Figure 6 pour la carbendazime et le diuron. Ces deux composés mettent en évidence que la cinétique d'accumulation est trop rapide dans les POCIS classiques pour permettre un suivi quantitatif du réseau d'assainissement puisque la durée d'immersion, ou $t_{1/2}$, est respectivement de 1,3 et 1,6 jours.

En revanche, avec les mini-POCIS, la cinétique est ralentie, entrainant une zone de linéarité plus étendue, donc une durée d'immersion de l'outil potentiellement plus importante, respectivement de 2,9 et 8,4 jours pour la carbendazime et le diuron. La principale contrainte des mini-POCIS est la plus faible quantité de phase accumulatrice qu'ils contiennent : la masse de contaminants accumulés est moins importante que pour la version classique du dispositif ce qui va affecter les limites de quantification.

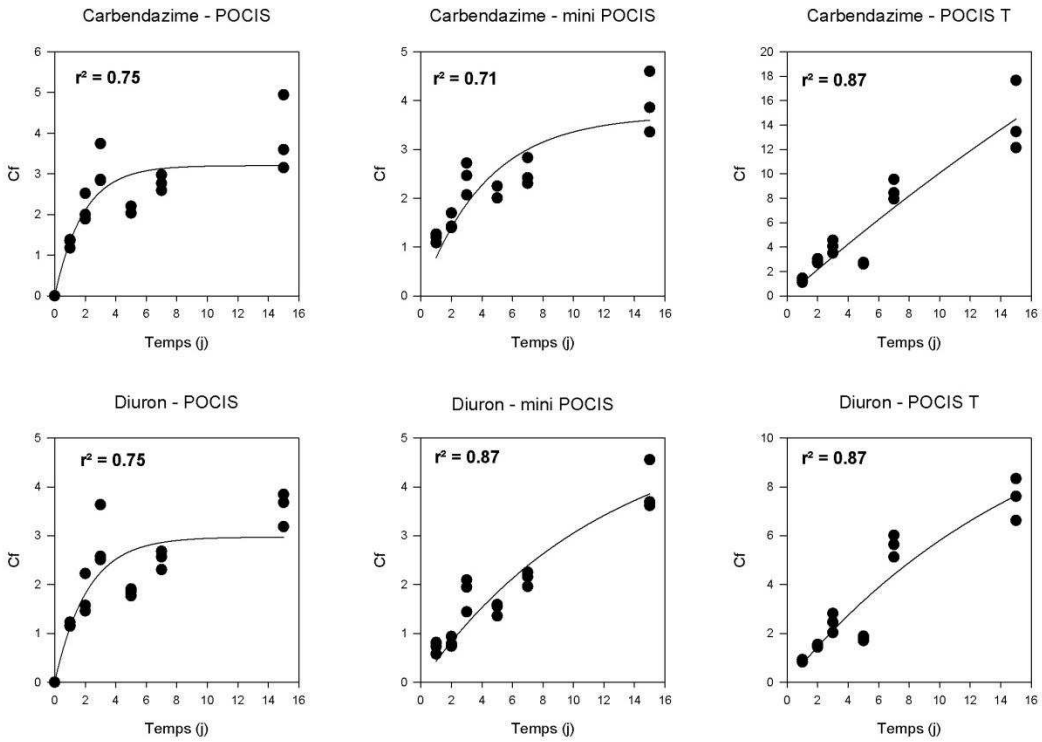


Figure 6. Cinétique d'accumulation de la carbendazime et du diuron dans les POCIS, mini-POCIS et POCIS-T

Les POCIS-T eux présentent un intérêt de par leurs capacités d'accumulations : alors que sur 15 jours les POCIS classiques et mini-POCIS ont un facteur de concentration de l'ordre de 3 à 4 L/g pour les 2 molécules présentées en Figure 6, le POCIS-T a un facteur de concentration de 8 pour le diuron et de 15 pour la carbendazime. Ce dispositif va donc théoriquement permettre de quantifier davantage de composés à l'état de traces. De plus, comparativement aux POCIS classiques, cette nouvelle version accumule plus lentement les molécules présentes dans la masse d'eau, avec pour conséquence une linéarisation de la cinétique d'accumulation, et donc une période d'immersion plus longue : estimée à 11 jours pour le diuron et 39 jours pour la carbendazime.

Le coefficient de partage phase/eau, ou KSW, peut être défini à partir de la modélisation de la cinétique d'équilibre. Il est alors possible travailler à l'équilibre et de calculer les concentrations en pesticides dans l'eau au moment du retrait de l'outil.

v. Conclusions

Les POCIS sont des outils adaptés au suivi des contaminants organiques polaires dans le milieu naturel. Ils permettent un échantillonnage de 7-15 jours selon les composés recherchés et ainsi qu'une intégration des fluctuations des concentrations, ce qui est appréciable dans le cadre de l'identification des sources en micropolluants puisque permettant le calcul de flux sur une base temporelle plus large. Leur capacité d'accumulation abaisse les limites de quantifications par rapport à un échantillonnage classique et permet la quantification de molécules présentes à l'état de traces. Cependant, en réseau d'assainissement, l'outil montre ses limites de par son encombrement, et donc la difficulté de le positionner de façon appropriée dans le réseau.

Les mini-POCIS et POCIS-T testés au cours de cette étude en conditions réelles présentent une bonne alternative puisqu'ils conservent les capacités de l'outil dans sa forme classique tout en permettant un gain de masse et de place non négligeable, associé à une plus grande facilité de déploiement, de récupération et de conditionnement de l'outil.

Les données obtenues en calibration *in-situ* pourront permettre de suivre des sections du réseau d'assainissement et de remonter à des concentrations moyennes dans les effluents.

b. Automatisation de méthodes d'extraction et d'analyse pour un diagnostic rapide de la contamination

Etant donné le nombre de classes de molécules à étudier ainsi que les différences de propriétés physico-chimiques entre elles, plusieurs méthodes analytiques automatisées ont dû être mises en place. Toutes ces méthodes répondent néanmoins à des critères communs de qualité, que ce soit au niveau de l'extraction ou au niveau de l'analyse. En effet, l'extraction est une étape primordiale permettant de libérer les composés de leur matrice, souvent très complexe. Ces méthodes d'extraction doivent allier performance et robustesse mais également permettre la simplification de matrices complexes tout en ayant une sensibilité suffisante pour l'analyse de polluants présents à l'état de traces. A cela s'ajoute des critères de faisabilité devant prendre en compte un très grand nombre d'échantillons. Le développement de méthodes spécifiques a donc été mis en place. Il s'agit de méthodes simples à mettre en œuvre en termes d'échantillonnage (volume de la prise d'essai), nécessitant peu de manipulation afin de traiter un grand nombre d'échantillons dans un temps restreint et utilisant de plus faibles quantités de solvants dans le but de limiter le coût ainsi que l'impact environnemental. A l'heure actuelle 4 types de méthodes automatisées ont été développées. Il s'agit de la Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), de la Solid-Phase Micro-Extraction (SPME), de la Solid Phase Extraction (SPE) en ligne et de l'injection directe.

i. Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE)

1. Principe

La SBSE est une technique d'extraction récente dont le principe est détaillé dans la Figure 7. Les composés sont extraits de leur matrice aqueuse par un barreau magnétique recouvert d'une phase absorbante en polydiméthylsiloxane (PDMS). Cette méthode permet d'extraire des composés présents à l'état de traces dans l'échantillon sans utiliser de solvant. Une fois l'extraction réalisée, les composés sont thermiquement désorbés du barreau magnétique, le plus souvent directement dans un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse. Un système de chauffage de l'injecteur (le thermo désorbeur TD) permet la volatilisation des composés dans le système. Les composés sont ensuite refocalisés puis un flash thermique permet leur transfert vers le GC puis leur analyse par spectrométrie de masse. La SBSE est donc une méthode semi-automatisée et pouvant être très sensible en raison du grand volume de PDMS utilisé (Cruz 2015).

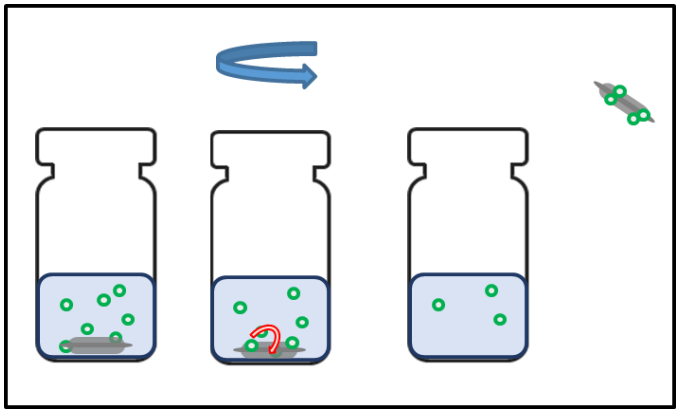


Figure 7. Principe de fonctionnement de la Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE) (Cruz 2015)

2. *Exemples d'application*

La SBSE a été mise en œuvre pour l'analyse d'un composé pesticide, le diazinon. Le volume d'échantillon nécessaire pour une extraction de diazinon par SBSE est de 100ml, alors qu'il est de 200ml lorsque l'échantillon est traité par SPE. Les avantages de la SBSE dans ce cas sont : la diminution des prises d'essai, l'absence de solvant et l'abaissement des limites de quantification.

3. *Performances*

Les performances obtenues pour l'analyse du diazinon par SBSE dans les eaux usées domestiques sont exprimées dans le Tableau 4. Ces performances sont très bonnes et permettent d'obtenir une limite de quantification à 1ng/L.

Tableau 4. Performances analytiques obtenues pour le diazinon analysé par SBSE

		EAUX USÉES DOMESTIQUES			Contamination des blancs de manipulation (ng/L)
		Justesse (%)	cv (%)	LQ moyenne (ng/L)	
Pesticides	Diazinon	93	7	1	<LQ

ii. Solid Phase Micro-Extraction (SPME)

1. *Principe*

La Solid Phase Micro-Extraction (SPME) est une technique d'extraction dont le principe est détaillé dans la Figure 8. Les composés d'intérêt sont extraits par affinité pour une fibre recouverte d'une phase absorbante. La fibre est soit plongée dans l'échantillon à analyser, on parle alors d'immersion en phase liquide, soit dans l'espace de tête au-dessus de la solution dans le cas de composés volatils. Une fois l'extraction réalisée, les composés sont thermiquement désorbés de la fibre et analysés par un chromatographe en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse ou un détecteur à capture d'électron (µECD) (Cruz 2015).

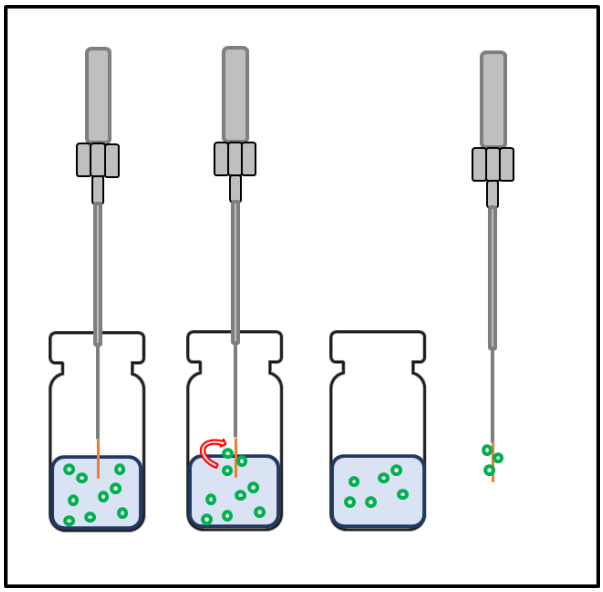


Figure 8. Principe de fonctionnement de la Solid Phase Micro-Extraction (SPME)(Cruz 2015)

2. *Exemples d'application*

La SPME est une technique complètement automatisée, simple à mettre en place en termes d'échantillonnage (8ml de prise d'essai), nécessitant peu de manipulations et permettant ainsi de

traiter un grand nombre d'échantillons dans un temps restreint. De ce fait, cette méthode a été développée pour les familles de composés cités dans le Tableau 5.

Tableau 5. Récapitulatif des classes de composés analysées par SPME

Classe/Famille de composés	Préparation des échantillons	Méthode analytique
Alkylphénols	• Filtration (GF/F, 0.7µm) • Fibre SPME : PA 85µm • T° extraction : 80°C • Temps extraction : 80min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME/GC/MS/MS
HAP	• Filtration (GF/F, 0.7 µm) • Fibre SPME: PDMS 100µm • T° extraction : 40°C • Temps extraction : 60min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase liquide	SPME/GC/MS
BTEX	• Fibre SPME: PDMS /DVB 65µm • T° extraction : 40°C • Temps extraction : 30min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME/GC/MS
PCB	• Filtration (GF/F, 0,7 µm) • Fibre SPME: PDMS 100µm • T° extraction : 80°C • Temps extraction : 60min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase gazeuse espace de tête	SPME/GC/µECD
DEHP	• Filtration (GF/F, 0,7 µm) • Fibre SPME: PDMS 100µm • T° extraction : 65°C • Temps extraction : 30min • Vitesse agitation : 250rpm • Immersion phase liquide	SPME/GC/MS/MS
Fipronil et ses métabolites	• Filtration (GF/F, 0,7 µm) • Fibre SPME: PDMS-DVB • Prise d'essai = 8ml • Immersion phase liquide	SPME/GC/MS/MS

3. Performances

Globalement, les performances obtenues pour les composés analysés par SPME sont très bonnes, et ce, grâce à la limitation des contaminations extérieures (ex. alkylphénols) et des pertes durant le protocole d'extraction (ex. HAP). Les limites de quantification, présentées dans le Tableau 6,

sont en moyenne de 17ng/L pour les alkylphénols, 15ng/L pour les BTEX, 0,4ng/L pour les PCB, 1ng/L pour les HAP, 20ng/L pour le DEHP et 1ng/L pour le fipronil et ses métabolites.

Tableau 6. Performances analytiques obtenues pour les classes de composés analysées par SPME

		EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX PLUVIALES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
		% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)		
Fipronil + métabolites	fipronil	97	19	1,0		91	14	1		<LQ	
	fipronil desulfinyl	101	6	1,0		101	6	1		<LQ	
	fipronil sulfide	100	20	1,0		95	18	1		<LQ	
	fipronil sulfone	102	38	1,0		92	27	1		<LQ	
AkP	4-ter octylphénol	100	6	10,0		99	x	3,0	10,0	0,8	5,4
	4-nonylphénol (mélange isomères)	97	5	35,0		95	x	20,0	35,0	7,4	13,3
BTEX	benzène	90	x	40,0						13,7	
	éthylbenzène	102	x	3,0						2,7	
	toluène	101	x	10,0						0,7	
	(o+p+m)xylènes	105	x	5,0						2,1	
PCB	PCB 28	98	10	0,3	0,5					<LQ	
	PCB 50	98	11	0,3						<LQ	
	PCB 52	99	1	0,5						0,1	0,2
	PCB 101	100	7	0,4	0,7					0,1	0,2
	PCB 118	105	10	0,4						0,1	0,2
	PCB 138	104	5	0,2	0,3					0,1	0,1
	PCB 153	104	8	0,2						<LQ	0,1
	PCB 180	102	2	0,1						<LQ	
HAP	naphtalène	102	2	5,0		103	x	4,0	5,0	0,4	2,0
	acénaphthylène	111	7	1,0		101	x	0,3	1,0	<LQ	0,1
	acénaphthène	100	9	1,5		102	x	0,3	1,0	<LQ	0,1
	fluorène	102	2	0,8		103	x	0,3	0,5	<LQ	0,1
	phénanthrène	102	5	0,5		100	x	0,2	0,6	<LQ	0,3
	anthracène	99	7	0,5		100	x	0,2	0,3	<LQ	
	fluoranthène	110	12	1,0		101	x	0,2	0,2	<LQ	0,1
	pyrène	94	10	1,0		105	x	0,2	0,2	<LQ	0,1
	benzo(a)anthracène	96	9	2,0		102	x	0,2	0,5	<LQ	
	chrysène + triphénylène	92	1	0,5		102	x	0,2	0,5	<LQ	
	benzo(b+j+k)fluoranthène	98	28	1,0		99	x	0,3	1,0	<LQ	
	benzo(a)pyrène	87	21	1,0		92	x	0,3	1,0	<LQ	
	indéno(1, 2, 3-cd)pyrène	97	9	3,0		96	x	0,3	1,0	<LQ	
	benzo(g, h, i)pérylène	96	18	3,0		89	x	0,3	1,0	<LQ	
phthalates	di(2-éthylhexyl)phthalate	106	13	20,0	40,0					1,1	1,3

iii. Solid Phase Extraction (SPE) en ligne

1. Principe

Le principe de la SPE en ligne est détaillé dans la Figure 9. L'échantillon, préalablement enrichi en étalon interne, est chargé sur une cartouche SPE puis élué directement sur la colonne analytique reliée à un spectromètre de masse. Les avantages de la SPE en ligne sont nombreux. Cette méthode permet de reconcentrer de faibles volumes d'échantillon (moins de 1ml) afin d'analyser des composés présents même à l'état de traces. Cette étape de reconcentration permet d'augmenter la sensibilité en diminuant les limites de quantification. De plus, les échantillons ne demandent aucune préparation préalable, mis à part l'ajout d'étalon interne avant l'extraction, et ne nécessite pas d'utilisation de solvant puisque l'élution se fait avec la phase éluante de la chromatographie en phase liquide. Il s'agit d'une méthode entièrement automatisée permettant d'analyser un grand nombre d'échantillons en peu de temps, contrairement à la SPE manuelle.

La préparation consiste en une étape de chargement de l'échantillon dans une cartouche SPE, suivie d'une élution directe des composés de la cartouche sur la colonne analytique. Le système SPE en ligne est constitué d'une pompe quaternaire Agilent 1260 Infinity, d'un injecteur automatique, d'un passeur d'échantillons et de deux vannes 6 positions / 2 positions, notées V1 et V2, connectées comme décrit dans la Figure 9. V1 est une vanne d'injection permettant le transfert de l'échantillon de la boucle

vers la cartouche SPE. V2 permet la commutation entre la position de chargement et la position d'élution. Pendant l'étape de chargement, l'aiguille prélève l'échantillon pour charger complètement la boucle d'injection (900 µL). Ensuite, la vanne d'injection commute permettant ainsi le transfert de l'échantillon dans la cartouche SPE (ici remplie d'une phase PLRP (polystyrène divinyle benzène)) grâce à un débit d'eau ultrapure de 1 ml / min délivré par la pompe quaternaire. Les composés retenus sur la cartouche SPE sont ensuite directement élués sur la colonne analytique via le gradient de la pompe binaire de la chaine HPLC.

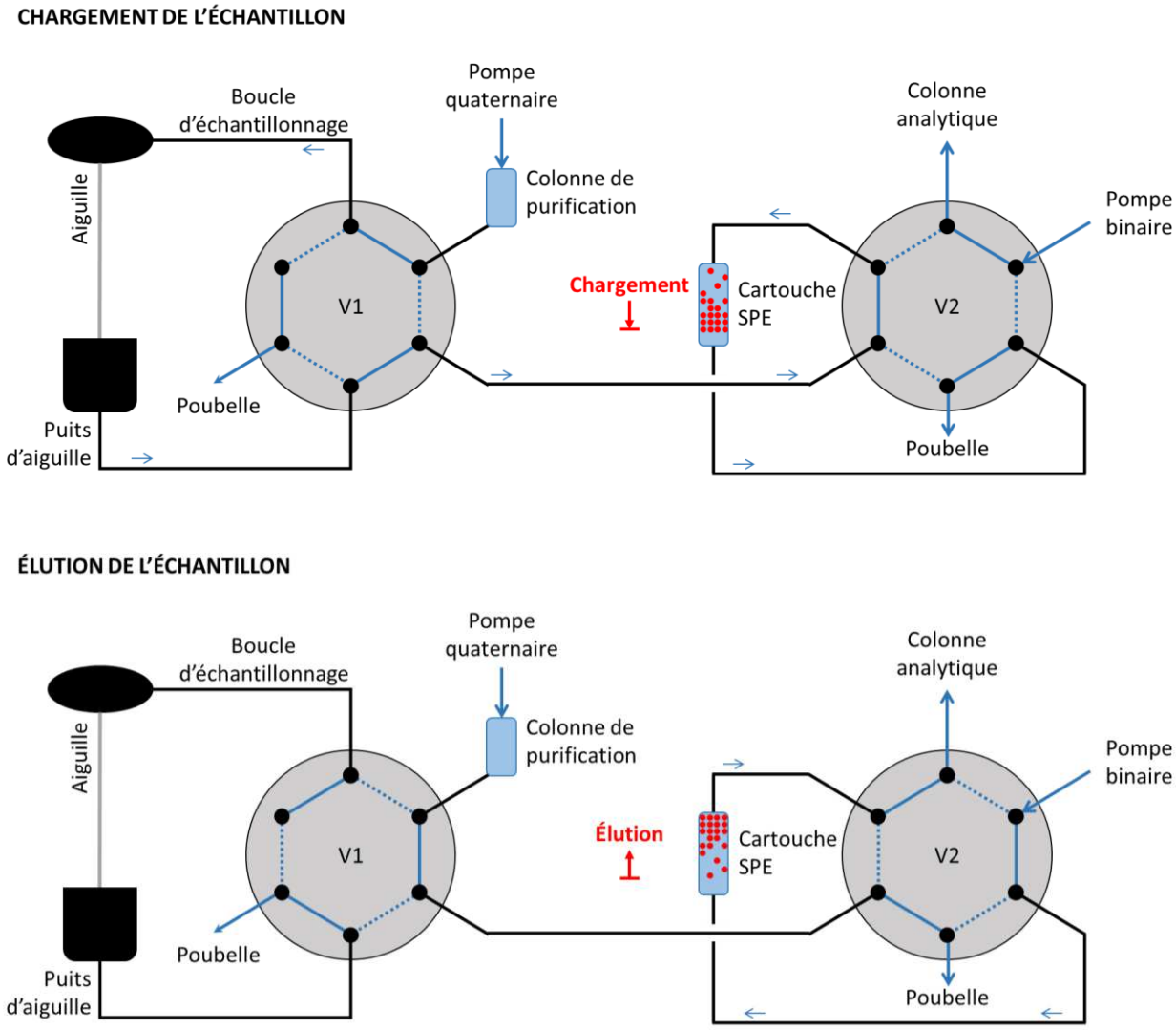


Figure 9. Principe de fonctionnement de la SPE en ligne

2. Exemple d'application

La SPE en ligne a été développée pour l'analyse du Bisphénol A (BPA) dans la phase dissoute. Le BPA étant une molécule ubiquiste très présente dans l'environnement, de nombreuses contaminations sont susceptibles d'apparaître durant le processus d'analyse. La SPE en ligne a permis de s'affranchir de nombreuses étapes de manipulations pouvant être à l'origine de contaminations. De plus, la rapidité de la méthode a permis de réaliser l'analyse de nombreux échantillons en un temps restreint et avec de faibles volumes de prélèvement (900 µl).

3. *Performances*

Les performances analytiques obtenues pour le BPA en phase dissoute (Tableau 7) offrent une bonne sensibilité (LQ comprise entre 0,7 et 2,5 ng/L) et une bonne justesse de quantification quel que soit le type d'eaux visé, ce qui permet l'analyse de matrices très chargées.

Tableau 7. Performances analytiques obtenues pour l'analyse du BPA en phase dissoute

	EAUX USEES DOMESTIQUES					MILIEU NATUREL				
	%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	%justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)
BPA	110	9	0,7	0,9	0,3	99	4	2,5		0,8

iv. Injection directe

1. *Principe*

L'injection directe est utilisée pour analyser un composé sans extraction préalable. L'échantillon, auquel ont été ajoutés des étalons internes, est directement injecté dans un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse. Le volume d'injection conditionne les limites de quantification obtenues et peut-être ajusté de 5 à 100 µl.

L'injection directe est une méthode entièrement automatisée qui nécessite de faibles volumes d'échantillons mais qui a cependant certaines limites. En effet cette technique ne comporte pas de phase d'extraction/purification, ce qui peut être problématique dans le cas de matrices très chargées en matière organique (extinction de signal). De plus, il n'y a également pas d'étape de reconcentration. Cela signifie que les composés doivent être présents dans l'échantillon à des concentrations assez élevées afin que l'on puisse les détecter.

2. *Exemples d'application*

L'injection directe a été développée pour l'analyse de 2 antibiotiques (ciprofloxacine et ofloxacine) ainsi que pour un anticancéreux (cyclophosphamide). En effet, le protocole préexistant au laboratoire pour ces molécules était particulièrement long à mettre en œuvre. La mise en place de l'injection directe pour ces molécules a permis un gain de temps certain, tout en permettant une bonne sensibilité.

3. *Performances*

Les performances analytiques obtenues pour la ciprofloxacine, l'ofloxacine et le cyclophosphamide en phase dissoute (Tableau 8) offrent à la fois des bonnes performances de justesse de quantification et de limites de quantification, y compris pour l'analyse de matrices d'eaux usées.

Tableau 8. Performances analytiques obtenues pour la ciprofloxacine, l'ofloxacine et la cyclophosphamide

	EAUX USEES DOMESTIQUES				EAUX NATURELLES				Gamme de contamination des blancs de manipulation (ng/L)	
	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)	% justesse	*cv (%)*	LQ min (ng/L)	LQ max (ng/L)		
ciprofloxacine	112	8	20,0	35,0	81	3	6,0	20,0	<LQ	
ofloxacine	100	9	5,0	50,0	93	6	3,0	5,0	1	15
cyclophosphamide	90	8	2,0	2,5	115	10	0,4	0,6	<LQ	

c. Analyses non ciblées pour une caractérisation globale de la contamination

Autrefois réservée à la protéomique, la spectrométrie de masse haute résolution (HRMS) a connu, au cours de ces 15 dernières années, des avancées technologiques telles (*e.g.* augmentation de

la sensibilité, large panel de sources d'ionisation, création de système hybride…) qu'elle peut aujourd'hui être employée dans le domaine de l'environnement pour la détection et l'identification de molécules à l'état de traces/ultra-traces (Dévier *et al.* 2011).

La précision en masse et la résolution des analyseurs HRMS, comme par exemple l'analyseur à temps de vol (TOF), permet de déterminer grâce à la masse exacte et au massif isotopique, la formule moléculaire du composé détecté. Cependant, l'identification de la molécule ne peut être complète à ce stade du fait du manque d'informations sur sa structure. Ce type d'analyse, non sélective d'une classe de composés, détecte une grande partie des molécules présentes dans l'échantillon et permet d'obtenir ainsi son profil chimique. La comparaison des empreintes chimiques de plusieurs échantillons apporte de riches informations comme par exemple la présence/absence de composés, le suivi de la contamination voire même la classification de différents sites. Ces analyses permettent donc d'appréhender, d'une façon globale, la contamination.

Récemment, le développement d'instruments hybrides couplant les analyseurs HRMS à des systèmes de fragmentation (*e.g*. cellule de collision) offrent la possibilité de pallier le manque d'informations structurales. Ils permettent, en plus, l'acquisition du spectre de fragmentation du composé. Le spectromètre de masse hybride quadrupôle/temps de vol (*i.e. Quadrupole/ Time Of Flight*, QTOF) appartient à cette nouvelle génération d'instrument. Il allie la sélectivité du quadrupôle à la résolution en masse de l'analyseur à temps de vol. Combiné à la chromatographie en phase liquide (LC-QTOF) ou à la phase gazeuse (GC-QTOF), il représente un dispositif puissant, à la fois pour obtenir l'empreinte chimique de l'échantillon analysé (mode TOF), mais également pour l'identification de molécules connues, non recherchées ou inconnues (*e.g.* composés émergents, produits de transformation) lorsqu'il est employé en mode QTOF.

i. Démarche suivie pour l'analyse chimique non ciblée

Pour les échantillons complexes tels que les extraits d'eaux de STEU, l'analyse chimique non ciblée est effectuée en plusieurs étapes. La démarche suivie est exposée Figure 10.

Après l'acquisition des spectres de masse des molécules détectées, une liste d'ions est établie pour chaque extrait. Dans un premier temps, les résultats obtenus sont comparés à ceux acquis pour le blanc expérimental. L'objectif est de sélectionner les composés spécifiques aux eaux de STEU et d'écarter les autres molécules qui pourraient provenir d'une contamination des échantillons au cours de leur préparation. Une fois filtrées, les données sont utilisées pour l'interprétation.

Après l'analyse globale des extraits, l'identification des molécules détectées uniquement dans les extraits d'eaux de STEU est réalisée. Les ions sont à nouveau analysés et fragmentés. Les spectres de fragmentation acquis sont ensuite comparés à ceux disponibles dans les librairies spectrales commerciales et internes. Une correspondance entre les spectres obtenus et ceux des bases de données permet de déterminer la structure probable de la molécule. Si aucune correspondance avec les librairies spectrales n'est obtenue, une liste de structures probables peut être établie avec des logiciels *in silico* et/ou en utilisant d'autres paramètres, tels que les propriétés physico-chimiques, le temps de rétention, les références bibliographiques, permettant de réduire la liste des composés candidats.

Après la mise en évidence de structure probable, une étape de confirmation doit être effectuée pour terminer l'identification. Elle consiste en l'achat de l'étalon analytique de la molécule suspectée puis à son analyse et à sa fragmentation. La comparaison de ces données avec celles du composé inconnu détecté dans l'extrait permet de conclure sur son identification.

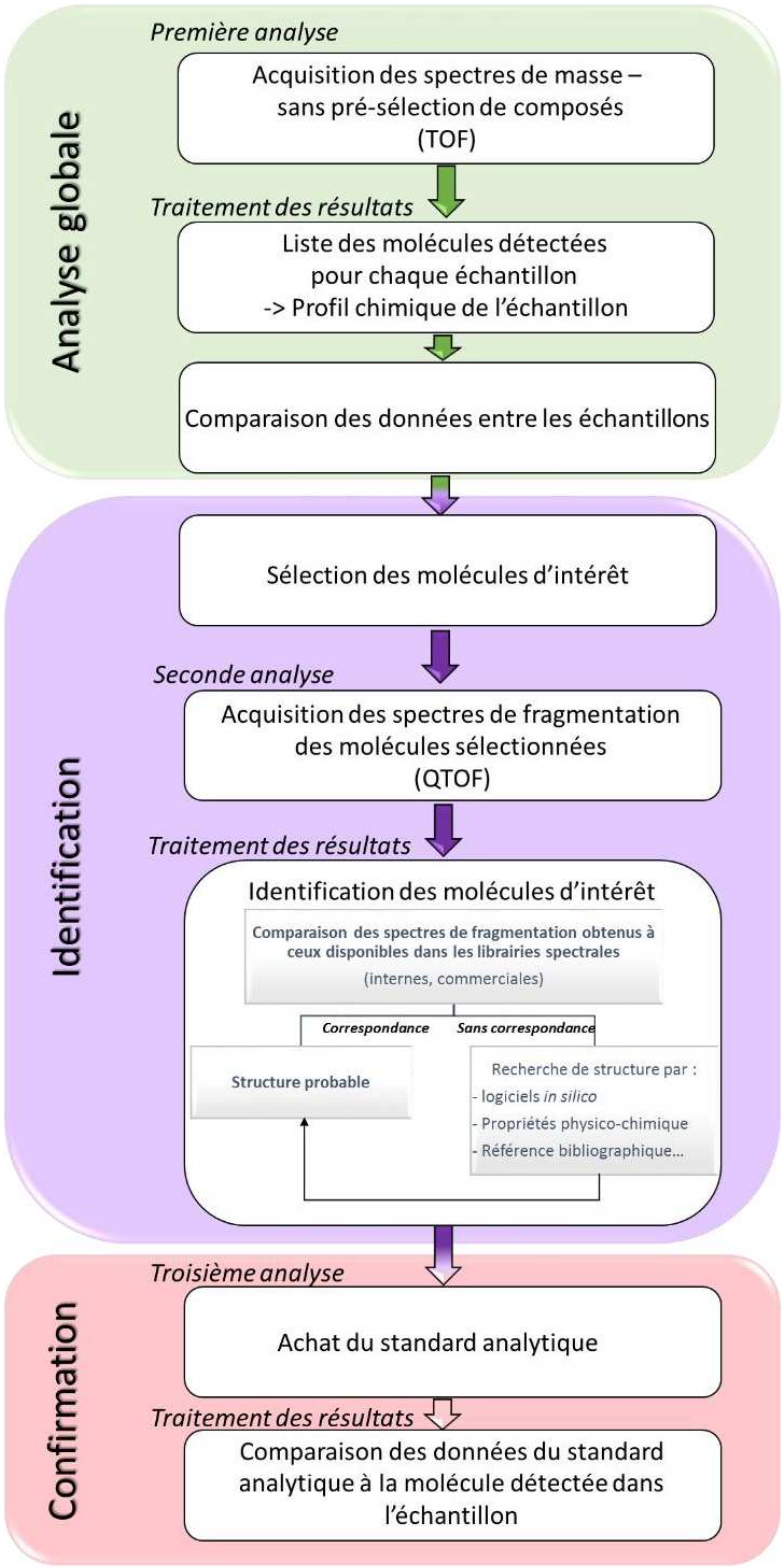


Figure 10 : Stratégie d'identification suivie pour l'analyse non ciblée des extraits d'eau brute et traitée de STEU par LC-QTOF

ii. Analyse globale des extraits d'eau brute et traitée de Station de Traitement des Eaux Usées (STEU)

Les analyses chimiques non ciblées effectuées par LC-QTOF sur les extraits d'eau brute et traitée de la STEU de Cantinolle montrent que plus de 6000 composés arrivent en entrée de STEU (Figure 11). Ce nombre prend en compte toutes les molécules ayant une intensité supérieure à 10 fois le bruit de fond du chromatogramme et correspond à la quantité totale de composés détectés en mode d'ionisation positive (ESI+) et négative (ESI-). La comparaison des résultats entre l'extrait d'eau brute et d'eau traitée permet de constater que le traitement de la STEU est relativement efficace vis-à-vis des composés organiques puisque 83% des molécules entrantes sont éliminées de la phase dissoute, amenant par conséquent à 17% la proportion de composés persistants (Figure 11). Si une partie des molécules est éliminée, certains composés sont détectés uniquement dans l'extrait d'eau traitée. Ces molécules peuvent être issues du processus de traitement (produits de transformation) et/ou correspondre à des composés qui n'ont pas été détectés dans l'extrait d'eau brute à cause d'un effet matriciel important lors de l'analyse. Ces composés représentent environ 70% des molécules détectées en sortie de STEU.

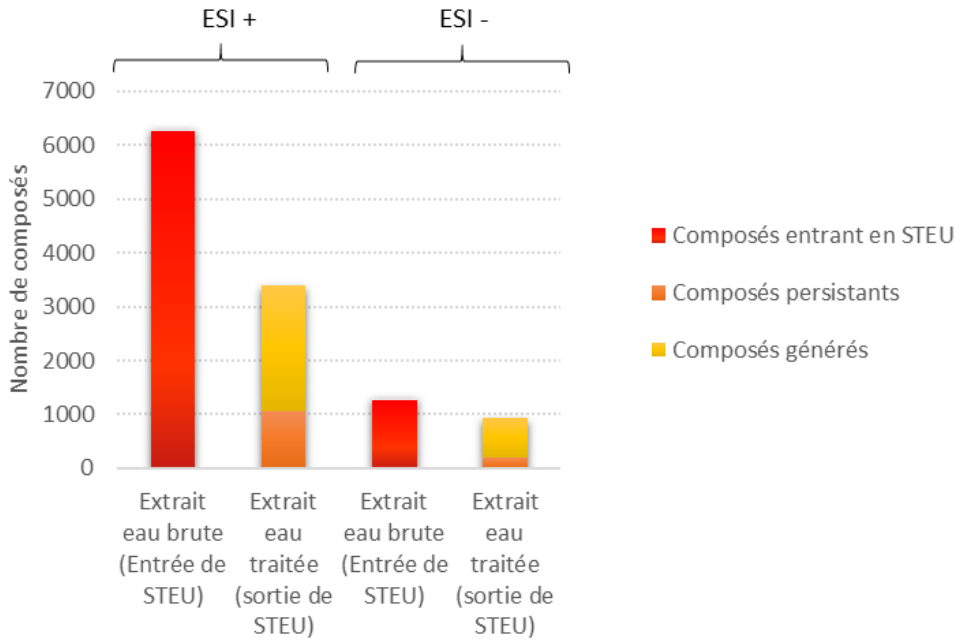


Figure 11 : Comparaison du nombre de molécules, en amont et aval du traitement de la STEU, détectées par LC-QTOF dans les modes d'ionisation positif (ESI+) et négatif (ESI-).

iii. Identification des composés non recherchés

Les analyses chimiques non ciblées sur les extraits de STEU révèlent la présence importante de tensioactifs tels que les polyéthylènes glycol utilisés par exemple dans les cosmétiques ou les alcools éthoxylates utilisés comme détergents. Les traitements de la STEU ne sont que partiellement efficaces sur ce type de molécules puisqu'une majorité de ces composés persistent dans l'eau traitée (Figure 12).

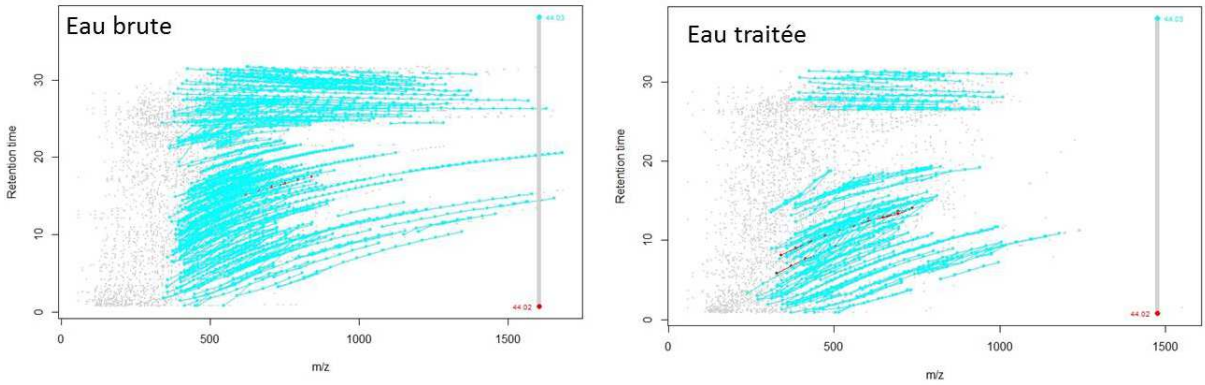
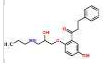


Figure 12 : Détection de séries d'homologues ayant une différence en masse de m/z 44,025 (C_2H_4O) correspondant aux groupements éthoxylates. Les point gris correspond aux signaux détectés ; les traits bleus représentent les séries homologues (m/z 44,025).

Tableau 9: Exemples de molécules identifiées par LC-QTOF dans les extraits d'eaux de STEU

Nom	Structure	Formule	Ion	Masse (Da)	Eau brute	Eau traitée	Famille
Polyéthylène glycol					x	x	
Vérapamil		$C_{27}H_{38}N_2O_4$	[M+H]+	454.2832		x	Vasodilatateur
n-désalkyl vérapamil		$C_{17}H_{26}N_2O_2$	[M+H]+	290.1994	x	x	Métabolite
Propafénone		$C_{21}H_{27}NO_3$	[M+H]+	341.1991		x	Antiarythmique
5-hydroxypropafénone		$C_{21}H_{27}NO_4$	[M+H]+	357.1940		x	Métabolite
Venlafaxine		$C_{17}H_{27}NO_2$	[M+H]+	277.2042		x	Antidépresseur
o-desméthylvenlafaxine		$C_{16}H_{25}NO_2$	[M+H]+	263.1885		x	Métabolite
Androstérone sulfate		$C_{19}H_{30}O_5S$	[M-H]-	370.1814	x		Stéroïde
Daidzéine		$C_{15}H_{10}O_4$	[M-H]-	254. 057907	x		Phytoestrogène
Bisphénol S		$C_{12}H_{10}O_4S$	[M-H]-	250.0300	x	x	Plastifiant

Les analyses mettent également en évidence la présence de pharmaceutiques, autre que ceux recherchés par les analyses ciblées, mais aussi de leurs métabolites (Tableau 9). Des médicaments comme le vérapamil, le propafénone et leur produit de transformation le n-désalkyl vérapamil et le 5-hydroxypropafénone ainsi que des psychotropes comme la venlafaxine et son métabolite O-desméthylvenlafaxine en sont des exemples. Les extraits analysés contiennent également d'autres classes de molécules. Ainsi, des stéroïdes comme par exemple l'androstérone sulfate, des

phytœstrogènes telles que la daidzéine et des substituts de certaines molécules comme le bisphénol S ont été identifiés. Ces derniers sont des ligands ER connus et contribuent à l'activité œstrogénique des extraits (Escande *et al.* 2006; Molina-Molina *et al.* 2013; Le Fol *et al.* 2017). Non recherchés lors des analyses ciblées, leur détection par HRMS dans l'extrait d'eau brute et traitée illustre l'intérêt d'employer l'analyse non ciblée pour l'identification de composés à risque pour l'environnement, en complément des analyses ciblées effectuée de façon plus routinière.

III. Références bibliographiques

Alvarez, D. (1999). Development of an integrative sampling device for hydrophilic organic contaminants in aquatic environments. University of Missouri-Columbia.

Bailly, E., Levi, Y., and Karolak, S. (2013). Calibration and field evaluation of polar organic chemical integrative sampler (POCIS) for monitoring pharmaceuticals in hospital wastewater. Environ. Pollut. Barking Essex 1987 *174*, 100–105.

Belles, A. (2012). Developpement et applicartions environnementales des échantillonneurs passifs pour la surveillance des écosystèmes aquatiques. Thèse en Chimie analytique et environnementale - Université de Bordeaux.

Brack, W. (2003). Effect-directed analysis: A promising tool for the identification of organic toxicants in complex mixtures? Anal Bioanal Chem 397–407.

Brack, W., Ait-Aissa, S., Burgess, R.M., Busch, W., Creusot, N., Di Paolo, C., Escher, B.I., Mark Hewitt, L., Hilscherova, K., Hollender, J., et al. (2016). Effect-directed analysis supporting monitoring of aquatic environments — An in-depth overview. Sci. Total Environ. *544*, 1073–1118.

Creusot, N., Budzinski, H., Balaguer, P., Kinani, S., Porcher, J.-M., and Aït-Aïssa, S. (2013). Effect-directed analysis of endocrine-disrupting compounds in multi-contaminated sediment: Identification of novel ligands of estrogen and pregnane X receptors. Anal. Bioanal. Chem. *405*, 2553–2566.

Creusot, N., Aït-Aïssa, S., Tapie, N., Pardon, P., Brion, F., Sanchez, W., Thybaud, E., Porcher, J.-M., and Budzinski, H. (2014). Identification of synthetic steroids in river water downstream from pharmaceutical manufacture discharges based on a bioanalytical approach and passive sampling. Env. Sci Technol 3649–3657.

Cruz, J.M. (2015). Etude de la contamination par les pesticides des milieux eau, air et sols : développement de nouveaux outils et application à l'estuaire de la Gironde. Thèse en Chimie analytique et environnementale à l'Université de Bordeaux.

Dévier, M.-H., Mazellier, P., Aït-Aïssa, S., and Budzinski, H. (2011). New challenges in environmental analytical chemistry: Identification of toxic compounds in complex mixtures. Green Sustain. Chem. Verte Chim. Durable *14*, 766–779.

Escande, A., Pillon, A., Servant, N., Cravedi, J.-P., Larrea, F., Muhn, P., Nicolas, J.-C., Cavaillès, V., and Balaguer, P. (2006). Evaluation of ligand selectivity using reporter cell lines stably expressing estrogen receptor alpha or beta. Biochem. Pharmacol. *71*, 1459–1469.

Giesy, J.P., Hilscherova, K., Jones, P.D., Kannan, K., and Machala, M. (2002). Cell bioassays for detection of aryl hydrocarbon (AhR) and estrogen receptor (ER) mediated activity in environmental samples. Mar. Pollut. Bull. *45*, 3–16.

Le Fol, V., Aït-Aïssa, S., Sonavane, M., Porcher, J.-M., Balaguer, P., Cravedi, J.-P., Zalko, D., and Brion, F. (2017). In vitro and in vivo estrogenic activity of BPA, BPF and BPS in zebrafish-specific assays. Ecotoxicol. Environ. Saf. *142*, 150–156.

Li, H., Helm, P. a, Paterson, G., and Metcalfe, C.D. (2011). The effects of dissolved organic matter and pH on sampling rates for polar organic chemical integrative samplers (POCIS). Chemosphere *83*, 271–280.

Molina-Molina, J.-M., Amaya, E., Grimaldi, M., Sáenz, J.-M., Real, M., Fernández, M.F., Balaguer, P., and Olea, N. (2013). In vitro study on the agonistic and antagonistic activities of bisphenol-S and other bisphenol-A congeners and derivatives via nuclear receptors. Toxicol. Appl. Pharmacol. *272*, 127–136.

Togola, A., and Budzinski, H. (2007). Development of polar organic integrative samplers for analysis of pharmaceuticals in aquatic systems. Anal. Chem. *79*, 6734–6741.

Vrana, B., Allan, I.J., Greenwood, R., Mills, G. a., Dominiak, E., Svensson, K., Knutsson, J., and Morrison, G. (2005). Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water. TrAC Trends Anal. Chem. *24*, 845–868.

Weiss, J.M., Hamers, T., Thomas, K.V., Van Der Linden, S., Leonards, P.E.G., and Lamoree, M.H. (2009). Masking effect of anti-androgens on androgenic activity in European river sediment unveiled by effect-directed analysis. Anal. Bioanal. Chem. *394*, 1385–1397.

Wund, P. (2013). Développements d'échantillonneurs passifs pour l'étude de la contamination des eaux par les micropolluants organiques. Thèse en Chimie analytique et environnementale à l'Université de Bordeaux.

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.2 DESCRIPTION DES SOURCES ET INVENTAIRE DES LEVIERS D'ACTION

Etude de la source Collectivités

Version finale
Novembre 2019

Auteurs : S. Buil, S.Philippe, N. Pouly.

Sommaire

1 OBJECTIFS 4

2 CONTEXTE ET METHODES 4

2.1 ELEMENTS DE CONTEXTE 4
2.2 METHODES DE TRAVAIL 6
2.2.1 Méthodologie de réalisation de cartographies des services et activités potentiellement émetteurs de micropolluants 7
2.2.2 Méthodologie d'évaluation de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein de la collectivité 7
2.2.3 Méthodologie de l'approche psychosociale auprès des gestionnaires de cimetières et des citoyens 8

3 RESULTATS 10

3.1 SERVICES URBAINS POTENTIELLEMENT EMETTEURS DE MICROPOLLUANTS 10
3.1.1 Les thématiques concernées 10
3.1.2 Thématiques et mutualisation des services 10
3.1.3 Les activités et produits potentiellement émetteurs de micropolluants par thématiques 12
3.1.3.1 Les pesticides 16
3.1.3.2 Produits de nettoyage/entretien 18
3.1.3.3 Produits spécifiques 18
3.2 LA PRISE EN COMPTE DES MICROPOLLUANTS AU SEIN DE BORDEAUX METROPOLE 19
3.2.1 Retour sur les entretiens 19
3.2.2 Les actions déjà engagées 20
3.2.2.1 Démarche zéro pesticide sur le territoire de Bordeaux Métropole 20
3.2.2.2 Les produits écolabellisés 23
3.2.2.3 La politique d'achat de Bordeaux Métropole 24
3.2.2.4 Les politiques de développement durable et de l'eau de Bordeaux Métropole 26
3.2.3 Les résultats de la communication engageante dans les cimetières 29
3.2.4 Résultats de l'enquête populationnelle sur la perception de la végétation spontanée dans les espaces publics 30

Annexes

Annexe 1 Questionnaire d'évaluation de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein de la collectivité (2016)
Annexe 2 Questionnaire pour les gestionnaires de cimetières communaux (2017)
Annexe 3 Enquête populationnelle sur la perception de la végétation spontanée (2017)
Annexe 4 Cartes présentant l'état des lieux (2015) de la mutualisation pour thématiques eau, assainissement, propreté, déchets, voirie, espaces verts, moyens généraux, déplacements.
Annexe 5 Cartes présentant l'implantation des terrains de sport et des cimetières

1 Objectifs

L'objectif principal de cette sous-tâche est d'identifier et de comprendre les origines des émissions de micropolluants, tant au niveau des eaux usées que des eaux pluviales, liées aux pratiques des différents services techniques des collectivités en vue de définir les leviers d'actions pour réduire ces émissions à la source.

2 Contexte et méthodes

En préambule, il est important de rappeler que les investigations ont été menées dans un contexte de changement majeur d'organisation au sein de Bordeaux Métropole et des communes.
Le travail d'état des lieux de la source collectivité a fait l'objet de 2 stages de master 2 qui se sont déroulés au sein de direction de l'eau de Bordeaux Métropole.

- ➔ Un premier stage, d'une durée de 6 mois (février à août 2016), concernant l' « Etude de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein des services publics territoriaux » de master 2 « Ecologie Humaine : Enjeux environnementaux des activités de production et de consommation », effectué par Sarah Buil.
- ➔ Un second stage (avril à septembre 2017) « Réduction des émissions de micropolluants à la source au sein des collectivités territoriales » de master 2 de « psychologie sociale, conseil et études appliquées » effectué par Stéphanie Philippe.

Ces travaux ont été réalisés sur la base de recherches bibliographiques ainsi que sur des entretiens de différents acteurs de Bordeaux Métropole, de délégataires de services publics ainsi que des communes et de citoyens de la métropole.

2.1 Eléments de contexte

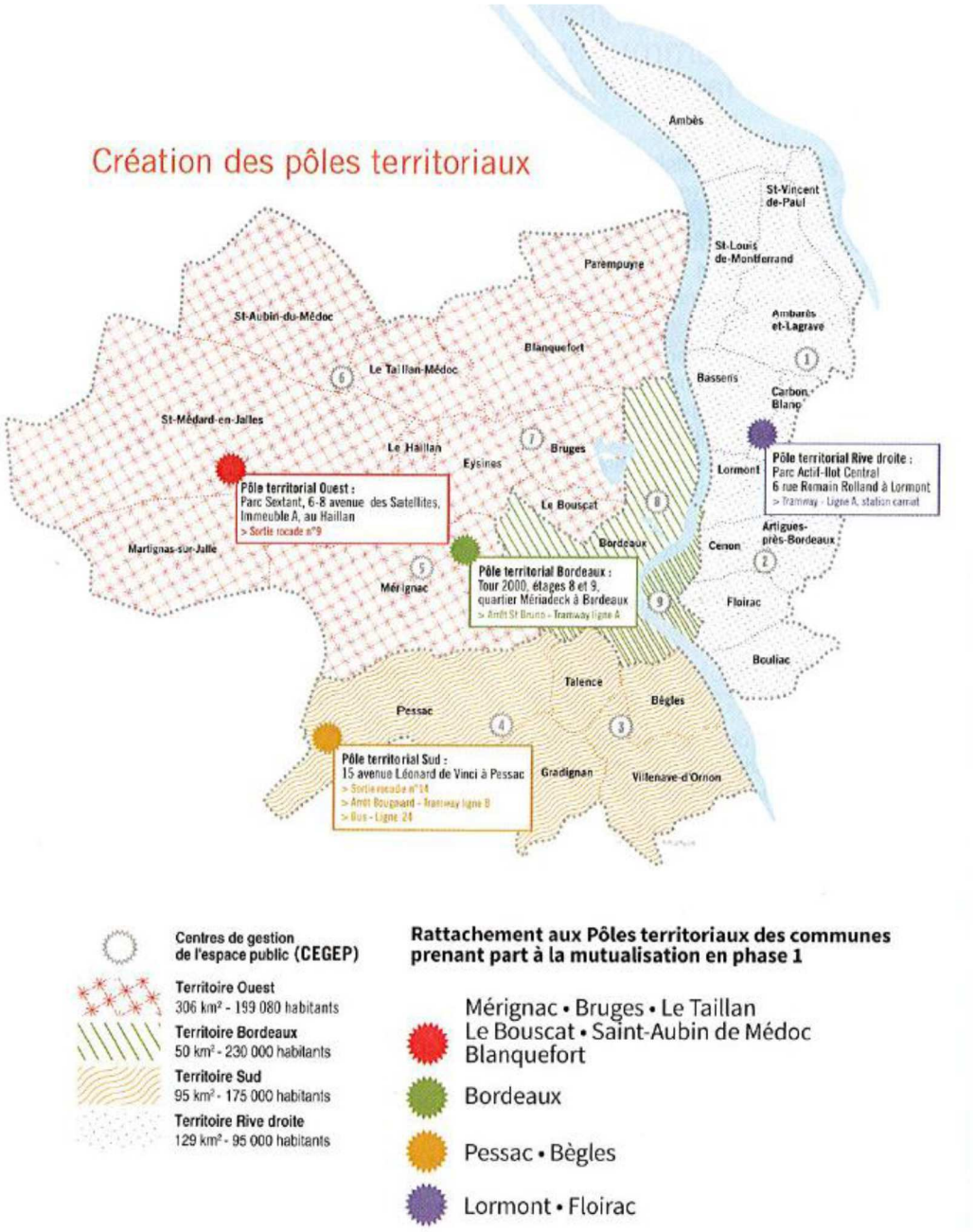
La Communauté Urbaine de Bordeaux a été créée au 1er janvier 1968.
Dans le cadre de la loi **M**odernisation de l'**A**ction **P**ublique **T**erritoriale et d'**A**ffirmation des **M**étropoles (MAPTAM), promulguée le 27 janvier 2014, la Communauté Urbaine de Bordeaux s'est transformée, de plein droit, en **Bordeaux Métropole**, au 1er janvier 2015. L'intitulé de la loi annonce clairement son ambition, « l'affirmation des métropoles ».

Chiffres clés : 28 communes - 748 454 habitants - 57 000 hectares

Bordeaux Métropole se voit ainsi doté de **nouvelles compétences** qui impliquent, dans un contexte de maîtrise accrue des dépenses publiques, une évolution de l'organisation métropolitaine. De plus, la loi portant sur la **N**ouvelle **O**rganisation **T**erritoriale de la **R**épublique (NOTRe) promulguée le 7 août 2015, préconise la mutualisation des services des EPCI avec les communes membres.
Dès 2014, un processus de **mutualisation des services** entre la Métropole et les communes s'est engagé visant à optimiser les moyens et améliorer la qualité des services aux usagers. Chaque commune a le choix de mutualiser « à la carte » tout ou partie des services et selon un rythme choisi.
Depuis le 1er janvier 2016 la nouvelle organisation des services est effective. Quinze communes se sont engagées lors de la première vague de mutualisation (cf. carte ci-après). Ce sont près de 2000 agents qui ont été mutualisés ou transférés.

De plus une territorialisation de l'action publique a été engagée afin de renforcer la proximité avec les communes. Quatre pôles territoriaux ont ainsi été créés :
- Pôle territorial Ouest
- Pôle territorial Sud
- Pôle territorial Rive droite
- Pôle territorial de Bordeaux

Les pôles territoriaux sont responsables de toutes les actions déconcentrées de compétence métropolitaine et/ou municipale qui leur sont confiées : ils sont composés à la fois de services mutualisés et de services métropolitains. Ces pôles sont subdivisés en services chargés d'apporter les prestations de service public (voirie, espaces verts, propreté) au plus proche du terrain).



2.2 Méthodes de travail

Le stage s'est focalisé sur les acteurs publics et notamment les services urbains territoriaux afin de mieux comprendre les pratiques actuelles en termes d'usages de certains produits contenant des micropolluants au sein des services techniques des collectivités et d'analyser le degré de prise en compte de cette problématique dans les différentes politiques communales et métropolitaines (ex. : agenda 21, procédure d'achats, etc.).

Les investigations réalisées durant le stage ont porté principalement sur les étapes suivantes :

1. Réalisation d'une cartographie des services et activités de Bordeaux Métropole et des communes du territoire dont les activités sont susceptibles de générer des rejets de micropolluants dans les eaux usées ou pluviales

2. Point sur la prise en compte de cette problématique dans ces différents services (enquêtes ou questionnaires) le territoire (au sein de Bordeaux Métropole et des 28 communes) : analyse des agendas 21 des communes, entretiens / questionnaire avec les services techniques des communes, liste des produits utilisés, relations interservices, politiques d'achats...

Les paragraphes suivants exposent, pour chacune de ces deux étapes, la méthodologie de travail employée. Les résultats obtenus sont présentés ensuite dans le chapitre III.

2.2.1 Méthodologie de réalisation de cartographies des services et activités potentiellement émetteurs de micropolluants

La réalisation de ces cartographies des services et des activités potentiellement émetteurs de micropolluants se sont faites selon les étapes suivantes :

- Définition des thématiques/services
- Identifications des acteurs
- Précision des usages, activités et pratiques
- Elaboration d'un questionnaire

- **Définition des thématiques/services urbains concernés**

Cette première étape a consisté à rechercher, au sein de Bordeaux Métropole et des communes du territoire métropolitain, les services susceptibles d'être concernés en fonction de compétences exercées par la métropole et les communes.
L'attention s'est portée logiquement vers les services techniques, les services assurant la gestion de l'espace public et les services urbains « traditionnels ».
Au total ce sont 10 thématiques qui ont été identifiées.

- **Identification des acteurs**

Ensuite, un travail important a été mené, dans un contexte de transition vers une nouvelle organisation des services de la métropole et des communes, d'identification des acteurs liés à chacune de ces thématiques.
Pour chaque thématique, il a fallu clarifier si la compétence relevait de la métropole ou des communes et identifier, dans le cadre de la mutualisation « à la carte » en cours décrit précédemment, les services et les personnes concernés.

Une cartographie, représentant l'état des lieux actuel de la mutualisation par thématique a ainsi été réalisée.

Les résultats et cartographies sont détaillés au chapitre III et en annexe.

- **Précision des usages, activités et pratiques**

Après sélection des thématiques et identification des acteurs concernés, pour chacune d'entre elle, un inventaire des activités, des produits utilisés et le cas échéant des déchets susceptibles d'être générés a été établi sur la base d'information recueillies auprès des différents acteurs de la Métropole et des communes.
Par ailleurs de nombreuses recherches bibliographiques ont été également menées.

2.2.2 Méthodologie d'évaluation de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein de la collectivité

La prise en compte de la problématique des micropolluants a été étudiée à partir d'entretiens réalisés auprès des agents des différents services urbains et techniques identifiés mais également des services

développement durable et performance de l'achat public de la Métropole ainsi qu'auprès d'agents des communes.

Afin de préparer au mieux les entretiens avec les différents agents de Bordeaux Métropole et des 28 communes, un questionnaire a été établi afin de :

- récolter des informations et des données,
- évaluer le niveau de connaissance et de prise en compte des micropolluants,
- identifier les actions déjà engagées dans la lutte contre les micropolluants,
- identifier les autres leviers d'action et les freins.

Un questionnaire composé en 5 parties a été élaborés (Cf. Annexe 1) :

- **Questions générales sur les micropolluants**
- **Les pratiques et les produits utilisés** : *Activités potentiellement émettrices de micropolluants, noms et quantités des produits utilisés, les techniques alternatives, le stockage des produits, ressenti/perception du questionné, etc …*
- **La santé** : *Protection et formation des agents*
- **La gestion des déchets** : *stockage et élimination des différents déchets (liquides/bidons…)*
- **Le profil** : *Sexe, âge, fonction, ancienneté dans la collectivité*

Les résultats obtenus sont détaillés au chapitre 3.

2.2.3 Méthodologie de l'approche psychosociale auprès des gestionnaires de cimetières et des citoyens

Au vu des investigations multithématiques menées en 2016, la démarche a ensuite été focalisée en 2017 sur celle des cimetières. Une approche psychosociale a ainsi été mise en œuvre afin d'approfondir la connaissance quant à la prise en compte des micropolluants dans la gestion des cimetières et initier des changements de pratiques vers une gestion plus écologique en utilisant les outils de la psychosociologie en particulier la communication engageante.
Dans une 2nde phase, une enquête populationnelle a été réalisée afin de comprendre la perception des riverains vis-à-vis de la végétation spontanée dans les espaces publics.

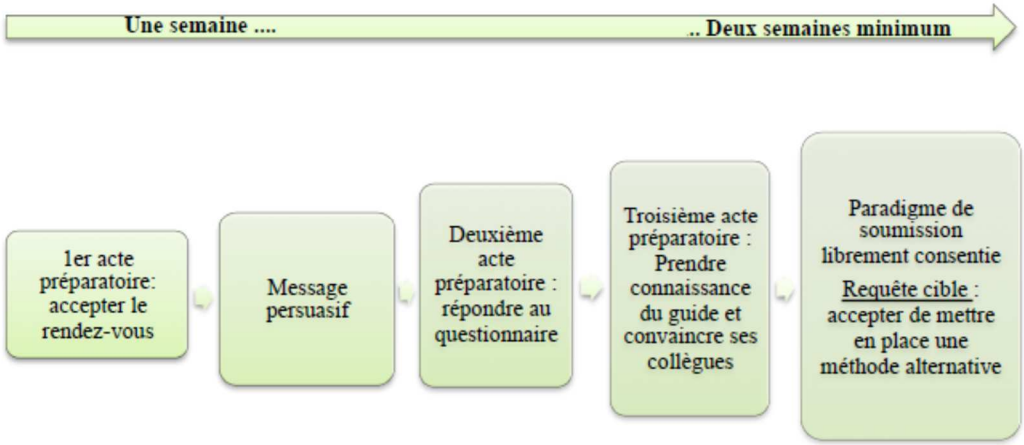
1ère phase : action auprès des gestionnaires de cimetières communaux

La communication engageante :
La communication engageante a fait ses preuves dans le domaine de l'écologie et du développement durable. La communication engageante a permis d'augmenter l'efficacité de nombreuses campagnes de sensibilisation, notamment dans le champ de la protection de l'environnement. Nous avons jugé cette approche-là plus pertinente pour répondre à la problématique de l'usage de produits phytosanitaires par les gestionnaires de cimetières. De plus, l'engagement favoriserait la reproductibilité et la persévération du comportement dans le temps et éventuellement sa généralisation à d'autres comportements identiques ou allant dans le même sens (Beauvois et Dubois, 1999).
L'objectif serait donc d'appliquer d'une part de la sensibilisation aux produits phytosanitaires auprès des responsables d'entretien des cimetières puis de les engager à de nouvelles méthodes alternatives écologiques (désherbage manuel, désherbage par un processus technique, utilisation de produits écologiques, etc.), dans le but d'obtenir une réduction des émissions de micropolluants dans les eaux pluviales et cela sur du long terme.
Le protocole mis en œuvre avec les responsables d'entretien de cimetière a été le suivant :

Le double pied dans la porte : Une double-requête pour un maximum d'effet

Afin d'apporter le maximum d'effet à l'engagement, nous souhaitions mettre en place un « double-pied-dans-la-porte ». Le pied-dans-la-porte est la technique d'engagement qui a fait l'objet du plus grand nombre de publications, (Dufourcq-Brana, Pascual et Guéguen, 2006). Cette technique consiste à obtenir de l'individu la réalisation d'un comportement peu coûteux avant d'apporter une seconde requête portant sur un comportement cible plus coûteux. Dans notre démarche, nous avons formulé deux requêtes amenant à un comportement cible. La requête cible a été formulée après les actes préparatoires : « pourriez-vous choisir un produit ou une méthode dans ce guide de gestion écologique des cimetières[1], à mettre en place pour notre prochaine rencontre ? (Vous êtes libre de choisir le produit ou la méthode qui vous satisfait le plus) » et « dans le cas où une démarche zéro phytosanitaire est déjà mise en place, accepteriez-vous d'intégrer dans le règlement intérieur à du cimetière une clause interdisant l'utilisation de produits chimiques par les usagers ? »

Le protocole mis en œuvre est résumé dans le schéma ci-dessous :



Le questionnaire élaboré pour cette enquête est présenté en Annexe 2.

Les résultats obtenus sont présentés au chapitre 3.

2nd phase : Enquête populationnelle : connaître le seuil de tolérance des citoyens à propos de la végétation spontanée en milieu urbain

Un questionnaire à destination des habitants des communes du territoire de Bordeaux métropole a été élaboré.

Les questions posées visées les buts suivants :

- Connaitre Le sentiment d'appartenance à la métropole bordelaise et l'agréabilité du quartier
- Connaitre la propreté perçue dans la ville
- Le temps de résidence dans la métropole bordelaise
- Les questions sur la perception et le seuil de tolérance de cette végétation dans les espaces publics y compris dans les cimetières

Le questionnaire élaboré pour cette enquête populationnelle est présenté en Annexe 3.

Les résultats obtenus sont présentés au chapitre 3.

[1] Référence du guide de gestion écologique des cimetières remis lors des entretiens : « Flandin, J., (2015), Guide de conception et de gestion écologique des cimetières, Natureparif, p.76. »

3 Résultats

Le présent chapitre expose les résultats obtenus relatifs aux services, activités et produits potentiellement émetteurs de micropolluants dans les eaux usées ou dans les eaux pluviales, et d'autre part les éléments concernant la prise en compte des micropolluants au sein de Bordeaux Métropole et des communes du territoire.

3.1 Services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants

3.1.1 Les thématiques concernées

Les 10 services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants dans les eaux usées ou pluviales sont présentés dans la figure ci-dessous :

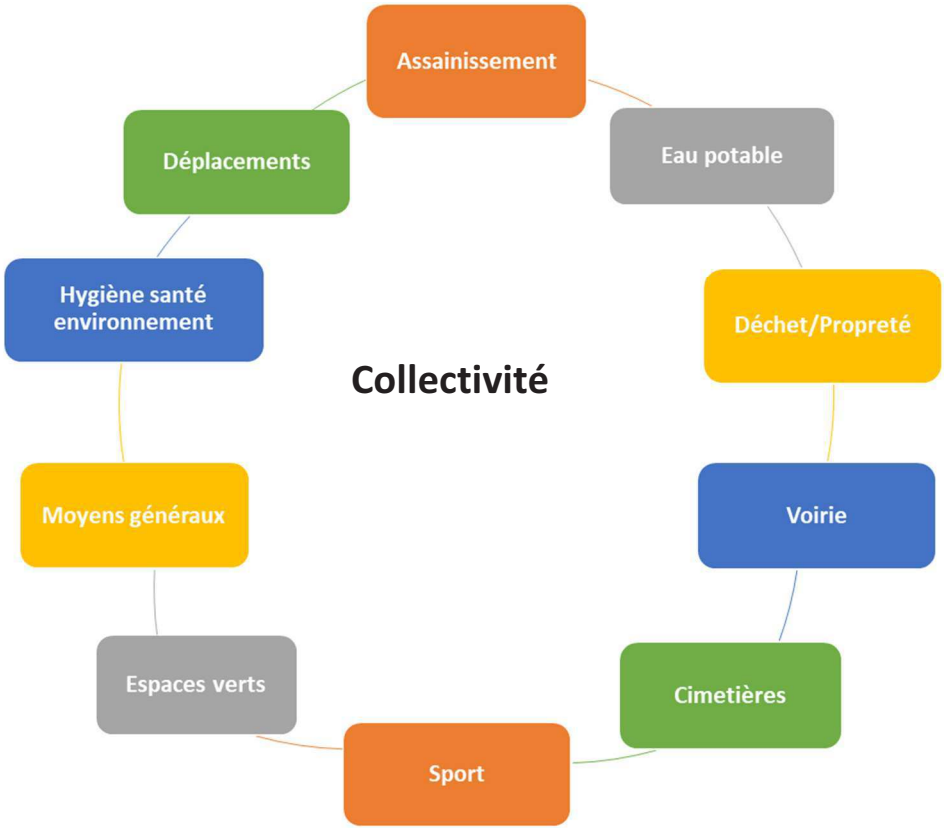


Figure 1 - Services urbains potentiellement émetteurs de micropolluants

Il s'avère que les services susceptibles d'être concernés par cette problématique sont assez nombreux mais à des degrés divers.

3.1.2 Thématiques et mutualisation des services

Eau et assainissement

A l'exception de quelques communes prises en charge par des syndicats intercommunaux, les compétences eau et assainissement relèvent de Bordeaux Métropole et ne sont pas impactés par la mutualisation avec les communes. Ces services sont effectués dans le cadre de délégations de services publics.

Déchets
Il en est de même pour les déchets, dont la gestion se faisait déjà au niveau communautaire, à l'exception de quelques communes de la Rive Droite (SIVOM).

Cimetières et terrains de sport
Les cimetières et les terrains de sport relevant de la compétence des communes (à l'exception des deux cimetières intercommunaux) et n'étant pas impactés par la mutualisation, nous avons choisi de réaliser des cartes qui indiquent leur localisation ainsi que leur répartition par commune. Aussi, compte tenu l'usage encore constaté de pesticides sur ces 2 thématiques, il est apparu intéressant de les géo- localiser notamment par rapport aux cours d'eau à enjeux du territoire visés par les objectifs de « bon état des eaux » du SDAGE Adour Garonne 2016-2021.
Concernant les terrains de sports, nous avons sélectionné les terrains de plein air en retenant les terrains de **football, de rugby et de tennis**, car ce sont les trois types de terrains qui s'incluent prioritairement dans la problématique des micropolluants.
Il y en a plus de 150 au total sur la métropole bordelaise, principalement sur Bordeaux, Mérignac, Pessac et Villenave d'Ornon.

Propreté, voirie, espaces verts, moyens généraux
Les autres thématiques (propreté, voirie, espace verts, moyens généraux) qui concernent essentiellement la gestion de l'espace public sont quant à elles impactées par la mutualisation et de façon hétérogène.
Une cartographie, représentant l'état des lieux actuel de la mutualisation par service, a été réalisée afin d'identifier les acteurs à rencontrer. (Cf. cartes ci-après)

Pour une thématique donnée sur le territoire, de nombreux acteurs sont susceptibles d'être rencontrés. Par exemple, dans le cas de la thématique « espaces verts » sont concernés :

- Direction des espaces verts de Bordeaux Métropole (direction centrale mutualisée)
- 4 pôles territoriaux (notamment les Directions de la Gestions de l'espace publics elles-mêmes subdivisées en 9 CGEP (Centre de Gestion de l'Espace Public)
- Communes n'ayant pas mutualisées avec la métropole

A cela s'ajoute le fait que dans quasiment toutes les thématiques des activités potentiellement émettrices de micropolluants sont externalisées dans le cadre de marchés publics ou de délégations de services publics.

Nous sommes ainsi confrontés, pour une thématique donnée, à une multitude d'interlocuteurs. Il est ainsi difficile de recueillir des données (par exemple de consommation de produit).

Des cartes présentant l'état des lieux (2015) de la mutualisation pour chacune des thématiques sont présentées en Annexe 4. Par ailleurs, des cartes présentant l'implantation des terrains de sport et des cimetières sur le territoire métropolitain sont insérées en Annexe 5.

3.1.3 Les activités et produits potentiellement émetteurs de micropolluants par thématiques

Une cartographie synthétique identifie pour les 10 services concernés les principales activités potentiellement émettrices de micropolluants (voir ci-après).

Par ailleurs, un inventaire par thématique a été réalisé. Il détaille les activités, les produits utilisés et les quantités utilisées. Il précise également si les micropolluants potentiellement rejetés impactent les eaux usées ou les eaux pluviales (Cf. tableau ci-après).

Cartographie des activités potentiellement émettrices de micropolluants

Cimetières
- Désherbage
- Entretien caveaux
- Désinsectisation
- Fertilisation
- Embaumement

Sport
- Désherbage terrain de plein air
- Traitement anti mousse (terrain de tennis)
- Fertilisation

Moyens généraux
- Entretien locaux
- Maintenance bâtiments

Déchets/Propreté
- Collecte des déchets
- Traitement des déchets
- Nettoiement voiries, mobilier urbain
- Nettoyage (Véhicules VL PL, matériels, locaux, vêtements de travail, agents)

Voirie
- Signalisation
- Création réhabilitation de voirie (goudronnage)
- Nettoyage (Véhicules, VL PL, matériels, locaux, vêtements de travail, agents)
- Déneigement

Espaces verts
- Désherbage
- Fertilisation
- Nettoyage matériels

Hygiène santé environnement
- Désinsectisation
- Dératisation
- Désinfection

Déplacements
- Entretien/nettoyage mobilier urbain, voies de tramway véhicules de transport (Bus et tramway)
- Graissage voies

Assainissement
- Dératisation
- Enquête de conformité
- Exploitation PR (problèmes d'odeur)
- Exploitation STEP
- Nettoyage (Véhicules VL PL, matériels, locaux, vêtements de travail, agents)
- Marquage sol
- Matériaux (canalisations et branchements)
- Désherbage

Eau potable
- Potabilisation
- Désinfection réservoirs
- Lavage process station potabilisation
- Nettoyage (Véhicules, matériels, locaux, vêtements de travail, agents)
- Marquage au sol
- Matériaux (canalisation et branchement)
- Désherbage

Inventaire des activités et produits potentiellement émetteurs de micropolluants par thématique

Services	Pratiques/Usages	Produits utilisés/effluent générés	Quantités annuelles	Impact EU/EP
Assainissement	Dératisation	Rodenticide (Difenacoum)	500 kg	EU et EP
	Nettoyage (Véhicules, matériel, locaux, vêtements de travail, agents)	Détergents divers + savons	450 L	EU
	Marquage sol		Non quantifié	EP
	Matériaux (canalisations et branchements)	Béton, amiante, PVC, …		EU et EP
	Désherbage	néant (zéro phyto)	0	néant
	Enquête	Fluoresceïne	8 kg	EU et EP
	Exploitation PR (problèmes d'odeur)	Nutriox	4600 L	EU
		Chlorure ferrique	107 000 L	EU
	Exploitation STEP	Polymère	120 000 kg	EU
		Chlorure ferrique	1 325 000 kg	EU
		Javel	410 m3	EU
		Acide	36 m3	EU
		Soude	205 m3	EU
		Thiosulfate	2,4 m3	EU
Eau potable	Potabilisation	Sels d'alumium	151 t	EU et EP
		Chlore gazeux	26,3 t	EU et EP
		Bioxyde de chlore	16,5 t	EU et EP
	Désinfection réservoirs	Herli	600 L	EU et EP
	Lavage process station potabilisation	Eau	1956 m3/j	EP
	Nettoyage des locaux et des vêtements	Crème lavante mains	110 L	EU
		Savon microbilles klint's	28 L	EU
		Gel WC	44 L	EU
		Détergent sol	165 L	EU
		Nettoyant vitres et mobilier	85 L	EU
		Nettoyant sanitaires	36 L	EU
		Lavage vêtement de travail	1 300 lessives	EU
	Marquage au sol	Bombes de chantier	696 bombes	EP
	Matériaux (canalisation et branchement)	Fonte, PVC, PE		EU et EP
	Désherbage	néant (zéro phyto)	0	néant
Déchets/propreté	Ramassage des déchets	jus BOM	Non quantifié	EU et EP
	Centre de recyclage (nettoyage déchetterie)	Eau seule?	Non quantifié	Non renseigné
	Centre de transfert (nettoyage)	Eau	Non quantifié	EU
	Collecte sélective en borne (nettoyage intérieur)	Eau seule?	Non quantifié	EU
	Collecte sélective en borne (nettoyage extérieur anti tag)	Solvant EFIGRAFF	5 L	EP
	Nettoyage véhicules (VL et PL)	Dégraissant	6440 L	EU
	Traitement des déchets CET	Lixiviats	Non quantifié	EU et EP
	Traitement des déchets UIOM	Effluents (lavage fumée, process)	Non quantifié	EU et EP
	Traitement des déchets Compostage	Lixiviats	Non quantifié	Non renseigné

	Nettoyage locaux	Détergent, désinfectants, détartrant, acide, javel	1460 L	EU
	Nettoiement voiries	Eau (lavage HP)		EP
	Nettoyeuses voiries - affiche	Détergent anionique	Non quantifié	EP
	Nettoyeuses voiries - fontaine	Antitartre	Non quantifié	EP
		Antimousse	Non quantifié	EP
	Nettoyeuses voiries - rue piétones	Dégraissant	Non quantifié	EP
Voirie	Signalisation - marquage sols	Peintures solvantées	41 460 kg	EP
		Peintures à l'eau	2 225 kg	EP
	Création - réhabilitation de voiries	Enrobé	Non quantifié	EP
Espaces verts	Désherbage	Herbicides (glyphosate, flazasulfuron, triclopir)	Non quantifié	EP
	Fertilisation	engrais	Non quantifié	EP
	Nettoyage matériels		Non quantifié	EU
Cimetières	Désherbage	Herbicides (glyphosate, flazasulfuron, triclopir, acide pelargonique)	Non quantifié	EP
		Anti mousse, antigerminatif	Non quantifié	EP
	Entretien caveaux	Effluent	Non quantifié	EU et EP
	Désinsectisation	Insecticide	Non quantifié	EP
	Fertilisation	Engrais	Non quantifié	EP
	Nettoyage matériels		Non quantifié	EU
	Embaumement	Formaldéhyde	Non quantifié	EP
Sport	Désherbage terrain de plein air (pelouses)	Désherbant sélectif MCPA sel de potassium, herbicide (glyphosate, flazasulfuron, acide pelargonique)	Non quantifié	EP
	Démoussage (terrain de tennis)	Antimousse	Non quantifié	EP
	Fertilisation	Engrais	Non quantifié	EP
Hygiène santé environnement	Désinsectisation (guepe, frelons moustiques, fourmis)	Gel aérosol, poudre laque	quelques kg	EP
	Dératisation	Rodenticide (difenacoum et bromadiolone)	816 kg	EP
	Désinfection	Aérosols	Non quantifié	
Moyens généraux	Maintenance bâtiment (toitures, murs)	Antimousses, antitag, peinture	Non quantifié	EP
	Entretien locaux (sols vitres sanitaires poussières)	dégraissants, détergents, détartrants	Non quantifié	EU
Déplacement	Entretien mobilier urbain	Produit antitag	Non quantifié	EP
	Graissage voies tramway	Graisse	Non quantifié	EP
	Entretien des voies de tramway			EP
	Entretien véhicule de transport (Bus et tramway)	Détergent dégraissant	Non quantifié	EU

EU	les émissions de micropolluants rejoignent le réseau d'eaux usées
EP	les émissions de micropolluants rejoignent soit le réseau d'eaux pluviales (nota : certains secteurs sont en unitaire) soit le milieu naturel (sol ou cours d'eau) directement
EU et EP	selon les cas peut rejoindre les eaux usées ou les eaux pluviales

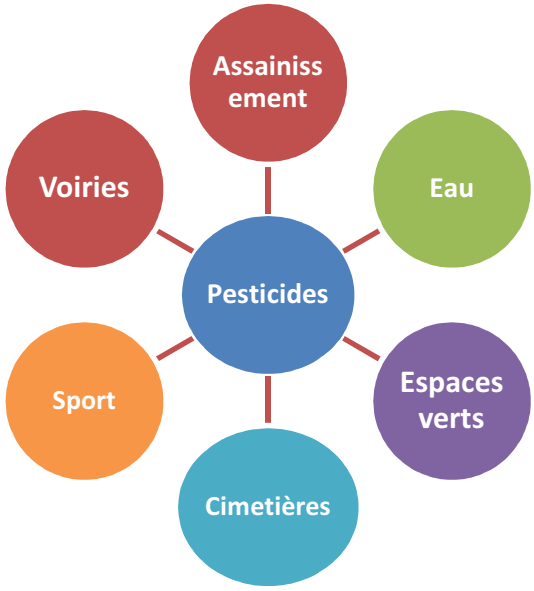
Il ressort de cet inventaire que les émissions de micropolluants sont susceptibles d'impacter les eaux pluviales comme les eaux usées. Les émissions de micropolluants rejoignant les eaux usées transitent par les stations d'épuration avant de rejoindre le milieu naturel. S'agissant des émissions fléchées vers le pluvial (EP), il est toutefois nécessaire de préciser qu'une partie du réseau public de collecte est en unitaire (783 km sur 4189) et que pour la partie en séparatif dans certains secteur le réseau public EP rejoint le réseau unitaire.
De nombreuses données (quantités consommées annuellement) sont manquantes pour les raisons évoquées précédemment.
Toutefois nous pouvons finalement classer en 3 « familles » les émissions de micropolluants provenant de la « source » collectivité :

- Les pesticides (impactant majoritairement les eaux pluviales)
- Les produits de nettoyage/entretien (impactant majoritairement les eaux usées)
- Les autres produits spécifiques (impactant selon les cas les eaux usées et eaux pluviales)

3.1.3.1 Les pesticides

D'après les investigations menées, l'utilisation des pesticides est commune à plusieurs services métropolitains et communaux.

L'usage potentiel des pesticides, en particulier des herbicides, est susceptible de toucher les 6 services urbains suivants :



⇨ **Rappel des obligations réglementaires en matière d'usage de pesticides dans les espaces publics : La loi n°2015-992 du 17/08/2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte** apporte des modifications à la loi Labbé :

- Mise en place du **zéro pesticide dans l'ensemble des espaces publics** à compter du **1er janvier 2017** : l'interdiction d'utiliser des produits phytosanitaires par l'Etat, les collectivités locales et les établissements publics pour l'entretien, des espaces verts, promenade, forets et voiries.
- La **commercialisation et la détention de produits phytosanitaires à usage non professionnels** seront interdites à partir du **1er janvier 2019**. Cette mesure concerne particulièrement les jardiniers amateurs.

Cas de dérogations : *« L'utilisation de produits phytopharmaceutiques est autorisée pour* ***l'entretien des voiries dans les zones étroites*** *ou* ***difficiles d'accès****, telles que les bretelles, échangeurs, terre-pleins centraux et ouvrages, dans la mesure où leur interdiction ne peut être envisagée* ***pour des raisons de sécurité*** *des personnels changé de l'entretien et de l'exploitation ou des usagers de la route, ou entraîne des* ***sujétions disproportionnées*** *sur l'exploitation routière»*

Cas particuliers : Les terrains de sport et cimetières : ils sont **concernés par l'interdiction** que s'ils font l'objet d'un usage de **« promenade »** ou d' « **espace vert » avérés** : appréciation au cas par cas

JEVI* : Quels textes s'appliquent sur quels types d'espace ?

Type d'espace	*. Quel est la nature de cet espace ? . Est-ce que cet espace est ouvert ou accessible au public ? . A qui appartient cet espace ?*				Loi Labbé + LTE	Arrêté du 27/06/11	Art. L253-7-1 + Arrêté du 10/03/16
EV, forêt, promenade	Fermé au public				✗	✗	✗
	Ouvert ou accessible au public	Forêt, promenade	Appartenant à l'Etat, aux collectivités ou à leurs établissements		✓	✗	✗
			Appartenant à tout autre type de structure		✗	✗	✗
		Parc, jardin, EV, terrain de sport et de loisir	Aire de jeux	Appartenant à l'Etat, aux collectivités ou à leurs établissements	✓	✓	✓
				Appartenant à tout autre type de structure	✗	✓	✓
			Autre	Appartenant à l'Etat, aux collectivités ou à leurs établissements	✓ **	✓	✗
				Appartenant à tout autre type de structure	✗	✓	✗
Voirie	Appartenant à l'Etat, aux collectivités ou à leurs établissements	Zone étroite ou difficile d'accès			✗	✗	✗
		Zone ni étroite, ni difficile d'accès			✓	✗	✗
	Appartenant à tout autre type de structure				✗	✗	✗
Etablissement accueillant habituellement des personnes vulnérables					✗	✓	✓
Tout autre type d'espace					✗	✗	✗

Légende
✗ : le texte ne s'applique pas sur ce type d'espace
✓ : le texte s'applique sur ce type d'espace

** jardins, espaces végétalisés et infrastructures*
*** des discussions sont en cours pour déterminer le contour précis de ces lois, des modifications sur les espaces précisément concernés pourraient ainsi intervenir dans les prochains mois*

Maxime Guérin, Juin 2016 Plante&Cité

A noter : de nombreux services de la métropole et des communes sont passés en zéro phyto (Cf. état des lieux ci-après)

3.1.3.2 Produits de nettoyage/entretien

L'utilisation de produits servant au nettoyage et à l'entretien est commune à toutes les thématiques étudiées. De nombreux produits de type détergents sont utilisés pour le lavage des équipements, des outils, des véhicules, des locaux, des vêtements de travail et du personnel. Compte tenu du nombre important de produits constatés et des quantités annuelles utilisées, ces produits constituent une source de micropolluants potentiellement importante. Compte tenu du nombre d'interlocuteurs et de services concernés un inventaire exhaustif des produits et des quantités utilisés chaque année s'avère relativement difficile et très chronophage.
Par ailleurs, les opérations de lavage utilisant ces produits peuvent générer également des micropolluants provenant des souillures elles même enlevées et de l'éventuelle dégradation des matériaux lavés.

3.1.3.3 Produits spécifiques

On peut constater l'utilisation de produits spécifiques à certaines activités susceptibles de générer des micropolluants. C'est le cas par exemple, des **services d'eau et d'assainissement** en particulier les produits liés aux process tel que le chlorure ferrique, le chlore, les sels d'aluminium. Compte tenu des quantités utilisées, il conviendrait de vérifier l'apport de micropolluants par certains produits chimiques particulièrement utilisés et d'étudier la faisabilité de substitution par des produits moins impactant ou par des techniques plus vertueuses (physique/mécanique plutôt que chimique).

A titre d'exemple :

Service	Produits	Quantités (2015)
Assainissement	Chlorure ferrique (FeCl3)	1 479 tonnes par an
Eau	Sels d'aluminium	151 tonnes par an
Assainissement et Hygiène- Environnement-Santé	Rodenticide	1 316 kg/an

En particulier, la solution de **dératisation mécanique** des réseaux d'assainissement apparait comme très intéressante et a fait l'objet d'une expérimentation de 6 mois en 2018 dont les résultats sont présentés dans le livrable n°44 « Synthèse finale, retour d'expérience sur les différentes solutions de réduction et stratégies à adopter ».
On peut également mentionner en ce qui concerne les **cimetières** l'utilisation importante de produits à base de formol (formaldéhyde) servant à l'embaumement des corps. Ces produits finissent par impacter le sol dans les caveaux qui ne sont pas étanches ainsi que dans les cas d'inhumations de pleine terre. Les quantités de produits ainsi utilisés chaque année n'ont pas été évaluées. On peut toutefois noter que la quantité de formol utilisée est de l'ordre de 5 et 10 litres par corps.
D'autres pistes, non étudiées ici, pourraient également être investiguées tels que l'usage d'insectides (anti mouches) dans les **centres équestres**.

3.2 La prise en compte des micropolluants au sein de Bordeaux Métropole

3.2.1 Retour sur les entretiens

De nombreux entretiens ont été réalisés au sein des différents services de Bordeaux Métropole mais également au sein des communes du territoire métropolitain. Ils ont permis :
- de recueillir des informations,
- de jauger le degré de connaissance et le niveau de prise en compte de la problématique des micropolluants,
- le cas échéant identifier les actions de réduction déjà mises en place,
- d'évoquer les leviers et les freins pour réduire les émissions de micropolluants à la source.

Bilan entretiens
- ⇨ **30 entretiens réalisés**
- ⇨ **46 personnes rencontrées**
- ⇨ **21 communes rencontrées**

Profil des personnes interviewées
- ⇨ **Dans les communes :**
- **Chargés Agenda 21**
- **Directeurs services techniques**
- ⇨ **Dans services métropolitains :**
- **Chefs de service**
- **Chefs de centre**
- **Agents**

Synthèse des réponses observées

Globalement le terme « micropolluants » n'est pas connu de la majorité des personnes interviewées.

Finalement pour les collectivités ou les différents services rencontrés, il se réduit aux produits phytosanitaires qui est une problématique touchant plusieurs services urbains comme indiqué précédemment et pour laquelle des obligations réglementaires sont fixées à courte échéance (01/01/2017).

Questions	Réponses (par ordre d'importance décroissante)
« Selon vous, dans un idéal, quelles seraient les solutions à mettre en place afin de limiter les micropolluants ? (Qu'importe les moyens financiers et techniques) »	1- Sensibilisation des habitants 2- Interdiction de vente de produits dangereux 3- Solutions techniques alternatives
« Quels sont les freins à la mise en œuvre de solutions pour réduire les missions de micropolluants ? »	1- Perception des habitants 2- Coûts 3- Volonté politique

La réalisation d'entretiens est très intéressante et indispensable toutefois cette démarche s'avère très chronophage. Les principales difficultés rencontrées pour la réalisation de ces entretiens et la récupération de données dans le cadre d'un stage d'une durée limitée à 6 mois sont résumées ci-dessous :

Difficultés rencontrées

- **Segmentation des tâches** : une personne détient rarement toutes les informations demandées impliquant souvent plusieurs rendez-vous
- **Mutualisation récente** : période de transition peu de disponibilité des agents dans cette période de réorganisation,
- **Mutualisation à la carte** : à chaque thématique correspond une organisation différente sur le territoire des 28 communes de la métropole
- **Hétérogénéité des organisations** selon les communes (ex. gestion des terrains de sport rattachés aux espaces verts dans certaines communes…)
- **Externalisation** de tout ou partie de nombreuses missions

Un état des lieux (2015) sur la démarche « zéro phyto » au niveau des espaces publics des communes du territoire de la Métropole a été réalisé par la Direction des espaces verts de Bordeaux Métropole. Le tableau présente par commune pour les activités « Parcs et jardins », « terrains de sport[2] », Cimetières » et « Espace publics trottoirs chaussées » le degré d'avancement de la démarche « « zéro phyto » :

	Zéro phyto
	Démarche zéro phyto en cours (partiel)
	Utilisation de produits phytosanitaires
	Sans réponse

Commune	Ambarès et Lagrave	Ambès	Artigues-près-Bordeaux	Bassens	Bègles	Blanquefort	Bordeaux	Bouliac	Bruges	Carbon-Blanc	Cenon	Eysines	Floirac
Parcs, jardins et squares		70,00%											
terrains de sport		70,00%										partiel	
Cimetières		50,00%			En cours de réflexion						En cours		
Espaces publics métropolitain (trottoirs, chaussées)					oui via entreprise					plusieurs zones test		mixte	

Commune	Gradignan	Le Bouscat	Le Haillan	Le Taillan-Médoc	Lormont	Martignas-sur-Jalles	Mérignac	Parempuyre	Pessac	t-Aubin-de-M	Saint-Louis-de-Montferrand	Saint-Médard-en-Jalles	Saint-Vincent-de-Paul	Talence	Villenave d'Ornon
Parcs, jardins et squares															
terrains de sport															
Cimetières			oui sur le nouveau et non ancien												
Espaces publics métropolitain (trottoirs, chaussées)								restriction							

Sur les 26 communes pour lesquelles des réponses ont pu être obtenus, on constate :
- seulement 2 communes n'ont pas engagés de démarche « zéro phyto » que les 4 thématiques concernées,
- 3 communes sont en « zéro phyto » sur les 4 thématiques

[2] Terrains engazonnés seulement

- Le « zéro phyto » concerne en priorité « les parcs et jardins » (88% des communes), puis les espaces publics (70% des communes), les terrains de sport (38% des communes) enfin les cimetières (15% des communes).
Finalement une majorité de communes du territoire métropolitain est engagée dans des démarches «zéro phyto ».

La gestion des espaces verts (parc et jardins) et de l'espace public (trottoirs et chaussées) sont les activités les plus engagées dans le « zéro phyto ».
Les thématiques du sport et surtout des cimetières sont moins engagées dans le « zéro phyto ». Les causes principales sont :

- La réglementation des terrains d'honneur : les terrains sont contraints par une réglementation bien précise, notamment sur la qualité de l'herbe des terrains de football. Cela oblige à utiliser des désherbants sélectifs.
- les incertitudes réglementaires évoquées précédemment
- la perception des usagers.

A noter : Terrains de sport en matériaux inertes (pistes athlétisme, terrains de tennis, multisports, gazons synthétiques ne sont pas pris en compte dans cet état des lieux.)

Une marge importante de progrès est ainsi possible sur les thématiques du sport et des cimetières.
Cet état des lieux peut être comparé à celui réalisé dans le cadre du stage REGARD réalisé en 2016 à Bordeaux Métropole. Nous avons pu recueillir les informations provenant de 21 communes du territoire :

- Parcs et jardins : 90 % des communes interrogées en « zéro phyto »
- Espaces publics : 71% des communes interrogées en « zéro phyto »
- Cimetière : 28 % des communes interrogées en « zéro phyto »
- Sport : 9 % des communes interrogées en « zéro phyto »

Les « parcs et jardins » et les « espaces publics » sont les thématiques les plus concernées par le « zéro phyto », les chiffres sont similaires dans les 2 états des lieux réalisés. Les écarts constatés pour les thématiques des cimetières et des terrains de sport sont d'une part liés au panel interrogés qui n'est pas tout à fait le même (21 communes /26 communes) et d'autres part à la prise en compte de l'usage des pesticides pour les terrains de tennis seulement dans l'état des lieux du stage REGARD.

Par ailleurs la démarche « zéro phyto » est également engagée dans d'autres thématiques gérées par la métropole :

Autres services métropolitains en zéro pesticide

- **Eau**
- **Assainissement**
- **Cimetière intercommunal rive droite**
- **Cimetière intercommunal rive gauche**

Les services de l'Eau et de l'Assainissement font l'objet de contrats de délégation de service public. Les démarches « zéro pesticide » ont été mise en œuvre par les délégataires Lyonnaise des Eaux et SGAC. Depuis 2013 la gestion des sites des services Eau et Assainissement sont en zéro phyto.

Le Délégataire de l'assainissement (SGAC) applique des règles de gestion raisonnée à tous les espaces en gestion : stations d'épuration, bassins de rétention et stations de pompage. Les objectifs sont : zéro produit phytosanitaire, tonte raisonnée et aménagement et entretien écologique des milieux humides. La charte des bonnes pratiques, définie au préalable avec la Collectivité, en impose le cadre et les objectifs à suivre (Cf. extrait charte ci-après).

Charte des bonnes pratiques d'une gestion raisonnée des espaces verts associés aux ouvrages d'assainissement				
Objectif poursuivi	**Actions préconisées**	**Modalités d'intervention**	**Application à tous les sites**	**Application aux sites à potentiel (10 sites)**
Zéro produits phytosanitaires	Désherbage thermique : utilisation de propane en phase liquide pour l'exposition des parties aériennes des plantes à de hautes températures (800 à 1000°C)	Matériel: brûleur simple alimenté par une bouteille de gaz sur chariot ou four porté sur tracteur ou microtracteur Recommandations : - désherber uniquement sur des surfaces sèches - vitesse d'éxecution faible (2 à 3 km/h) Fréquence et périodes des passages : 4 fois par an entre mai et juillet	oui	oui
	Désherbage mécanique : arrachage manuel ou à l'aide d'une machine	Main d'œuvre ou matériel : râteau-herse rotative fixé derrière un tracteur ou microtracteur Recommandations : ce type de désherbage nécessite parfois d'être suivi d'un recompactage du sol Fréquence et périodes des passages : 2 fois par an entre mai et juillet		
	Désherbage à la vapeur d'eau : élimination des plantes par projection de vapeur d'eau	Matériel : système de production des vapeurs d'eau à 90°C ou 120°C monté sur une remorque tiré par un tracteur ou microtracteur Recommandations : des adjuvants naturels peuvent aussi être ajoutés Fréquence et périodes des passages : 2 fois par an à 120°C entre mai et juillet		
	Démoussage	Fréquence : annuellement		

S'agissant des cimetières intercommunaux rive droite (superficie de 47 hectares) et rive gauche (superficie 60 hectares) ces derniers sont en zéro phyto respectivement depuis 2013 et 2014. On peut toutefois noter que ces deux cimetières sont de type paysager ce qui peut faciliter la mise en œuvre de technique alternative par rapport aux cimetières traditionnels.

La démarche zéro-phytos dans les cimetières communaux de la métropole progresse ces dernières années. D'après la dernière enquête réalisée en 2018 totalisant 23 réponses (communes et 2 parcs cimetières métropolitains) :

- Nombre de cimetières concernés : 33 (dont 2 cimetières intercommunaux)
- Nombre de communes avec cimetières en 0 phyto total : 13
- Nombre de cimetières en 0 phyto total : 23 (21 communaux + 2 intercommunaux)
- Nombre de communes en transition : 4 communes totalisant 5 cimetières
- Nombre de cimetières gérés avec pesticides : 9

On peut ainsi noter la progression importante de communes passées en zéro-phyto : 15% (en 2015) puis 28 % (en 2016) et enfin plus de 50% en zéro phyto total en 2018.

Quelques techniques alternatives instaurées dans la gestion des espaces verts :

- Désherbage manuel
- Laisser pousser la végétation
- Désherbage mécanique
- Désherbage thermique
- Enherber
- Fleurir
- Paillage (mulch)
- Fertilisation organique
- Lutte biologique

…

La technique le plus utilisée est l'enherbement (végétalisation des allées) associée à un désherbage mécanique ou manuel.

⇨ **La problématique doit être intégrée dès la conception de l'espace public**

Lorsqu'ils sont utilisés, **les pesticides majoritairement rencontrés** sont :

- **Glyphosate,**
- **Flazasulfuron,**
- **Triclopyr**.

3.2.2.2 Les produits écolabellisés

Au sein des services métropolitains, l'utilisation des produits écolabellisés concernent principalement les produits de nettoyage (détergents, dégraissants, …). Les activités de nettoyage utilisant ces produits sont communes à toutes les thématiques. De nombreux services utilisent des produits éco-labellisés. Par ailleurs, la direction en charge de moyen généraux au sein de la métropole ainsi que de nombreuses communes disposent également d'appareil de dosage automatique des produits permettant d'éviter les surdosages de produit.

Logos - Ecolabels.fr

Mémo sur les écolabels :

Deux écolabels sont délivrés en France : la **marque NF Environnement** pour le marché français et **l'Ecolabel Européen** pour le marché de l'Union européenne.
Principe : Les écolabels ont été créés à l'initiative des pouvoirs publics afin d'apporter des **garanties** aux consommateurs en **matière de qualité écologique des produits ou des services**.
Garanties :
- **la qualité d'usage des produits ou services**,
- **la réduction des impacts environnementaux des produits ou services**.

Le cycle de vie des produits : chaque étape est prise en compte : depuis l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie (élimination ou recyclage) notamment sont intégrés **les impacts négatifs sur l'environnement.** Tout produit a des impacts négatifs sur l'environnement : épuisement de ressources naturelles, consommation d'énergie, pollutions et nuisances dues aux rejets de substances dans l'eau, l'air ou les sols… et ce, tout au long de son cycle de vie.
Par exemple : Sont mentionnés par exemple sur les produits « Caractéristiques certifiées :
- Incidence réduite sur les écosystèmes aquatiques
- Usage limité de substances dangereuses »

Source ecolabels.fr

3.2.2.3 La politique d'achat de Bordeaux Métropole

Au sein de la Direction générale finances commande publique, la direction performance de l'achat mène une politique de management et de rationalisation de la commande publique. Elle veille à atteindre une exemplarité en termes économiques, sociaux et **environnementaux**.

Il ressort d'après un entretien réalisé auprès du référent « expert développement durable » appartenant à cette direction les éléments suivants :

Depuis 2007, une politique d'achat durable est mise en œuvre à Bordeaux Métropole. Un guide dématérialisé (extrait ci-après) est à la disposition des acheteurs pour intégrer le développement durable à différent stade du processus d'achat.

Etapes	Actions
Préparation du marché public	Dès la définition du besoin, il est nécessaire : - **d'identifier avec précision les besoins,** - **d'identifier les enjeux de développement durable liés à l'investissement,** - **de repérer les référentiels environnementaux ou permettant d'identifier les éco-produits : écolabels officiels (marque NF, Environnement, écolabels européens…),** - **de s'être renseigné sur les fournisseurs susceptibles de fournir des produits et des services plus respectueux de l'environnement ou réseaux locaux, notamment pour la clause d'insertion sociale,** - **de repérer les impacts et les retombées positives de l'opération sur l'environnement** - **de s'interroger sur le coût global du projet** - **de s'interroger sur la pertinence de faire des caractéristiques environnementales une exigence (spécification) ou plutôt un élément d'évaluation (critère de choix).**
Sélection des candidats	Au stade de la sélection des candidatures, le maître d'ouvrage peut solliciter au titre des capacités professionnelles, des renseignements sur le savoir-faire des candidats en matière de protection de l'environnement. L**es candidats ne remplissant pas les conditions demandées peuvent être écartés sans avoir besoin d'analyser les offres, si l'objet du marché le permet explicitement**
Définition des conditions d'exécution d'un marché dans le CCTP (Cahier des Clauses Techniques particulières)	Dans les conditions d'exécution d'un marché, il est possible de préciser des objectifs de préservation de l'environnement à travers **des « spécifications techniques » (caractéristiques) ou des « normes » (référence à des écolabels).** **Ce choix garantit un niveau minimal de prise en compte des considérations de développement durable, mais il ne permet pas de juger de la performance environnementale des candidats.** Les spécifications techniques peuvent concerner : - **Les matériaux de base** - **Le processus de production** - **Les écolabels** Les spécifications fondées sur la performance : L'approche fondée sur les **performances** offre en principe un plus grand potentiel de créativité du marché, pouvant même inciter le marché à développer des solutions techniques innovantes.
Définition des critères de choix des offres	**Les critères d'attribution « écologiques » ou sociaux** Le maître d'ouvrage peut intégrer des critères plus spécifiquement liés aux principes de l'éco-construction (environnement) dès lors que l'ensemble des critères

	d'attribution permet d'identifier l'offre économiquement la plus avantageuse. Il peut influer directement sur la prise en compte de ces aspects selon le rang auquel il place le critère de développement durable par rapport aux autres critères et selon leur pondération. Ce choix permet d'exiger la prise en compte des critères de développement durable et d'apprécier le niveau de performance en matière de prise en compte de l'environnement.

Référentiel achat durable par thématique pour les marchés de travaux, fournitures et services

La centralisation des achats, **pour les marchés formalisés**, permet de systématiser la prise en compte du développement durable dans le processus d'achat.
La direction performance de l'achat dispose d'un **référentiel** qui identifie les prescriptions d'achat durable à mettre dans les marchés de travaux, de fournitures et de services.
Bordeaux Métropole a « éco-responsabilisé » sa nomenclature (qui permet le recensement et la computation des besoins d'achats) en fonction de ce référentiel.
Concrètement une centaine de fiches existent concernant des travaux, des fournitures et des services sur toutes les thématiques en lien avec les collectivités. Chaque fiche définit les enjeux et les leviers durables et propose des clauses à mettre dans les cahiers des charges des marchés publics.

3.2.2.4 Les politiques de développement durable et de l'eau de Bordeaux Métropole

La quasi-totalité des communes de la métropole et Bordeaux Métropole disposent d'un agenda 21. Toutefois il ressort des entretiens effectués que la plupart de ces agendas 21 arrivent en fin de cycle et ne sont pas reconduits sous cette forme. La politique de développement durable au sein de Bordeaux Métropole est en cours de révision. A ce stade, la problématique des micropolluants n'est quant à elle pas évoquée en tant que telle mais est abordée essentiellement sous l'angle des produits phytosanitaires.
La problématique des micropolluants est toutefois prise en compte explicitement et spécifiquement dans le document cadre Politique de l'Eau adopté le 16 décembre 2011 par Bordeaux Métropole (Cf. extrait ci-dessous) :

AXE 2 Préserver les milieux aquatiques et la biodiversité

Objectif 2.1 : Identifier les sources possibles de polluants (substances dangereuses prioritaires, substances émergentes...) et participer à la réduction de leur apports dans les milieux naturels aquatiques

- ⇨ Améliorer sa connaissance des sources de polluants et porter des actions collectives de sensibilisation, de pré-traitement et de contrôle pour les réduire a la source.
- ⇨ Porter l'exemplarité de Bordeaux Métropole en termes de préservation de l'environnement. Réduire l'utilisation de substances polluantes dans les activités et le fonctionnement de Bordeaux Métropole.

De nombreuses actions en matière de réduction des émissions de micropolluants ont pu être identifiées au sein des différents services urbains de Bordeaux Métropole ou des communes du territoire métropolitain.
Les leviers d'actions à mettre en œuvre sont répartis de la façon suivante :

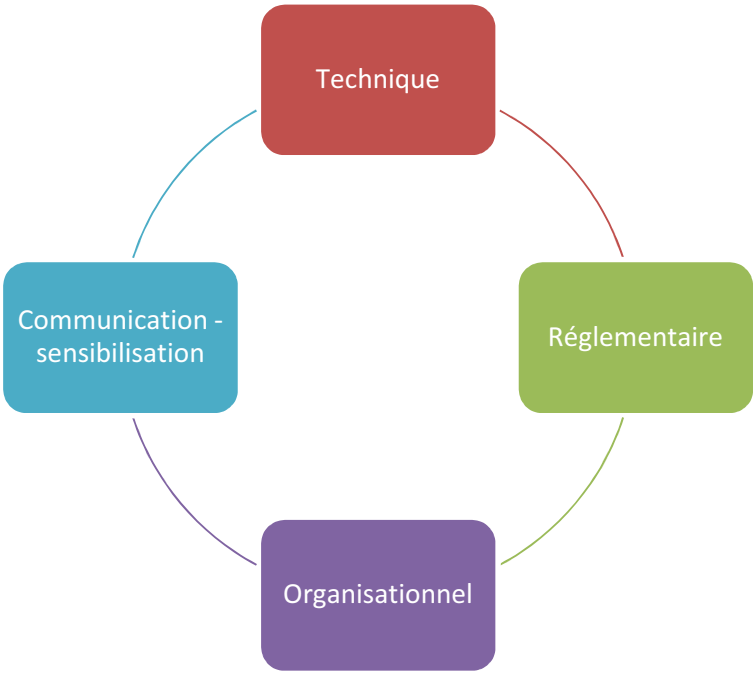


Figure 2 – Leviers d'action

Le tableau ci-après recense les leviers d'action à envisager, à poursuivre ou à approfondir, ainsi que les freins et les moteurs à leur mise en œuvre.
Faute de temps, certaines thématiques n'ont pas pu investiguées en particulier le domaine des déplacements. Par ailleurs, 7 communes n'ont également pas pu être rencontrées. D'autres thématiques nécessiteraient d'être approfondies (sport, cimetière, déchet, voirie, moyen généraux) notamment afin de recueillir des données de consommation de produits, des données patrimoniales permettant de caractériser/dimensionner certains services tel que celui des bâtiments et enfin d'identifier des solutions de réduction dans ces domaines. Aussi, le travail réalisé va être complété dans ce sens dans le cadre d'un nouveau stage de 6 mois prévu en 2017.

Thématiques	Leviers	Freins	Moteurs
Pesticides	Communication auprès des usagers	Volonté politique de chaque commune	Plusieurs communications grand public en cours et à venir - Aides financières agence de l'eau et Conseil départemental jusqu'à 80% pour la communication
	Mise en œuvre de nouvelles pratiques de conception de l'espace public	Absence de portée réglementaire du guide de conception de l'espace public	Guide de conception de l'espace public (cahier Végét-eau e finalisation 2018 - Mise en place réseaux métiers Espaces verts et de nature et Gestion de la trame verte
	Mise en œuvre de nouveaux modes de gestion de l'espace public (formation des agents, nouveaux équipements techniques alternatives, plan de gestion différenciée ...) en mettant l'accent sur les terrains de sport et les cimetières	Coût - perceptions des usagers, des élus et des agents - volonté politique - moyens humains - pénibilité - répondre aux usages de l'espace publics (ciculation, sécurité et propreté)	Aides financières agence de l'eau et Conseil départemental jusqu'à 80%, (formation, acquisition matériel plafond 20k€ par engin)
	Implication des citoyens dans une démarche globale d'amélioration du cadre de vie	Outils réglementaires à adapter	Nouvelles convention "Trottoirs vivants" entre les communes et la Métropole
	Intégration de la gestion des terrains de sport en matériaux inertes (pistes athlétisme, terrains de tennis, multi sport , gazons synthétiques)dans la démarche zéro phyto	Incertitude sur l'application de la loi labbé	Démarche zéro phyto bien engagée sur le territoire de la métropole pour les terrains de sport engazonnés et quelques cimetières
	Généralisation de l'utilisation de désherbants "bio" type acide pélargonique	Coût - produits non adapté selon le stade de développement de la plante - nécessité d'utiliser grande quantité de produit	
	Rédaction arrêté type municipal relatif à la gestion des trottoirs par les riverains	Volonté politique de chaque commune	Projet d'arrêté par Bordeaux Métropole en cours de validation qui sera proposé aux communes
	Clarification des incertitudes loi labbé sur la gestion des terrains de sports et cimetières	Attente position Ministère	Réponse attendue pour le 1er décembre 2016
Produits de nettoyage	Systématisation de l'usage des produits écolabellisés	Coût	Prise en compte dans les marchés publics
	Systématiser l'usage de doseur automatique	Coût	Prise en compte dans les marchés publics
Autres produits et matériaux	Systématisation de l'usage des produits écolabellisés ou plus respectueux de l'environnement pour d'autres produits : peintures utilisées pour les bâtiments, pour la signalisation routière, pour les marquages routiers pour les services tel que l'eau et assainissement, rodenticides ...	Coût	Démarche déjà engagée dans certains marché publics en cours des moyens généraux
	Intégration du critère micropolluant dans les matériaux utilisés (réseau d'assainissement, eau potable, enrobés de voirie...)	Coût	
	Caractérisation le potentiel d'apport de micropolluants dans certains produits utilisés en quantité importante (produits traitement dans stations épuration en particulier le FeCl3, et unités de potabilisation d'eau)	Coût et faisabilité technique de substitution	
Gestion des déchets	Optimiser gestion (conditions stockage, adéquation filières élimination, traçabilité)	Coût, moyens humains	Renforcement maîtrise rejets non domestiques
Gestion des effluents	Systématisation de mise en place de pré-traitement des effluents en particulier de lavages (en particulier des outils, matériels et véhicules)	Coût, moyen humains	Aides Agence de l'eau pour certaines activités - renforcement maîtrise rejets non domestiques
Achat public	Sensibiliser acteurs (administratif et technique) aux clauses environnementales en vue de les systématiser dans les marchés non formalisés	Volonté politique	Réseaux acheteurs (ex. Association 3AR)
	Etablir un "catalogue" de clauses spécifiques sur la problématique des micropolluants par thématiques		Démarche déjà engagées sur d'autres problématiques environnementales
	Améliorer le suivi des prestations exécutées (renforcer les contrôles, pertinence des contrôles et l'application de pénalités : faciliter de mise en œuvre, ...) en particulier sur les clauses environnementales	A intégrer lors de la rédaction des marchés publics - moyens humains	

3.2.3 Les résultats de la communication engageante dans les cimetières

Compte tenu de contraintes de temps et de période estivale, la communication engageante n'a pu être mise en œuvre qu'auprès de 6 responsables de cimetières (cimetières de Gradignan, Carbon Blanc, Parempuyre, Saint Aubin de Médoc, Talence, Eysines).
Le nombre de personnes interrogées n'est pas suffisant pour affirmer ou réfuter l'efficacité de la communication engageante.
Sur les 6 communes rencontrées, 4 étaient déjà en « zéro-phyto » au niveau de leurs cimetières et 2 ne l'étaient pas.
Ces entretiens, réalisés en 2017, ont notamment permis d'identifier les freins au changement de pratiques au niveau des cimetières : volonté politique, coût, sensibilité des riverains.
Par ailleurs, pour les sites déjà en « zéro-phytos » les entretiens nous ont permis de connaitre les techniques alternatives mises en œuvre et les clés de la réussite de ce changement de pratiques.

- Cimetière de Gradignan : La commune possède 2 cimetières : le cimetière de Rochefort (traditionnel) et un cimetière paysager. Le désherbage est réalisé 2 fois par an avec du glyphosate. A l'issue du processus présenté précédemment, le responsable de l'entretien du cimetière envisage d'acheter un désherbeur thermique à air pulsé grâce à la subvention de l'Agence de l'eau suggérée lors de l'entretien.

- Cimetières de Carbon Blanc : La commune dispose d'un seul cimetière qui utilise des produits phytosanitaires pour le désherbage. A l'issue du processus présenté précédemment, le responsable de l'entretien du cimetière a pris connaissances des techniques alternatives présentées dans le guide remis et a échangé avec sa hiérarchie à ce sujet. La volonté de passage au zéro-phyto reste soumise à la validation des élus de la commune.

- Cimetière de Parempuyre : La commune dispose d'un seul cimetière en zéro-phyto depuis 2015. Le responsable de l'entretien a pris connaissance du guide et l'a diffusé à ses équipes.

- Cimetière de Saint Aubin de Médoc : La commune dispose d'un seul cimetière en zéro-phyto depuis 2015. Le responsable de l'entretien a pris connaissance du guide et l'a diffusé à ses collègues. Le responsable est favorable à la modification du règlement intérieur de son cimetières afin d'interdire aux particuliers d'utiliser des produits phytosanitaires.

- Cimetière de Talence : La commune possède 2 cimetière en zéro-phyto depuis 2014. Le responsable de l'entretien a pris connaissance du guide et l'a diffusé à ses collègues. Ila accepté de mettre en place une nouvelle technique alternative évoquée dans le guide. Le responsable est favorable à la modification du règlement intérieur de son cimetières afin d'interdire aux particuliers d'utiliser des produits phytosanitaires.

- Cimetière d'Eysines : La commune possède 2 cimetières en zéro-phyto depuis 2015. Le responsable de l'entretien a pris connaissance du guide de gestion écologique.

Cette démarche a notamment permis d'enclencher la démarche vers le zéro-phyto pour une des communes puisqu'une étude de type APS a ensuite été réalisée en 2018 dans le cadre d'un 3ème stage.
En relais des investigations menées dans le cadre du projet REGARD, la direction des espaces verts de Bordeaux Métropole a lancé en avril 2019 une mission d'assistance à maitrise d'ouvrage pour accompagner les communes volontaires vers le zéro-phyto dans leurs cimetières.

3.2.4 Résultats de l'enquête populationnelle sur la perception de la végétation spontanée dans les espaces publics

À la suite de l'arrêt de l'utilisation des pesticides dans les espaces publics, l'apparition logique de végétation spontanée fait désormais partie du paysage urbain.
Une enquête sur la perception de la végétation spontanée dans les espaces publics a ainsi été réalisée principalement en ligne via les réseaux sociaux mais aussi en face à face. Elle a touché 245 personnes réparties sur 26 communes de la métropole. Plus de la moitié des répondants ont entre 35 et 60 ans.

Il en ressort notamment que :

- 96 % des répondants sont conscients des dangers des pesticides,
- 74% d'entre eux souhaitent laisser pousser la végétation, dans les espaces publics à condition qu'elle soit entretenue,
- 3% des répondants disent « enlever les mauvaises herbes » sur leur trottoir.

Ainsi l'arrêt des pesticides dans les espaces publics doit être accompagné de communication (Cf. ci-dessous un exemple d'affiche réalisé sur le territoire de Bordeaux Métropole). Par ailleurs, il est nécessaire de redonner un sentiment de contrôle aux citoyens et de les inciter à entretenir (balayer, planter, végétaliser, tondre, désherber sans herbicide) le trottoir devant leur habitation.

A ce titre, un projet d'arrêté type relatif à l'entretien des trottoirs est proposé aux communes de la métropole. En outre, adossée à ces obligations règlementaires, des convention « trottoirs vivants » sont proposées aux communes de la métropole afin de favoriser le fleurissement participatif des riverains des espaces publics. Enfin des déambulations dans les espaces publics sont proposées aux habitants sur cette thématique.

Rappelons pour conclure que le végétal doit être intégré dès la conception des espaces publics. Des guides réalisés par Bordeaux Métropole sont à la disposition de aménageurs.

4 Annexe

Annexe 1 Questionnaire d'évaluation de la prise en compte de la problématique des micropolluants au sein de la collectivité (2016)

Q1. A votre avis, qu'entend-on par le terme « micropolluant » ? (Cocher une ou plusieurs réponses)

- ☐ Un polluant ayant un très faible impact sur l'environnement et les êtres vivants
- ☐ Un polluant qui agit, même à très faible dose, sur l'environnement et les êtres vivants
- ☐ Un polluant très vite éliminé dans l'environnement
- ☐ Un polluant ayant un impact uniquement sur les êtres vivants microscopiques (bactéries par exemple)

Q2. Selon vous, dans quels produits peut-on trouver des micropolluants ? (Cocher une ou plusieurs réponses)

- ☐ Aucun
- ☐ Produits alimentaires
- ☐ Contenants alimentaires
- ☐ Vêtements
- ☐ Produits d'hygiène et cosmétiques
- ☐ Médicaments
- ☐ Produits d'entretien de la maison
- ☐ Produits de nettoyage et maintenance d'équipement et d'engins
- ☐ Produits de bricolage (peintures, solvants, etc.)
- ☐ Produits de jardinage (engrais, pesticides, etc.)

Q3. Selon vous, d'où viennent les micropolluants présents dans les milieux aquatiques ?

- Du ruissellement de l'eau de pluie sur les voiries

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Du réseau d'eaux usées

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- Des rejets accidentels et / ou non autorisés

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- De la pluie en raison de la pollution atmosphérique

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

- De la présence de micropolluants dans les sols et leur entraînement vers les cours d'eau

Pas du tout ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tout à fait

1 2 3 4 5 6

Les pratiques et les produits utilisés :

Q1. Tout d'abord, pouvez-vous m'indiquer les tâches effectuées au sein de votre service nécessitant l'utilisation d'un ou plusieurs produits ?
(Entretien des espaces verts (ex : désherbage), nettoyage véhicules, nettoyage équipements divers, nettoyage mobilier urbain, nettoyage locaux, peinture, entretien toitures, etc…)

……
……
……
……
……

Q2. Pensez-vous utiliser des produits qui génèrent des micropolluants ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Q2-1. Si oui, par le biais de qu'elles activités pensez-vous en produire ?

……
……
……
……

Q3. Pouvez-vous nous indiquer le nom des divers produits que vous utilisez, en remplissant le tableau ci-dessous ?

Nom du produit (commercial)	Nom du produit (principe actif)	Activité(s) nécessitant son utilisation	Utilisation du produit (manuellement, dans une machine…)	Quantité annuelle (2014)	Quantité annuelle (2015)

Q4. Selon vous, quels sont les critères qui orientent le choix d'un achat d'un produit ? *(2 réponses maximum)*

- ☐ Critère économique
- ☐ Critère santé du manipulateur
- ☐ Critère environnement
- ☐ Critère facilité d'usage
- ☐ Critère qualité du produit
- ☐ Autre :

……

Q5. Comment stockez-vous les produits ? *(sous abri, rétention) Se rendre sur le lieu de stockage des produis si possible*

……
……
……
……

Q6. D'après vous, les micropolluants potentiellement contenus dans ces produits se retrouvent dans le cheminement de l'eau par ? (cocher une ou plusieurs réponses)

- ☐ Les eaux usées

☐ Les eaux pluviale

Q7. Avez-vous auparavant, utilisé des produits qui sont aujourd'hui interdits ou fortement déconseillés ?

☐ Oui
☐ Non

Q7-1. Si oui, le ou lesquels ?

.....
.....

Q7-2. De ce fait, quels sont les produits ou les pratiques alternatives qui ont remplacés ce ou ces produits ?

.....
.....
.....
.....
.....

Q8. Si vous avez recours à de nouvelles pratiques suite à des changements ou des suppressions de produits, cela s'applique depuis quand ?

.....
.....

Q8-1. Savez-vous qui a pris la décision de ce changement ?

.....
.....

Q8-2. Les employés ont-ils suivit une formation afin d'appliquer ces nouvelles pratiques ?

☐ Oui
☐ Non

Q8-3. Ont-ils étaient retissant au changement ?

☐ Pas du tout
☐ Un peu
☐ Totalement

Q8-4. Existe-il des dérogations pour l'utilisation de certains produits ? *(stades, cimetières)*

☐ Oui
☐ Non

Q8-5. Si oui, dans quels cas ?

.....
.....

Q9. Selon vous, dans un idéal, quelles seraient les solutions à mettre en place ? (qu'importe les moyens financiers et techniques)

.....
.....
.....
.....
.....

Q10. Toujours selon vous, quels sont les freins à ces solutions ?

.....
.....
.....
.....
.....

Santé :

Q1. Si vous êtes amené à utiliser des pesticides ou autres produits potentiellement dangereux, utilisez-vous des protections (gants, vêtements…) ?

- ☐ Oui
- ☐ De temps en temps
- ☐ Non

Q2. Vous ou d'autres personnes de l'équipe avez déjà ressenti des symptômes après utilisation (maux de tête, plaques…) ?

- ☐ Systématiquement
- ☐ Assez régulièrement
- ☐ Occasionnellement
- ☐ Jamais

Q3. Avez-vous ressenti des différences suite au changement de certains produits ou pratiques ?

- ☐ Oui de façon positive
- ☐ Oui de façon négative
- ☐ Non aucune différence

Thème 4 : La gestion des déchets :

Q1. Comment stockez-vous les déchets ? *(sous abri, rétention) Se rendre sur le lieu de stockage des produis si possible*

……
……
……
……

Q2. Lorsque ces derniers arrivent en fin d'utilisation, comment gérez-vous la gestion des déchets :

- **Des bidons ?**
  - ☐ Poubelle
  - ☐ Poubelle du recyclable
  - ☐ Déchèterie
  - ☐ Brûlé
- **Des liquides restants?**
  - ☐ Poubelle
  - ☐ Déchèterie
  - ☐ Dans l'évier
  - ☐ Dans les égouts
  - ☐ Dans la nature

Profil :

Au sujet des questions environnementales, d'une façon générale, vous considérez-vous comme une personne :

Pas du tout concernée ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Très concernée

1 2 3 4 5 6

Vous êtes :

- ☐ Un homme
- ☐ Une femme

Vous avez :

- ☐ Entre 18 et 30 ans
- ☐ Entre 30 et 45 ans
- ☐ Entre 45 et 60 ans
- ☐ 60 ans et plus

Quel est votre fonction ? *(préciser la collectivité)*

.....

Depuis combien de temps occupez-vous ce poste ?

.....

Annexe 2 Questionnaire pour les gestionnaires de cimetières communaux (2017)

Les activités Humaines génèrent des micropolluants. Cette pollution est un problème de plus en plus préoccupant, à la fois d'un point de vue environnemental et sanitaire. Mieux la connaitre pour mieux la réduire devient alors un enjeu primordial. Bordeaux Métropole est impliqué dans le projet REGARD, qui a pour but d'identifier les sources de pollution et d'y remédier.

Afin d'enrichir le projet, nous vous sollicitons en tant que responsable de l'entretien des cimetières pour prendre en compte votre regard et votre expérience professionnelle à travers ce questionnaire, qui vous prendra quelques minutes à répondre.

Q1. A votre avis, qu'entend-on par le terme « micropolluant » ? (cocher une ou plusieurs réponses)

1. ☐ Un polluant ayant un très faible impact sur l'environnement et les êtres vivants
2. ☐ Un polluant qui agit, même à très faible dose, sur l'environnement et les êtres vivants
3. ☐ Un polluant très vite éliminé dans l'environnement
4. ☐ Un polluant ayant un impact uniquement sur les êtres vivants microscopiques (bactéries par exemple)

Q2. Selon vous, dans quels produits peut-on trouver des micropolluants ? (cocher une ou plusieurs réponses)

1. ☐ Produits alimentaire
2. ☐ Contenants alimentaires
3. ☐ Produits de nettoyage et maintenance d'équipement et d'engins
4. ☐ Vêtements
5. ☐ Produits de jardinage (engrais, pesticides, etc.)
6. ☐ Produits d'hygiène et cosmétiques
7. ☐ Médicaments
8. ☐ Produits de bricolage (peintures, solvants, etc.)
9. ☐ Produits d'entretien de la maison
10. ☐ Aucun

Q3. Selon vous, d'où viennent les micropolluants présents dans les milieux aquatiques ?

Du ruissellement de l'eau de pluie sur les routes
Pas du tout 1---2---3---4---5---6 tout à fait
Du réseau d'eaux usées
Pas du tout 1---2---3---4---5---6 tout à fait

Des rejets accidentels et / ou non autorisés
Pas du tout 1---2---3---4---5---6 tout à fait

De la pluie en raison de la pollution atmosphérique
Pas du tout 1---2---3---4---5---6 tout à fait

De la présence de micropolluants dans les sols et leur entrainement vers les cours d'eau
Pas du tout 1---2---3---4---5---6 tout à fait

Les pratiques et les produits utilisés dans l'entretien du/des cimetière(s):

Q4. Tout d'abord, pouvez vous m'indiquez les activités effectuées au sein de votre service nécessitant l'utilisation d'un ou plusieurs produits ?

1. ☐ Désherbage
2. ☐ Nettoyage : précisez : .....
3. ☐ Autre : précisez : .....

Q5. Pensez-vous utiliser des produits qui contiennent des micropolluants ?

Pas du tout 1---2---3---4---5---6 Tout à fait

Q5.1. Si oui, quelles activités pensez-vous être les plus polluantes par rapport aux produits utilisés ?

1. ☐ Nettoyage des concessions
2. ☐ Désherbage
3. ☐ Utilisation d'engrais
4. ☐ Autre : précisez : .....

Q8. Comment/où stockez-vous les produits ?

1. ☐ Sous abri
2. ☐ Rétention
3. ☐ En benne
4. ☐ pas de stockage
5. ☐ Autre : précisez : .....

Q9. Selon vous, les micropolluants potentiellement contenus dans ces produits se retrouvent dans : (cochez une ou plusieurs réponses)

1. ☐ Les eaux usées
2. ☐ Les eaux pluviales
3. ☐ Les eaux usées et les eaux pluviales
4. ☐ Aucun des deux

Q9. Avez-vous déjà utilisé des produits qui sont aujourd'hui interdits ou fortement déconseillés ?
Jamais 1---2---3---4---5---6 systématiquement

Q9.1. Si oui, le ou lesquels ?

.....

Q9-2.Pour ceux qui sont toujours sur le marché, les utilisez-vous toujours ? oui / non ? Pourquoi ? Lesquels ?

.....

.....

Q10. Quels sont ceux que vous avez remplacés ? Si oui, par quoi ? Nom du produit / Type de changements dans vos pratiques ?

.....

.....

Q6. Pouvez-vous nous indiquez le nom des différents produits que vous utilisez, en remplissant le tableau ci-dessous ?

Nom du produit (commercial)	Nom du produit (principe actif)	Activité(s) nécessitant son utilisation	Utilisation du produit (manuellement, dans une machine ...)	Quantité (en L) (approximativement) Moyenne annuelle (2016)

Q7. Pouvez-vous classer les critères suivant du plus important au moins important, lorsque vous choisissez un produit ?

- ☐ Le prix
- ☐ Sa non-dangerosité pour l'utilisateur
- ☐ Sa préservation de l'environnement
- ☐ Son côté pratique
- ☐ Son efficacité
- ☐ Autre, précisez : .....

Q7.1. Lors de votre dernier achat, quel est le critère qui a le plus compté ?

- ☐ Le prix
- ☐ Sa non-dangerosité pour l'utilisateur
- ☐ Sa préservation de l'environnement
- ☐ Son côté pratique
- ☐ Son efficacité
- ☐ Autre, précisez : .....

Q.11. Si vous avez fait évoluer vos pratiques suite à des changements ou des suppressions de produits, de quand datent-elles ?

.....

Q11.1- Savez-vous quel est le critère qui a influencé votre décision ?

1. ☐ Réglementaire
2. ☐ Techniques
3. ☐ Economique
4. ☐ Volonté politique
5. ☐ Santé
6. ☐ Autre : précisez .....

Q10.2. Les employés ont-ils suivit une formation afin d'appliquer ces nouvelles pratiques écologiques ?

☐ Oui

☐ Non

☐ Ne sait pas

Q10.3. Ont-ils été réticents au changement ?
Pas du tout 1---2---3---4---5---6 Totalement

Q10.4. Savez-vous s'il existe des dérogations pour l'utilisation de certains produits ?

.....

Q10-5. Si oui, dans quels cas ?

.....

Q.11. Dans la mesure du possible, quel produit proposeriez-vous de changer ?

.....

Q.12. Accepteriez-vous d'avoir un échange informel à propos de ce sujet, avec vos collègues ?

☐ Oui

☐ Non

Q.13. Accepteriez-vous de vous renseigner dans le guide pratique (*conception et gestion écologique des cimetières*) sur une ou deux pratiques précises afin de convaincre vos collègues de les utiliser ?

☐ Oui

☐ Non

Q.14. Pourriez-vous choisir un produit ou une méthode dans ce guide, à mettre en place pour notre prochaine rencontre? (Vous êtes libre de choisir le produit ou la méthode qui vous satisfait le plus)

☐ Oui

☐ Non

Q.14.1. Dans le cas où une démarche zéro phytosanitaire est déjà mis en place, accepteriez-vous d'ajouter une phrase au règlement intérieur du cimetière afin d'interdire l'utilisation de produits chimiques par les particuliers ?

☐ Oui

☐ Non

Profil :

Au sujet des questions environnementales, d'une façon générale, vous considérez-vous comme une personne :

Pas du tout concernée 1---2---3---4---5---6 très concernée

Vous êtes :

☐ Un homme

☐ Une femme

Vous avez :

☐ Entre 18 et 30 ans

☐ Entre 30 et 45 ans

☐ Entre 45 et 60 ans

☐ 60 ans et plus

Quel est votre fonction ? (précisez la collectivité)

.....

Depuis combien de temps occupez-vous ce poste ?

.....

Afin de pouvoir vous recontacter ultérieurement, pouvez-vous svp noter votre numéro de téléphone ainsi que votre adresse email :

Tel : .....

Email : .....

Merci d'avoir répondu à ces quelques questions !

Annexe 3 Enquête populationnelle sur la perception de la végétation spontanée (2017)

Questionnaire REGARD

Ce questionnaire s'inscrit dans un projet nommé REGARD porté par Bordeaux Métropole et coordonné par le LyRE (Suez), au sein d'un consortium de 9 partenaires.
Ce projet a pour but d'identifier les sources de pollution par les micropolluants au sein du territoire de Bordeaux Métropole et d'y remédier.

Dans le cadre de nos recherches, nous vous demandons de bien vouloir répondre à ces quelques questions.
Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, seul votre avis compte.

Les informations recueillies via ce questionnaire feront l'objet d'un traitement conforme à la loi Informatique et libertés du 6 janvier 1978 modifié en 2004, notamment en termes de confidentialité et d'anonymat.

*Obligatoire

REGARD

1. 1- **Jugez-vous votre quartier comme agréable à vivre ?** *
Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait

2. 2- **Jugez-vous les rues de Bordeaux comme étant propre ?** *
Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait

3. **3- Sélectionnez les trois types de saletés les plus intolérables dans une ville selon vous ?** *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Détritus
- [ ] Déjections canines
- [ ] Encombrants
- [ ] Odeurs
- [ ] Mauvaises herbes
- [ ] Bacs poubelles sur le trottoir
- [ ] Chewim-gum
- [ ] Tags/graffitis
- [ ] Affichages sauvages
- [ ] fiente de pigeon
- [ ] Aucun
- [ ] Autre : _____

4. **4- Sélectionnez les trois types de saletés les plus tolérables dans une ville selon vous ?** *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Détritus
- [ ] Déjections canines
- [ ] Encombrants
- [ ] Odeurs
- [ ] Mauvaises herbes
- [ ] Bacs poubelles sur le trottoir
- [ ] Chewim-gum
- [ ] Tags/graffitis
- [ ] Affichages sauvages
- [ ] fiente de pigeon
- [ ] Aucun
- [ ] Autre : _____

En ce qui concerne les trottoirs ...

Depuis le 01/01/17, les services communaux n'ont plus le droit d'utiliser de pesticides dans les espaces publics. Vous avez donc certainement dû remarquer l'apparition de la végétation sur les trottoirs de votre ville :

5. **5 - De manière générale, prêtez-vous attention à la végétation spontanée ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait

6. **6 - Souhaitez-vous qu'on laisse pousser cette végétation dans les espaces communaux ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

7. 7 - **Trouvez-vous que cette végétation est acceptable ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

8. **8 - Trouvez-vous que cette végétation est acceptable ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

9. **9 - Trouvez-vous que cette végétation est acceptable ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

0. 10 - Trouvez-vous que cette végétation est acceptable ? *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

Concernant les cimetières ...

Les cimetières ne sont pas soumis à la loi interdisant d'utiliser des pesticides. Cependant, certaines communes ont décidé d'arrêter d'utiliser ces produits pour une raison écologique.

11. **11 - Trouvez-vous cette végétation en ce lieu acceptable ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

12. **12 - Trouvez-vous cette végétation en ce lieu acceptable ?** *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

13 - Est-ce que vous recommanderiez ce cimetière comme modèle à votre commune ? *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

14 - Est-ce que vous recommanderiez ce cimetière comme modèle à votre commune ? *

Une seule réponse possible.

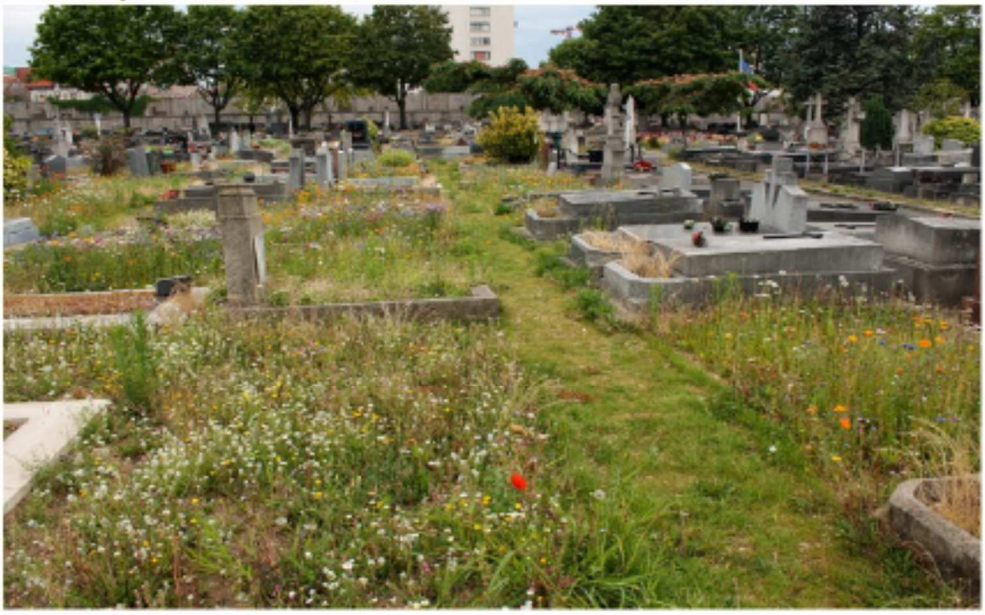
	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

15 - Est-ce que vous recommanderiez ce cimetière comme modèle à votre commune ? *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

16. 16 - Est-ce que vous recommanderiez ce cimetière comme modèle à votre commune ? *



Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

En ce qui concerne la végétation spontanée en général ...

17. **17 - La végétation spontanée vous évoque un retour au naturel : ***
Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

18. **18 - Trouvez-vous cette végétation spontanée esthétique ? ***
Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

19. **19 - Cette végétation spontanée évoque t-elle pour vous de l'abandon ? ***
Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

20. **20 - La végétation spontanée favorise t-elle pour vous la biodiversité ? ***
Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout d'accord	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait d'accord

21. **21 - Dans votre rue, quelles taches effectuez-vous vous-même au niveau de la propreté ? Plusieurs réponses possibles : ***
Plusieurs réponses possibles.

- ☐ Balayage du trottoir
- ☐ Nettoyage du trottoir
- ☐ Enlever les herbes
- ☐ Sortir/rentrer les bacs à poubelles
- ☐ Rien
- ☐ Autre : _____

21 - Dans votre rue, quelles taches effectuez-vous vous-même au niveau de la propreté ? Plusieurs réponses possibles : *

Plusieurs réponses possibles.

- [ ] Balayage du trottoir
- [ ] Nettoyage du trottoir
- [ ] Enlever les herbes
- [ ] Sortir/rentrer les bacs à poubelles
- [ ] Rien
- [ ] Autre : _____

22 - Selon vous, les herbicides (chimiques) sont ils dangereux ? *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Tout à fait

23 - Au sujet des questions environnementales, d'une façon générale, vous considérez-vous comme une personne : *

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	
Pas du tout concernée	◯	◯	◯	◯	◯	◯	très concernée

24 - Effectuez-vous des activités en lien avec l'environnement ? Ex: Membre d'une association / Faire le tri sélectif/ Limiter sa consommation de viande, etc. (Si oui, pouvez-vous décrire brièvement ce que vous y faite) : *

_____

Vous avez : *

Une seule réponse possible.

- ◯ Entre 18 et 30 ans
- ◯ Entre 30 et 45 ans
- ◯ Entre 45 et 60 ans
- ◯ 60 ans et +

26. **Vous êtes :** *

Une seule réponse possible.

- ◯ Un homme
- ◯ Une femme

27. **Habitez-vous sur le territoire de Bordeaux Métropole ?** *

Une seule réponse possible.

- ◯ Oui
- ◯ Je n'y habite pas, mais je travaille ici
- ◯ Non

28. **Dans quelle commune vivez-vous ?** *

29. **Depuis combien de temps ?** *

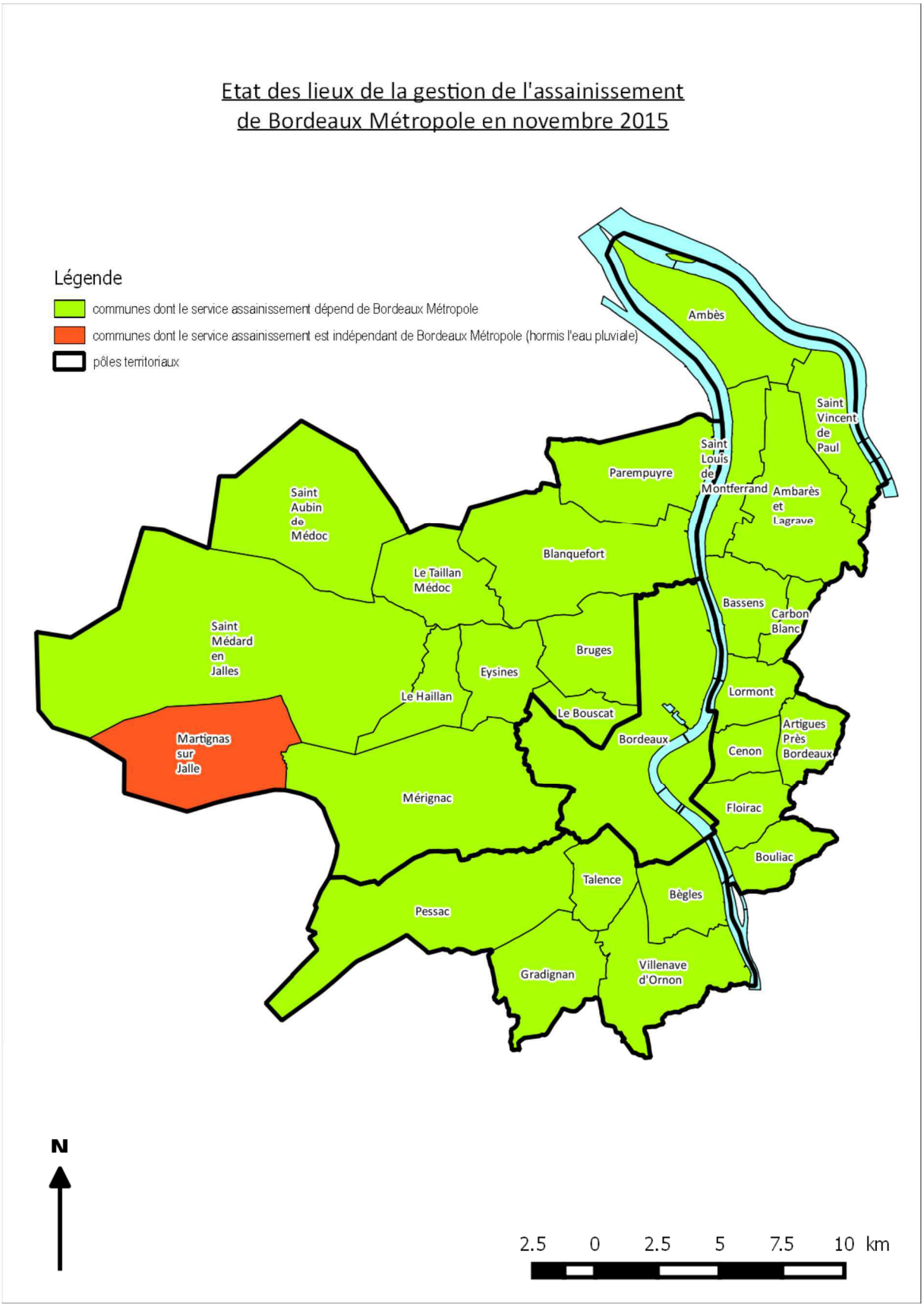
30. **Vous sentez-vous "Bordelais" ?** *

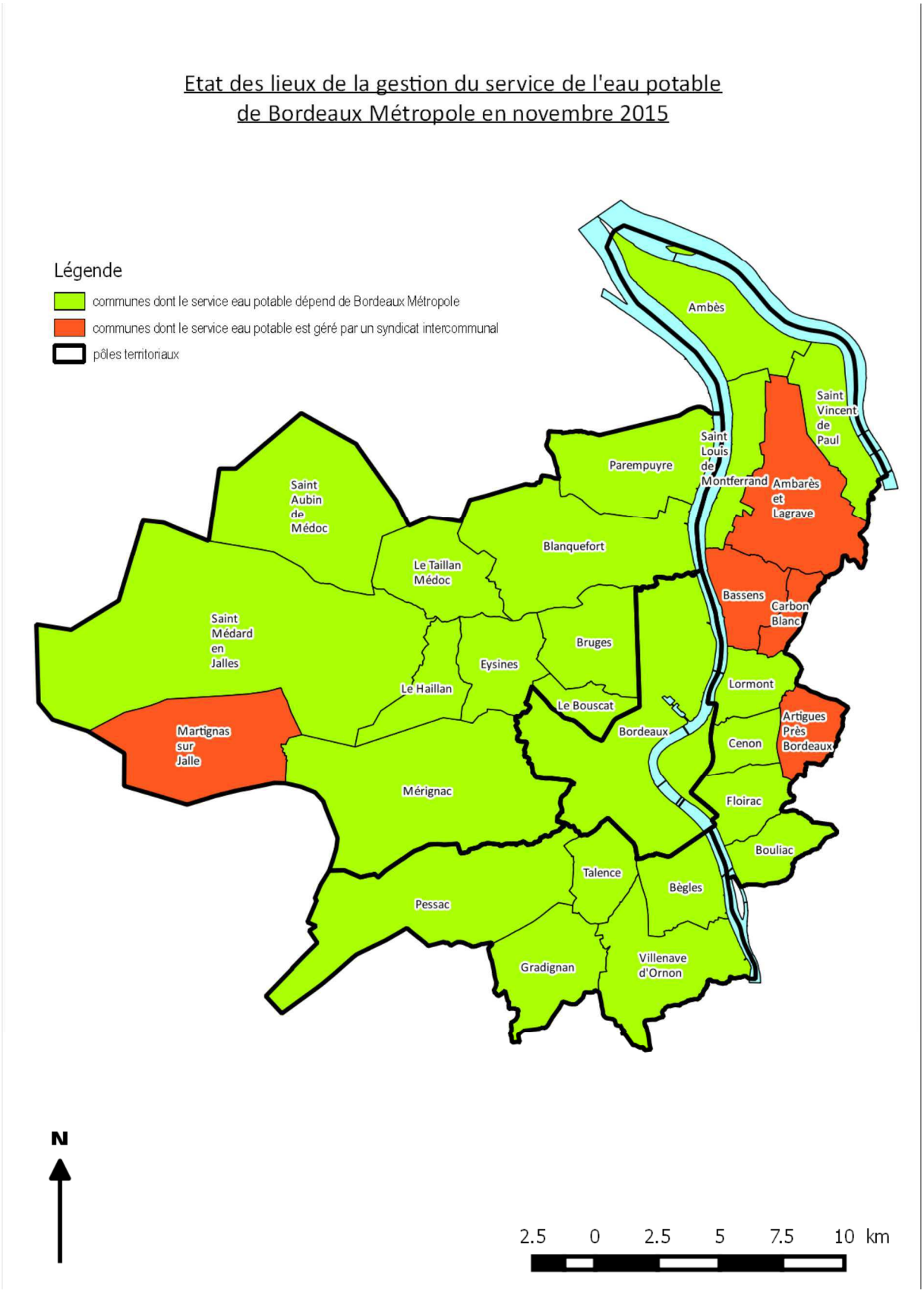
Une seule réponse possible.

- ◯ oui
- ◯ Non

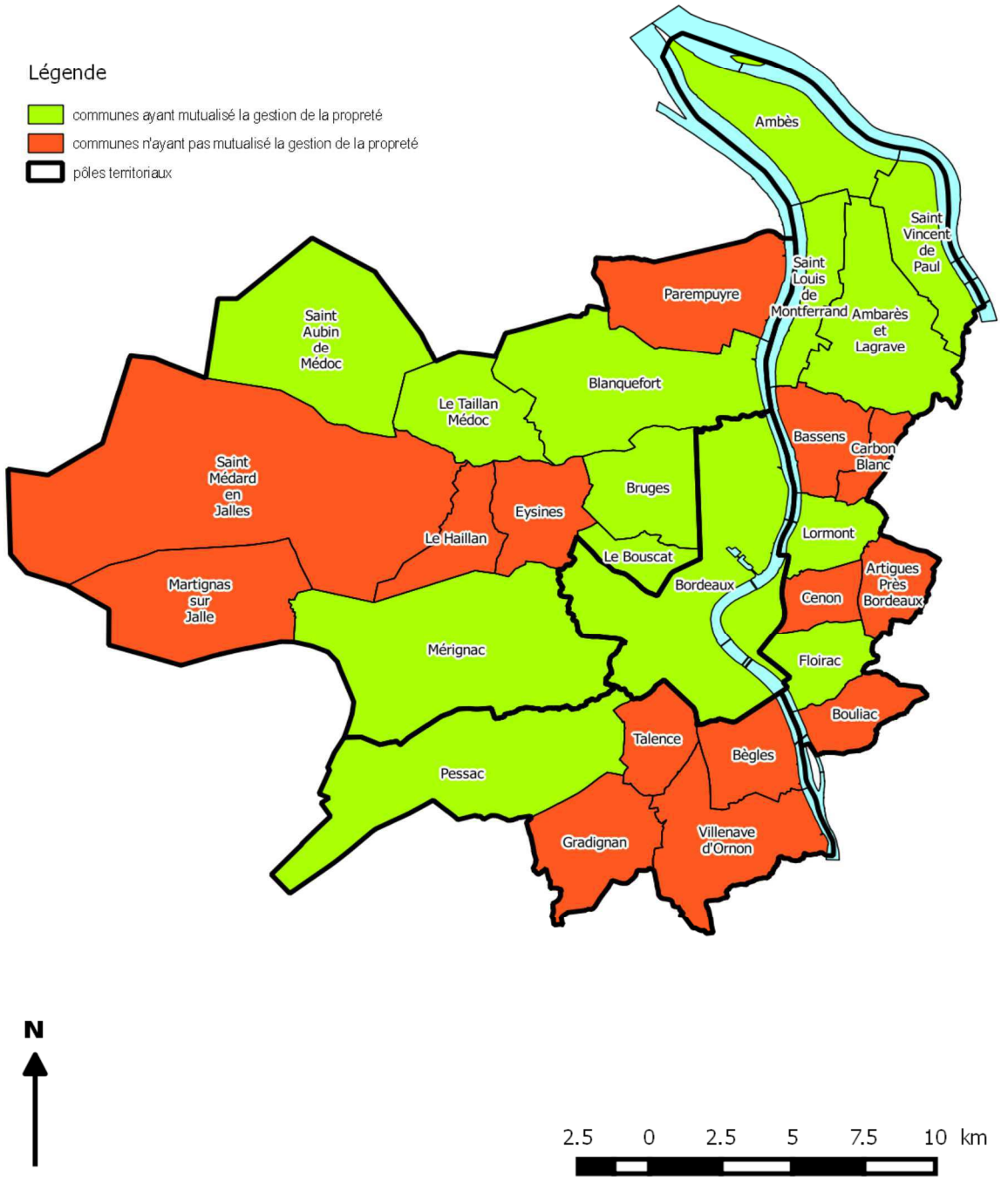
31. **Nous vous remercions pour le temps que vous avez consacré à cette enquête. Si vous avez des remarques, n'hésitez pas à vous exprimer, votre avis nous est précieux !**

Annexe 4 Cartes présentant l'état des lieux (2015) de la mutualisation pour thématiques eau, assainissement, propreté, déchets, voirie, espaces verts, moyens généraux, déplacements

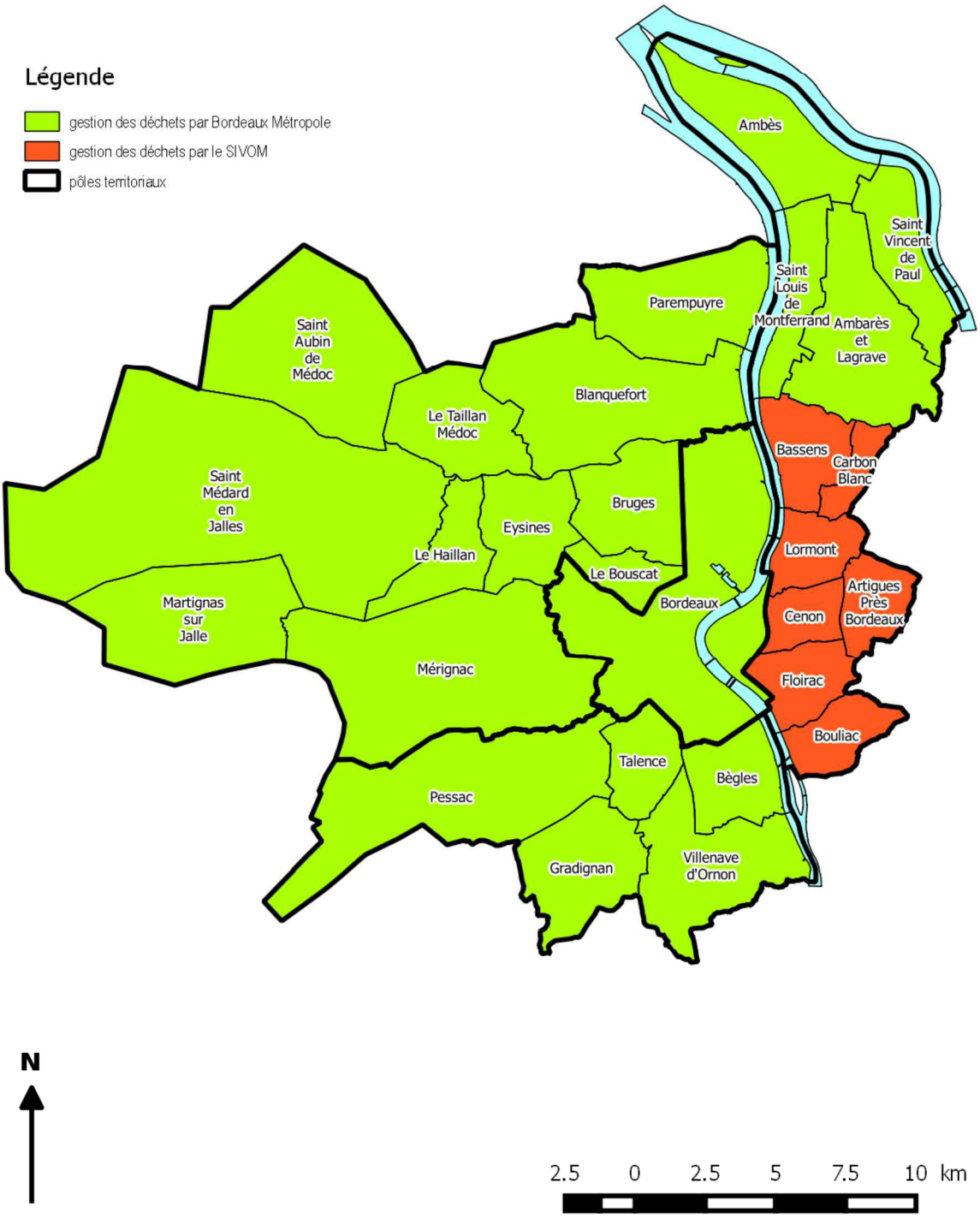

Etat des lieux de la gestion de l'assainissement
de Bordeaux Métropole en novembre 2015
Légende
communes dont le service assainissement dépend de Bordeaux Métropole
communes dont le service assainissement est indépendant de Bordeaux Métropole (hormis l'eau pluviale)
pôles territoriaux
Ambès
Saint Vincent de Paul
Saint Louis de Montferrand
Parempuyre
Ambarès et Lagrave
Saint Aubin de Médoc
Blanquefort
Le Taillan Médoc
Bassens
Carbon Blanc
Saint Médard en Jalles
Bruges
Eysines
Le Haillan
Lormont
Le Bouscat
Artigues Près Bordeaux
Martignas sur Jalle
Bordeaux
Cenon
Mérignac
Floirac
Bouliac
Talence
Bègles
Pessac
Villenave d'Ornon
Gradignan
N
2.5 0 2.5 5 7.5 10 km


Etat des lieux de la gestion du service de l'eau potable
de Bordeaux Métropole en novembre 2015
Légende
communes dont le service eau potable dépend de Bordeaux Métropole
communes dont le service eau potable est géré par un syndicat intercommunal
pôles territoriaux
Ambès
Saint Vincent de Paul
Saint Louis de Montferrand
Parempuyre
Ambarès et Lagrave
Saint Aubin de Médoc
Blanquefort
Le Taillan Médoc
Bassens
Carbon Blanc
Saint Médard en Jalles
Bruges
Eysines
Lormont
Le Haillan
Le Bouscat
Artigues Près Bordeaux
Martignas sur Jalle
Bordeaux
Cenon
Mérignac
Floirac
Bouliac
Talence
Bègles
Pessac
Gradignan
Villenave d'Ornon
N
2.5 0 2.5 5 7.5 10 km

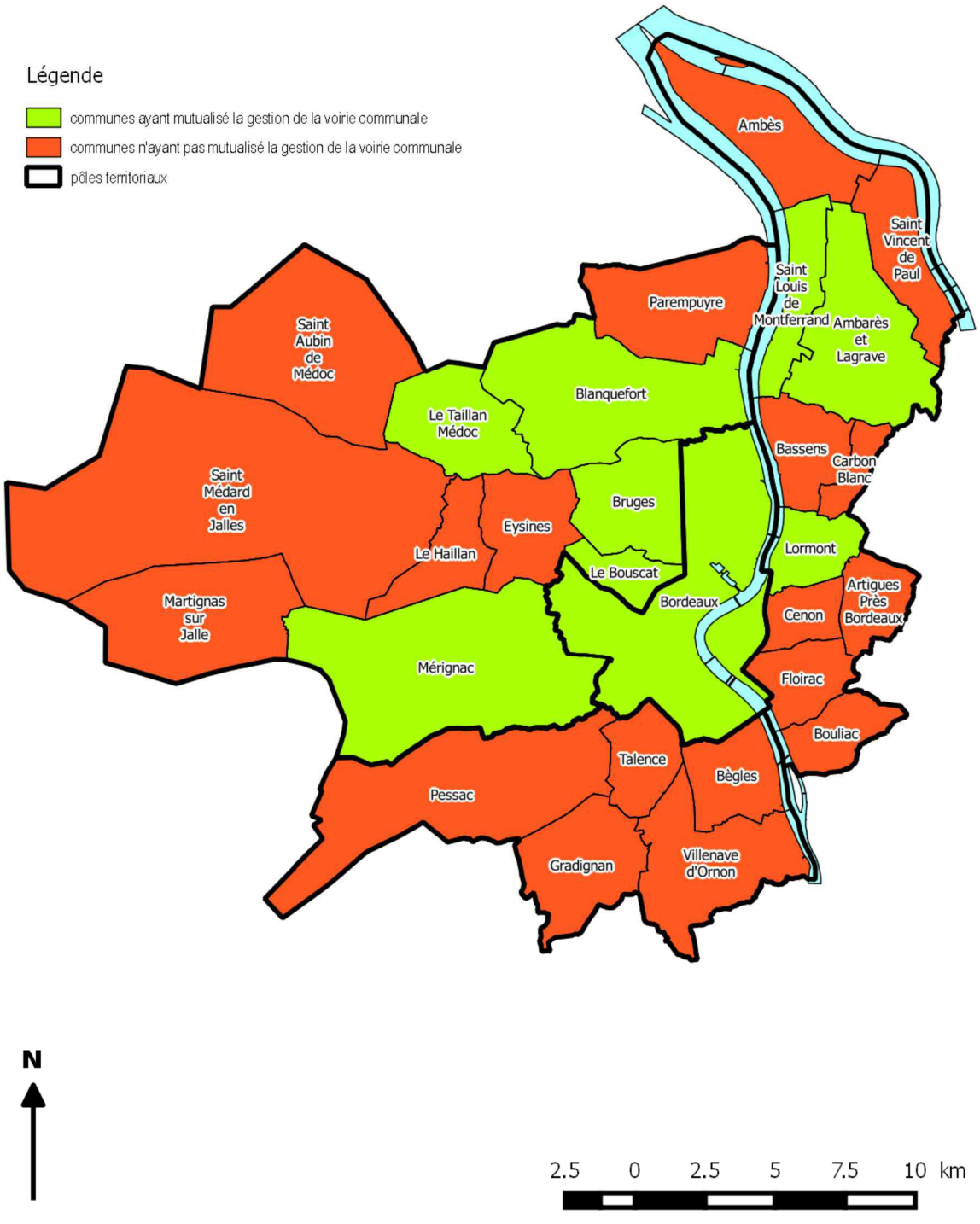
Etat des lieux de la mutualisation concernant la gestion de la propreté avec Bordeaux Métropole en novembre 2015

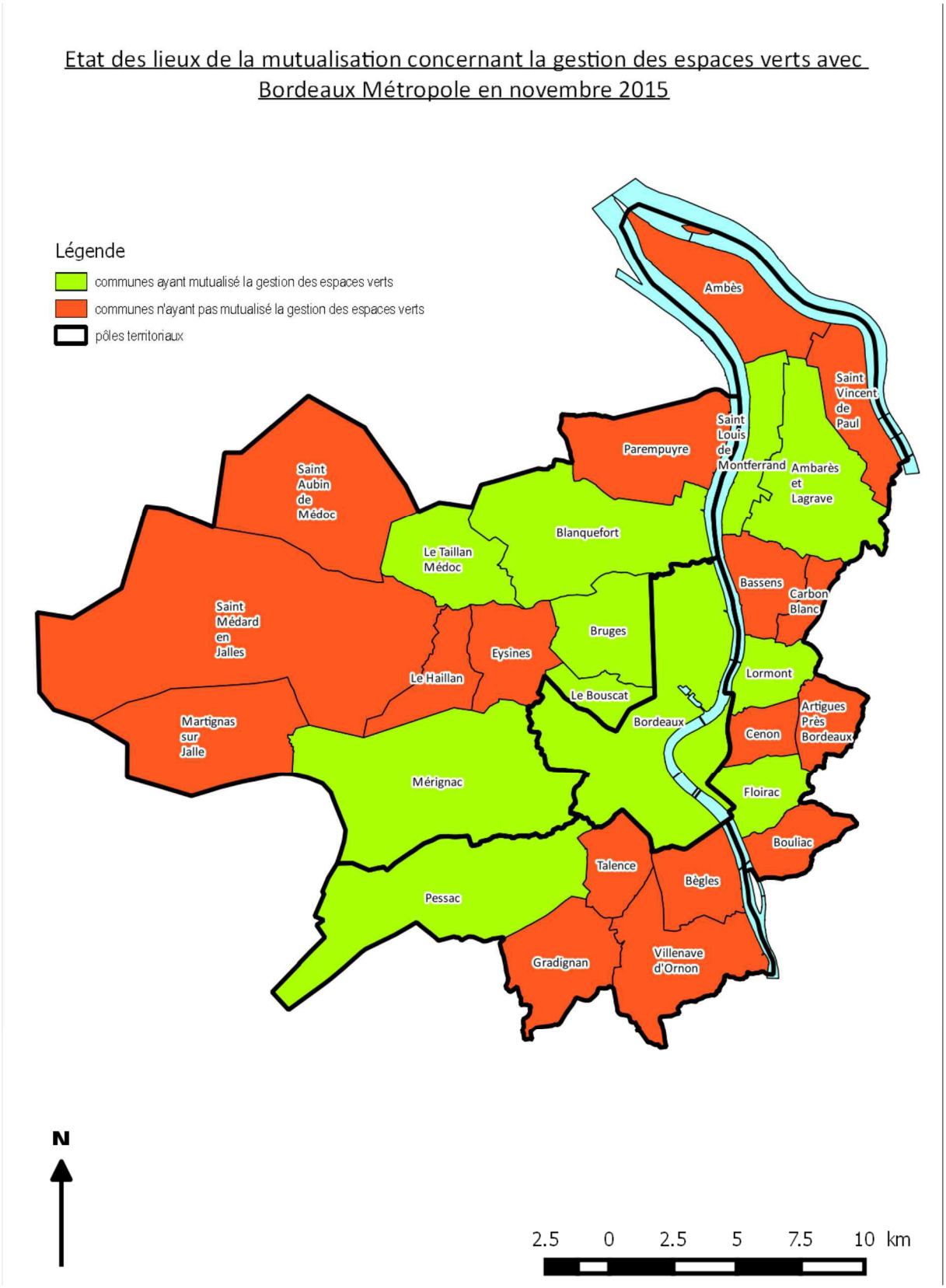


Etat des lieux de la gestion des déchets au sein de Bordeaux Métropole en 2016

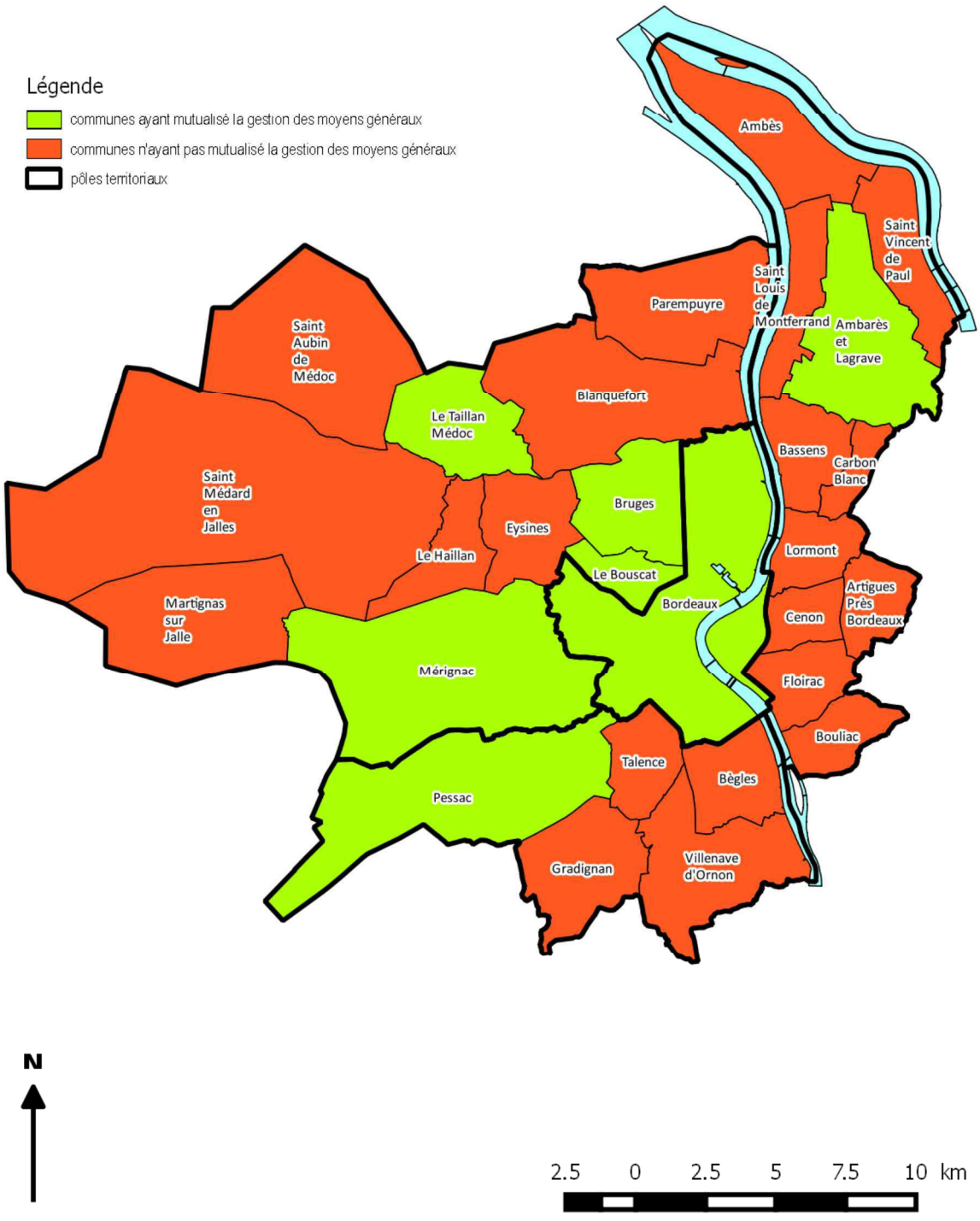


Etat des lieux de la mutualisation concernant la gestion de la voirie avec Bordeaux Métropole en novembre 2015

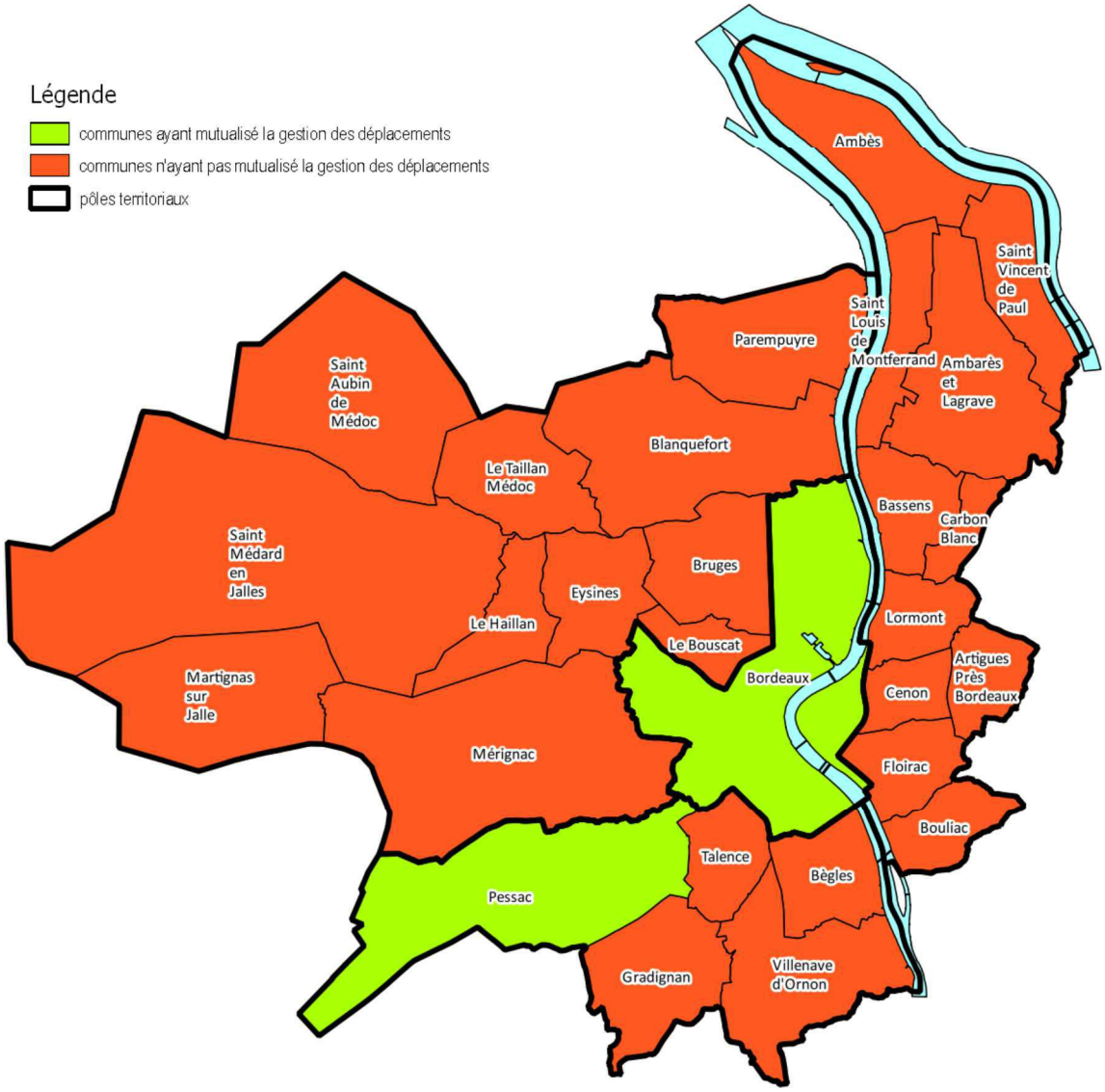



Etat des lieux de la mutualisation concernant la gestion des espaces verts avec Bordeaux Métropole en novembre 2015
Légende
communes ayant mutualisé la gestion des espaces verts
communes n'ayant pas mutualisé la gestion des espaces verts
pôles territoriaux
Ambès
Saint Vincent de Paul
Saint Louis de Montferrand
Parempuyre
Ambarès et Lagrave
Saint Aubin de Médoc
Blanquefort
Le Taillan Médoc
Bassens
Carbon Blanc
Saint Médard en Jalles
Bruges
Eysines
Le Haillan
Lormont
Le Bouscat
Artigues Près Bordeaux
Martignas sur Jalle
Bordeaux
Cenon
Mérignac
Floirac
Bouliac
Talence
Bègles
Pessac
Gradignan
Villenave d'Ornon
N
2.5 0 2.5 5 7.5 10 km

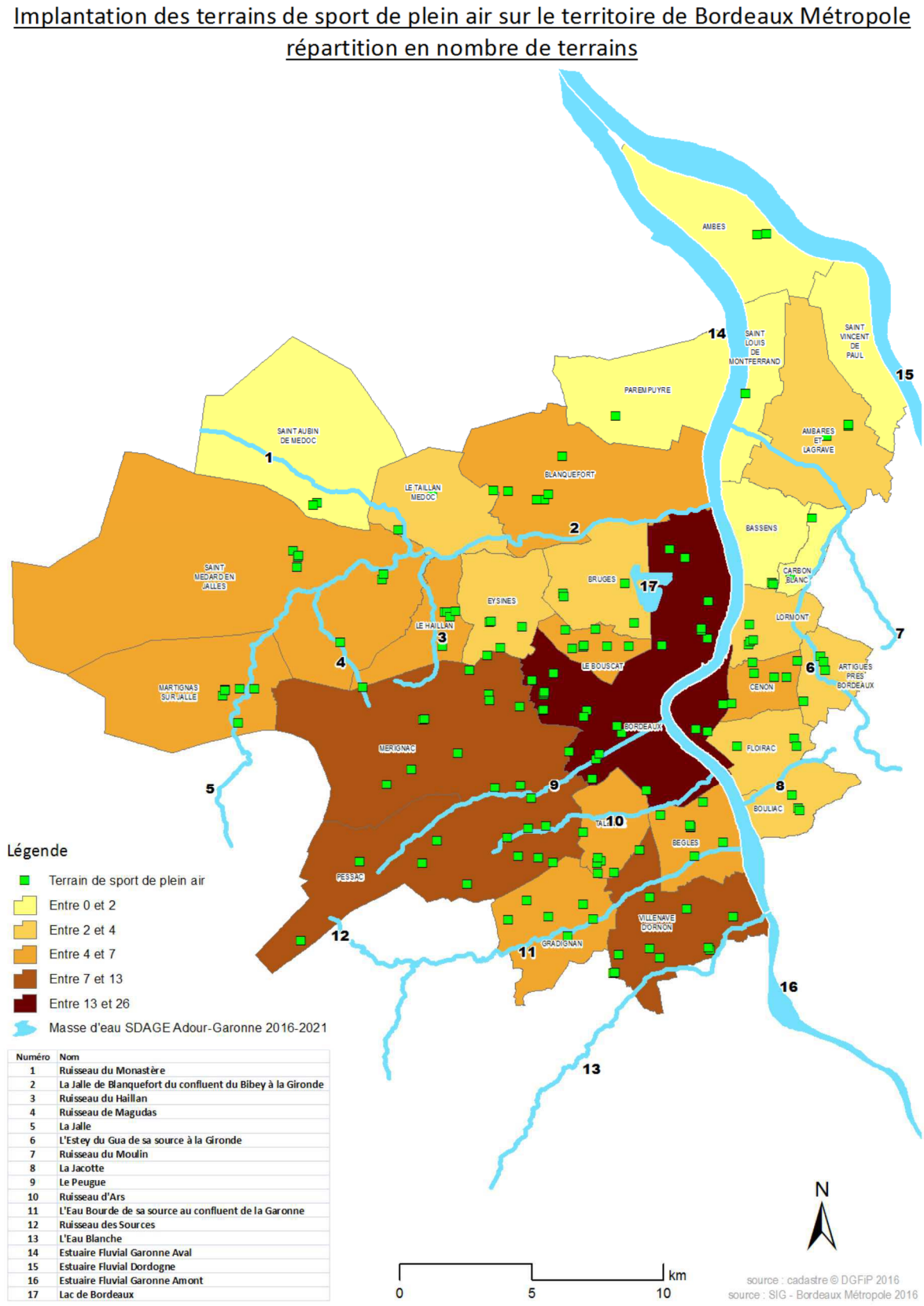
Etat des lieux de la mutualisation concernant la gestion des moyens généraux avec Bordeaux Métropole en novembre 2015



Etat des lieux de la mutualisation concernant la gestion des déplacements avec Bordeaux Métropole en novembre 2015

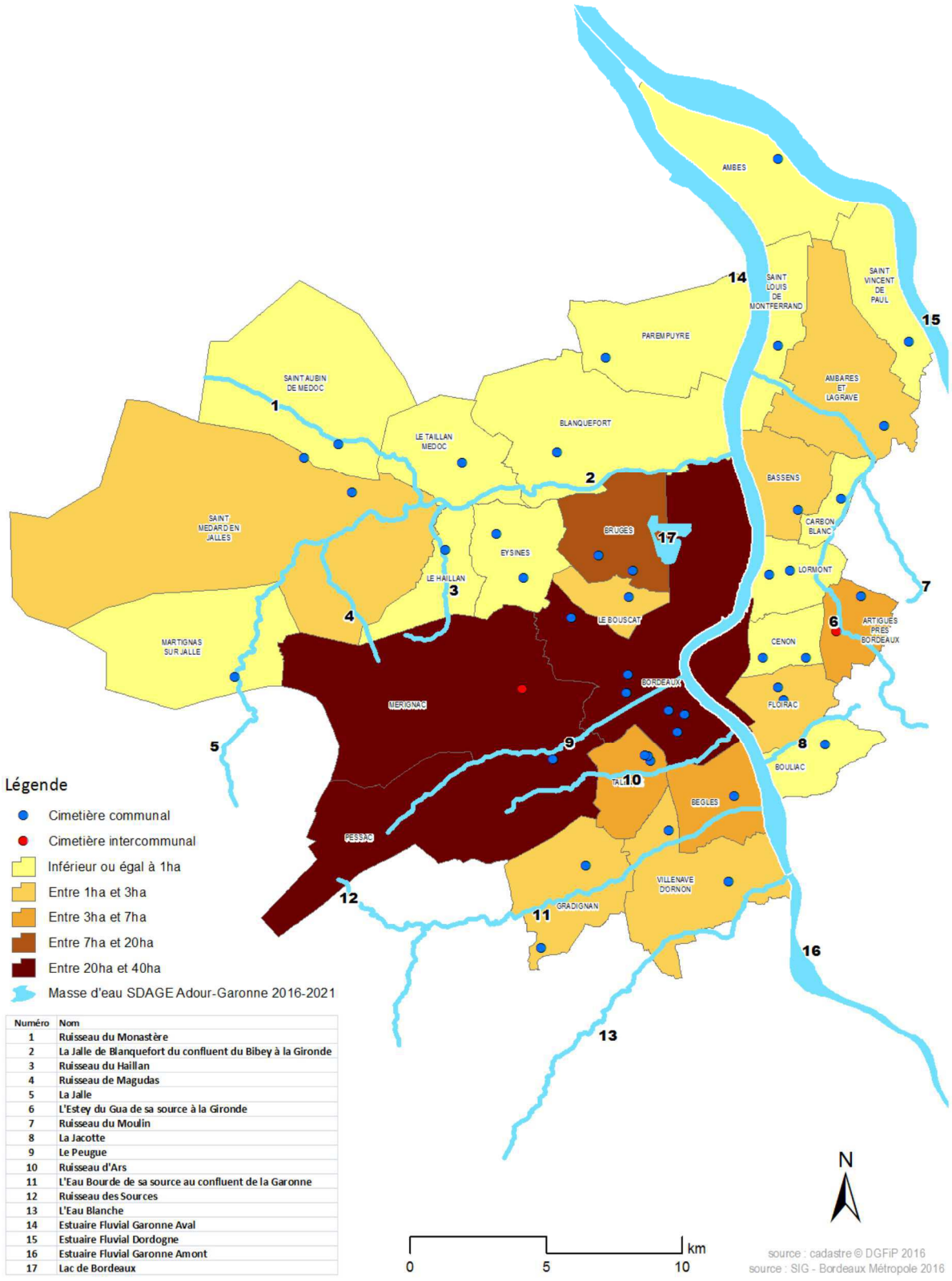


Annexe 5 Cartes présentant l'implantation des terrains de sport et des cimetières



Numéro	Nom
1	Ruisseau du Monastère
2	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la Gironde
3	Ruisseau du Haillan
4	Ruisseau de Magudas
5	La Jalle
6	L'Estey du Gua de sa source à la Gironde
7	Ruisseau du Moulin
8	La Jacotte
9	Le Peugue
10	Ruisseau d'Ars
11	L'Eau Bourde de sa source au confluent de la Garonne
12	Ruisseau des Sources
13	L'Eau Blanche
14	Estuaire Fluvial Garonne Aval
15	Estuaire Fluvial Dordogne
16	Estuaire Fluvial Garonne Amont
17	Lac de Bordeaux

Implantation des cimetières sur le territoire de Bordeaux Métropole
répartition de la surface



Numéro	Nom
1	Ruisseau du Monastère
2	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la Gironde
3	Ruisseau du Haillan
4	Ruisseau de Magudas
5	La Jalle
6	L'Estey du Gua de sa source à la Gironde
7	Ruisseau du Moulin
8	La Jacotte
9	Le Peugue
10	Ruisseau d'Ars
11	L'Eau Bourde de sa source au confluent de la Garonne
12	Ruisseau des Sources
13	L'Eau Blanche
14	Estuaire Fluvial Garonne Aval
15	Estuaire Fluvial Dordogne
16	Estuaire Fluvial Garonne Amont
17	Lac de Bordeaux

Appel à Projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines »
avec le soutien de :

REGARD

REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métropole borDelaise

LOT 1 : CARACTERISATION DES SUBSTANCES ET DES IMPACTS

TACHE 1.2 DESCRIPTION DES SOURCES ET IDENTIFICATION DES LEVIERS D'ACTION

Etude de la source Hospitalière

Version définitive
Novembre 2019

Auteurs : G. Carrere, D. Salles

RESEAU/REGARD

VERS UNE GESTION A LA SOURCE DES RESIDUS DE MEDICAMENTS ET DES BIOCIDES
ANALYSE SOCIOLOGIQUE DE LA SOURCE HOSPITALIERE

Etude du Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux

Geoffrey Carrère
Postdoctorant en sociologie
IRSTEA/ETBX

Sous la Direction de Denis Salles
Directeur de Recherche
IRSTEA/ETBX

Dans un grand bol de strychnine
Délayez de la morphine
Faites tiédir à la casserole
Un bon verre de pétrole...

Le pudding à l'arsenic
Astérix et Cléopâtre

Cette recherche a fait l'objet du soutien financier du Conseil Régional et du Lyre dans le cadre de la convention 20131204003-APF01590 ainsi que du soutien financier d'ADDESS/PASSAGES, de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, de Bordeaux Métropole, de Cap Sciences, du CIRSEE Suez, de l'INERIS d'IRSTEA, du Lyre, de l'ONEMA et de l'Université de Bordeaux CNRS dans le cadre de la convention de reversement de subvention entre Bordeaux Métropole et IRSTEA relative à la réalisation du projet REGARD.

This study has been carried out in the framework of the Cluster of Excellence COTE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Denis Salles, directeur de recherche en sociologie de l'IRSTEA de Bordeaux pour sa sympathie, son encadrement et ses conseils qu'il a su me prodiguer tout au long de ce travail.

Je souhaite remercier également l'Unité Mixte de Recherche Environnements et Paléoenvironnements Océanique et Continentaux (EPOC) et les chercheurs du Centre Recherche et Développement de la Lyonnaise-des-Eaux (LYRE) dont la collaboration interdisciplinaire dans le cadre de ce projet de recherche a été très riche et fructueuse.

Mes remerciements vont également à Loïc Lobet dont le travail de designer a su parfaitement illustrer les résultats de cette étude.

Enfin, mes remerciements vont bien entendu à Aliénor, Benoît, Bruno, Charles, Nicolas et Vincent dont la bonne humeur quotidienne rappelle à quel point la recherche reste avant tout une œuvre collective.

RESUME

En France, depuis le Grenelle de l'environnement de 2007, la contamination des eaux par les médicaments et les biocides est l'une des préoccupations sociales montantes dans le domaine de la santé-environnement. Des acteurs publics, privés et associatifs se saisissent aujourd'hui de la question et proposent de répondre à cet enjeu par la mise en place de nouveaux modes de gouvernance des risques, par l'introduction de normes organisationnelles et professionnelles visant à réduire à la source la diffusion de composés pharmaceutiques et de produits biocides dans l'environnement.

En prenant pour cas d'étude la mise en place d'une gestion à la source de la contamination des effluents hospitaliers au sein du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bordeaux, cette recherche propose d'analyser les ressorts aux processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers.

A travers l'étude des différents enjeux qui sous-tendent la mise à l'agenda de la pollution des eaux par les produits de santé, nous verrons comment les actuelles mutations de l'hôpital font émerger une nouvelle forme de responsabilité environnementale dans le cadre de la gestion *extra-muros* des activités de soins (ex : soins ambulatoires, parcours de soins…). De plus, nous mettrons en exergue trois catégories d'acteurs aux processus d'écologisation hétérogènes. Nous montrerons à la fois la prégnance d'asymétries marquées quant à la prise de conscience de la contamination des effluents hospitaliers mais aussi des contraintes et des ressorts d'écologisation communs au sein desquels la priorisation de la santé, les préoccupations économiques ou de santé au travail participent à la plus moins grande visibilité du problème au sein de l'hôpital.

Mots clés : Contamination, eau, médicaments, biocides, hôpital, écologisation, santé-environnement

ABSTRACT

In France, since the Grenelle of environment in 2007, the water contamination by drugs and biocides is one of the emerging social issues in the health-environment domain. Today, public, private and associative players take up this problem and propose to respond to this issue by implementing new modes of governance and introducing organizational and professional norms in order to reduce at the source the diffusion of pharmaceutical compounds and biocides products in the environment.

By taking as a case study the management at the source implementation of the hospital effluents contamination in the Bordeaux University Teaching Hospital (BUTH), this research proposes to analyse the ecologization processes of the hospital actor's practices.

Through the study of the several issues which underpin the agenda setting of the healthcare products pollution, we will see how the hospital current changes induce the emerging of a new environmental responsibility in relation to the extramural management of the healthcare activities (ex: ambulatory care, care pathway…). Moreover, we will highlight three actor categories with different ecologization processes. First, we will show the importance of strong asymmetries in relation to the awareness of the contamination of hospital effluents. Then, we will show mutual constraints and forms of eccologization in which the health prioritization, the economical and occupational health risk issues participate to the greater or lesser visibility of the problem in the hospital.

Key words: contamination, water, drugs, biocides, hospital, ecologization, health-environment

SOMMAIRE

INTRODUCTION **12**

CONSTRUCTION D'UN CADRE ANALYTIQUE POUR UN RISQUE EMERGENT 15

I) Résidus médicamenteux et biocides : analyse de l'émergence d'une nouvelle préoccupation environnementale *16*

1) Entre hygiène et risque environnemental et sanitaire : le paradoxe des produits biocides ? 16

2) De la pharmacovigilance à l'écopharmacovigilance 18

3) Constitution d'un champ sur les micropolluants : vers une gestion à la source des biocides et médicaments 22

II) Ecologisation des pratiques, mise à l'agenda et mise en visibilité : approche sociologique des médicaments et des biocides *26*

1) L'écologisation des activités professionnelles à l'épreuve du monde hospitalier 27

2) Les résidus médicamenteux et les biocides au prisme de la sociologie de la santé-environnementale et de la mise en visibilité 30

PRESENTATION DU TERRAIN 33

ET 33

METHODES 33

I) Les réformes hospitalières : entre processus d'autonomisation du patient, managérialisation de la santé et reconfiguration des pouvoirs *34*

1) Le processus d'autonomisation du patient : le renforcement d'un ordre thérapeutique négocié 34

2) Les réformes néo-managériales de l'administration hospitalière 36

3) La reconfiguration interne et externe des pouvoirs 38

II) La gestion hospitalière des micropolluants : le cas du CHU de Bordeaux *41*

1) Le traitement des médicaments et des biocides à l'hôpital : un dispositif réglementaire foisonnant 41

2) Des positions asymétriques face aux risques environnementaux : les ressorts de l'écologisation des pratiques hospitalières en question 43

3) Vers une nouvelle évolution des hôpitaux bordelais ? Le CHU de Bordeaux face à la gestion des micropolluants 48

III) Hypothèses et cadre méthodologique *51*

1) Hypothèses 51

2) Interdisciplinarité 52

3) Analyse documentaire et lexicologique 53

4) Observations et entretiens 53

RESULTATS 56

I) Analyse de la mise à l'agenda d'un risque émergent : l'hôpital vers une nouvelle responsabilité environnementale ? *57*

1) La mise à l'agenda des résidus médicamenteux : entre éléments contingents et stratégiques 57

2) La mise à l'agenda des résidus médicamenteux : entre anticipation de réglementations futures et politiques de labélisation 59

3) Le développement d'une politique hospitalière extra-muros : vers l'émergence d'une responsabilité environnementale ? 61

II) L'hôpital face aux risques environnementaux : des processus d'écologisation hétérogènes *63*

1) Pharmacie et soignants : des possibilités d'écologisation contraintes 63

a. Le secteur de la pharmacie 63

b. Médecins et infirmiers 67

2) L'écologisation partielle des services d'hygiènes 72

3) Le cas de deux pratiques alternatives : les laboratoires d'analyses et le service des plaies et cicatrices 76

a. Les laboratoires d'analyses 76

b. Le service plaies et cicatrices 81

I) Montée en généralité et préconisations *84*

1) Vers une gestion extra-muros des activités de soins : l'absence d'un niveau intermédiaire 84
2) La priorisation de la santé sur l'environnement : une contrainte majeure 85
3) La prise de conscience des enjeux environnementaux : des asymétries organisationnelles marquées 87
4) Les ressorts du processus d'écologisation des pratiques hospitalières : entre enjeux économiques et dimensions phénoménologiques 87
5) Réduire à la source la contamination pharmaceutique : préconisations 88

CONCLUSION 90

BIBLIOGRAPHIE 92

ACRONYMES

AFSAPS : Agence Française de Sécurité SAnitaire des Produits de Santé
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
ARH : Agences Régionales de l'Hospitalisation
ARS : Agence Régionale de Santé
ASEF : Association Santé Environnement France
CCEM : Comité de Coordination de l'Enseignement Médical
CFPPS : Centre de Formation Permanente des Personnels de Santé
CHU : Centre Hospitalier Universitaire
CME : Commission Médicale d'Etablissement
CPOM : Contrat Pluriannuel d'Objectifs Moyens
CSIRMT : Commission des Soins Infirmiers et Rééducation Médico-Technique
CTE : Commission Technique d'Etablissement
DASRI : Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
DASRNI : Déchets d'Activités de Soins à Non Risques Infectieux
DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques
DGS : Direction Générale de la Santé
DIB : Déchets Industriels Banalisés
DUFR : Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche de l'hôpital
EPHAD : Etablissement d'Hébergement pour les Personnes Agées Dépendantes
FIQCS : Fonds d'Intervention pour la Qualité et la Sécurité des Soins
GERPAC : Groupe d'Evaluation et de Recherche sur la Protection en Atmosphère Contrôlé
HAS : Haute Autorité de Santé
HPST : Loi Hôpital, Patients, Santé, Territoires
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IMS : Institut des Métiers de la Santé
ISA : Indices Synthétiques d'Activités
MEEM : Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer
MNU : Médicaments Non Utilisés
OMC : Organisation Mondiale du Commerce
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ONDAM : Objectif National des Dépenses de l'Assurance Maladie
ONEMA : Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques
PCB : Polychlorobiphényles
PDA : Plan Déplacement Administration
PMSI : Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information
PNSE : Plan National Santé Environnement
PUI : Pharmacie à Usage Intérieur
REACH : Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals
SDAGE : Schéma Directeur de l'Aménagement et de la Gestion de l'Eau
START : Stratégies à la Gestion des Résidus de Médicaments dans l'Eau Potable
STEP : Stations d'Epuration
TBC : Trams et Bus de la Communauté urbaine de Bordeaux
T2A : Tarification à l'activité
THS : Traitements Hormonaux Substitutifs

USN : Unité de Soins Normalisés
UE : Union Européenne

INTRODUCTION

80% de la consommation mondiale de médicaments concerne l'Europe, les Etats-Unis et le Japon. Avec 25 630 millions de dollars investis dans les produits pharmaceutiques, la France se situe au quatrième rang des consommateurs mondiaux de médicaments (Haguenoer JM., 2010 : 326). De son côté, la part de consommation des biocides reste difficile à mesurer. En effet, ces derniers se retrouvent dans les produits les plus divers qui émaillent notre quotidien comme les antiseptiques, les produits cosmétiques, les agents désinfectants, les conservateurs ou encore les produits antiparasitaires.

L'usage de produits pharmaceutiques et biocides ne cesse de ponctuer le quotidien. La prise d'un cachet pour soulager le mal de tête de fin de journée, l'utilisation de produits ménagers le week-end, l'usage d'un désinfectant pour nettoyer une blessure de jardinage sont autant d'exemples de la banalité quotidienne de leur utilisation. Mais les vertus curatives et hygiéniques ne sont que la face émergée d'un iceberg aux multiples enjeux (Ravelli Q., 2015). Les accords de Marrakech de 1994, interdisant les législations nationales que des pays pauvres avaient mis en place afin de baisser le coût des traitements contre le sida (Urfalino P., 2005 : 14) ou les récents cas médiatiques du Médiator® ou du Roundup® illustrent les enjeux économiques, politiques et sanitaires attachés à ces produits. Plus récemment encore, les enjeux environnementaux ont ajouté une nouvelle dimension à ces objets déjà complexes[1].

En établissant récemment le concept d'écopharmacovigilance, écotoxicologues et chimistes ont montré les conséquences environnementales des médicaments sur les milieux aquatiques (Daugthon CG., *et al.*, 2008 ; Holm G., *et al.*, 2013). Issues des excrétions par les voies naturelles humaines ou animales, rejetées à travers les réseaux d'assainissement et le ruissellement des sols, la contamination pharmaceutique génère des impacts environnementaux sur la faune, comme la féminisation des poissons, mais interroge aussi leurs éventuelles conséquences sur la santé humaine à travers le problème de l'exposition dans le long terme à ces produits. De même, les produits biocides représentent une menace environnementale et sanitaire. Plusieurs études menées en laboratoire ont montré que ces derniers généraient la résistance de bactéries aux produits antimicrobiens (Aiello AE., *et al.*, 2003), phénomène ouvrant la question des possibilités curatives de certaines maladies (Curiao T., *et al.*, 2015 ; Yazdankhah SP., *et al.*, 2006).

La question de la contamination environnementale et des conséquences sanitaires des médicaments et biocides ouvrent ainsi des voies heuristiques fécondes pour les sciences naturelles et les sciences humaines et sociales. D'une part, elle déboute l'approche de Paracelse[2], estimant que la dose fait le poison, au profit d'une vision plus complexe (Kortenkamp A., 2009) considérant que, peu importe la quantité seuls « […] *les effets de mélange et de synergie* […]*, de bioaccumulation et de bioamplification* » ainsi que la durée de l'exposition président le processus de contamination (Barrault, 2012, p.10). D'autre part, elle renverse l'approche traditionnelle des problèmes de santé-environnement, en interrogeant non plus l'impact de la dégradation environnementale sur la santé mais les conséquences des pratiques de santé sur l'environnement.

[1] Si la gestion des problèmes environnementaux liés aux micropolluants n'est pas nouvelle dans le domaine agricole, nous pouvons faire référence aux directives 79/117/CE, 91/414 ou 98/8/CE encadrant l'usage et la commercialisation des pesticides, elle l'est par contre davantage dans le secteur médical et pharmaceutique.
[2] Paracelse (1493-1541) médecin précurseur de la toxicologie.

Si la contamination des milieux aquatiques par les résidus médicamenteux et biocides agite le domaine scientifique, ce problème reste encore peu perceptible dans l'espace public. Toutefois, face aux préoccupations sociales montantes qu'il suscite, ce dernier peut être défini comme un risque émergent. En effet, depuis le Grenelle de l'environnement de 2007, le sujet de la contamination des milieux aquatiques par les composés pharmaceutiques et les biocides ne cesse d'être repris dans différents documents officiels, comme la directive européenne de 2010 sur la pharmacovigilance, le plan national sur les médicaments de 2011, la directive européenne de 1998 ou les différents Plan Nationaux Santé Environnement (PNSE)[3].

Par ailleurs, au niveau local, plusieurs centres hospitaliers français ce sont saisis du problème en se proposant partenaire de différents projets de recherche. Nous pouvons citer notamment, le CHU de Bordeaux partenaire du projet REGARD et du projet RESEAU sur la contamination des milieux aquatiques par les médicaments et les biocides, le CHU de Poitiers partenaire du projet Biotech sur la lutte contre les produits biocides dans les rejets des eaux usées ou encore le Centre Hospitalier Alpes-Léman, partenaire du projet de recherche SIPIBEL-RILACT, contre la pollution liées aux médicaments et aux biocides dans les effluents.

Le projet RESEAU[4], dans lequel s'inscrit la présente étude, a ainsi pour objectif d'étudier sous différentes dimensions le processus de prise de conscience, de prévention et de gestion à la source des risques liés à la diffusion de résidus médicamenteux et des biocides. Il prend pour cas d'étude les professionnels hospitaliers du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bordeaux, partenaire du projet qui, dans le cadre de son agenda 21, réalise une étude de faisabilité du suivi des rejets médicamenteux dans les effluents du CHU. Assistons-nous donc à une requalification des pratiques des acteurs hospitaliers autour des problèmes environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides ? Partant, d'une recherche empirique basée sur 42 entretiens et sur l'analyse lexicologique de 127 articles issus des journaux internes du CHU de Bordeaux, « La Lettre du Développement Durable » et « Passerelles », nous nous poserons la question de savoir quels sont les ressorts d'un processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides ?

Alors que la problématique de la contamination des milieux aquatiques par les résidus médicamenteux a été investie depuis une quinzaine d'années par la chimie, la sociologie y est invitée depuis peu. Ainsi, l'enquête sociologique menée dans le cadre du projet RESEAU investit un nouvel objet de recherche. En ce sens, elle se fixera une ambition à la fois heuristique et pragmatique.

La contamination des eaux par les résidus médicamenteux et les biocides peut difficilement être appréhendée sans étudier indissociablement les sources, le circuit et les impacts des molécules présentes dans les milieux ainsi que les déterminants sociaux qui président le processus de contamination. En d'autres termes, une approche monodisciplinaire semble en l'espèce limitée pour prétendre comprendre l'objet étudié dans toute sa complexité (Salles D., *et al.*, 2013). Ainsi, les dimensions chimiques, biologiques, sociales, économiques et politiques de l'objet

[3] A titre d'exemple : fiche 13 opération 47 du Plan National Santé Environnement 2, point 6 de la directive européenne de 2010 sur la pharmacovigilance, plan national sur les résidus de médicaments dans les eaux du 30 mai 2011, action 46 et 53 du Plan National Santé Environnement 3.

[4] Le programme pluridisciplinaire Etude de la contamination chimique des RESsources en EAU en lien avec la pression urbaine et les changements globaux – Application à l'agglomération Bordelaise réuni des sociologues de l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA), des chimistes de l'Unité Mixte de Recherche Environnements et Paléoenvironnements Océanique et Continentaux (EPOC) et des chercheurs du Centre Recherche et Développement de SUEZ (LYRE).

font émerger l'interdisciplinarité en tant qu'approche analytique féconde dans l'atteinte de l'intelligibilité scientifique. C'est à ce titre que le projet RESEAU s'inscrit dans une approche interdisciplinaire au croisement de la chimie, de la sociologie, de la gestion de l'eau urbaine et de la gestion hospitalière.

Par ailleurs, l'impératif environnemental actuel renvoie le chercheur à s'interroger réflexivement sur sa propre responsabilité quant à la réponse scientifique à apporter aux préoccupations environnementales contemporaines. En effet, l'ambition première d'intelligibilité scientifique semble se doubler aujourd'hui d'une perspective plus normative autour de « […] *l'exigence éthique de traiter scientifiquement des questions posées par la société civile et les politiques* […] » (Kalaora B., 2013, p.118). Les interrogations sociales montantes autour de la question de la contamination des eaux par les résidus médicamenteux et les biocides offre l'opportunité pour le sociologue de s'interroger sur la posture et le rôle du chercheur face à l'enjeu de la contamination des milieux aquatiques.

Cette étude s'inscrira donc dans le cadre d'une « *médiation contributive critique* » (Uhalde M., 2008, p.96). Ainsi, elle visera au développement d'une démarche critique permettant aux acteurs de l'enquête de se saisir des résultats obtenus pour agir au besoin sur leur environnement et le modifier. C'est en ce sens que l'enquête sociologique menée aura aussi pour objectif d'apporter des recommandations quant aux possibilités de mise en place d'une gestion à la source des résidus médicamenteux et des biocides au sein du CHU de Bordeaux.

CONSTRUCTION D'UN CADRE ANALYTIQUE POUR UN RISQUE EMERGENT

I) Résidus médicamenteux et biocides : analyse de l'émergence d'une nouvelle préoccupation environnementale

A travers les notions émergentes de bactério-résistance, d'antibio-résistance ou d'écopharmacovigilance, les médicaments et les produits biocides cristallisent le mouvement des sociétés contemporaines vers un système de production endogène des risques (Beck U., 2003). En effet, les résidus médicamenteux et les biocides abordent le domaine de la santé-environnement sous l'angle inversé de l'impact des pratiques de santé sur le milieu.

Comment analyser les préoccupations sociales montantes autour des conséquences environnementales des médicaments ? Quelle approche choisir ? Quels concepts et quels cadres analytiques mobilisés pour étudier un risque émergent ? Après avoir défriché les objets de cette étude, nous présenterons le cadre analytique mobilisé pour la réalisation de cette recherche.

1) Entre hygiène et risque environnemental et sanitaire : le paradoxe des produits biocides ?

Du grec « *bios* », signifiant la vie, et du latin « *cida* », désignant l'acte de tuer, les biocides peuvent être définis étymologiquement comme des produits qui « tuent la vie ». Cette définition inquiétante, ne doit pas faire oublier les progrès sanitaires notables apportés par les produits d'hygiène et les désinfectants.

Se laver les mains apparait aujourd'hui comme un geste élémentaire mais ce ne fut pas toujours le cas y compris à l'hôpital. Ce n'est qu'à partir du XVIII^{ème} siècle que les pratiques d'hygiène reviennent progressivement ponctuer le quotidien après y avoir été bannies pendant plus de quatre siècles. En effet, à partir du XIV^{ème} siècle, l'Eglise limita l'accès aux bains publics pour des raisons sanitaires afin de contrecarrer l'épidémie de peste sensée se propager par l'intermédiaire de l'eau. Mais ce sont aussi des raisons morales qui guidèrent cette prise de décision, les bains publics étant suspectés d'être des lieux de rencontres. A la même époque, la position de la médecine entra en résonance avec celle de l'Eglise estimant, de son côté, que les dilatations de la peau causées par le bain facilitaient l'entrée des maladies dans le corps (Vigarello G., 2014).

Bien que le mouvement fût amorcé à partir du XVIII^{ème} siècle, ce n'est véritablement qu'au XIX^{ème} siècle que l'hygiène, en tant qu'activité de nettoyage quotidienne et de désinfection, devient un enjeu de santé publique. La détermination établie par Louis Pasteur des bactéries et des micro-organismes en tant que source de maladies ainsi que la découverte des maladies nosocomiales par Ignace Philippe Semmelweis furent deux avancées scientifiques déterminantes pour le développement des mesures d'hygiène.

C'est également dans le courant de ce siècle qu'apparaît le courant hygiéniste. Dépassant largement le simple domaine de la médecine pour venir embrasser celui de l'architecture et de l'urbanisme (ex : développement des réseaux d'égouts, instauration des grands boulevards, mis en place de parcs), l'hygiénisme se prolonge dans le cadre d'un projet moral basé sur l'analogie entre le corps humain et le corps social (Matthey L., *et al.*, 2005). Certains de ces représentants défendront même les théories eugéniques comme ce fut notamment le cas dans le domaine de la criminologie (Muchielli L., 2000). Plus récemment, les travaux de Laurent Matthey et Olivier Walther (2005) interrogent l'émergence d'un « *nouvel hygiénisme* » (ex : arrêt du tabac, utilisation de produits biologiques…). Ils tendent à démontrer que, plus qu'un nouveau courant

de pensée, ce dernier cristallise davantage de nouvelles pratiques sociales initiées par une classe dominante dont la conscience de soi et le bien-être en seraient les valeurs centrales (Matthey L., *et al.*,2005).

A une vision jusqu'alors largement anthropocentrée est venue s'adjoindre, depuis une dizaine d'années, de nouvelles réflexions autour des impacts environnementaux et sanitaires des produits biocides. Ainsi, selon certaines études, le Triclosan®, biocide utilisé dans de nombreux produits d'usages quotidiens, produirait la résistance de la Escherichia Coli et de la Salmonella Enterica, bactéries pouvant respectivement être à l'origine de la gastroentérite et de la fièvre typhoïde (Curiao T., *et al.*, 2015 ; Yazdankhah SP., *et al.*, 2006).

Pour pallier les conséquences environnementales et sanitaires des produits biocides, l'Union Européenne (UE) et la France se sont dotées d'une réglementation encadrant la production et l'utilisation de ces produits. La directive européenne 98/8 concernant la mise sur le marché des produits biocides et le règlement 528/2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides sont les deux leviers centraux de cette réglementation. Ils définissent les produits biocides comme étant :

> « *Toute substance ou tout mélange, sous la forme dans laquelle il est livré à l'utilisateur, constitué de substances actives, en contenant ou en générant, qui est destiné à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de tout autre manière, par une action autre qu'une simple action physique ou mécanique.* » (528/2012/CE)

Cette réglementation classe les produits biocides en quatre groupes comprenant 22 types différents (Ministère de l'environnement, 2014) :

- Les désinfectants
- Les produits de protection
- Les produits de lutte contre les nuisibles
- Les autres produits (fluides utilisés en taxidermie, peinture antifouling…)

Les produits biocides font par ailleurs l'objet d'une double évaluation avant leur mise sur le marché au niveau européen et national. Cette évaluation s'articule autour de trois axes :

- L'évaluation du danger propre au produit
- L'évaluation du danger quant à l'exposition de l'homme, des animaux et de l'environnement aux produits
- L'évaluation de l'efficacité du biocide

Cette évaluation doit être par la suite approuvée par le comité permanent sur les produits biocides présidé par la commission européenne. Ce dernier est composé des pays membres de l'UE qui votent ou non cette approbation.

La France s'est également dotée d'un filtre national spécifique. L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) est en charge de l'évaluation à l'échelle nationale des produits biocides. Si l'évaluation est positive, elle débouche sur une autorisation de mise à disposition sur le marché délivrée par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

De plus, suite à l'arrêté du 9 octobre 2013 relatif aux conditions d'exercice de l'activité d'utilisateur professionnel et de distributeur de certains types de produits biocides, a été mis en place un certificat individuel de compétence devant être détenu obligatoirement par les professionnels de la vente et de l'utilisation des produits biocides. Ce certificat ne concerne qu'une catégorie de désinfectants, de produits de protection ou de produits antiparasitaires recensés dans l'annexe 5 de l'arrêté du 19 mai 2004 relatif, pour sa part, au contrôle de la mise sur le marché des substances actives biocides et à l'autorisation de mise sur le marché des produits biocides.

Participant à un large progrès sanitaire depuis le XIX^{ème} siècle, les produits biocides sont aujourd'hui interrogés au regard des risques environnementaux et sanitaires qu'ils génèrent. Présentés jusqu'alors comme une avancée scientifique notable, les biocides se trouvent ainsi au tribunal de la « *scientificité réflexive* » (Beck U., 2003, p.347). D'un progrès social manifeste à une interrogation sur leurs conséquences environnementales et sanitaires, les médicaments, suivent à l'instar des produits biocides aujourd'hui une trajectoire similaire.

2) De la pharmacovigilance à l'écopharmacovigilance

Utilisé par les grecs sous le terme de « *pharmakon* » lorsque ces effets sont bénéfiques ou « *pharmakon kakon* » lorsque ceux-ci sont nuisibles, le médicament oscille étymologiquement au cœur d'une ambivalence entre poison et soin. Les exemples du Vioxx® anti-inflammatoire non stéroïdien provoquant des infarctus du myocarde et des Traitements Hormonaux Substitutifs (THS) utilisés chez les femmes ménopausées générant des cancers du sein montrent que ce paradoxe structure encore aujourd'hui les débats (Urfalino P., 2005).

Ces controverses s'expliquent par le caractère anthropologique du médicament cristallisant à la fois des dimensions biologiques et sociales : « *Le médicament suit toujours deux trajets à la fois : un trajet biologique qui lui donne accès à l'ingénierie moléculaire du corps, et un trajet social, qui le conduit du laboratoire au patient.* » (Benoist J., 1999, p.386). En effet, au cœur de la question médicamenteuse s'entrecroisent des interrogations eschatologiques, relatives aux risques sanitaires des molécules, mais aussi des luttes symboliques et des rapports de force entre firmes pharmaceutiques, médecins, infirmiers, pharmaciens et patients.

Toutefois, loin d'être englobante, la réflexion sur le médicament demeure réduite à une analyse ethnocentrée et polarisée entre les appréciations économiques et/ou les considérations sanitaires. Souhaitant expliquer ce phénomène, Ivan Illitch (1975), Serge Karsenty et Jean Pierre Dupuy (1977) montrent l'aliénation des sociétés aux techniques médicales et pharmaceutiques. L'emprisonnement commun, déterminé par l'interrelation entre les malades en attente permanente de progrès thérapeutique, les médecins désireux de justifier leur rôle et les stratégies commerciales mises en œuvre par les entreprises pharmaceutiques génère, selon les auteurs, un processus de surmédicalisation annihilant toute réflexion pertinente sur la mort, sur ce qu'est être en bonne santé ainsi que sur les causes structurelles des pathologies. Le succès du Zocor®[5] dont l'augmentation croissante des prescriptions coûta près de 1 milliard de francs à la sécurité sociale ou encore la campagne en faveur des médicaments illustrent le tropisme d'une réflexion sociale organisée autour des enjeux économiques du médicament (Urfalino P.,

[5] Médicament contre le cholestérol.

2005, p.13). De même, les scandales pharmaceutiques du Distilbène®[6] dans les années 1950-1960 ou du Vioxx® et du Médiator® dans les années 2000 soulignent la prégnance d'une attention sociale portée sur les conséquences sanitaires du composé pharmaceutique.

A ce titre, l'Etat français s'est doté de dispositifs sanitaires de pharmacovigilance dès l'émergence des premières affaires pharmaceutiques. Ainsi, à partir de 1965, les médicaments ont fait l'objet d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) accordée selon les résultats issus d'analyses randomisées risques-bénéfices opérées sur une molécule donnée (Hauray B., 2006). Ces évaluations étaient réalisées jusqu'alors par des laboratoires universitaires (Universités et CHU). Puis, à partir de 1993, l'exercice de ce contrôle fut attribué à l'Agence Française de Sécurité SAnitaire des Produits de Santé (AFSAPS) devenue, en 2012, l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM). Aujourd'hui, le domaine de la pharmacovigilance relève également de compétences européennes suite à la promulgation de la directive 93-39 modifiant la directive de 1975 concernant le rapprochement des législations des états membres sur les normes et protocoles analytiques, toxico-pharmacologiques et cliniques en matière d'essais de spécialités pharmaceutiques.

Pour autant, le renforcement du cadre législatif ainsi que la coordination des états membres à l'échelle européenne n'a pas empêché l'émergence de nouvelles affaires comme celle du Médiator®. Paradoxalement, la frénésie consommatrice autour du médicament ne désemplit pas, bien au contraire. A la lumière des données démographiques (figure 1), l'hypothèse d'une amplification de ce phénomène (figure 2, encadré 1) en France semble même tout à fait vraisemblable au regard du vieillissement de la population.

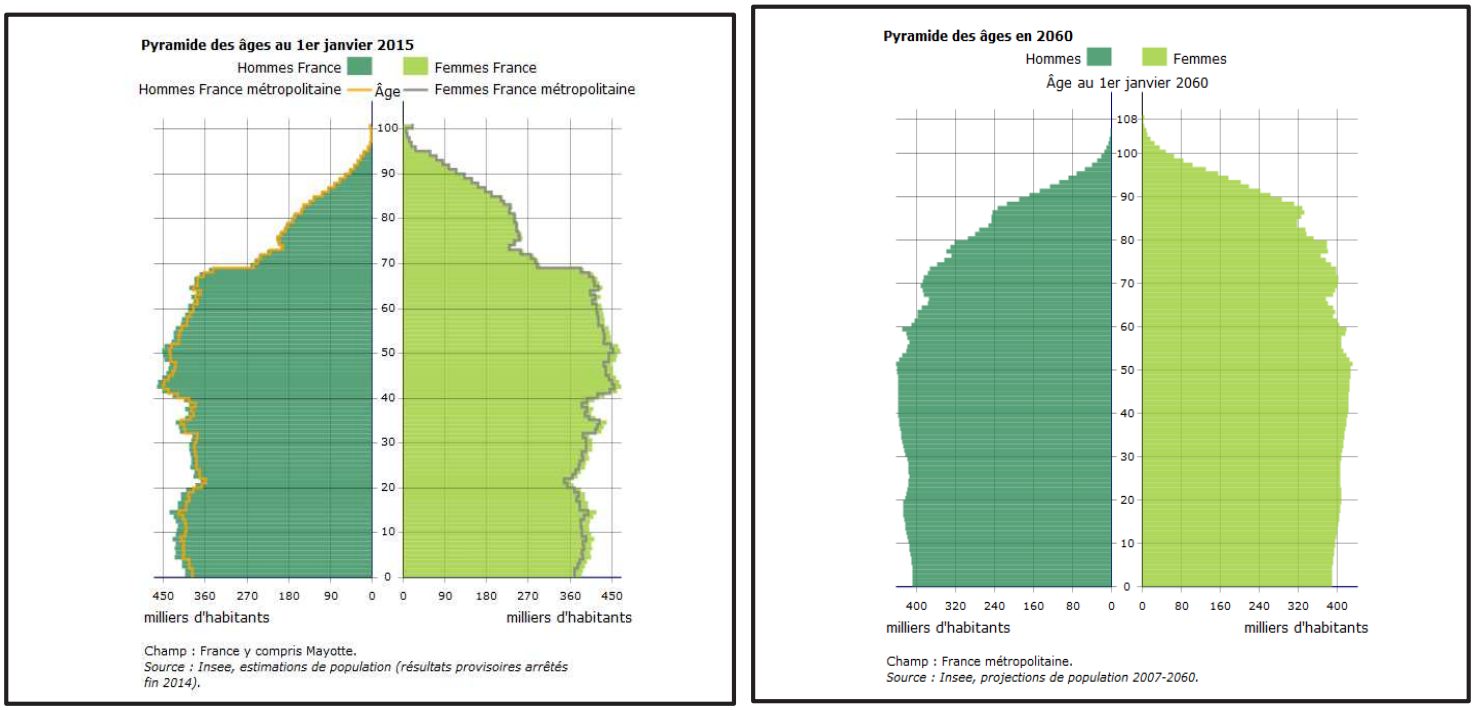


Figure 1. Comparaison des pyramides des âges de 2015 et 20160

[6] Le Distilbène® est un médicament prescrit afin d'éviter les fausses couches. Ce médicament causa notamment des malformations à l'instar du Thalidomide dans les années 1950-1960.

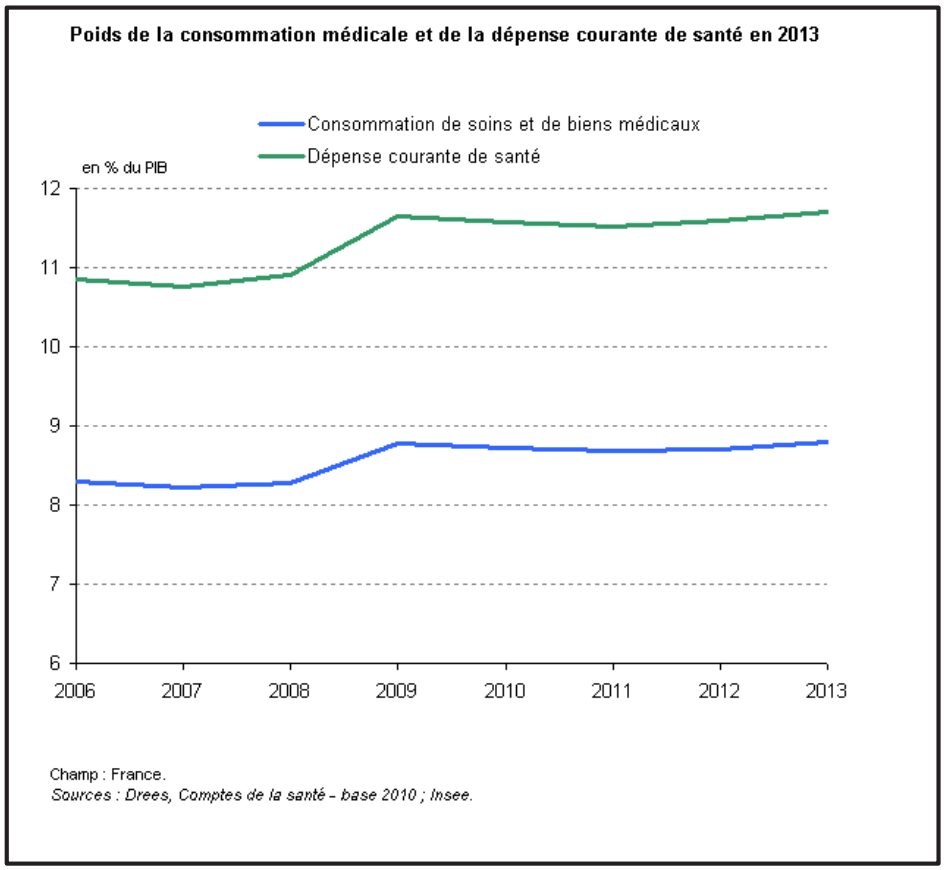


Figure 2. Poids de la consommation médicale et de la dépense courante de santé en 2013

Définitions de l'INSEE (INSEE, 2015) :

• La consommation de soins et de biens médicaux (CSBM) comprend les soins hospitaliers, les soins ambulatoires (médecins, dentistes, auxiliaires médicaux, laboratoires d'analyse, thermalisme), les transports sanitaires, les médicaments et les autres biens médicaux (optique, prothèses, petit matériel et pansements).Seules les dépenses qui concourent au traitement d'une perturbation provisoire de l'état de santé sont prises en compte. Ainsi, les dépenses de soins aux personnes handicapées et aux personnes âgées en institution sont exclues.

• La dépense courante mesure l'effort consacré par l'ensemble des financeurs du système au titre de la santé. Elle comprend l'ensemble des dépenses courantes effectuées par la Sécurité sociale, l'État, les collectivités locales, les organismes de protection complémentaire (mutuelles, sociétés d'assurances, institutions de prévoyance) et les ménages. Les dépenses en capital en sont donc exclues. La dépense courante couvre un champ plus large que la consommation de soins et de biens médicaux (CSBM) : elle intègre en plus les soins aux personnes âgées en établissement (unités de soins de longue durée et établissements d'hébergement pour personnes âgées), les indemnités journalières (IJ), les subventions reçues par le système de santé, les dépenses de prévention (individuelle ou collective), de recherche et de formation médicales ainsi que les coûts de gestion de la santé. »

Encadré 1. Définitions de l'INSEE de la consommation de soins et de biens médicaux et de la dépense courante de santé

Si la réflexion autour du médicament s'est principalement articulée autour des dimensions économiques et sanitaires, l'on observe, depuis une dizaine d'années, la montée de nouvelles préoccupations. Avec le concept d'écopharmacovigilance émerge des interrogations sur les conséquences environnementales des pratiques de santé. Provenant de la chimie, le concept d'écopharmacovigilance peut être défini comme suit :

> « *La science et les activités concernant la détection, l'évaluation, la compréhension et la prévention d'effets indésirables et d'autres problèmes liés à la présence de médicaments dans l'environnement, qui affecte en même temps les humains et d'autres espèces animales* […] » (Silva L., *et al.,* 2012, p.186).

A partir des années 2000, chimistes et écotoxicologues observent deux cas de contamination médicamenteuse majeurs. Le premier est celui de la contamination, en Asie, de 10 à 40 millions de vautours fauves s'étant nourris de cadavres d'animaux d'élevages ayant été soignés au Diclofénac® (Taggart MA., *et al.,* 2007). On estime aujourd'hui que trois espèces de vautours fauves sont en danger (Srivastava B., *et al.,* 2014, p.83). Le second cas est celui relatif à l'augmentation du taux de féminisation des poissons dus à la présence dans les milieux aquatiques de l'Ethinylestradiol, Nonyl-phenol, Octylphénol et autres œstrogènes de synthèse (Holm G., *et al.,* 2013, p.537). Plus récemment encore, nous pouvons citer un deuxième cas d'intoxication de vautours à la flunixine qui a été identifié en Espagne et qui est encore en cours d'analyse (Zorilla I., *et al.,* 2015). Si le lien de causalité entre la présence des résidus médicamenteux dans les eaux de consommation et les risques pour la santé humaine n'a pas été déterminé (Haguenoer JM., 2010), les scientifiques s'intéressent actuellement à cette question en étudiant plus spécifiquement certaines franges de la population comme les femmes enceintes, les personnes immunodéficientes ou encore les jeunes enfants (Silva L., *et al.*, 2012, p.193).

Compte tenu de sa faible visibilité dans l'espace public et de l'état actuel des connaissances scientifiques à son égard, la contamination des eaux par les composés pharmaceutiques peut être définie comme étant un risque émergent : un risque à bas bruit, décelé de façon relativement récente et dont la préoccupation autour de ses conséquences ne cesse de croître. Aussi, face à ce risque émergent, les Etats européens ont déjà pris plusieurs dispositions. Ils ont ainsi adopté en 2001 une directive (2001/83/CE) instituant un code communautaire relatif aux médicaments à usage humain qui fut modifiée en 2010 par une nouvelle directive (2010/84/UE) introduisant en son point 6 des dispositions écopharmacovigilantes. L'union européenne a ainsi instauré un processus d'évaluation du risque environnemental des molécules pharmaceutiques conditionnant la remise d'une AMM aux firmes pharmaceutiques (Holm G., *et al.,*, 2013). Toutefois, les données environnementales des médicaments restent pour un certains nombres d'entre e confidentielles.

> « *La pollution des eaux et des sols par des résidus pharmaceutiques constitue un problème environnemental émergent. Les États membres devraient envisager des mesures permettant de surveiller et d'évaluer les risques posés par les médicaments en termes d'effets sur l'environnement, y compris ceux qui peuvent avoir une incidence sur la santé publique.* » (Règlement UE n° 1235/2010 du 15 décembre 2010).

Si des mesures sont prises à l'échelle européenne des dispositions plus spécifiques sont également appliquées au niveau des Etats. La question de l'usage des médicaments et des biocides relève en effet de spécificités locales notables (Srivastava B., *et al.,* 2014). Ainsi, les

conséquences dramatiques de la Thalidomide[7] dans les pays du nord de l'Europe expliquent, pour partie, le rapide positionnement de ces pays en matière de pharmacovigilance et, par la suite, dans le domaine de l'écopharmacovigilance. En effet, la Suède a débuté depuis 14 ans une classification des molécules médicamenteuses contenues dans les eaux de surface et souterraines. Elle a également mis en place une formation pour les professionnels du soin et imposent aux médecins de prendre en compte le facteur environnemental dans leurs prescriptions. Des informations régulières sur la pollution pharmaceutique sont aussi diffusées auprès des usagers dans chaque officine ainsi qu'auprès des autorités sanitaires de l'eau. L'Allemagne, de son côté, à travers la mise en œuvre du projet de Stratégies à la Gestion des Résidus de Médicaments dans l'Eau Potable (START), s'aligne sur les positions suédoises. Elle propose la mise en place de mesures significatives en termes de formation des médecins, de transformation des modes de prescriptions et de pharmacie durable. La France, de son côté, ne semble pas encore avoir totalement tranchée la question. Les résidus médicamenteux ont été mis à l'agenda politique depuis le Grenelle de l'environnement de 2007, et font actuellement l'objet de recherches multiples et d'initiatives diverses tant au niveau national que local qui semblent préparer l'amorce d'un changement social.

3) Constitution d'un champ sur les micropolluants : vers une gestion à la source des biocides et médicaments

Le problème de la contamination des milieux aquatiques par les résidus médicamenteux et les biocides émerge pour la première fois au niveau national lors du Grenelle de l'environnement de 2007. Au cours de ces rencontres, fut évoquée la question de la maitrise des risques liés aux composés pharmaceutiques ainsi que celle de la mise en place du système Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals (REACH) imposant aux entreprises d'évaluer, gérer et informer les consommateurs sur les risques chimiques des produits biocides. Ce dernier objectif fut par ailleurs rappelé dans le premier PNSE.

A partir de 2007, le sujet de la contamination des eaux par les résidus médicamenteux et les biocides ne cesse d'être repris : à la fiche 13 opération 47 du PNSE 2, au point 6 de la directive européenne de 2010 sur la pharmacovigilance, dans le plan national sur les résidus médicamenteux de 2011 ainsi que dans le PNSE 3 à l'action 27, 31, 46 et 53. Aujourd'hui encore, les différents plans relatifs aux résidus médicamenteux et aux polychlorobiphényles (PCB) se trouvent regrouper au sein du nouveau plan micropolluants 2016-2021.

Par la suite, plusieurs institutions nationales et locales se sont saisies de la question. Ainsi, l'Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) coordonne 13 projets de recherches sur la contamination des eaux par les micropolluants (ONEMA, 2014). L'ONEMA participe ainsi au projet REGARD de lutte contre les micropolluants dans la communauté urbaine de Bordeaux, au projet REMPAR-SIBA concernant, quant à lui, la lutte contre les micropolluants issus des eaux pluviales et des hôpitaux dans le bassin d'Arcachon ou encore au projet SIPIBEL RILACT visant à lutter contre les pollutions liées aux médicaments, aux produits détergents et désinfectants en Haute Savoie. Au niveau local, le Schéma Directeur de l'Aménagement et de la Gestion de l'Eau (SDAGE) de l'Agence Adour-Garonne illustre l'intérêt des institutions locales à la pollution des milieux aquatiques par les contaminants émergents. Ce dernier a notamment pour objectif de réduire la présence des molécules pharmaceutiques et des biocides dans les eaux dont elle a la gestion.

[7] Produit par le laboratoire allemand Grünenthal GmbH, la Thalidomide, médicament prescrit pour les femmes enceintes comme anti-nauséeux, empêchait les bras du fœtus de se développer.

En 2010, une collaboration s'est également établie entre la Direction Générale de la Santé (DGS), l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) et l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM) autour d'une campagne nationale d'échantillonnage des médicaments présents dans l'environnement. A partir de cette campagne, l'ANSES a, en 2011, réalisé l'évaluation des risques sanitaires liés aux résidus de médicaments et proposé une méthode d'évaluation globale appliquée à deux résidus médicamenteux : la carbamazépine® et la danofloxacine®.

> *On a été saisi par la DGS conjointement avec l'ANSM pour réaliser une évaluation de risques liés aux résidus de médicaments dans l'eau destinée à la consommation humaine.* […] *Lors de la publication de ces résultats en 2011, on a repris le travail de 2010 pour aller plus loin en faisant l'évaluation de risques sanitaires liés aux résidus de médicaments et en proposant une méthode globale appliquée à 2 résidus l'on avait choisis.* (Entretien, agent de l'ANSES, 12/10/15)

En parallèle, d'autres mesures visant à endiguer la contamination des milieux aquatiques sont prises mais celles-ci se révèlent limitées. Concernant les médicaments, Cyclamed fut l'une de ces mesures. Créée en 1993, Cyclamed est une association agréée par les pouvoirs publics dont la mission consiste à récolter les Médicaments Non Utilisés (MNU). Les patients détenant des restes de médicaments doivent les rapporter à la pharmacie qui, depuis 2007, à obligation d'accepter les déchets pharmaceutiques. Par la suite, Cyclamed les collecte et les détruit. On estime que 75% des MNU serait détruits par l'association Cyclamed. Toutefois, certains médicaments dont les sirops continueraient à être déversés dans les éviers (Bouvier M., *et al.,* 2010, p.38). Cependant, Cyclamed ne ciblant que les acteurs en aval du processus (consommateurs et pharmacies de quartier) ne résolut que marginalement le problème.

Des solutions techniques sont également proposées aux Stations d'Epuration (STEP) par les grandes entreprises françaises de la gestion de l'eau la SAUR, Veolia et SUEZ. Les procédés classiques de traitement des eaux, qui fonctionnent sur la dégradation des effluents organiques par des processus bactériologiques se révèlent inefficaces pour de nombreuses molécules (aspirine, carbamazépine) compte tenu notamment de leur importante quantité en entrée de STEP (Budzinski H., 2009). Aussi, les grands groupes de la gestion de l'eau proposent de nouveau dispositifs techniques, comme la nanofiltration, l'ozonation ou le charbon actif, pour pallier cette difficulté. Toutefois, bien qu'efficace sur certaines molécules, ces techniques se révèlent onéreuses. De plus, l'ozonation, technique de fraction des molécules considérée comme étant actuellement la plus efficace pour lutter contre la micropollution, laisse planer une incertitude quant à l'impact environnemental des parties moléculaires fractionnées dans le milieu aquatique.

> « *SUEZ s'intéresse à ça parce que de plus en plus de collectivités s'y intéressent. On est en train de travailler sur la STEP de demain avec plein de gens. Il y a un budget qui est énorme chez nous là-dessus pour abattre les micropolluants en sortie de STEP.*» (Entretien, salarié de Suez Environnement, 16/10/15)

Cependant, ces différentes techniques ne répondent que partiellement au problème de la contamination médicamenteuse et des biocides intimement liée aux usages sociaux et aux modes de vies (Aschiéri A., 2002 ; Haguenoer JM., 2010). En effet, les consommations domestiques et vétérinaires représentent près de 80% de la contamination médicamenteuse des eaux. Les hôpitaux de leur côté génèrent entre 10 à 20% de cette même contamination (Keil F., 2008, p.6).

Face à ces difficultés, émerge l'idée d'orienter l'action en amont par la mise en place de systèmes de partage de connaissances et de dispositifs de rétention à la source. A ce titre, plusieurs pistes sont investiguées. La première consisterait à agir sur la production même de médicaments en favorisant la conception de médicament vert. Mais celui-ci reste encore sujet à controverse du point de vue de sa faisabilité. Cependant, des expérimentations sont actuellement menées dans la biotechnologie autour de médicaments aux capacités plus grandes de dégradation.

> « *Qu'est-ce qu'un médicament vert ? Aujourd'hui il n'y a pas de définition consensuelle par rapport à ça. Aujourd'hui, on entend par médicament vert une molécule qui est biodégradable. Sauf que ça pose la question de savoir si elle est dégradée en métabolites plus toxiques que la molécule mère. Moi ça me pose problème je n'appelle pas ça un médicament vert. Autre point, c'est que les médicaments sont développés pour traiter les patients. De par leur nature même ils sont susceptibles de poser un problème pour l'environnement. Il faut qu'il soit un minimum persistant pour ne pas être dégradé trop vite dans l'organisme, un minimum bioaccumulable et, surtout, il doit être actif chez l'Homme. Du coup, s'ils sont actifs chez l'Homme, on peut se poser la question de savoir s'ils sont actifs chez d'autres espèces. C'est pour ça que le médicament vert c'est délicat. Il n'existe pas vraiment. C'est vrai qu'aujourd'hui on voit de plus en plus de produits biotech. On voit des molécules qui sont assez bien dégradées. Donc finalement, celles-là elles pourraient rentrer plus dans le statut de médicament vert. Mais on ne peut pas dire qu'un médicament dégradable c'est un médicament vert. Non. Il faut vraiment regarder l'ensemble des métabolites.* » (Entretien, salarié de Sanofi, 24/11/15)

La seconde piste consisterait quant à elle à intervenir sur la vente des médicaments en pharmacie en mettant en place un système de vente à l'unité. Il s'agirait également d'agir sur la récupération des médicaments par l'égargissement du champ d'action de l'organisme Cyclamed. Enfin, institutionnels et acteurs associatifs réfléchissent à une autre possibilité d'intervention sur les prescriptions par la réplication du modèle suédois de la classification des molécules en fonction de leur dangerosité.

> « P*armi les mesures qui sont évoquées* […] *vous retrouvez trois actions. La vente à l'unité des médicaments. Actuellement, il y a une expérimentation en cours qui porte sur les antibiotiques. Une deuxième mesure c'est une réflexion sur l'indice de PBT : l'indice de Persistance, Bioaccumulation et Toxicité des médicaments. L'objectif ce serait, comme cela a été fait en Suède, de créer une sorte d'indice environnemental sur les médicaments pour avoir un indice de classement qui permettrait d'orienter le choix du médicament en fonction de critères écotoxicologiques. Le troisième point ce sont des réflexions sur l'élargissement de l'agrément de l'éco-organisme cyclamed.*» (Entretien, agent de la DGS, 13/10/15)

> « *Ce qu'on voulait faire c'était la traduction du rapport suédois et le transmettre à nos membres pour que quand ils font une prescription ils choisissent d'abord le médicament qui est le moins polluant pour l'environnement.* » (Entretien, membre de l'Association Santé Environnement France (ASEF), 12/11/15)

Toutefois, la classification suédoise fait l'objet d'une controverse. En effet, cette dernière se base sur la notion de danger et non de risque. Elle définit donc l'impact environnemental d'un

médicament à travers sa menace intrinsèque, de par les molécules qu'il contient, et non à travers son occurrence dans le milieu.

> « *Le danger, c'est le danger intrinsèque d'une substance. Son occurrence, c'est si je la retrouve ou pas dans l'eau. Alors, une substance très dangereuse qu'on ne retrouve jamais dans l'eau, elle ne présente pas de risque. Une substance peu dangereuse que je retrouve beaucoup dans l'eau, a priori, elle ne va pas être très à risque. Par contre, si elle est dangereuse et que je la retrouve souvent dans l'eau c'est sûr qu'il y a un risque.* » Entretien, agent du Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer (MEEM), 09/12/15)

> « A*voir une classification environnementale mise en place uniquement sur les propriétés de dangers ça ne nous paraissait pas pertinent. Vous pouvez avoir une substance qui, du fait de ces propriétés dangeureuses, peut être susceptible de poser problème. Par contre, si elle est utilisée en très peu de quantité vous n'aurez pas de risque.*» (Entretien, salarié de Sanofi, 24/11/15)

Enfin, la troisième piste d'action est d'agir à la source en intervenant sur le secteur hospitalier. A ce titre, un guide de bonnes pratiques va être diffusé par le ministère de la santé aux différents hôpitaux sur la mise en place d'une filère de tri destiné notamment aux médicaments anticancéreux et non anticancéreux.

> « C*e que l'on recommande dans le guide c'est de mettre en place une filière de tri spécifique pour les médicaments. En précisant si ce sont des médicaments cytotoxiques, cytostatiques, donc anticancéreux.. Parce que normalement les médicaments cytotoxiques, cytostatiques sont des déchets dangereux au sens du code de l'environnement et devrait déjà faire l'objet d'un gestion bien particulière. Pour les autres déchets, au sens du code de l'environnement, ça ne rentre pas en fait dans la catégorie des déchets dangereux. Néanmoins, ces médicaments peuvent avoir des propriétés dangereuses* […] *qui nous ont amené à proposer une filière de tri bien spécifique au sein de l'établissement. Après, ça reste des bonnes pratiques, des recommandations, ça n'est pas obligatoire*. » (Entretien, agent de la DGS, 13/10/15)

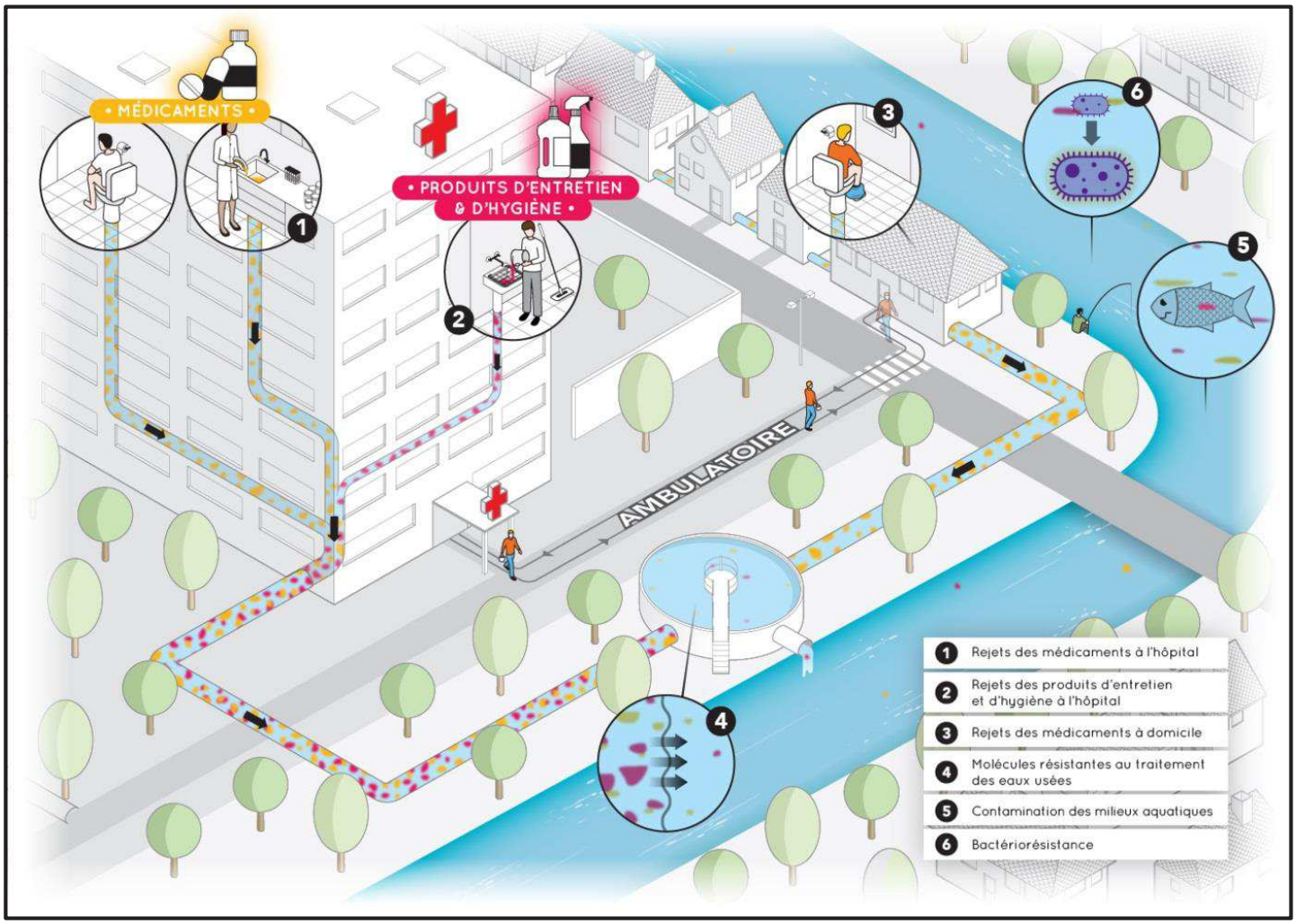
Par ailleurs, compte tenu de la réglementation[8] à laquelle les hôpitaux sont soumis, ces derniers apparaissent comme l'un des leviers d'action aisément accessible dans la mise en œuvre d'une gestion à la source de la contamination pharmaceutique et des biocides. En effet, contrairement à un industriel pouvant établir un rapport de force auprès de la collectivité locale en charge du traitement des usées en menaçant de quitter le territoire, l'hôpital est, quant à lui, sédentaire sur un territoire, tributaire de l'organisation territoriale de la santé.

> « *La plus part du temps, ce que je constate, c'est que les collectivités ne sont pas au courant de ce qui arrive dans le réseau. Quand une collectivité accepte un raccordement, ça veut dire qu'elle accepte un certains flux d'eau. Elle va dimensionner sa STEP en fonction. Le risque est que si elle embête trop*

[8] Nous citons ici les principales. Loi n°75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux qui instaure le principe du « pollueur-payeur » et introduit les notions de réduction de la production et nocivités des déchets, de valorisation des déchets et d'information du public. Circulaire n°429 du 8 avril 1975 qui met en place un réseau séparatif entre les eaux usées et les eaux pluviales, un dégrillage et une désinfection avant le rejet dans les eaux collectives et un traitement spécifique pour les eaux radioactives. Loi n°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Le décret n°97-1048 du 6 novembre 1997 relatif à l'élimination des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques et modifiant le code de santé publique. L'article L 1321-2 du code de santé publique portant sur la préservation de la qualité de l'eau potable.

l'industriel, il va faire du chantage en disant puisque que c'est ça je m'en vais ailleurs. Il y aura plus cet apport de flux et la STEP marchera moins. Une STEP il faut que ça marche à 50% de sa charge nominale. » (Entretien, du MEEM, 09/12/15)

A ce jour, la mise en place de mesures de gestion sur la source hospitalière reste l'objet d'initiatives locales et soulève des interrogations nombreuses sur les modes de prescription des médicaments, sur l'évolution des pratiques de soins (Haguenoer JM., 2010, p.328) ou encore sur les contraintes budgétaires pouvant être contingentes à la mise en place de nouvelles technologies ou à de nouveaux modes d'organisation. Ainsi, la question de la gestion à la source des résidus médicamenteux et des biocides appelle à croiser les dimensions environnementales aux contraintes politiques, sociales et économiques qui influencent les pratiques des professionnels du soin et sur l'usage des médicaments dans la relation thérapeutique.



Le transport des médicaments et des biocides de la source hospitalière dans le milieu aquatique

II) Ecologisation des pratiques, mise à l'agenda et mise en visibilité : approche sociologique des médicaments et des biocides

Afin d'étudier les ressorts du processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers face aux problèmes environnementaux liés aux composés pharmaceutiques et biocides, trois champs théoriques seront mobilisés.

Le premier croisera la sociologie de l'environnement à la sociologie des professions à travers la notion d'écologisation des activités professionnelles. Le second sera celui de la sociologie de l'action publique offrant une grille analytique féconde des rapports de force, des stratégies et des jeux de pouvoir entre les acteurs composant le champ de la gestion des résidus médicamenteux et biocides. Enfin, le troisième champ théorique s'attachera à comprendre les positions asymétriques des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux à travers une sociologie de la mise en visibilité de ces différents risques.

1) L'écologisation des activités professionnelles à l'épreuve du monde hospitalier

Avec un budget total 1.26 milliards d'euros (Ministère des finances et des comptes publics, 2015, p. 9) octroyé à la santé en 2016, l'administration hospitalière détient une place majeure en France. Pilier de la fonction publique avec l'administration d'Etat et territoriale, l'hôpital comptait en 2014 1, 137 millions de salariés (Ministère de la décentralisation et de la fonction publique, 2014, p.1). Souvent cité dans les médias à travers ses problèmes budgétaires et de personnels, l'hôpital symbolise à bien des égards les transformations contemporaines du service public conséquences de l'introduction des logiques gestionnaires du nouveau management public.

Ivan Sainsaulieu (2003) et Nicolas Belorgey (2010) ont ainsi montré comment la mise en place de la tarification à l'activité (T2A), consistant à définir le budget d'un service à partir du comptage des différentes activités médicales effectuées, générait une pression productiviste au sein des unités, une charge administrative, un stress au travail ainsi qu'un sentiment de culpabilité par une définition plus quantitative que qualitative de la relation au patient. Dans ce contexte professionnel difficile dont la fonction prioritaire, et non des moindres, demeure le soin apporté aux patients, comment la question environnementale se pose ?

La sociologie des professions a finalement peu étudié l'entrée des enjeux environnementaux au sein des activités professionnelles. Dans un récent ouvrage collectif (Arpin I., *et al.,* 2015), plusieurs sociologues de l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA) ont apporté une contribution scientifique significative sur l'analyse du processus d'écologisation des pratiques professionnelles défini comme :

> « […] *une entreprise de recadrage cognitif et normatif – un changement dans la manière de penser et de juger une conduite sociale – visant à une inflexion écologique plus ou moins forte des normes (légales ou implicites) et des pratiques sociales en vigueur dans le domaine considéré* » (Ginelli L., 2015, 16)

A la lumière de différents cas d'étude, trois catégories se dessinent (Gadéa C., 2015, p.218). Partant d'une enquête empirique auprès des acteurs de la police de l'environnement, Gabrielle Bouleau et Christelle Gramaglia (2015) montrent comment cette profession a subi de véritables mutations environnementales tant du point de vue de son activité professionnelle même que de celui des symboles qui y sont attachés (uniforme, insigne, arme…). La seconde catégorie mise en lumière est celle des « intermédiaires » (Gadéa C., 2015, p.219). Il s'agit de professionnels qui doivent appliquer des mesures environnementales mais qui disposent de latitudes pour

pouvoir les accorder à leur cœur de métier (Gadéa C., 2015, p.219 ; Petit S., *et al.,* 2015). Enfin, la dernière catégorie, illustrée notamment à travers le cas des agents de la propreté de la ville de Nancy, est celle des professionnels qui vivent le tournant environnemental comme une contrainte car trop éloigné de leur cœur de métier et/ou générant de nouvelles réglementations altérant leurs conditions de travail initiales (Béguin, M., 2015 ; Candau J., *et al.,* 2015).

Aussi, le processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers pose d'autant plus d'interrogations que, ce qu'il est convenu d'appeler la « communauté du soin » est paradoxalement marqué par une forte hétérogénéité. Au-delà de la constante hiérarchique traditionnelle observée entre médecins, infirmiers et aides-soignants, Ivan Sainsaulieu (2003 ; 2006) note par ailleurs l'inégale répartition des ressources en termes de capacité d'expertise, de circulation de l'information, de contrôle de la règle, de marginal sécant entre ces groupes professionnels. Cette répartition asymétrique nourrit des processus de domination au sein de la communauté hospitalière (Sainsaulieu I., 2003, p.57). Elle induit également des phénomènes de tractations, des jeux d'alliances autour des différents enjeux qui traversent la vie hospitalière comme le nombre de lits, le délai d'attente des patients, la qualité des soins, la charge et les horaires de travail.

De même, en marquant une différenciation entre les professions de médecins, de pharmaciens, d'infirmiers et ce qu'il nomme les « sales boulots » (vider les poubelles ou les bassins des malades), Everett Hugues souligne également les asymétries du champ médical à travers la notion de division morale du travail (Hugues E., 1984 ; Adam P., *et al.*, 2013). Dans un même prolongement, et faisant pour sa part la distinction entre la population des *outsiders* et des *established* à partir de leur dotation respective en capital social et symbolique, Nicolas Belorgey (2010) montre à son tour l'hétérogénéité de la communauté du soin en soulignant notamment l'impact de l'effet générationnel sur l'exposition des acteurs aux réformes de l'administration hospitalière. En l'espèce, l'ancienneté apparaît comme une ressource notable ouvrant des possibilités de choix dans les plages horaires de travail (Belorgey N., 2010, p.235-236).

Si l'hétérogénéité intrinsèque à la communauté hospitalière est un facteur devant être pris en compte dans l'analyse du processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers, la relation médecin/patient en est un autre. L'exercice du pouvoir médical ne peut être limité à son acception verticale. Si la sociologie des professions (Parsons T., 1939 ; Freidson E., 1970) a décrit la relation médecins/patients dans une asymétrie en faveur du premier (Castel P., 2005), l'école interactionniste des professions, en proposant une analyse processuelle de cette même relation, a présenté la prégnance d'une relation thérapeutique négociée (Baszanguer I., 1986 ; Strauss A., 1992). Prenant le cas des maladies chroniques Isabelle Baszanguer (1986) met en lumière les processus de négociations entre patients et médecins prenant part au diagnostic. Elle présente également les stratégies mises en œuvre par la patientèle mettant en concurrence les médecins rencontrés.

Le pouvoir accordé au patient dans la relation thérapeutique semble avoir évolué depuis une dizaine d'années. La loi de 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé a accordé aux patients un droit d'accès aux dossiers médicaux. Elle permet ainsi au patient et sa famille, ayant désormais accès à la totalité de son parcours de soin, la possibilité d'interroger les choix médicaux opérés. De plus, le développement des courts séjours à l'hôpital par la mise en place des soins ambulatoires génère une plus grande autonomie des patients dans la gestion de leurs maladies. Françoise Acker (2005) souligne ainsi que « […] *la brièveté des séjours conduit les infirmières à renvoyer une partie de leurs tâches aux patients. C'est le cas, par exemple, des préparations à certaines interventions chirurgicales.* » (Acker F., 2005,

p.175). Enfin, l'accès plus large à l'information médicale via internet, le développement des associations d'usagers ainsi que la possibilité offerte aux usagers par la loi Touraine d'agir collectivement dans le cadre d'une « action de groupe de santé » participent à la reconfiguration actuelle des rapports de pouvoir dans la relation thérapeutique.

Partant de l'analyse des schèmes de pensée mobilisés par les médecins, d'autres travaux viennent éclairer la relation thérapeutique sous l'angle des différentes formes de légitimité médicale (Castel P., *et al.*, 2005). Les analyses menées ont permis de distinguer deux schèmes de pensée qui structurent le champ médical autour de la relation thérapeutique. Le premier consiste à inscrire la pratique médicale dans le cadre d'une thérapeutique individualisée. Elle revendique en ce sens une approche « traditionnelle » de la médecine (Castel P. *et al.*, 2005) et se réfère à la clinique hippocratique mettant en avant la technique de l'*anamnèse* qui vise à interroger le patient sur son état présent et passé.

> « *Dans cette approche le médecin accorde une importance aux caractéristiques psychologiques et sociales propres à chaque patient et propose les traitements les plus adaptés à sa situation, selon les règles de l'art.* » (Castel P., *et al.*, 2005, p.339).

A l'inverse, le second schème de pensée développe une approche normalisatrice et homogénéisatrice des pratiques médicales. Elle place au centre de sa pensée le raisonnement scientifique au détriment des expériences et du jugement individuel (Castel P. *et al.*, p.6). « *L'evidence based medecine* » s'inscrit dans ce modèle. Cette méthode s'articule autour de quatre étapes : la formulation de la question, la recherche des preuves, l'analyse, la critique des preuves et l'intégration des preuves à la pratique clinique (Savard G., 2003, p.13). Elle mobilise en ce sens des outils méthodologiques quantitatifs, à l'instar des techniques de randomisation[9], afin de déterminer des « normes scientifiques » en termes de posologie applicable selon les cas pathologiques rencontrés.

Bien que la dichotomie entre ces deux cadres cognitifs ne soit pas aussi schématique, leur polarité structure pour partie les pratiques médicales. Ces deux écoles de pensée instaurent des formes différentes de légitimité médicale vis-à-vis du patient. Si la normalisation des pratiques mise en avant par *l'evidence based medecine* induit une forme de légitimité rationnelle-légale, la seconde se légitime sur la base de ressources traditionnelles et charismatiques (ex : art de convaincre) (Castel P. *et al.*, p.33).

L'hôpital est donc traversé par de multiples enjeux de pouvoir économiques ou stratégiques face auxquels les problèmes environnementaux paraissent de prime abord secondaires. Cependant, le tournant environnemental emprunté par l'hôpital depuis 2008 interroge la marginalité réelle des enjeux environnementaux et ce d'autant plus, que ces derniers se doublent aujourd'hui d'enjeux sanitaires.

[9] Souvent utilisé dans le cadre d'une procédure en double aveugle, la randomisation consiste à évaluer les effets d'un traitement sur une population à qui l'on distribue aléatoirement, et à leur insu, un médicament et un placebo. Le médecin lui-même ne sait pas non plus quelle gélule est un placebo et quelle gélule est un médicament. Si la population se retrouve guérie, le médicament n'a pas fonctionné car l'impact de l'effet placebo est considéré comme trop élevé. A l'inverse, si une partie de la population reste malade et l'autre est guérie, le médicament est considéré comme efficace.

2) Les résidus médicamenteux et les biocides au prisme de la sociologie de la santé-environnementale et de la mise en visibilité

La sociologie de la « santé-environnementale » s'organise autour de trois catégories de travaux. La première catégorie met en lumière les différents jeux d'acteurs présidant la construction sociale des enjeux de « santé-environnementale » en tant que problème public (Boutaric F., 2003). Franck Boutaric et Pierre Lascoumes (2008) décrivent ainsi le processus d'émergence des préoccupations sanitaires liées aux conséquences de la pollution atmosphérique. Ils montrent que les premiers travaux scientifiques s'intéressant à cette question se sont principalement attachés à déterminer et à mesurer la contamination de l'air sans pour autant analyser les impacts de cette dernière sur la santé humaine. Ce n'est qu'à partir des années 1980 que les scientifiques se sont centrés sur l'étude des conséquences sanitaires du degré d'exposition à la pollution de l'air dans le long terme. Ce basculement d'approche propose une nouvelle définition du risque en tant que « *risque relatif faible* », c'est-à-dire un risque qui, bien que minime, expose un grand nombre de personnes durant une longue période (Lascoumes P., *et al.*, 2008, p.10). Cette redéfinition du risque s'accompagne de nouvelles méthodes épidémiologiques consistant notamment à mettre en relation les journées de forte pollution avec le nombre d'hospitalisations recensées le même jour (Lascoumes P. *et al.*, 2008, p.13).

La seconde catégorie de travaux s'intéresse, quant à elle, à l'institutionnalisation des problèmes de « santé-environnementale » dans l'espace public à travers les processus de normalisation des pratiques et des modes de gestion des risques. Olivier Borraz (2008) met ainsi en lumière tant la construction sociale que le processus de « mise en risque » d'un problème donné. Il étudie sa normalisation à travers la mise en place de systèmes-experts procéduralisés (Giddens A., 1994, p.35), de réglementations législatives ou réglementaires, de modes de gestion hétérogènes variant selon les enjeux et le degré d'incertitude des risques. Dans une autre perspective, Céline Guilleux (2011) montre comment les politiques de santé relative à la gestion de la pollution de l'air intérieur ont mis en avant la responsabilité individuelle des acteurs inscrivant par là-même les solutions proposées dans un processus d'individualisation des politiques publiques (Guilleux C., 2011, p.20).

Enfin, la troisième catégorie de travaux analyse les problèmes de santé-environnement à travers les schèmes cognitifs mobilisés et les rapports de force qui les sous-tendent. Dans l'étude des controverses métrologiques sur les perturbateurs endocriniens, Francis Chateauraynaud, Josquin Debaz et Matthieu Fintz (2013) montrent comment le concept de « faible dose » vient reconfigurer le paradigme du seuil autour des notions d'effet cocktail et de durée d'exposition. S'intéressant aux maladies environnementales Kroll-Smith et Floyd Hugh (2010) montrent, de leur côté, comment de nouvelles formes de pathologies transforment les cadres cognitifs médicaux. Ils analysent en l'espèce que l'hypothèse médicale selon laquelle les maladies seraient déterminées par un système pathologique singulier tant à être dépassée par « *l'idée que des symptômes touchent des systèmes corporels multiples tout en les affectant de manière différente* » (Smith K., *et al.*, 2010, p.95). Ils mettent également en lumière la redéfinition du rapport médecin/patient par les maladies environnementales en ce qu'elles viennent légitimer les savoirs profanes (ex : expériences, ressentis) (Barthe Y., *et al.*, 2001) de la patientèle dans le rapport thérapeutique.

Ainsi, qu'il s'agisse des travaux sur la pollution atmosphérique, de la pollution de l'air-intérieur, des maladies environnementales ou des perturbateurs endocriniens, ces derniers se concentrent sur les problèmes de « santé-environnementale » caractérisés par l'impact des dégradations environnementales sur la santé humaine. Or, les résidus médicamenteux et les biocides

renversent cette perspective. En effet, la contamination par les composés pharmaceutiques et les biocides pose davantage la question des conséquences des pratiques de soins sur l'environnement. Elle interroge en ce sens la réalisation de l'activité professionnelle même, le cœur de métier des acteurs hospitaliers. A ce titre, l'analyse des enjeux qui sous-tendent la mise à l'agenda institutionnel des conséquences environnementales des résidus médicamenteux et biocides est une étape centrale et nécessaire à investiguer.

De même, l'asymétrie des positions institutionnelles et des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux se révèlent être un point crucial à étudier. A travers la notion de mise en visibilité, Cyril Lemieux (2008) propose une analyse pertinente en la matière. Pouvant être à la fois cause et conséquence d'une mobilisation (Lahire B., *et al.*, 2008, p.14), Cyril Lemieux définit la sociologie de mise en visibilité comme :

> « […] *une étude des processus de désindexicalisation au sens précis que les ethnométhodologues ont donné à ce terme. C'est une analyse du détachement progressif de certaines discontinuités du fond des continuités qui les portaient et les rendaient jusque-là indiscernables. C'est indissociablement une analyse de la mise en équivalence de ces continuités saisies sous un rapport donné.* » (Lemieux C., 2008, p.133)

Prolongeant les travaux de Cyril Lemieux, la thèse de Vincent Marquet (2014) sur l'adaptation au changement climatique propose une grille d'analyse féconde (figure 3) des processus de mise en visibilité (Marquet V., 2014, p.45).

Tableau 1 Les mises en visibilité du changement climatique (V. Marquet)

Types de mise en visibilité (Lemieux, 2008)	**Type de processus**	**Exemples**
Mise à distance	Rupture	Distinction entre variabilité climatique et changement climatique
Mise en relation	Intégration	Lien entre événement climatique extrême et changement climatique
Mise en équivalence : -mise en mots (Bouleau, 2007) -mise en nombres -mise en variables -mise en modèle (Desrosières, 1993)	Traduction	Description narrative d'un territoire Indicateur de débit Débit d'Objectif d'Etiage modèle climatique

Source : (Marquet, 2014, p.45)

Figure 3. Typologie des processus de mise en visibilité

Il met en lumière trois types de mise en visibilité :

- Une mise en visibilité par la mise à distance se réalisant par la mobilisation d'instruments conceptuels ou techniques participant à une lecture analytique du monde.

- Une mise en visibilité par la mise en relation s'inscrivant dans le rapprochement de deux phénomènes. Il cite notamment la recherche « […] *de liens de causalité entre des étiages plus sévères dans la Garonne et le changement climatique*. » (Marquet V., 2014, p.45)
- Une mise en visibilité par équivalence. Celle-ci se réifie à travers quatre processus :
    - De mise en mots comme la « *description littéraire* » (Marquet V., 2014, p.46),
    - De mise en nombre (ex : la statistique),
    - De mise en variables qui met en évidence des liens de causalité comme « […] *le travail opéré par les chercheurs qui ont mis en relation l'évolution de la température terrestre et les émissions de CO2.* » (Marquet V., 2014, p.46)
    - De mise en modèle mettant en lumière les interactions entre plusieurs variables comme « […] *la modélisation de processus à visée prédictive* » (Marquet V., 2014, p.46)

Les positions asymétriques des acteurs hospitaliers que nous avons décrites plus haut vis-à-vis des risques environnementaux liés aux changements climatiques, aux déchets ou aux micropolluants interrogent le processus de mise en visibilité de ces derniers. Les résidus médicamenteux et biocides reposent-ils sur un processus de mise en visibilité spécifique ? Nous mettrons en lumière au fil de cette recherche leur originalité en la matière.

PRESENTATION DU TERRAIN
ET
METHODES

I) Les réformes hospitalières : entre processus d'autonomisation du patient, managérialisation de la santé et reconfiguration des pouvoirs

Les ressorts du processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitalier du CHU de Bordeaux ne peuvent être compris qu'à partir du contexte social et professionnel dans lequel ils s'insèrent. Notre objectif ne sera pas ici de reprendre l'ensemble des réformes hospitalières[10]. A défaut, nous débuterons notre panorama à partir des années 1990, date marquant un tournant pour les hôpitaux avec la mise en place des soins ambulatoires. Cette analyse nous permettra de distinguer trois processus interreliés. Le premier est celui de l'autonomisation des patients qui tend à reconfigurer le pouvoir originel de l'autorité médicale dans la relation thérapeutique. Le second est relatif à l'introduction des logiques néo-managériales qui, au-delà de la mise en œuvre de différents dispositifs de contrôle, génère un troisième processus relatif à la transformation des relations de pouvoirs internes et externes à l'hôpital.

1) Le processus d'autonomisation du patient : le renforcement d'un ordre thérapeutique négocié

Depuis les années 1990, l'administration hospitalière a connu de nombreuses réformes (encadré 2). Entre 1991 et 2015, 11 réformes de l'hôpital ont été initiées (Safon MO., 2015). Au sein de ces différentes réglementations législatives et réglementaires, trois d'entre elles ont plus spécifiquement participé à l'émergence d'un processus d'autonomisation du patient interrogeant la reconfiguration des rapports de pouvoir dans la relation thérapeutique.

- Loi n° 91-748 du 31 juillet 1991 portant réforme hospitalière
- Ordonnance n° 96-346 du 24 avril 1996 portant réforme de l'hospitalisation publique et privée
- Loi n° 2002-202 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système hospitalier
- Loi d'habilitation n° 2003-581 du 2 juillet 2003 habilitant le gouvernement à simplifier l'organisation du système de santé
- Ordonnance n° 2003-850 du 4 septembre 2003 portant simplification de l'organisation et du fonctionnement du système de santé ainsi que des procédures de création d'établissements ou de services sociaux ou médico-sociaux soumis à autorisation.
- Ordonnance n° 2005-406 du 2 mai 2005 le régime juridique des établissements de santé.
- Le plan hôpital 2007
- Loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires
- Le plan hôpital 2012
- Le Pacte de confiance avec les hospitaliers de 2012
- Le projet loi santé 2015

Encadré 2. Panorama des réformes hospitalières entre 1991 et 2015

[10] Ce travail nous ferait aborder des sujets trop éloignés comme celui de la création par le clergé des maisons d'hospitalité au IV^{ème} et au V^{ème} siècle, celui de l'instauration des Hôtels-Dieu dans les grandes villes du XVII^{ème} siècle ou encore celui de l'étatisation des hôpitaux par loi du 21 décembre 1941.

La loi de n°91-748 du 31 juillet 1991 marque le début de ce processus. Elle met en place une nouvelle technique de soin : les soins ambulatoires. Cette technique consiste à opérer ou prodiguer des soins à un patient et à le renvoyer chez lui dans la journée même. Si les soins ambulatoires répondaient à un objectif gestionnaire visant à libérer des lits, ils ont également eu pour conséquence d'autonomiser en partie le patient dans la gestion de sa maladie. Rentré chez lui plutôt, le patient est confronté à la gestion post-hospitalière de sa thérapeutique.

La loi n° 2002-202 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système hospitalier est peut-être la plus emblématique de ce processus d'autonomisation. Elle donne aux patients un droit d'accès aux dossiers médicaux. L'usager prend ainsi connaissance de la totalité de son parcours de soin. De plus, cette loi octroie aux patients la possibilité de s'organiser en association pour défendre ses intérêts ainsi que les modalités de mise en œuvre d'un droit d'indemnisation amiable. Plus récemment le projet loi santé 2015, ou loi Touraine, amplifie à nouveau le processus d'autonomisation et interroge encore l'étendue de l'autorité médicale. Au-delà de l'amplification des soins ambulatoires, la loi Touraine élargit les droits des patients en leur permettant de se constituer en « action de groupe en santé ». Ces actions de groupe en santé ont pour objectif de permettre aux patients de pouvoir se défendre en cas de préjudices.

De son côté, la loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009, dite loi Hôpital, Patients, Santé, Territoires (HPST), a introduit une nouvelle technique de soins : l'éducation thérapeutique. Définie par l'OMS en 1996, l'éducation thérapeutique a pour but « […] *d'aider les patients à acquérir ou maintenir les compétences dont ils ont besoin pour gérer au mieux leurs maladies chroniques* » (OMS, 1998, p.19). Loin d'un changement radical, l'éducation thérapeutique vient davantage formaliser des pratiques préexistantes issues du courant « traditionnel » de la médecine mettant en avant une approche « égalitaire » de la pratique médicale.

> « *L'éducation thérapeutique a émergé il y a longtemps. Les soignants faisaient de l'éducation thérapeutique sans le savoir. C'était inscrit dans la posture et dans le soin depuis longtemps sauf que ce n'était pas réglementé et identifié* […] *Là où on était sur une philosophie du médecin dans une relation assez inégalitaire, directive, prescriptive, on passe dans une relation contractuelle, de réciprocité où l'individu à une place dans ses choix.* »
> (Entretien, Infirmière, CHU de Bordeaux, 24/03/15)

A travers l'éducation thérapeutique, la réforme de 2009 tend à impliquer l'usager dans la gestion de sa propre santé. Elle instaure par là même un processus de capacitation (Cantelli F., *et al.*, 2007) en renvoyant le patient vers ses propres capacités à gérer sa maladie. Cette autonomisation des patients croise des enjeux économiques de réduction des coûts liés aux soins. Ainsi, dans le cas des maladies chroniques, l'autonomisation du patient engendrée par l'éducation thérapeutique apparaît aussi comme un moyen de pallier les contraintes budgétaires et de personnels de l'hôpital.

> « *On était sur de la pathologie chronique. En termes de contraintes économiques, on n'allait pas pouvoir mettre un soignant derrière chaque patient. Il fallait que le patient puisse se prendre en charge pour conserver une qualité de vie. Il fallait en faire leur propre soignant finalement.* »
> (Entretien, Infirmière, CHU de Bordeaux, 24/03/15)

Les réflexions menées par la Haute Autorité de Santé (HAS) relatives à la mise en place du parcours de soins (figure 4) dans le cadre des maladies chroniques participent également à ce même mouvement de capacitation et d'autonomisation des patients (HAS,2012).

Q2. Que propose la HAS aujourd'hui?

La HAS a souhaité inscrire ses travaux relatifs aux maladies chroniques dans une logique de parcours de soins.
Elle a fait évoluer la gamme des produits classiques ALD et a initié une approche nouvelle pour 4 maladies chroniques : BPCO, maladie de Parkinson, maladie rénale chronique et insuffisance cardiaque.
Ces productions visent à répondre à 3 enjeux :

- promouvoir une gestion prospective et coordonnée de la prise en charge,
- conjuguer harmonisation des pratiques (maitrise des points critiques) et personnalisation du parcours du patient,
- faciliter l'implication du patient dans sa prise en charge.

Source : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-05/quest-rep_parcours_de_soins.pdf, consulté le 04/03/16

Figure 4. Propositions de l'HAS en termes de parcours de soins

Le développement des soins ambulatoires et la croissance des maladies chroniques, du fait du vieillissement de la population française, posent l'amorce d'une réflexion autour de l'institutionnalisation et la généralisation du parcours de soins. L'organisation de la santé en parcours de soins modifierait grandement la position de l'hôpital sur son territoire. Dans cette nouvelle configuration, l'hôpital se définirait davantage comme l'un des maillons d'un système de santé plus large à l'intérieur duquel il serait amené à interagir avec la diversité des acteurs du parcours de soins. Parfois appréhendé comme une institution particulière sur son territoire, une organisation de la santé en parcours de soins inciterait l'hôpital à accentuer son empreinte territoriale en élargissant sa politique interne à une gestion hospitalière *extra-muros.*

> « *Je fais partie des directeurs d'hôpital qui sont convaincus que l'hôpital n'existera demain que s'il est capable de prendre une place dans une logique de parcours de soins. Dans quelques temps, il est possible que les gens ne viennent quasiment plus à l'hôpital et qu'on est qu'un rôle d'expertise plus qu'un rôle de soins.* » (Entretien, cadre administratif, CHU de Bordeaux, 24/03/15)

Au regard de ce panorama législatif, les différentes réformes précitées transforment à la fois la nature de la relation thérapeutique, par un processus d'autonomisation du patient, et l'organisation hospitalière à travers la mise en place des soins ambulatoires et du parcours de soins. A ces transformations notables s'ajoutent des réformes néo-managériales modifiant tant la gestion économique que l'organisation interne des pouvoirs.

2) Les réformes néo-managériales de l'administration hospitalière

Le tournant néo-managérial de l'administration hospitalière débute en 1982 avec le Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI). Ce programme introduit au sein de l'hôpital deux nouveaux dispositifs : la comptabilité analytique et les Indices Synthétiques

d'Activités (ISA). Ces indicateurs visent à déterminer le financement des hôpitaux à partir de l'activité « réelle » des services (Belorgey N., 2010, p.13). Nicolas Belorgey décrit le fonctionnement des points ISA comme suit :

> « *Il convertit tous les actes médicaux en une unité de valeur commune, le point ISA (indice synthétique d'activité. Un accouchement sans complication par voie basse vaut par exemple initialement 1000 points ISA, tandis qu'une appendicectomie simple en vaut 1139. En multipliant ces valeurs en point ISA par le nombre d'acte recensés dans chacun des groupes homogènes de malades* […] *on obtient l'ISA d'une entité productive : service, établissement, région. Cet indice est ensuite valorisé en le rapportant au budget de l'entité en question et des comparaisons de productivité peuvent être établies.* » (Belorgey, 2010, p.14)

Le tournant néo-managérial de l'administration hospitalière s'opère plus précisément avec l'application de l'ordonnance n° 96-346 du 24 avril 1996 portant réforme de l'hospitalisation publique et privée. Si cette ordonnance institue le financement régionalisé des établissements de santé et fonde les Agences Régionales de l'Hospitalisation (ARH devenue ARS : Agence Régionale de Santé), elle introduit surtout l'Objectif National des Dépenses de l'Assurance Maladie (ONDAM). L'ONDAM fonctionne sur la détermination d'une enveloppe budgétaire prévisionnelle pour les dépenses annuelles de l'assurance maladie. Une partie de cette enveloppe est à destination des hôpitaux. Sur la base de ce mode de calcul, un service qui voit son activité croître peut, paradoxalement, subir une diminution de son budget si l'enveloppe globale est elle aussi réduite (Belorgey N., 2010, p.15).

Toutefois, ce n'est véritable qu'à partir du plan hôpital 2007 que ce système de gestion néo-managérial prend tout son essor par la mise place la tarification à l'activité (T2A) :

> « *Alors qu'auparavant le budget d'un hôpital dépendait essentiellement de celui de l'année précédente, désormais une partie croissante de ses ressources est fonction de son activité estimée par son nombre de points ISA*. » (Belorgey N., 2010, p.14)

Ce nouveau mode de financement des services hospitaliers ne procède pas au calcul des montants en fonction des coûts réels mais à partir des coûts déterminés dans le cadre d'une enquête nationale réalisés auprès d'un échantillon représentatif d'hôpitaux. Tout frais supplémentaire dépassant cette estimation initiale, par baisse de la productivité hospitalière ou pour cause de cas pathologiques plus lourds, est à la charge des établissements (Belorgey N., 2010, p.15). D'après l'enquête menée par Ivan Sainsaulieu (2003), les logiques budgétaires introduites par le PMSI et la T2A génèrent entre professionnels hospitaliers une pression productiviste et une mise en concurrence.

> « […] *Un autre élément de pression quantitative sur le travail des médecins est constitué par la dictature du point ISA et de l'injonction à la baisse de la durée moyenne de séjour (MDS) : il y a une compétition entre médecins pour avoir moins de dépenses, donc des points ISA et être mieux côtés. Ou pour avoir le moins de MDS.* » (Entretien réalisé auprès d'un chef de service Ouest par Sainsaulieu I., 2003, p.83)

Les réformes managériales portant sur les dimensions budgétaires de l'administration hospitalière s'accompagnent par ailleurs d'une refonte de l'organisation interne.

3) La reconfiguration interne et externe des pouvoirs

Depuis, la loi HPST de 2009, l'administration hospitalière s'organise en pôle d'activité. Les directeurs, les directeurs adjoints et les directeurs des soins de ces pôles sont nommés par le directeur de l'établissement sur proposition d'une liste établie par le président de la CME. Cette loi a également restructuré les instances hospitalières autour de deux institutions principales : le directoire et le conseil de surveillance auxquels participent notamment les différentes organisations du personnel que sont :

- La Commission Médicale d'Etablissement (CME) représentant les médecins.
- La Commission Technique d'Etablissement (CTE) représentant l'ensemble des fonctionnaires de l'administration hospitalière. Elle est présidée par le directeur d'établissement. Elle se répartit en collèges selon les trois catégories de la fonction publique et comprend les organisations syndicales. Un représentant de la CME participe par ailleurs aux réunions des CTE et inversement.
- La Commission des Soins Infirmiers et Rééducation Médico-Technique (CSIRMT) représentant les infirmiers.

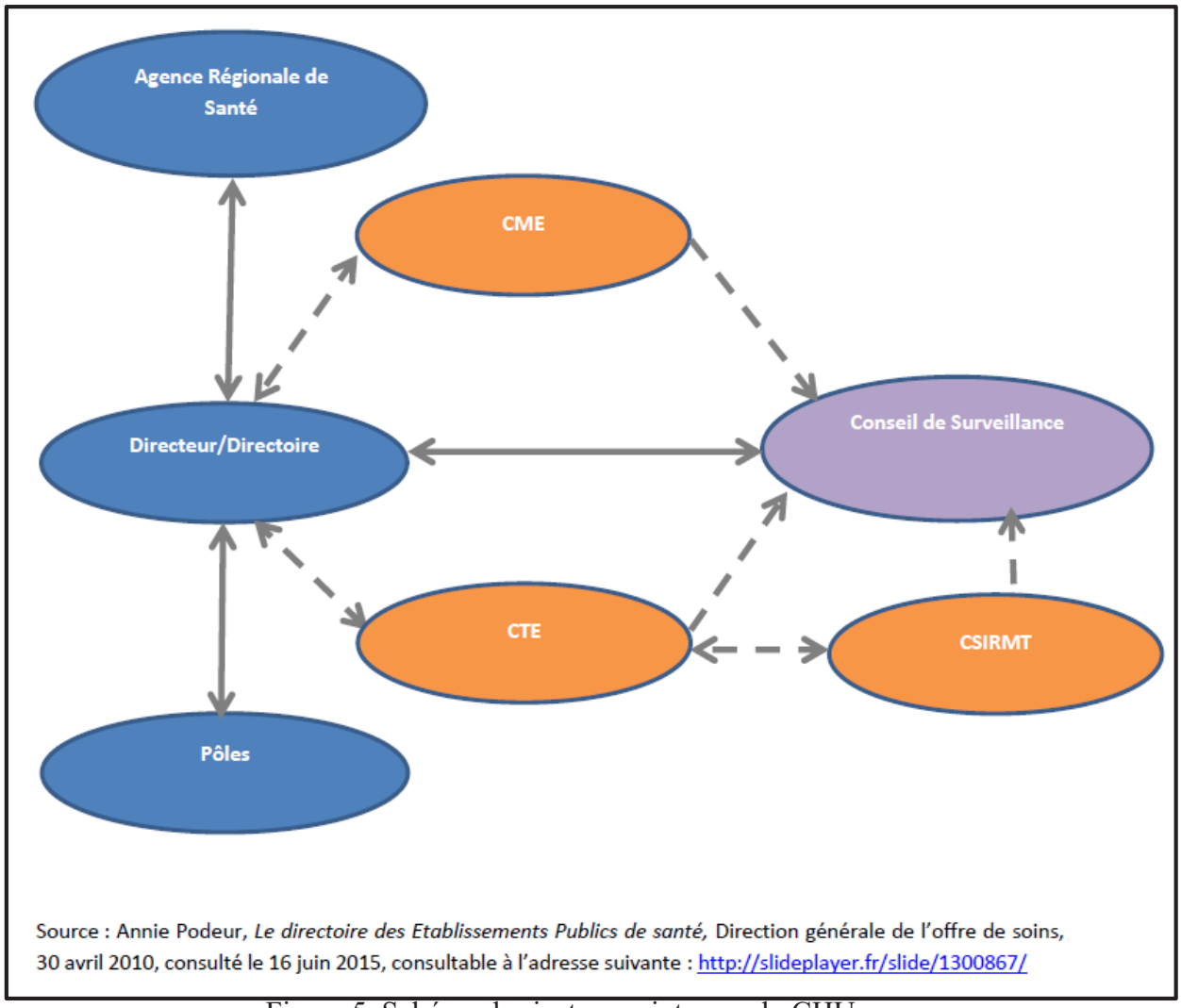
Le directoire a pour mission d'élaborer la politique de l'établissement. Il fixe en ce sens les grandes orientations de l'hôpital. Il réalise en interne les politiques de contractualisation avec les pôles. En externe, il établit auprès des ARS les Contrats Pluriannuel d'Objectifs Moyens (CPOM). Le CPOM est le contrat par lequel un hôpital s'engage auprès de l'ARS autour de différents objectifs pour bénéficier des financements du Fonds d'Intervention pour la Qualité et la Sécurité des Soins (FIQCS). Le FIQCS finance les hôpitaux pour la réalisation « d'objectifs opérationnels » relatifs notamment au développement des soins ambulatoires, aux politiques de ressources humaines ou à l'usage efficace et peu coûteux du médicament.

Au sein d'un CHU, le directoire se compose de membres de droit comprenant : le directeur du CHU, le président de la CME, le vice-président doyen, le vice-président de la recherche et le président de la CSIRMT. Il se compose par ailleurs de membres nommés par le directeur du CHU à partir d'une liste de trois noms proposée par le président de la CME, le Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche de l'hôpital (DUFR) et par le président du Comité de Coordination de l'Enseignement Médical (CCEM). Cette liste est établie sur les bases du respect du principe de la majorité des membres appartenant au corps médical. En cas de désaccord entre les parties, le directeur du CHU nomme les membres de son choix.

De son côté, le conseil de surveillance opère un contrôle au long cours de la gestion de l'hôpital. Il transmet ses observations au directeur de l'ARS dans le cadre d'un rapport annuel. Le conseil de surveillance est également une instance délibérative. A ce titre, il est amené à se prononcer sur le projet d'établissement, le budget, le rapport d'activité et sur l'ensemble des conventions réalisées par l'hôpital. Il se compose de trois collèges (figure 5) (Podeur A., 2010) :

- Un collège représentant la collectivité locale. Pour les CHU, il s'agit du maire de la commune où se situe l'établissement.
- Un collège représentant le personnel, composé de membres de la CME, des différentes organisations syndicales et de membres de la CSRIMT.

- Un collège représentant des personnalités qualifiées comme des membres de l'ARS (2 membres) et des représentants de l'Etat (3 membres désignés par le préfet dont deux représentants des usagers).



Source : Annie Podeur, *Le directoire des Etablissements Publics de santé,* Direction générale de l'offre de soins, 30 avril 2010, consulté le 16 juin 2015, consultable à l'adresse suivante : http://slideplayer.fr/slide/1300867/

Figure 5. Schéma des instances internes du CHU

D'après le rapport du Sénat du 6 mai 2009 déposé par Alain Milon, la loi HPST a renforcé les pouvoirs du directeur d'établissement. La nomination des directeurs, des directeurs adjoints et des directeurs de soins ainsi que celle des membres nommés du directoire conforte cette position centrale. La position centrale du directeur d'établissement fut notamment critiquée en 2009 par Alain Destée alors président de la conférence des CME des CHU:

> « *Le débat s'est déplacé au fil du temps sur la gouvernance interne, avec un impact fort sur les ressources humaines. A l'hôpital, c'est bien le projet médical qui fait vivre, progresser et améliorer la prise en charge du patient. Il est l'épine dorsale du projet d'établissement. Nous souhaitons pouvoir l'élaborer. La loi nous demande simplement de le préparer sous l'autorité du directeur. Elle précise qu'il doit être en conformité avec le contrat pluriannuel d'objectifs et de moyens (CPOM) signé entre le directeur et l'Agence régionale de santé (ARS). Ce n'est pas anodin ! En effet, nous n'avons pas d'impact sur ce CPOM. Par ailleurs, en interne, le projet médical va concerner les pôles*

> *d'activité. Il va donc apparaître dans la contractualisation interne de structures, où se déploient les activités d'enseignement, de soins et de recherche. Les réflexions des pôles nourrissent le projet médical et le déclinent une fois établi. Or, les CME sont exclues de la contractualisation interne, le contrat étant signé entre le directeur et le chef de pôle. Ce dernier est nommé par le directeur, sur simple avis du président de CME, comme sur simple avis simple du Doyen. En d'autres termes, le directeur va contracter avec un « Chef » qu'il aura nommé et à qui il délèguera pour partie la gestion. Ce chef de pôle sera responsable de l'une des structures qui auront été délimitées et organisées par le directeur de l'établissement, là encore, après simple avis du président de CME et du Doyen. Certes, la contractualisation interne et le CPOM pourront être discutés en directoire. Mais là aussi, il y a un risque pour le président de la CME : celui d'être relativement isolé. En effet, il sera entouré de médecins qui auront été nommés par le directeur après avoir recueilli son simple avis.* » (Destée A., 2009)

Toutefois, la diminution du pouvoir des médecins à travers la CME au sein de l'hôpital doit être pondérée. Bien que leurs marges d'intervention connaissent désormais certaines limites, ils restent toutefois des acteurs centraux au sein de l'administration hospitalière.

> « *A l'hôpital qui c'est qu'il y a ? Il y a des infirmiers et des médecins. Ça n'a pas changé depuis 30 ans. Ça n'a pas changé.* » (Entretien, cadre, cadre des agents d'entretiens, CHU de Bordeaux, 18/08/15)

La loi de 2009 a également modifié la configuration des pouvoirs externe aux hôpitaux. La loi HPST a créé les ARS. Ces dernières, à travers l'usage de différents leviers, a participé au tournant néo-managérial de l'administration hospitalière (Buton F., *et al.*, 2012 ; Pierru F., 2012). Avec les contrats locaux de santé qui déclinent les objectifs du projet régional de santé auprès des différents acteurs de la santé d'un territoire, les CPOM, contrat d'engagement des hôpitaux auprès des ARS, représente l'un de ces leviers. Engagé dans ce contrat, autour « d'objectifs opérationnels », l'hôpital se voit sanctionné par l'ARS en cas de non réalisation des objectifs fixés. Après une mise en demeure de 1 ou 2 mois exigeant l'exécution partielle ou entière des engagements, le financement octroyé par le FIQCS peut être en tout ou partie retiré par l'ARS. Compte tenu des difficultés budgétaires actuelles des hôpitaux et plus largement du système de santé, la manne financière supplémentaire que représentent les CPOM peut difficilement être mise de côté.

Le pouvoir octroyé aux ARS par la loi de 2009 s'illustre également d'un point de vue organisationnel. Avec 2 représentants disposant d'une voix consultative au sein du conseil de surveillance, l'ARS dispose d'un droit de regard et d'informations sur la gestion quotidienne de l'hôpital. Enfin, le pouvoir octroyé aux ARS prend corps symboliquement à travers les nominations par arrêté des membres du conseil de surveillance octroyé aux ARS par l'article R6143-4 du code de la santé publique. L'émergence de l'ARS comme l'un des acteurs majeurs de la santé doit être mis en perspective avec un processus plus large d'agencification amorcé depuis une dizaine d'années. A ce titre, l'HAS, l'ANSM et l'ANSES illustrent chacun dans leur domaine ce mouvement.

C'est au cœur d'un contexte socio-professionnel tiraillé entre logiques managériales, reconfiguration des thérapeutiques et des pouvoirs que la question de la contamination

environnementale par les résidus médicamenteux et les biocides se pose. Aussi, au regard des contraintes actuelles auxquelles sont soumis les hôpitaux, il convient d'étudier comment l'administration hospitalière organise la gestion de ces risques émergents.

II) La gestion hospitalière des micropolluants : le cas du CHU de Bordeaux

Face à la question de la gestion des résidus médicamenteux et des biocides, les hôpitaux sont loin d'être démunis. Une réglementation dense encadre le traitement des effluents et des déchets hospitaliers à travers deux leviers principaux :

- La catégorisation des hôpitaux en Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) qui régit le raccordement des établissements hospitaliers aux réseaux des eaux usées par une convention de déversement.
- Les filières de traitement des déchets.

Toutefois, cette réglementation ne demeure pas moins évasive sur certains aspects et reste complexe à mettre en œuvre en pratique. C'est à ce titre que nous déploierons une analyse empirique qualitative afin d'analyser les déterminants sociaux de la contamination des milieux aquatiques par les acteurs hospitaliers du CHU de Bordeaux.

1) Le traitement des médicaments et des biocides à l'hôpital : un dispositif réglementaire foisonnant

Le travail réalisé par Céline Drémont et Rachid Hadjali (1997) sur la gestion des effluents liquides en milieu hospitalier recense plusieurs catégories de rejets au sein de l'hôpital : les déchets des cuisines, les produits utilisés par les blanchisseries ou encore les produits utilisés par les garages et les ateliers. Toutefois, certains rejets restent plus spécifiques au milieu hospitalier. Ainsi, les désinfectants, les antiseptiques, certains germes pathogènes résistant aux biocides, les résidus médicamenteux ou encore les métaux lourds, comme l'argent utilisé en radiologie, en sont quelques exemples.

Céline Drémont et Rachid Hadjali établissent une recension des produits les plus utilisés à l'hôpital. Ils dressent notamment une liste des désinfectants et des antiseptiques comprenant des produits chlorés, des produits de désinfection des appareils médicaux et chirurgicaux comme glutaraldéhyde ou des produits utilisés pour la désinfection dans le cadre des hémodialyses comme le formaldéhyde (Drémont C., *et al.*, p.4). Concernant les médicaments, ils relèvent également un important usage de produits analgésiques, antipyrétiques, antiviraux, antifungiques, immunodépresseurs et anticancéreux. Partant de ce constat, les auteurs ciblent certains services comme les services d'hémodialyse, les laboratoires, les pharmacies, les services de médecine nucléaire ou encore les services de radiologie (Drémont C., *et al.*, p.6-7) comme étant des services ayant une activité pouvant représenter un risque pour l'environnement.

Toutefois, ce constat doit être pondéré au regard des réglementations mises en œuvre en matière de traitement des déchets et des effluents en milieu hospitalier. En effet, l'hôpital est classé en tant qu'ICPE. A ce titre, plusieurs dispositifs réglementaires encadrent la gestion de ses effluents. Ainsi, la Circulaire n°429 du 8 avril 1975 impose la mise en place d'un réseau

séparatif entre les eaux usées et les eaux pluviales, une désinfection ainsi qu'un traitement spécifique pour les eaux radioactives. De même, l'arrêté du 2 février 1998 modifié par celui du 17 juin 2014 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE impose aux hôpitaux de traiter et d'acheminer leurs effluents dans de « bonnes conditions » lorsque ceux-ci sont rattachés à un réseau collectif.

A ce titre, l'hôpital est lié à la collectivité locale et son prestataire par une convention de déversement. Si, suite à un contrôle inopiné, ses rejets dans le réseau des eaux usées s'avèrent l'hôpital devra verser des pénalités à hauteur du coût des mesures nécessaires à mettre en œuvre pour éliminer la contamination générée.

L'encadrement de la contamination environnementale par les biocides et les composés pharmaceutiques fait l'objet d'un deuxième dispositif réglementaire régissant, quant à lui, la gestion des déchets. Plusieurs filières de traitement déchets coexistent au sein de l'hôpital selon la catégorie à laquelle ces déchets appartiennent (Tararine M., 2008).

Le décret n° 94-609 du 13 juillet 1994 prolongé par la circulaire 95-49 du 13 avril 1995 ainsi que le décret n°98-638 du 20 juillet 1998 régissent le traitement des Déchets Industriels Banalisés (DIB) comme les cartons d'emballage, la ferraille ou les débris issus de travaux. Les déchets hôteliers sont quant à eux traités dans le cadre de la collecte mis en place par la collectivité où se situe l'établissement.

Les déchets appartenant à la catégorie des déchets à risques chimiques ou toxiques sont quant à eux régis par les directives européennes 91/689/CEE, 94/31/CEE, 94/904/CEE. Ces déchets comportent notamment les MNU, qui sont incinérés conformément à l'application de la circulaire du 13 février 2006, le mercure, qui fait l'objet d'une filière d'élimination spécifique, les piles et certains produits chimiques des laboratoires. Selon, la dangerosité de chacun de ces produits, ces derniers sont soit incinérés, soit encadrés par un protocole particulier de traitement des déchets.

Enfin, la dernière catégorie de déchets est relative aux déchets d'activités de soins à l'intérieur de laquelle on retrouve deux sous catégories : les Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) et les Déchets d'Activités de Soins à Non Risques Infectieux (DASNRI) qui suivent pour ces derniers la filière des ordures ménagères. Le traitement des DASRI est régi notamment par le Décret n°97-1048 du 6 novembre 1997 qui prévoit leur temps de stockage au regard de la quantité de DASRI et le nettoyage régulier des lieux de stockage. L'élimination des DASRI se fait par l'intermédiaire d'un prestataire qui procède à leur incinération.

Si les réglementations en vigueur encadrent la gestion des rejets hospitaliers dans l'environnement, un flou réglementaire demeure quant à la gestion des résidus médicamenteux. En effet, les principaux décrets et circulaires tendent principalement à gérer la contamination liés aux médicaments à travers la gestion des déchets et moins à travers celle des effluents. Or, les hôpitaux participent, pour une large part, à la contamination des milieux aquatiques par les excrétions des patients passant dans les eaux usées. De plus, ce cadre réglementaire se confronte aux problèmes majeurs de l'intériorisation et de l'application de la règle au sein des activités quotidiennes des acteurs hospitaliers manipulant des produits pharmaceutiques et biocides. Aussi, l'analyse des pratiques de soins, des normes professionnelles et organisationnelles qui régissent l'activité des acteurs hospitaliers est une étape majeure dans la compréhension des déterminants sociaux qui président à la contamination milieux aquatiques.

2) Des positions asymétriques face aux risques environnementaux : les ressorts de l'écologisation des pratiques hospitalières en question

A l'instar des autres administrations françaises, l'hôpital n'est pas resté en dehors du tournant environnemental amorcé par les services publics post Grenelle de l'environnement. Le CHU de Bordeaux a mené en ce sens de multiples actions en matière de développement durable. Il a ainsi mis en place un réseau d'ambassadeurs du développement durable. Acteurs hospitaliers d'origines multiples (ex : pharmacien, infirmier, médecin, jardinier…), les ambassadeurs sont des acteurs pivots au sein de la politique du développement durable du CHU. Ils permettent à la fois d'informer leurs collègues sur les actions menées par le CHU et de faire remonter les besoins de leur service en matière de développement durable.

Dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, le CHU a également mis en œuvre un Plan Déplacement Administration (PDA) en partenariat avec les Trams et Bus de la Communauté urbaine de Bordeaux (TBC). Ce PDA vise à adapter les nombres et les temps de passages des trams et bus aux horaires des salariés du CHU afin que ces derniers utilisent davantage les transports en commun que leur voiture.

Le CHU de Bordeaux a également mené des actions dans le domaine du tri des déchets. Si dans certains services les déchets papiers ont fait l'objet d'un circuit particulier en vue de leur valorisation, le CHU a par ailleurs mis en place des filières de traitement de déchets propres aux différentes activités hospitalières. Le traitement des déchets du CHU de Bordeaux s'organise autour de trois grandes filières (Ministère de la santé et des sports, 2009, p. 12) (figure 6) :

- La filière des Déchets Associés aux Ordures Ménagères (DAOM)
- La filière des Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) débouchant sur une incinération.
- Des filières spécifiques propres à la toxicité de certains produits chimiques ou à leur radioactivité.

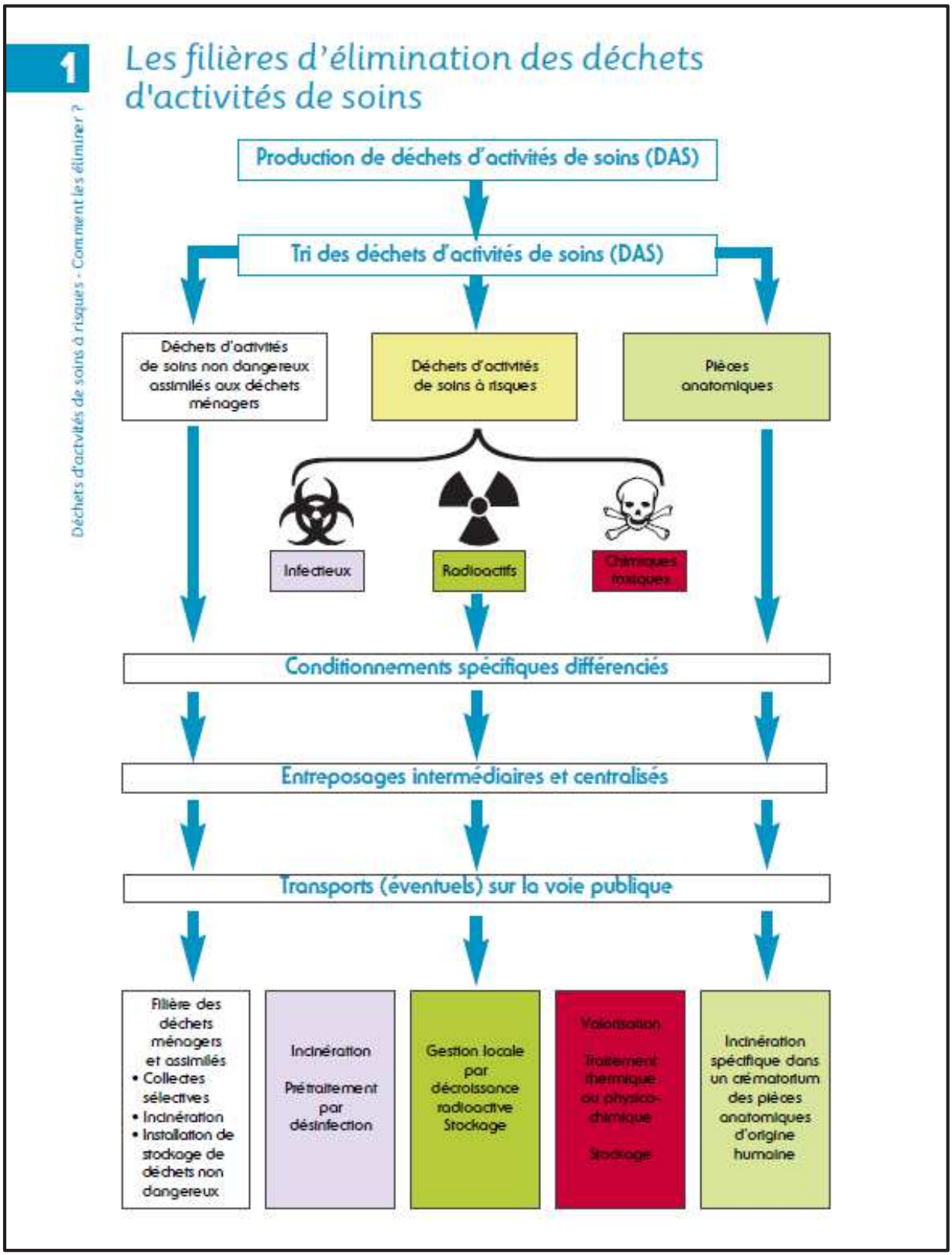


Figure 6. Filières d'élimination des déchets d'activités de soins

Les risques environnementaux liés aux déchets ou au changement climatique ont fait l'objet d'informations régulières auprès des acteurs hospitaliers. Les journaux internes du CHU de Bordeaux, « La Lettre du Développement Durable » et « Passerelles » ont fréquemment relayé,

sur la période de 2008 à 2015, les différents enjeux, économiques et environnementaux, attachés à ces risques (figure 7).

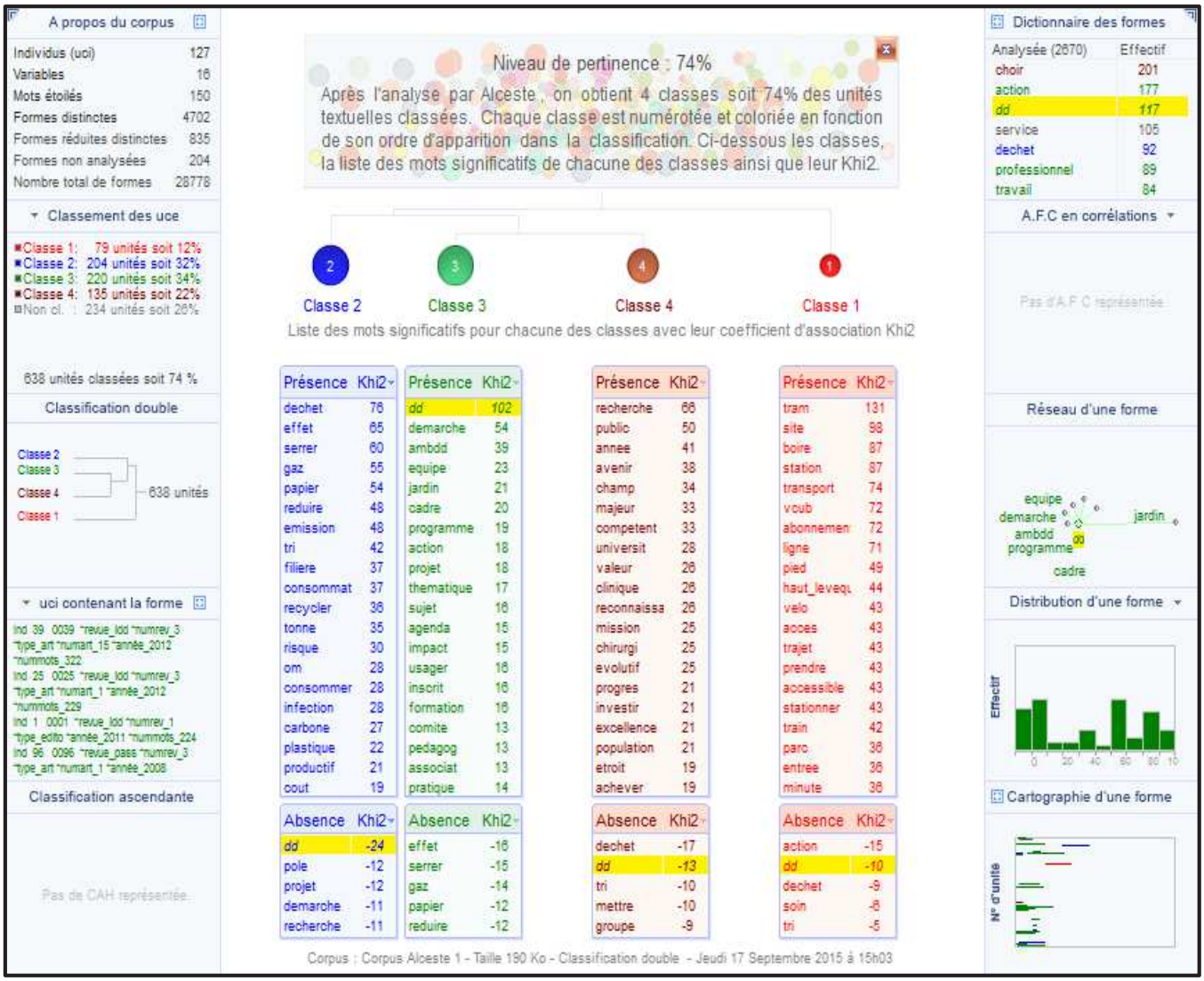


Figure 7. Tableau des classes d'énoncés significatives

Comprenant 34% des unités textuelles, la classe numéro 3 est la plus importante. S'articulant autour des mots développement durable, démarche, ambassadeurs du développement durable (ambdd), équipe, projet programme, action cette classe illustre le tournant environnemental amorcé par l'hôpital à partir de 2008. L'éditorial du journal Passerelles du mois de juin 2008 écrit par Alain Juppé, Président du conseil d'administration du CHU de Bordeaux, illustre ce mouvement et fixe un programme d'actions « développement durable » articulé autour de la gestion des déchets, des achats durables, et de la mise en place d'un PDA.

A ce titre, il n'est pas étonnant qu'avec 32% des unités textuelles, la classe de mot numéro 2 soit la deuxième classe la plus importante. Celle-ci fait référence aux différents objectifs du CHU en matière environnementale. L'on peut retrouver les mots déchets, effet de serre (serrer), tri gaz, papier, réduire, émission faisant tour à tour référence aux actions menées en matière de gestion des déchets et de réduction des gaz à effet de serre (figure 8, figure 9).

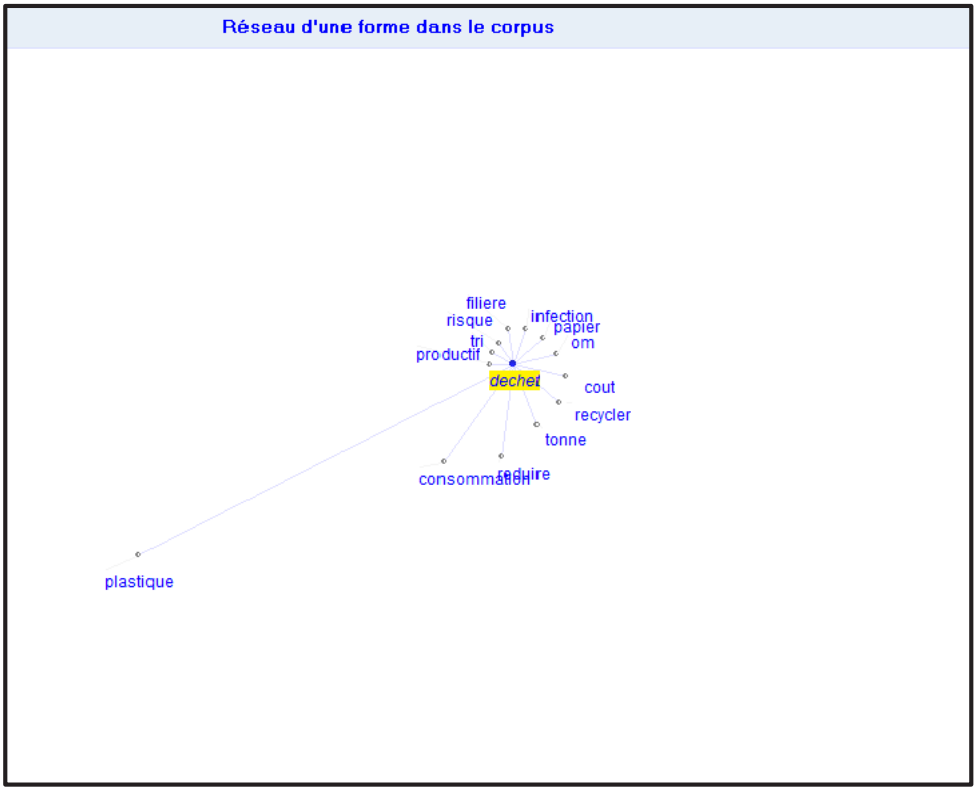


Figure 8. Réseau de proximité lexicale autour du terme « déchets »

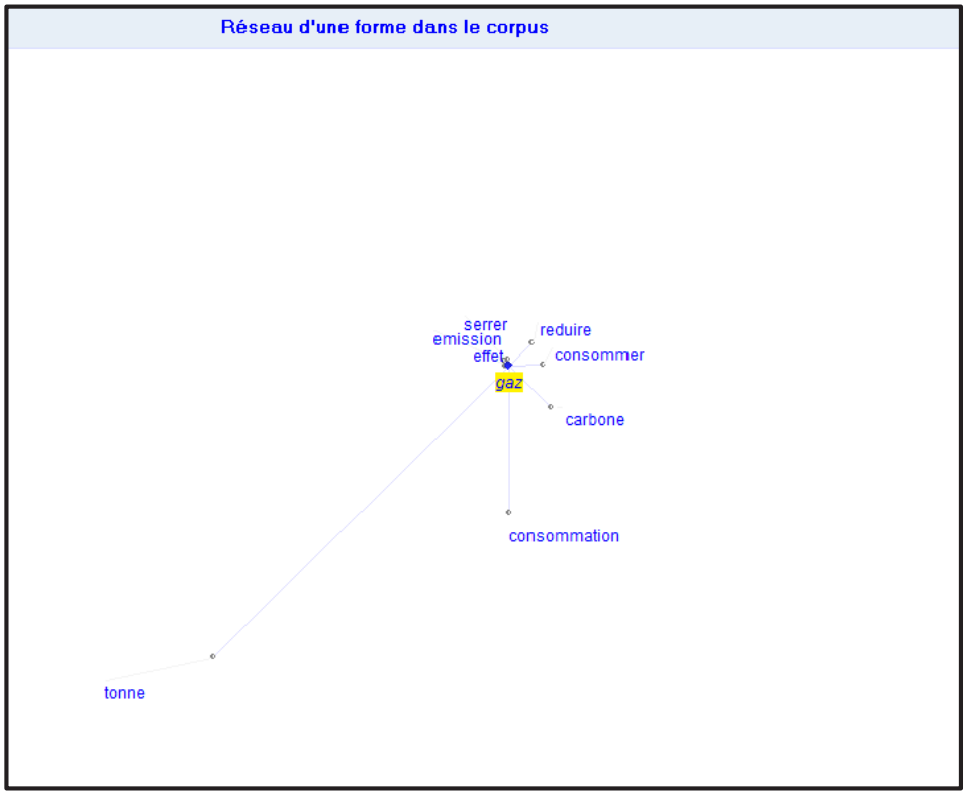


Figure 9. Réseau de proximité lexicale autour du terme « gaz »

La récurrence du champ sémantique du traitement des déchets s'explique par la mise en place d'une filière de tri de papiers et de cartons, qui jusqu'alors étaient traités par le CHU comme une ordure ménagère, et par le rappel régulier des enjeux économiques liés au tri. En effet, en 2009, le CHU de Bordeaux avait produit 2600 tonnes de déchets. Le coût du traitement des Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) est de 500 euros par tonne contre180 euros pour les Déchets Assimilés aux Ordures Ménagères.

De même, la prépondérance du champ sémantique lié à la lutte contre les gaz à effet de serre s'explique par les actions menées par le CHU de Bordeaux en la matière comme la réalisation de son bilan carbone et de son PDA. La classe 1 représentant 12% des unités textuelles qui s'articule autour du champ lexical relatif aux transports (ex : tram, site, bus, station, transport) montre l'importance du PDA du CHU de Bordeaux dans la lutte contre le changement climatique (Figure 7). Ce PDA se concrétisa notamment à travers la mise en œuvre d'un système de covoiturage, d'une adaptation des horaires des trams et des bus en fonction des attentes du personnel hospitalier et de la mise en place de vélos en libre-service.

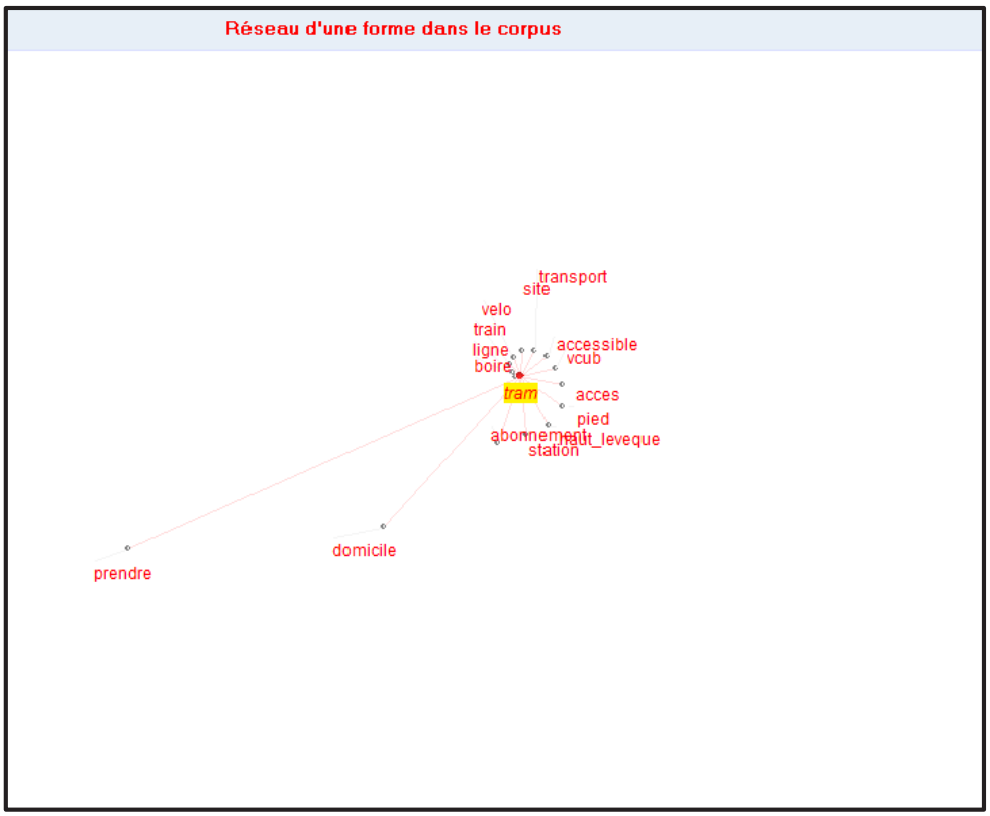


Figure 10. Réseau de proximité lexicale autour du terme « tram »

Si un quatrième champ lexical émerge de cette analyse, représentant 22% des unités textuelles et mettant en avant la mission de service public de l'hôpital en termes de recherche et de soins à travers des termes laudatifs comme l'excellence ou le progrès, il est intéressant de constater que le problème de la contamination des effluents hospitaliers par les résidus médicamenteux et les biocides n'apparaît pas comme un thème environnemental central abordé par les journaux internes du CHU de Bordeaux. Paradoxalement, dès 2010, le CHU de Bordeaux intègre dans son agenda 21 une action dédiée à la réalisation d'une étude de faisabilité du suivi des rejets médicamenteux dans les effluents hospitaliers (CHU de Bordeaux, 2010). Aussi, assistons-nous

véritablement à une requalification des pratiques des acteurs hospitaliers autour des problèmes environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides ?

L'enquête réalisée auprès des acteurs hospitaliers montre que la plus part d'entre eux ont modifié leurs pratiques, tant dans leur vie professionnelle que privée, au regard des risques environnementaux liés au changement climatique et aux traitements des déchets. Bien qu'émergent une prise de conscience du problème et, par endroit, des transformations de pratiques, les risques liés aux résidus médicamenteux et biocides restent encore un sujet nébuleux et lointain.

Changement climatique

« *On y est très sensible. Rien qu'avec la télémédecine. Alors ce n'est pas son objectif premier mais on diminue les transports donc ça va améliorer l'environnement. Et puis, dans la société, je prends le vélo, j'ai changé mon mode de transport.*»
(Entretien, médecin du CHU de Bordeaux, 20/11/15).

Contamination des milieux aquatiques par les RM

« *Très honnêtement ce n'est pas un souci au quotidien. Ce qui importe pour moi, dans ma mission, c'est de faire en sorte que le bon médicament soit administré au bon patient, à la bonne dose pour une bonne durée. Voilà !* »
(Entretien, Pharmacien du CHU de Bordeaux, 06/08/15).

Aussi, l'asymétrie des positionnements de l'institution et des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux, incite à orienter cette recherche vers l'analyse des ressorts du processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides ?

3) Vers une nouvelle évolution des hôpitaux bordelais ? Le CHU de Bordeaux face à la gestion des micropolluants

Le CHU de Bordeaux est l'un des acteurs majeurs de la région Aquitaine. Il se compose de 20 pôles hospitalo-universitaires comprenant 115 services, unités et centres. Il emploie 13 417 salariés et est à ce titre le premier employeur de la région. Il se répartit sur trois groupes hospitaliers :

- Le groupe hospitalier Pellegrin comprenant : le tripode, l'hôpital des enfants, le centre Aliénor d'Aquitaine maternité, le centre François-Xavier Michelet, l'Unité de Soins Normalisés (USN) Tastet Girard, l'Institut des Métiers de la Santé (IMS).
- Le groupe hospitalier Sud comprenant : l'hôpital Haut-Lévêque, l'hôpital Xavier Arnozan, l'Etablissement d'Hébergement pour les Personnes Agées Dépendantes (EHPAD) « Les Jardins de l'Alouette », l'EHPAD de Lormont, l'Institut des Métiers de la Santé sud (IMS), le Centre de Formation Permanente des Personnels de Santé (CFPPS).
- Le groupe hospitalier Saint-André comprenant l'hôpital Saint-André et le centre Jean Abadie.

En termes de consommation énergétique, d'eau et de production de déchets, le CHU générait en 2013 :

- « *1181 GWh d'énergie (soit un peu plus de 11,6 millions d'euros et 24,89 millions d'euros en incluant l'énergie, les fournitures et les prestations de service associées)*
- *637039 m3 d'eau (soit 1,75 millions d'euros)*
- *5467 tonnes de déchets collectés et traités (soit 1,6 millions d'euros)*
- *3852 marchés gérés en 2013*
- *340 millions7 de budgets d'achats de produits et service 8 évalués à plus de 85000 tonnes** équivalent carbone.* » (CHU de Bordeaux, 2014, p.10)

Prenant pour cas d'étude le groupe hospitalier Pellegrin, l'étude réalisée par Mélodie Chambolle, Damien Granger et Tony Muslin (Chambolle M., *et al.*, 2015) montre l'ampleur de l'activité médicale d'un CHU de Bordeaux (figures 11, 12 13, 14).

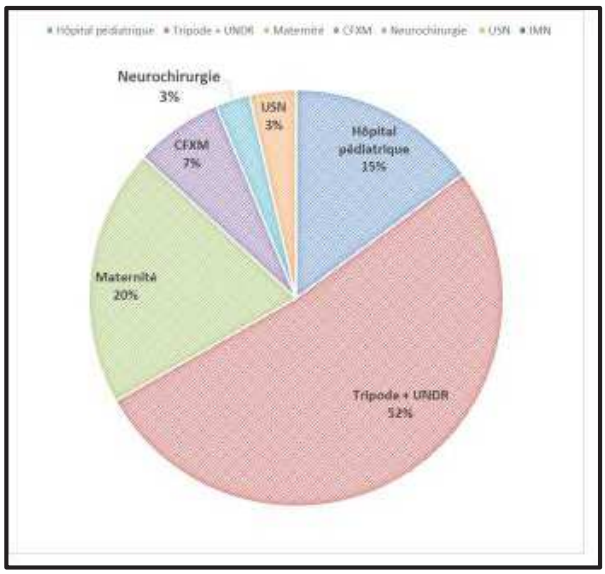


Figure 11. Pourcentage de lits par bâtiment sur la totalité du site (524 lits/ jours)

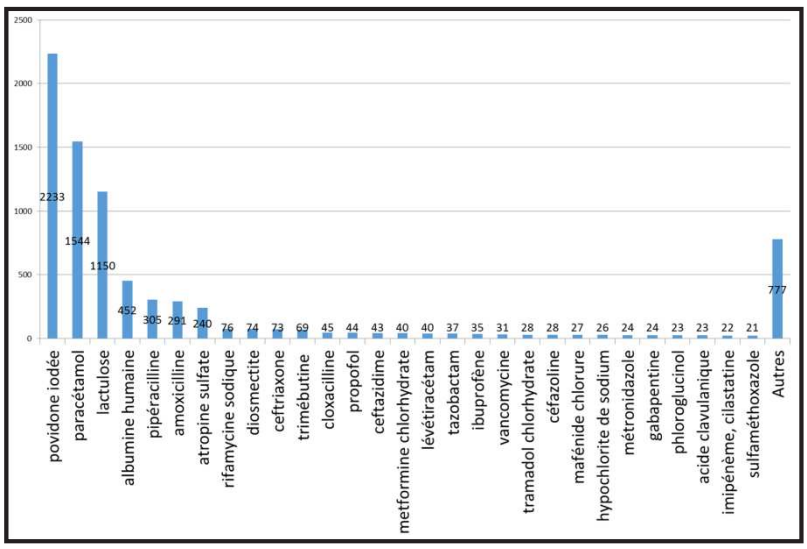


Figure 12. Substances principales consommées par le CHU du site Pellegrin (kg/an).

Batiments/services	Type de service	Rôle / services
Services Généraux	Support	Logistique (bureaux)
PQR	Médical	Bâtiments dédiés à de nombreuses consultations (médecine du travail, allergologie, odontologie,…) Service d'hygiène hospitalière (bureaux)
Pharmacie (centrale)	Médical	Gestion des médicaments pour l'ensemble du site hospitalier Pellegrin
Anapath	Médical	Laboratoire d'analyse cellulaire. Structure qui pratique l'anatomie et la cytologie pathologique (ou anapath) .
Centrale électrique et thermique	Support	Gestion / production d'énergie
Atelier	Support	S'occupe du bon fonctionnement du CHU Pellegrin. Ce service a notamment pour compétences : gestion du réseau d'assainissement et de l'arrivée d'eau, plomberie, menuiserie, lavage véhicules, atelier de mécanique.
USN	Médical	Maladies Neuromusculaires
Pédiatrique	Médical	Centre Pédiatrique
Maison des parents	Médical	Accueil des familles
Tondu	Support et médical	Administration Accueil d'enfants atteints d'un cancer CLIN : Centre de lutte contre les infections nosocomiales COREVIH : Comité de Coordination de la lutte contre l'infection par les virus de l'immunodéficience humaine
Crêche	Support	Garderie
IMS	Médical	Écoles de kinésithérapeutes, d'infirmières, de puéricultrices, d'aide-soignantes, de podologie
CFXM	Médical	Chirurgie maxillo-faciale, chirurgie plastique, ORL, service des brûlés
Bâtiment D	Administratif et médical	Consultation ophtalmologique Administration
Tripode	Support et médical	Laboratoire d'analyse (Bactériologie, Parasitologie, Immunologie, Hématologie, Biochimie) Laboratoire de stérilisation Cuisine centrale
Neurochirurgie	Médical	Chirurgie du système nerveux
Logements de fonctions	Support	Logements de membres du personnel
Ecole de sage femme	Médical	Ecole
Nephrodialyse (UNDR)	Médical	Centre de traitement des maladies rénales
REA	Médical	Le service de réanimation médicale accueille des patients ayant des défaillances d'organes et nécessitant une réanimation, et/ou des soins intensifs, et /ou une surveillance continue.
Urgences	Médical	Urgences adultes
Centre de radiologie, IRM, scanner	Médical	Réalisation de radios, IRM et scanners

Tableau 1. Fonctions des différents services / bâtiments du CHU Pellegrin

Familles	Consommation des substances (exprimée en pourcentage)	Quantités de substances consommées par famille (exprimées en kg)	Nombre de substances par famille
Antiseptique	27,37%	2279	5
Analgésique	19,47%	1621	19
Antibiotique	15,15%	1261	64
Laxatif	13,82%	1150	4
Ion Vitamine	5,50%	458	17
Substituts du sang et fractions protéiques	5,43%	452	2
Ophtalmologie	3,05%	254	4
Antiépileptique	1,38%	115	24
Antispasmodique	1,12%	93	5
Gastrologie	0,90%	75	1
Antinéoplasique	0,85%	71	94
Antiviral	0,64%	53	30
Autres	5,33%	51	-

Tableau 2. Quantité de médicaments consommés annuellement sur le CHU site Pellegrin

Avec plus de 28 000 nombre de jours d'hospitalisation par année, plus de 25 000 consultations par an et des consommations médicamenteuses mesurables en tonne (Chambolle M., *et al.*, 2015, p. 26), l'analyse des ressorts d'un processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers vis-à-vis des risques environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides apparaît comme un chantier ambitieux. Aussi, la question du cadre méthodologique mobilisé pour étudier un tel objet se pose.

III) Hypothèses et cadre méthodologique

6 hypothèses seront investies dans cette enquête. La grande majorité des acteurs hospitaliers étant concernés par la mise en place d'une gestion à la source des résidus médicamenteux et des biocides, nous avons mené une enquête sociologique sur l'ensemble des sites du CHU : Pellegrin, Haut-Levêque, Xavier Arnozan et Saint-André. Tout en s'inscrivant dans une approche interdisciplinaire, cette enquête a mobilisé les outils méthodologiques propres à la sociologie: l'analyse documentaire, l'analyse lexicographique et les entretiens semi-directifs.

1) Hypothèses

Posées dans le cadre d'une approche inductive, nous étudierons au cours de cette recherche 6 hypothèses (encadré 3) dégagées progressivement au fil de nos entretiens et observations.

Hypothèse 1 : L'émergence de la préoccupation autour des résidus médicamenteux et des biocides traduit une nouvelle forme de rationalité de l'administration hospitalière tournée vers l'écologisation de ses pratiques et la responsabilité environnementale.

Hypothèse 2 : La mise en place des dispositifs de contrôle des activités et les contraintes budgétaires issues des réformes néo-managériales restreignent ou pas l'émergence de pratiques environnementales dans l'administration hospitalière à un effet de « greenwhashing ».

Hypothèse 3 : Les enjeux de santé publique restreignent les possibilités d'une requalification environnementales des pratiques médicales.

Hypothèse 4 : La systématisation de l'usage du médicament induite par les approches médicales protocolisées issues de l'evidence based medecine pèsent sur les possibilités d'une requalification environnementale des pratiques médicales.

Hypothèse 5 : L'hétérogénéité et l'asymétrie des ressources détenues par les acteurs de la population hospitalière induit une pluralité de positionnements vis-à-vis des risques environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides.

Hypothèse 6 : Le rapport de force avec les firmes pharmaceutiques et les distributeurs de biocides influe sur les possibilités d'une requalification environnementale des pratiques médicales.

Encadré 3. Hypothèses

2) Interdisciplinarité

La contamination des eaux par les résidus médicamenteux et les biocides peut difficilement être appréhendée sans à la fois étudier les sources, le circuit et les impacts des molécules présentes dans les milieux ainsi que les déterminants sociaux qui président le processus de contamination (Salles D., *et al*., 2013).

Ainsi, les dimensions chimiques, biologiques, sociales, économiques et politiques des micropolluants font émerger l'interdisciplinarité comme une approche analytique féconde dans l'atteinte de l'intelligibilité scientifique de l'objet. C'est à ce titre que notre enquête s's'inscrit dans le cadre d'une approche interdisciplinaire au croisement de la chimie, de la sociologie, de la gestion de l'eau urbaine et de la gestion hospitalière. Aussi, cette enquête sociologique s'appuie sur le travail de détermination des sources et de la nature de la contamination des effluents hospitaliers que réalise les chimistes afin d'explorer, plus particulièrement, certains usages des produits pharmaceutiques et des biocides.

3) Analyse documentaire et lexicologique

L'analyse documentaire que nous avons menée a consisté, dans un premier temps, à étudier les différents règlements et textes de loi relatifs aux réformes hospitalières. L'objectif de cette étude était de dégager les dimensions coercitives qui orientent pour partie les pratiques des acteurs. D'autre part, nous avons également analysé le contenu des journaux professionnels internes au CHU sur la période de 2008 à 2015 :

- La Lettre du Développement Durable (LDD), journal dédié exclusivement aux questions du développement durable principalement environnementale.
- Passerelles, journal généraliste traitant de l'actualité du CHU.

Cette étude avait pour objectif de mettre en lumière, à travers l'analyse du discours par de l'administration hospitalière, les évolutions et les positions actuelles du CHU de Bordeaux sur la politique environnementale de l'établissement.

Si nous avons analysé l'ensemble des articles de la LDD, concernant ceux du journal Passerelles, nous avons procédé à un tri. Nous avons retenu les articles évoquant les actions de développement durable menées par le CHU et les éditos des directeurs généraux successifs marquant les grandes orientations que se fixe l'hôpital à chaque début d'année. L'ensemble de ce corpus représente 40 journaux soit un total de 127 articles : 93 articles de la LDD et 34 articles de Passerelles.

4) Observations et entretiens

L'enquête sociologique que nous avons menée s'est également basée sur la réalisation de 42 entretiens semi-directifs d'une durée moyenne d'une heure. Ces entretiens ont recherché la plus grande exhaustivité possible compte tenu du temps d'enquête qui nous était imparti. Les entretiens se sont donc répartis de la manière suivante. Tout d'abord, nous avons rencontré les services en charge de l'étude et de la gestion des médicaments et des biocides ainsi que les instances en charge de la politique interne du CHU de Bordeaux soit (tableau 3) :

- Les services de pharmacie
- Les services d'achats
- Les services d'hygiène
- La pharmacologie
- La Commission Médicale d'Etablissement
- Conseil Environnemental
- Département des ressources matérielles

Concernant les services de soins nous nous sommes centrés sur ceux dont les activités de soins peuvent générer une contamination des milieux aquatiques (tableau 3) comme :

- L'oncologie
- La néphrologie
- La neurologie
- La gériatrie
- La médecine interne et le traitement des maladies infectieuses
- La pédiatrie

Par ailleurs, nous avons également ciblé deux services qui ont initié un processus d'écologisation des pratiques au regard des risques environnementaux (tableau 3) : le service plaies et cicatrices et les laboratoires d'analyses.

Services du CHU
Oncologie/Hématologie
Néphrologie
Neurologie
Gériatrie
Pédiatrie
Médecine interne et maladies infectieuses
Services Plaies et Cicatrices
Laboratoire d'analyse
Pharmacie du Groupe Hospitalier Sud
Département Hospitalo-Universitaire de Pharmacologie de Bordeaux
Département des ressources matérielles
Commission Médicale d'Etablissement
Pharmacie du Groupe Hospitalier Pellegrin
Conseil Environnemental
Service d'Hygiène Hospitalière Surveillance et Prévention du Risque Infectieux
USN Pôle Biologie et Pathologie
Unité d'Achat de Biologie

Tableau 3. Services du CHU étudiés

Si l'on s'arrête plus précisément sur les acteurs rencontrés au sein du CHU de Bordeaux (tableau 4) la répartition de l'échantillon se fait comme suit :

Acteurs du CHU (31)
Soins (15) Médecins (8), Infirmiers (5), Laborantin (1), Cadre de santé (1)
Pharmacie (6) Pharmaciens (4), Préparateurs en pharmacie (2)
Pharmacologie (3) Médecin (2), pharmacien (1)
Hygiène (3) Médecin (1), Responsable du service d'entretien (1), Technicienne d'entretien (1)
Administratifs (4) Direction de la stratégie-coopération et développement durable (1), Département des ressources matérielles (2), Unité d'achat biologie (1)

Tableau 4. Acteurs rencontrés au CHU

Enfin, nous avons également réalisé des entretiens auprès d'acteurs institutionnels, privés, scientifiques et associatifs parties prenantes de la problématique environnementale liée aux résidus médicamenteux et biocides (tableau 5,6,7). Nous nous sommes ainsi entretenus auprès du :

- Ministère de l'environnement
- Ministère de la santé
- ANSES
- ARS
- ANSM
- ASEF
- SEPANSO : Association de préservation de la biodiversité en Aquitaine
- GERPAC : Groupe d'Evaluation et de Recherche sur la Protection en Atmosphère Contrôlé
- LyRE SUEZ
- Sanofi

Agences et acteurs privés (6)
LyRE SUEZ
ANSM
ARS
ANSES
SANOFI

Tableau 5. Agences et acteurs privés rencontrés

Acteurs institutionnels (2)
Direction Générale de la Santé
MEDDE/Bureau de la lutte contre les pollutions domestiques et industrielles

Tableau 6. Acteurs institutionnels rencontrés

Acteurs Associatifs et scientifiques (3)
ASEF
SEPANSO
GERPAC

Tableau 7. Acteurs associatifs et scientifiques rencontrés

L'observation que nous avons réalisée a été menée au sein des laboratoires d'analyses. Lors de cette observation nous avons pu étudier les usages au quotidien des filières de déchets et des différents dispositifs de retenue des effluents de laboratoire.

RESULTATS

I) Analyse de la mise à l'agenda d'un risque émergent : l'hôpital vers une nouvelle responsabilité environnementale ?

Quelles sont les raisons qui ont incité le CHU de Bordeaux à réduire les rejets de médicaments et de biocides dans ses effluents ? Dans cette partie, nous proposons l'analyse du processus de mise à l'agenda (Garraud P., 1990 ; Garraud P., 2004) des problèmes environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides. En nous posant la question de savoir quels sont les enjeux qui sous-tendent ce processus, nous mettrons en lumière les éléments contingents, stratégiques et structurels qui participent à la mise à l'agenda. Nous verrons que le problème du rejet des résidus médicamenteux s'inscrit dans le cadre d'un phénomène d'expatriation des activités de soins du CHU de Bordeaux transitant d'une gestion *intra* à une gestion *extra-muros* de ces dernières.

1) La mise à l'agenda des résidus médicamenteux : entre éléments contingents et stratégiques

Les premières réflexions autour de la gestion des rejets de biocides et de médicaments dans les effluents hospitaliers débutent en 2008. Les services de pharmacologie ont présenté très tôt un vif intérêt pour la question. Ils se sont d'ailleurs fait le relais de ce problème en interne en participant notamment à la table ronde sur « le rejet de résidus médicamenteux dans l'environnement » du colloque régional « développement durable, soins et santé publique »[11] organisé par le CHU en 2012.

L'intérêt de la pharmacologie pour la problématique des micropolluants s'explique, pour partie, par l'essor que connaît actuellement l'une de ses branches : la pharmaco-épidémiologie. L'un des experts scientifique du domaine est d'ailleurs professeur de pharmacologie au sein du CHU de Bordeaux. La pharmaco-épidémiologie consiste à étudier les avantages et les risques liés à un médicament au regard de ses usages quotidiens. Elle étudie ainsi les modes de prescriptions et d'utilisation des médicaments. La singularité de l'approche observationnelle de la pharmaco-épidémiologie l'a progressivement amené à s'interroger sur le devenir des médicaments dans l'environnement.

> *Une nouvelle discipline s'est développée à partir des années 90 et, actuellement, elle atteint sa vitesse de croisière. Elle s'appelle la pharmaco-épidémiologie. Cette pharmaco-épidémiologie, dont l'un des grands experts est M. X, n'est pas étrangère à l'intérêt sur le sujet de l'impact des médicaments qui sont éliminés par les hôpitaux ou que l'on retrouve dans les différents fluides émanant des maisons, des usines…* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

Cependant, par manque de moyens et de partenariats, le CHU de Bordeaux dut mettre de côté pendant 5 ans la question de la contamination environnementale par les composés pharmaceutiques et les biocides.

> *En gros entre 2008 et 2013, pendant 5 ans, on a repéré le sujet mais on n'en a pas fait grand-chose. Faute de moyens, de méthodes, de réflexions. L'équipe de pharmaco voulait porter un projet de recherche. Puis, je pense qu'il y avait*

[11] Voir annexe 1.

> *d'autres priorités, fallait trouver des partenaires.* (Entretien, cadre administratif, CHU de Bordeaux)

Mais, en 2013, la question connaît à nouveau un regain d'intérêt. Elle fera finalement l'objet de deux projets de recherche dont le CHU de Bordeaux sera partenaire : les projets RESEAU et REGARD. Pour comprendre l'intérêt précoce et continu du CHU sur cette question, nous devons procéder à un retour de dix ans en arrière.

En 2006, après un séjour au Québec durant lequel il s'intéressa aux politiques de développement durable, Alain Juppé redevient maire de Bordeaux. Suite à son retour aux fonctions municipales, il est élu président du conseil d'administration du CHU qui deviendra le conseil de surveillance après la loi HPST de 2009. A cette même période, l'ancien directeur général du CHU rattacha les services de développement durable à la direction de la stratégie de l'hôpital. Le tournant environnemental amorcé par cette réorganisation fut réaffirmé par un éditorial rédigé par Alain Juppé dans le journal interne Passerelles de juin 2008.[12]

Le rattachement des services de développement durable à la direction de la stratégie de l'hôpital et la présence d'un élu national important au sein des instances internes du CHU de Bordeaux ont eu plusieurs conséquences. D'abord, par l'intermédiaire d'Alain Juppé, le CHU de Bordeaux put plus largement participer à la politique environnementale de son territoire en intervenant notamment au sein du club de la mobilité des entreprises et du club climat-énergie de la future Bordeaux Métropole.

> *C'est vrai qu'Alain Juppé, maire de Bordeaux, nous a souvent positionnés. Moi ça m'est arrivé plusieurs fois d'échanger avec des adjoints sur des sujets de développement durable ou le premier contact c'est : M. Juppé souhaiterait que l'hôpital soit présent*. (Entretien, cadre administratif, CHU de Bordeaux)

La participation à ces différentes instances a permis au CHU de développer de nouveaux partenariats suscitant l'ouverture de fenêtres d'opportunités (Kingdon J., 1984). La mise à l'agenda du problème de la contamination des milieux aquatiques par les médicaments et les biocides a pu ainsi bénéficier de l'une de ces rencontres. Lors des réunions du club mobilité et climat-énergie, la secrétaire générale du CHU de Bordeaux a fait la rencontre d'une personne en charge des questions de développement durable au sein de la Lyonnaise-des-eaux. Cette dernière a relayé au sein de son entreprise le souhait du CHU de réaliser une étude de faisabilité sur le suivi des rejets médicamenteux.

> *C'est un effet d'opportunité. Ça c'est fait comme ça, par le biais de la Lyonnaise et par le biais de la personne qui était sur le développement durable que je côtoyais dans le club mobilité de la CUB et le club climat-énergie de la ville de Bordeaux. Je pense qu'elle a du faire passer des messages. C'est ça le réseau développement durable.* (Entretien, cadre administratif, CHU de Bordeaux)

Cette rencontre fut donc à l'origine des projets de recherches auxquels le CHU de Bordeaux participe actuellement pour réduire la contamination de ses effluents hospitaliers. Toutefois, si ces éléments contingents ont joué un rôle important dans la mise à l'agenda du problème de micropollution lié aux résidus médicamenteux et aux biocides, des positionnements stratégiques et des contraintes structurelles expliquent également ce processus.

[12] Voir annexe 2.

2) La mise à l'agenda des résidus médicamenteux : entre anticipation de réglementations futures et politiques de labélisation

L'article 1331-10 du code de la santé publique, modifié par la loi du 16 décembre 2010, pose que tout déversement d'eaux usées autre que domestique doit être soumis à l'autorisation des collectivités territoriales. Une collectivité dispose donc du droit de refuser le déversement dans le réseau public d'eaux usées qu'elle jugerait toxiques. Si un industriel peut s'engager dans un rapport de force avec la collectivité locale en faisant planer la crainte d'une délocalisation face à l'application de réglementations qu'il définirait comme étant trop contraignantes, un hôpital est quant à lui sédentaire sur un territoire, tributaire de l'organisation territoriale de la santé.

Aussi, contrairement à une entreprise, un hôpital demeure particulièrement assujetti aux évolutions de la réglementation. Cette sujétion se réifie notamment à travers les engagements posés par la convention de déversement liant un hôpital à sa collectivité (figure 13). Celle-ci impose le paiement de pénalités en cas de dépassement des seuils de toxicité (Communauté Urbaine de Bordeaux, 2013).

Article 52 - Mesures de sauvegarde

En cas de non-respect des conditions définies dans les conventions de déversement ordinaires ou dans les droits au raccordement des eaux usées assimilables à un usage domestique ou dans les autorisations de déversement des eaux usées autres que domestiques, portant atteinte à la sécurité du personnel d'exploitation, directement ou indirectement au milieu naturel, ou troublant gravement, soit l'évacuation des eaux usées, soit le fonctionnement des stations d'épuration, les dépenses de tout ordre occasionnées, seront à la charge du contrevenant.

Figure 13. Extrait du règlement de service public de l'assainissement collectif de la Métropole Bordelaise.

A ce jour, le cas des rejets médicamenteux n'est pas encadré par la convention de déversement. Toutefois, plusieurs signes annonciateurs d'une éventuelle évolution réglementaire font jour en Europe. Ainsi, la Suisse a récemment mis en place des dispositifs d'ozonation et de charbon au sein de ses STEP. De plus, lors de la dernière conférence environnementale en 2015, la grande majorité des pays européens se sont également déclarés favorables à la mise en place de tels dispositifs techniques. Au regard des coûts occasionnés, la France ne privilégie pas la réponse technique et propose la mise en place d'une gestion à la source de la contamination.

> *Nous dans le workshop européen, qui a eu lieu l'année dernière, où chaque ministre s'est exprimé sur ce qu'il envisageait de faire, on a déjà dit qu'on ne voulait pas recourir de façon privilégiée au traitement complémentaire pour les STEP et on est le seul pays à l'avoir dit.* (Entretien, agent du ministère de l'environnement)

Dans un contexte réglementaire incertain, la mise à l'agenda des micropolluants recouvre, pour l'hôpital, un enjeu stratégique afin d'anticiper les éventuelles évolutions réglementaires en matière de micropollution. Lors d'une pause-café, un agent technique du CHU de Bordeaux me présente ainsi les positions de l'hôpital face à ces incertitudes réglementaires.

> *La question de la pollution dans les effluents c'est aussi une question économique. Je ne sais pas si vous savez mais nous sommes liés à une convention de déversement et si on dépasse un seuil de toxicité, on a des*

choses à payer. Pour l'instant les médicaments ça ne fait pas partie de la liste.
(Entretien, agent technique, CHU de Bordeaux)

Au-delà des dimensions stratégiques, la mise à l'agenda de la contamination des eaux par les médicaments s'inscrit également dans un processus de distinction entre établissements hospitaliers. Lié depuis 2009, en tant que membre de la Fédération Hospitalière de France, par la convention portant engagements mutuels dans le cadre du Grenelle de l'environnement[13], le CHU de Bordeaux a mené dans ce cadre de nombreuses actions environnementales. A ce titre, il s'est progressivement forgé, au sein de la communauté hospitalière, l'image d'un « hôpital vert ».

En effet, dans le cadre de l'édition 2010 (Chu de Bordeaux, 2010) du baromètre du développement durable[14], instrument d'évaluation des actions menées dans le cadre de la convention précitée, le CHU de Bordeaux a reçu : le premier prix au classement général du baromètre du développement durable des établissements publics hospitaliers, l'award dans la catégorie transports pour la mise en œuvre de son PDA, le deuxième prix sur les achats durables et le deuxième prix sur le thème du management et de la communication (figure 14).

C·H·U
Hôpitaux de Bordeaux

Communiqué de presse du 2 juin 2010

LE CHU DE BORDEAUX RECOMPENSÉ POUR SON PROGRAMME DEVELOPPEMENT DURABLE

Le CHU de Bordeaux a obtenu deux récompenses majeures dans le cadre de l'édition 2010 du baromètre(*) développement durable mis en place par les ministères de la santé et de l'écologie, l'ADEME (agence pour le développement et la maîtrise des énergies) ainsi que les fédérations hospitalières publiques et privées.

Le CHU de Bordeaux a ainsi reçu, lors du salon Hôpital Expo le 19 mai 2010 :

→ **l'Award des "établissements publics, FHF"** découlant du 1er prix obtenu au classement général du baromètre, tous thèmes confondus.

→ **l'Award** dans la catégorie **« des Transports »**, dans le cadre du plan de déplacement (PDA).

→ **le 2ème prix** sur le thème des **« Achats durables »**

→ **le 2ème prix** de **« Management - communication »**

Figure 14. Récompenses décernées par le CHU de Bordeaux pour son programme développement durable

A travers ce système de récompense, le baromètre du développement durable encourage la concurrence inter-hospitalière et nourrit par là même un processus de distinction entre les établissements de soins dans le champ hospitalier.

> *J'ai tout de suite insisté auprès de mon équipe en disant que parler du développement à l'hôpital tout le monde va penser à l'environnement, à l'énergie, l'eau, les déchets, les achats. C'est assez classique. Comme on est à l'hôpital, on n'est vraiment pas une entreprise comme les autres. Donc il faut qu'on réfléchisse à ce qu'on peut faire en termes de santé et de*

[13] Voir annexe 3.

> *développement durable. Tout de suite est venue la question de l'usage unique. Puis, le deuxième sujet qui a émergé est la question des pollutions que l'on génère par notre activité de soins.* (Entretien, cadre administratif, CHU de Bordeaux)

A ce titre, le baromètre du développement durable incarne une nouvelle forme d'instrumentation de l'action publique légitimant l'exercice d'une nouvelle forme de pouvoir qualifiée par Henri Bergeron, Patrick Castel et Sophie Dubuisson-Quellier de « gouvernement par les labels » (Bergeron H., *et al.*, 2014). Cette nouvelle forme de gouvernement encourage « le processus de distinction dans lequel s'inscrivent les acteurs d'un champ donné [afin de] les amener vers des orientations déterminées a priori par les pouvoirs publics comme étant d'intérêt général » (Bergeron H., *et al.*, 2014, p.10).

ADEME, ministère de la santé, ministère de l'environnement, Bordeaux métropole, Lyonnaise-des-eaux, fédérations hospitalières ou service de pharmacologie, l'analyse de la mise à l'agenda de la contamination des eaux par les résidus médicamenteux et les biocides au sein du CHU de Bordeaux montre à la fois les différents jeux d'échelles (Faure A., *et al.*, 2007) et la forte hétérogénéité des acteurs qui ont participé au processus de mise à l'agenda. Ce constat n'est pas propre à la politique environnementale d'un hôpital. Il apparaît aujourd'hui incarné un mouvement général de la politique hospitalière. Alors envisagée dans le cadre d'une gestion *intra-muros* au sens strict, la gestion hospitalière semble aujourd'hui transiter vers une gestion *extra-muros* de ses activités l'amenant à développer de multiples coopérations interinstitutionnelles.

3) Le développement d'une politique hospitalière extra-muros : vers l'émergence d'une responsabilité environnementale ?

L'analyse des éléments contingents, stratégiques et structurels qui ont participé au processus de mise à l'agenda de la contamination des eaux par les composés pharmaceutiques et les biocides, montre la grande pluralité d'acteurs qui ont participé de près ou de loin à la politique environnementale du CHU de Bordeaux. Loin d'être déterminée en vase clos, la gestion environnementale d'un hôpital se définit davantage à travers les multiples interactions que le CHU a su tisser non seulement auprès des acteurs de la santé de la région Aquitaine mais aussi auprès des acteurs plus périphériques comme les collectivités locales ou les gestionnaires de l'eau.

La participation du CHU au sein des clubs mobilité des entreprises et climat-énergie illustre la pluralité de ces interactions. Alimenté par la dynamique des politiques de labélisation, le CHU de Bordeaux a développé, au sein de ce réseau de politiques publiques (Le Galès P., *et al.*, 1995 ; Marin B., *et al.*, 1992), plusieurs partenariats qui lui ont permis de mener diverses actions environnementales. La politique environnementale du CHU se détermine donc en partie à l'intérieur de ces réseaux par des situations *extra-muros* d'interdépendances et des coopérations interinstitutionnelles (Salles D., 2009, p.2). En ce sens, la politique environnementale du CHU s'inscrit dans le cadre d'un phénomène d'expatriation.

Ce phénomène d'expatriation n'est pas propre au domaine environnemental mais traduit une transition générale de la politique hospitalière. De plus, la multiplication des collaborations interinstitutionnelles tendent aujourd'hui à faire converger les politiques environnementales et les politiques de santé envisagées jusqu'alors de façon sectorielle.

En effet, comme nous l'avons vu, le développement des maladies chroniques, l'amélioration des techniques médicales mais aussi la mise en place des soins ambulatoires et de l'éducation

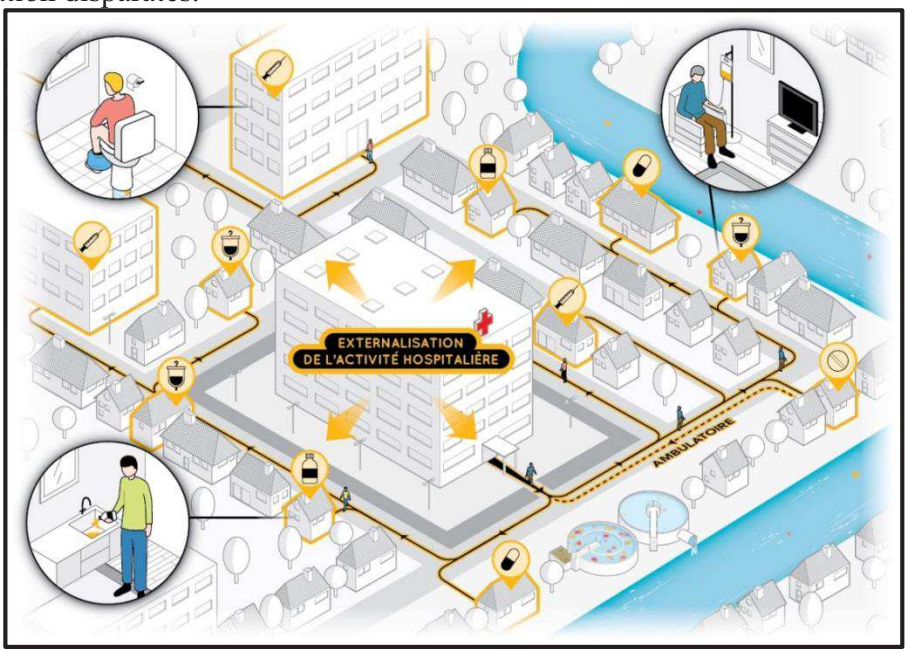
thérapeutique ont engendré un processus d'autonomisation des patients. Celui-ci a induit une refonte de l'organisation de l'activité de soins autour de ce qui est appelé aujourd'hui le « parcours de soins »[15]. Au sein du parcours de soins, l'hôpital est envisagé comme une partie d'un système de santé plus large où les coopérations avec les acteurs de la santé mais aussi avec des acteurs périphériques sont plus récurrentes.

> *On a des liens très clairs avec l'éducation nationale. On sait quel est le collège de l'enfant. Le collège est appelé si l'enfant reste un petit plus hospitalisé. On lui envoie les cours. Ces réseaux de soins et ces partenariats ils existent.* » (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

L'organisation de la santé en termes de parcours de soins génère l'émergence d'une nouvelle forme de responsabilité hospitalière vis-à-vis des patients situés à l'extérieur des murs de l'hôpital. Ce phénomène d'expatriation des activités de soins tend à faire émerger au côté de la responsabilité sanitaire, une responsabilité environnementale. Me présentant la mise en place du parcours de soins sur la sclérose en plaques, un médecin du CHU de Bordeaux m'explique l'émergence de cette nouvelle forme de responsabilité environnementale.

> *En 98, on a mis en place le réseau sur la sclérose en plaques […] Dans le cadre de la problématique environnementale, il y a tout un travail de fait sur le devenir des seringues. Parce qu'il y a beaucoup de médicaments immunologiques injectables. Maintenant, le circuit de récupération des seringues est correctement organisé.* (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux).

Si par le processus d'expatriation de la gestion hospitalière les logiques institutionnelles font progressivement émerger une responsabilité environnementale hospitalière, le personnel soignant a-t-il de son côté amorcé un changement de pratiques ? Loin d'un mouvement homogène, nous analyserons la présence, au sein de la communauté de soins, de processus d'écologisation disparates.



Processus d'externalisation de l'activité hospitalière

[15] Le parcours de soins fait l'objet de la 4ème orientation du projet d'établissement 2016-2020 du CHU de Bordeaux. Voir annexe 4.

II) L'hôpital face aux risques environnementaux : des processus d'écologisation hétérogènes

Nous analyserons trois groupes professionnels dont les positions face aux enjeux environnementaux diffèrent selon des processus sociaux qui peuvent être, quant à eux, singuliers et/ou communs aux différents groupes.

Nous classerons ces groupes professionnels en trois catégories :

- Ceux dont les possibilités d'écologisation des pratiques professionnelles sont contraintes. Nous retrouverons dans ce groupe les pharmaciens et les soignants.
- Ceux qui ont effectué une écolisation partielle de leur cœur de métier vers un processus d'écologisation des pratiques. Nous retrouverons là les services d'hygiène.
- Ceux qui ont initié des pratiques alternatives. Nous retrouverons ici les laboratoires d'analyses et le service plaies et cicatrices.

1) Pharmacie et soignants : des possibilités d'écologisation contraintes

La pharmacie et la médecine représentent deux secteurs hospitaliers dont les possibilités de bifurcation environnementale demeurent limitées. Toutefois, nous verrons que, malgré diverses contraintes sociales, ces derniers ne font pas preuve d'une inertie environnementale.

a. Le secteur de la pharmacie

La Pharmacie à Usage Intérieur (PUI) d'un hôpital remplit plusieurs fonctions :

- Elle achète les produits pharmaceutiques et les dispositifs médicaux
- Elle dispense et distribue les médicaments auprès des patients et des services de soins
- Elle fabrique elle-même certains médicaments
- Elle assure une formation auprès du personnel soignant et des usagers sur les produits pharmaceutiques et les dispositifs médicaux

Parmi les différents acteurs qui travaillent au sein de la PUI, deux acteurs centraux émergent : les pharmaciens et les préparateurs en pharmacies.

Au regard des entretiens menés, les pharmaciens et les préparateurs en pharmacie ont pour la majorité conscience du problème environnemental lié à la contamination des eaux par les médicaments. La connaissance de ce problème s'explique, pour les pharmaciens, de par leur parcours de formation. Si le sujet n'est pas abordé de manière centrale, les cours de pharmacologie et de toxicologie permettent d'établir des liens entre la nature moléculaire des composés pharmaceutiques et leur impact environnemental.

> *Dans la pharmacologie vous avez la pharmacologie-clinique où l'on teste les médicaments chez l'homme avant mise sur le marché, la pharmacologie fondamentale où l'on teste le médicament sur la cellule ou le rat et vous avez la pharmacovigilance qui gère tout ce qui est effet indésirable du médicament. On va dire que c'est plus à la frontière avec la toxicologie. Du coup ça serait*

cette filière-là qui s'intéresserait à si l'on trouve des médicaments dans l'environnement. […] (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).

Je vais ouvrir un master de pharmacotechnie à Bordeaux au mois de septembre. Le master ne sera pas que sur le risque environnemental mais dedans sera introduit le risque sur la manipulation de produits toxiques. (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).

En ce qui concerne les préparateurs en pharmacie, la prise de conscience de l'impact environnemental des résidus médicamenteux s'est adossée à un processus de mise en visibilité mettant en relation les risques de santé au travail et les conséquences environnementales des médicaments. En effet, la manipulation de médicaments cytostatiques et cytotoxiques utilisés pour empêcher la prolifération des cellules cancéreuses peut avoir des effets nuisibles sur la santé. Un étudiant en médecine a réalisé une thèse sur l'impact sanitaire des médicaments anticancéreux au sein du CHU de Bordeaux. Son étude a démontré que certains agents avaient subi d'une modification de leur formule sanguine. Pour les préparateurs en pharmacie, la prise de conscience de l'impact environnemental des médicaments s'est appuyée sur cet évènement. La forte toxicité sanitaire des produits anticancéreux a généré la création d'un lien de causalité entre les risques de santé au travail et les risques environnementaux générés par les médicaments.

Dans les unités de soins, il y a eu une étude de faite sur la contamination du personnel. On faisait un prélèvement d'urine et ils analysaient après pour voir s'il n'y avait pas des traces de molécules utilisées. Apparemment au niveau des unités il n'y a pas de problème, mais au niveau du service de soins apparemment les infirmières ont été très touchées. (Entretien, préparateur en pharmacie, CHU de Bordeaux)

Par la santé au travail l'individu est concerné. Moi ça me parait évident. Il y a une sensibilisation finalement au risque. Si vous n'avez pas cette sensibilisation au risque vous ne pensez même pas au niveau environnemental. Quand vous êtes impliqués directement, qu'on vous dit vous manipulez des produits qui sont toxiques, vous avez une population sensibilisée à ce risque et si derrière on lui dit : ça peut avoir des conséquences sur l'environnement, ça va lui parler tout de suite puisque c'est le quotidien. (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).

- Avez-vous entendu parler de cette question de la contamination par résidus médicamenteux et biocides ?

Oui forcément. De par ma profession. Puisque j'étais amené à reconstituer des anticancéreux sur des postes précédents et je connais quand même le circuit de ces déchets, la gestion de ces déchets. En fait je ne pouvais plus faire des reconstitutions d'anticancéreux pour des raisons médicales. Comme on travaillait sous hotte, il y a eu plusieurs agents qui ont eu des formules sanguines modifiées. Et à la suite de ça, j'ai été exclu de la zone de préparation. (Entretien, préparateur en pharmacie, CHU de Bordeaux)

Toutefois, la conscience du problème environnemental lié aux produits pharmaceutiques n'a pas conduit à une bifurcation du cœur de métier du secteur de la pharmacie. Deux contraintes principales expliquent ce phénomène. D'une part, la priorisation de la santé sur le risque environnemental. Les pharmaciens, liés par le serment Galien, déclarent vouloir continuer à

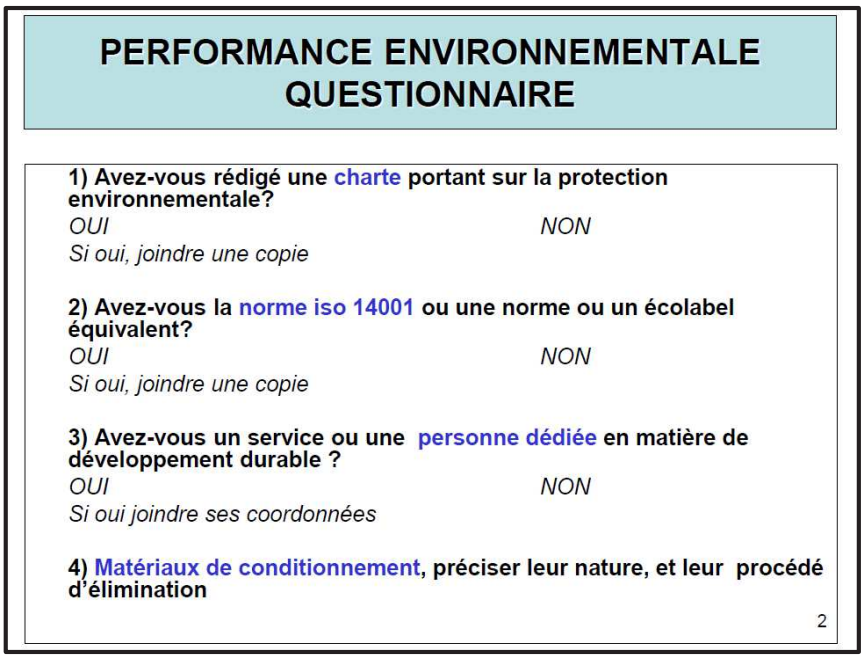
commander des médicaments pouvant avoir des conséquences néfastes sur l'environnement à partir du moment où ces derniers remplissent leur rôle curatif.

> *Même si on me dit t'es toxique pour l'environnement, l'objectif c'est quoi ? D'être toxique pour l'environnement ou de soigner le patient ? C'est quoi mon objectif ? Moi j'ai prêté serment Galien. Les psychotropes, les anticancéreux à ce que je sache ça soignent. Il est hors de question d'imaginer un système qui consisterait à dire c'est mauvais pour l'environnement donc il faut qu'on arrête.* (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).

> *L'éco-responsabilité et l'environnement s'arrêtent là où la sécurité du patient commence* (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).

D'autre part, le rapport de force entre les firmes pharmaceutiques et les hôpitaux, défavorable à ces derniers, contraint les possibilités de bifurcation du secteur de la pharmacie. En effet, les enjeux de santé publique, auxquels se doit de répondre l'hôpital, le contraignent dans une situation de dépendance vis-à-vis des traitements proposés par les firmes pharmaceutiques. Toutefois, si les possibilités de bifurcation de la pharmacie demeurent limitées, ce secteur ne fait pas preuve d'une inertie environnementale. Bien au contraire, il réalise en ce domaine de multiples actions. Ainsi, il a notamment diffusé un questionnaire (Petiteau-Moreau F., 2015) auprès des firmes pharmaceutiques afin de pouvoir les classer selon leur impact environnemental (figure 15).

> *Je fais aussi de la veille fournisseurs. Je leur envoie des questionnaires durables que j'ai mis au point avec une série de question pour pouvoir juger de leur impact environnemental* (Entretien, pharmacien, CHU de Bordeaux).



PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE QUESTIONNAIRE

1) Avez-vous rédigé une charte portant sur la protection environnementale?
OUI *NON*
Si oui, joindre une copie

2) Avez-vous la norme iso 14001 ou une norme ou un écolabel équivalent?
OUI *NON*
Si oui, joindre une copie

3) Avez-vous un service ou une personne dédiée en matière de développement durable ?
OUI *NON*
Si oui joindre ses coordonnées

4) Matériaux de conditionnement, préciser leur nature, et leur procédé d'élimination

2

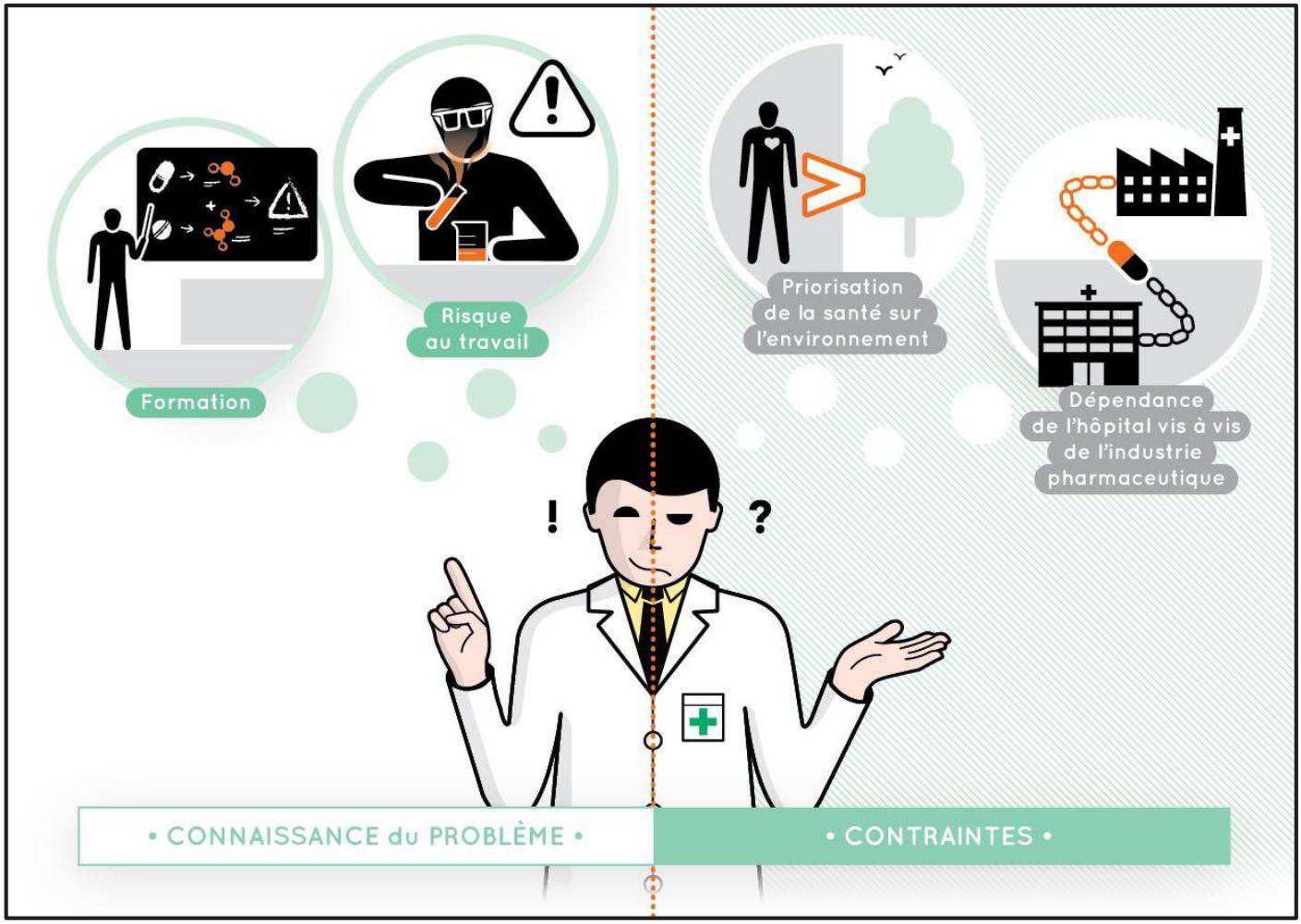
Figure 15. Extrait du questionnaire développement durable diffusé aux firmes pharmaceutiques par le CHU de Bordeaux

Le CHU de Bordeaux fait également partie d'une centrale d'achat. Créé en 2005, Uni.H.A se compose de 67 hôpitaux publics et vise à diminuer le prix des médicaments et des dispositifs médicaux en jouant sur les volumes et les quantités commandés. Dans cette stratégie économique, les questions environnementales sont également investies. Elles permettent

notamment de peser sur les modes de conditionnements et les emballages des médicaments. Toutefois, le problème de la contamination des eaux par les médicaments n'est pas un sujet sur lequel s'est engagé Uni.H.A.

> *Je suis aussi coordinateur pour Uni.H.A. J'ai émis des critères environnementaux dans nos marchés et du coup toute la France a pu en bénéficier. Ce qui était sans danger et éco-responsable, c'était de jouer sur des gros volumes d'emballages pour les produits pas « touchy » en diminuant l'épaisseur des cartons... Mais ça reste sur des choses à la marge. Après, on fait en sorte de choisir des entreprises qui ne polluent pas trop leur environnement et qui soient sociales c'est-à-dire qui ne fassent pas travailler des handicapés ou des enfants.* (Entretien, Pharmacien, CHU de Bordeaux)

Malgré quelques initiatives menées, le secteur de la pharmacie voit donc ses possibilités de bifurcations vers un processus d'écologisation des pratiques limitées par des contraintes fortes relatives à la priorisation de la santé sur l'environnement et aux enjeux économiques des marchés pharmaceutiques. De son côté, le personnel soignant connaît lui aussi des possibilités de bifurcation limitées qu'il s'agit maintenant d'analyser.



Connaissance et contraintes au processus d'écologisation du secteur de la pharmacie

b. Médecins et infirmiers

Dans le cadre de l'usage et de la gestion des médicaments au sein d'un hôpital, les médecins et les infirmiers jouent bien entendu un rôle central. Ces derniers se partagent les tâches de diagnostic, de prescription et d'administration des médicaments. Au sein du personnel soignant, la conscience de l'impact environnemental des produits pharmaceutiques est asymétriquement répartie. Les explications de cette asymétrie sont doubles. Il s'agit d'une part d'une asymétrie induite par la place des acteurs dans l'organisation hospitalière et d'autre part par le champ médical dans lequel ils exercent. Nous mettrons également en lumière des usages différenciés de médicaments selon les spécialités médicales interrogeant en retour les possibilités d'une gestion à la source des résidus médicamenteux dans le secteur du soin.

Une asymétrie organisationnelle et par spécialité médicale

La participation des acteurs hospitaliers aux instances internes du CHU, comme le directoire, le conseil de surveillance, la commission sur le médicament, les Comités Consultatifs Médicaux (CCM) ou les différentes commissions de développement durable, favorise l'accès à l'information sur les problèmes environnementaux.

Médecin

Avez-vous entendu parler de la question de la contamination des eaux par les résidus médicamenteux et par les biocides ?

Très vaguement. Sans plus. On n'est pas dans des commissions qui discutent de ça. On sait qu'il y a des processus de destruction des déchets hospitaliers. On sait que les médicaments sont là-dedans. Après pour le médicament, je ne suis pas dans les commissions pour le médicament. Je pense que j'ai dû en entendre parler il y a quelques années par la commission sur les médicaments du CHU. Mais c'est très vague. (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

Infirmier

Avez-vous entendu parler de la question de la contamination des eaux par les résidus médicamenteux et par les biocides ?

Non absolument pas.

Et parmi vos collègues ?

Non. Après c'est quand même une petite équipe mais je ne pense pas.

Dans des réunions ?

C'est-à-dire que là on en fait que certaines par rapport aux directions du pôle. Mais sur ça non. On y a surement accès mais on n'a pas l'info forcément. (Entretien, Infirmier, CHU de Bordeaux)

A ce titre, une asymétrie se crée entre les acteurs participant aux instances internes du CHU et les « outsiders » autour de l'accès à l'information sur les enjeux environnementaux auxquels se confrontent le CHU.

> Avez-vous entendu parler de la question de la contamination des eaux par les résidus médicamenteux et par les biocides ?
>
> *A titre personnel, si je n'avais pas été président de la CME, certainement pas. Je pense que beaucoup de médecins sont peut-être ignorants de ces problèmes. Je crois que ça fait partie des informations qu'on partage quand on a des responsabilités institutionnelles parce qu'on est dans des comités de pilotage, des commissions qui nous ouvrent sur ces problèmes. Après, ça doit dépendre aussi de la spécialité des médecins.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

Toutefois, la différence de connaissance autour du problème de contamination des eaux par les médicaments semble davantage s'expliquer par les spécialités médicales dans lesquelles officient les acteurs hospitaliers. Ainsi, les services d'oncologie, qui manipulent des anticancéreux, ou de neurologie, qui utilisent des antiépileptiques comme la carbamazépine®, sont des secteurs médicaux dont la connaissance du problème environnemental lié aux médicaments est importante. Des revues scientifiques (Togola A., *et al.*, 2006) et généralistes (Le Monde, 2013 ; Science et Vie, 2013) se sont d'ailleurs régulièrement fait le relais de ce problème dans l'espace public.

> *J'en ai entendu parler mais pas en tant que médecin, en tant que citoyen. Et surtout pas tellement pour les produits qui m'intéresse* [les anticancéreux]*, mais plus par les traitements hormonaux et les modifications de la sexualité et des comportements des animaux marins.* (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)
>
> *je m'occupe de cancérologie. Ce qui fait que la préoccupation, que moi j'ai c'est celle de l'émission de produits de chimiothérapie. Comme il y a une concentration de patients, il y en a qui vont éliminer les produits dans les toilettes c'est sûr.* (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)
>
> *J'en ai entendu parler dans la presse une ou deux informations sur ce sujet*. (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

Par ailleurs, concernant plus particulièrement le cas de la cancérologie, la question des risques environnementaux liés aux médicaments croise à nouveau celle des problèmes de santé au travail. Une mise en relation est une nouvelle fois effectuée démontrant l'importance des liens entre ces deux domaines dans le processus de mise en visibilité de la contamination des eaux par les composés pharmaceutiques pour les acteurs hospitaliers.

> *Alors, j'en ai entendu parler non pas à cause des problèmes de l'eau,parce qu'il y a des problèmes bien avant qui sont la protection des patients et des personnels.* (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

Le degré de connaissance du problème environnemental des résidus médicamenteux se caractérise par une forte hétérogénéité dépendante des spécialités médicales et des positions organisationnelles des soignants au sein de l'administration hospitalière. Aussi, si le problème de la contamination de l'eau par les activités de soins paraît plus nébuleux que dans le secteur de la pharmacie, les médecins et infirmiers ont toutefois relevé, parmi leurs pratiques quotidiennes, des gestes pouvant avoir des conséquences environnementales néfastes. Ainsi, ils ont noté le fait de :

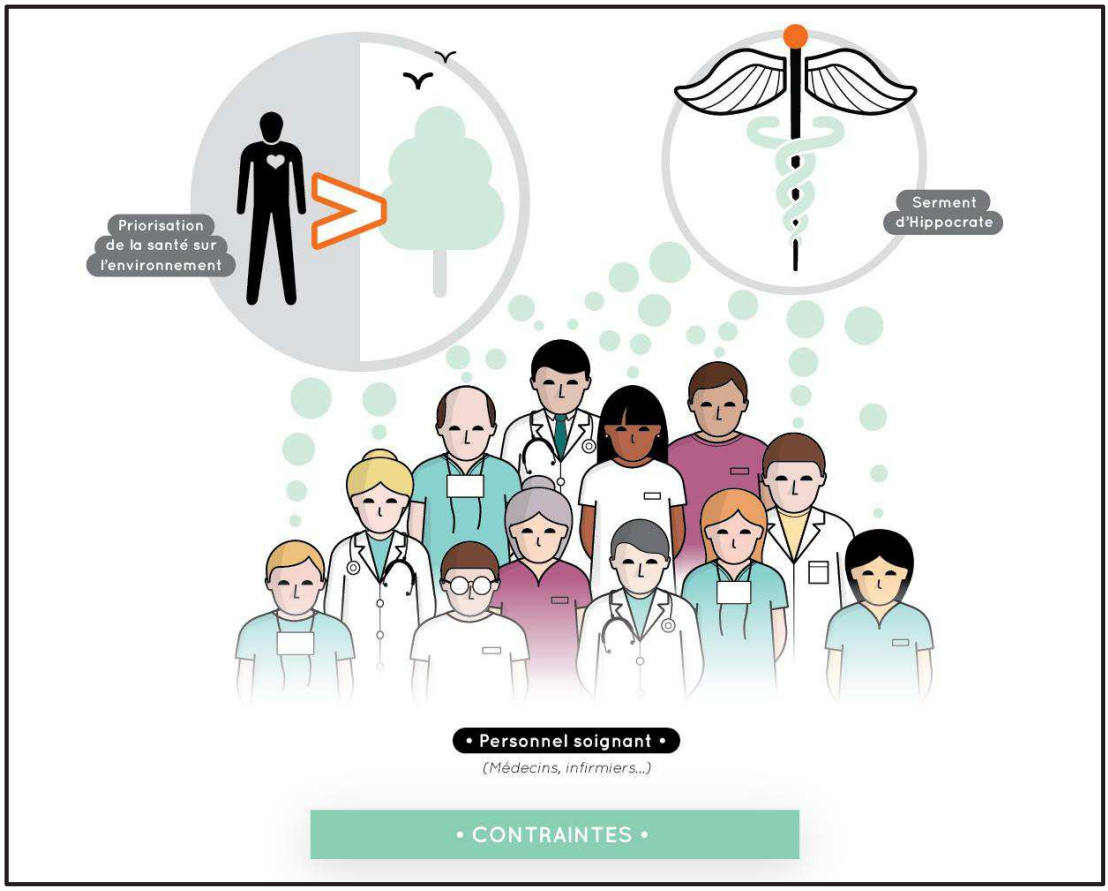
- Verser des selles et des vomissures de malades dans le vidoir ou les toilettes
- Jeter des médicaments liquides non bu par le patient dans un évier
- Jeter le reste du contenu de seringues dans un évier

Par ailleurs, à l'instar du secteur de la pharmacie, nous verrons dans la partie suivante que la priorisation de la santé sur l'environnement reste une contrainte majeure au processus d'écologisation des pratiques des acteurs du soin. Toutefois, certaines nuances doivent être maintenant apportées à cette assertion.

Approche protocolisée et approche réflexive : des usages hétérogènes de médicaments

Liés par le serment d'Hippocrate, les possibilités de bifurcation des pratiques professionnelles du personnel soignant vers un processus d'écologisation demeurent fortement contraintes par la priorisation de l'enjeu sanitaire sur l'enjeu environnemental.

> *Sur la question des médicaments et de ce qui est rejeté, je pense qu'il faut faire des mesures. S'il y a une documentation de quelque chose qui montre qu'il y a une significativité, il faut filtrer, il faut faire quelque chose. Des extractions, des trucs, des machins, mais on ne peut pas faire l'inverse de ce qu'on fait au quotidien. On ne peut pas soigner et désoigner de l'autre côté. C'est pas logique, ce n'est pas bien* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)



Contraintes au processus d'écologisation des pratiques des médecins et des infirmiers

L'usage du médicament est quant à lui varié. Deux approches de l'acte thérapeutique, que nous nommerons « approche protocolisée » et « approche réflexive », orientent pour une large part l'utilisation des médicaments dans l'acte de soin.

L'approche protocolisée découle de l'evidence based medecine. Elle applique des protocoles fondés sur la littérature scientifique en vigueur. Elle divise ainsi l'acte thérapeutique en autant d'étapes nécessaires aux soins. La nature et la dose du médicament varient donc en fonction de ce que dicte le protocole à ces différentes étapes. De son côté, l'approche réflexive consiste à se détacher de la littérature scientifique pour s'adapter aux singularités du patient. Le soin prodigué se fonde sur des savoirs expérientiels mobilisés dans le cadre d'une approche plus pragmatique. Basée sur des savoirs prudentiels (Champy F., 2012), la prescription des médicaments n'est pas systématique. Toutefois, il est important de noter que, bien que paraissant s'opposer, ces approches sont en pratiques mobilisées toutes deux par les acteurs hospitaliers.

Certains secteurs comme la pédiatrie, la neurologie, la cancérologie ou la néphrologie s'inscrivent toutefois davantage dans le cadre d'une approche protocolisée. La spécificité de certaines maladies neurologiques comme la sclérose en plaques, la jeunesse des patients ou la dangerosité des produits utilisés sont autant d'arguments énoncés par les médecins pour expliquer le recours aux protocoles.

> *Ce qui est propre aux enfants, c'est que l'utilisation des médicaments, des chimiothérapies et des antibiotiques, est très protocolisée. Le traitement d'une leucémie aiguë lymphoblastique à Bordeaux ou Nantes ça doit être la même. Le plan doit être le même. Après il y a des adaptations à l'enfant mais le plan est le même.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

> *En neurologie c'est très protocolisé. Toutes les prises en charge sont très protocolisées. Bien sûr l'application des protocoles est adaptée et discutée pour chaque cas particulier. Mais il y a des protocoles pour toutes les thérapeutiques.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

Portée notamment par les guides de l'HAS[16], les approches protocolisées peuvent de prime abord laisser penser que l'acte thérapeutique s'inscrit dans une forme de systématisation de l'usage du médicament. Or, la mise en pratique de ces protocoles ne s'effectue pas sans une certaine réflexivité et adaptation du traitement vis-à-vis de l'évolution de l'état des malades et de leurs pathologies.

> *Ce n'est pas une marge de manœuvre par rapport à la règle mais par exemple dans certaines pathologies, les situations, les formes cliniques, les formes évolutives sont multiples. Donc, le protocole, il ne peut pas s'appliquer comme ça. Il faut, en fonction de l'état du patient, changer de traitement, changer de protocole. Le protocole lui-même n'est pas modifié mais c'est le recours à tel protocole dans telle situation qui dépend de la situation du patient qui peut être variée et très changeante.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

> *Il faut inévitablement s'adapter. Le protocole pour traiter une leucémie aigue lymphoblastique de l'enfant fait 300 pages. A la fois parce qu'il y a un peu d'introduction, de background, un peu de documents officiels à la fin, mais, rien que sur le dur de l'arborescence il y a 200 pages. L'enfant il suit*

[16] Voir annexe 5

> *l'arborescence telle qu'on l'avait imaginé au sein d'une société savante, mais si cet enfant fait une grave toxicité, fait une péritonite, s'il est fatigué parce qu'il a fait des complications, et bien on n'administre pas le médicament.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

De plus, alors que les approches protocolisées tendent à se développer avec l'essor que connaît depuis plusieurs années l'evidence based medecine, les praticiens mettent en avant la conservation de cette réflexivité médicale comme une spécificité française :

> *Ce n'est pas très bien parce que la littérature elle n'a pas toujours juste. Alors quand on est dans un niveau de preuve A, c'est ce qu'on voit dans les données de l'HAS, c'est-à-dire un niveau de preuve de bonne littérature randomisée, contrôlée avec des belles méta-analyses* […] *alors oui, là, l'evidence based medecine elle est reine. Mais ce n'est pas toujours le cas. Moi j'ai été travaillé pendant deux années en Suisse et là-bas l'evidence based medecine est première. Ce n'est pas très bien. Nous français, on n'est pas d'accord avec ça. Ce genre de traitement il faut absolument le mettre parce que la littérature a dit ça, nous notre expérience nous fait dire que non.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

De leur côté, d'autres disciplines médicales s'inscrivent davantage dans une approche réflexive. La médecine interne et la gériatrie en sont deux illustrations La médecine interne est une discipline médicale singulière. Elle fait la synthèse des spécialités médicales et s'attache à prendre le patient dans sa globalité. C'est une discipline du diagnostic qui prend souvent en charge des maladies originales (ex : maladie auto immune, maladies rares…). L'originalité des pathologies qu'elle soigne induit donc une prise de distance vis-à-vis des protocoles médicaux.

> « *C'est vrai que ça peut paraître paradoxal. On a des situations atypiques. Aucun malade ne ressemble à un autre. On a des diagnostics très différents. On a des pathologies plutôt rares sur lesquelles il n'y a pas forcément des études qui sont menées comme on peut le faire dans le diabète ou dans l'hypertension. Nous on a des maladies où c'est très confidentiel où on a 10 malades. Là, on est dans le singulier, on est dans l'atypie donc les attitudes sont mois consensuelles,moins protocolaires*. »

L'inscription de la gériatrie dans le cadre d'une approche thérapeutique réflexive s'explique pour une large part de par la nature même de la population à laquelle elle se confronte. En effet, les personnes âgées sont des patients polypathologiques soumis à de nombreux traitements. L'interaction entre les molécules médicamenteuses prescrites peut entrainer des risques graves pour la santé des personnes âgées. Ce risque est appelé risque iatrogène. A ce titre, lorsque les gériatres reçoivent un patient ces derniers pratiquent davantage la déprescription que la prescription.

> *C'est vrai qu'une personne âgée c'est souvent polytpathologique. En vieillissant il y a des problèmes cardiaques, d'arthroses, problèmes cognitifs souvent ils ont énormément de médicaments. Vous les verriez dès fois ils ont des catalogues de médicaments. Donc souvent le médecin gériatre épure. Et souvent il y a plein de médicaments qui ne sont pas nécessaires.* (Entretien, Infirmier, CHU de Bordeaux).

L'évolution de ces polypathologies incite les gériatres à adapter au jour le jour les traitements prescrits et de fait de prendre de la distance vis-à-vis des protocoles médicaux.

On est plus souple au niveau des normes qui sont imposées. On fait un suivi, mais voilà s'il y a pas besoin de traitement, on va essayer de ne pas rajouter un traitement qui sera plus néfaste. On essaie de trouver un juste équilibre entre ce qui leur faut vraiment et ce qui n'est pas nécessaire. Chaque personne va être différente. On va se poser la question : est-ce qu'il va y gagner si on introduit tel traitement ? Si on introduit ce traitement ça va peut-être écourter sa vie mais elle va être de meilleure qualité ? Est-ce qu'il va y gagner en confort ? (Entretien, Infirmier, CHU de Bordeaux).

L'approche réflexive développée par la gériatrie s'explique également par le rapport plus « distancié » de la patientèle par rapport à la mort. La comparaison avec la cancérologie pédiatrique est ici très révélatrice des différences d'usage du médicament selon les populations de patients concernées. Si pour la gériatrie le traitement des patients se définit davantage dans le cadre d'un accompagnement médical, en cancérologie pédiatrique l'enjeu thérapeutique n'est pas le même. Le symbolisme et les représentations sociales attachées à l'enfance centrent l'objectif thérapeutique autour de l'enjeu curatif. L'usage du médicament s'en trouve donc par là même modifié. Si le gériatre cherche davantage à accompagner le patient en fin de vie, le cancérologue de son côté s'inscrit dans le cadre d'une tractation permanente entre le souhait absolu de guérison des familles et la raison médicale.

C'est là que la société est complètement schizophrène et complètement hypocrite. Dans la société si on dit au gens : vous êtes pour l'acharnement thérapeutique ? Les gens vont dire : ah ben non ! Les médecins c'est des salauds, ils font de l'acharnement thérapeutique ! Et si vous posez la question à des cancérologues d'enfants ou d'adultes, ils vous diront à 99% qu'ils passent leur journée à empêcher les patients d'avoir un traitement de plus. C'est-à-dire qu'oralement et dans les discussions de familles, tout le monde dit moi je ne voudrais pas qu'on s'acharne, je voudrais qu'on me laisse tranquille. Et quand on est dans la vraie vie, les patients disent : moi je voudrais un produit qui marche beaucoup mieux, ils n'arrivent pas encore à se dire qu'ils sont déjà dans une forme d'acharnement. (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

En fin de vie, on n'est pas dans le curatif. On est dans l'accompagnement, le confort. Quand ils sont en fin de vie, il y a plus que les traitements pour pas qu'il soit anxieux, pour pas que ce soit douloureux. (Infirmier, CHU de Bordeaux)

2) L'écologisation partielle des services d'hygiènes

Le service d'hygiène a pour principale fonction de réaliser des activités d'entretien au sein de l'hôpital. Ainsi, il a pour tâche d'acheter et de stocker les produits biocides nécessaires aux activités d'hygiène. Le service d'hygiène du CHU de Bordeaux se compose de multiples acteurs. Les médecins, les pharmaciens, les cadres et les agents d'entretiens ont été les acteurs sur lesquels notre analyse s'est particulièrement centrée.

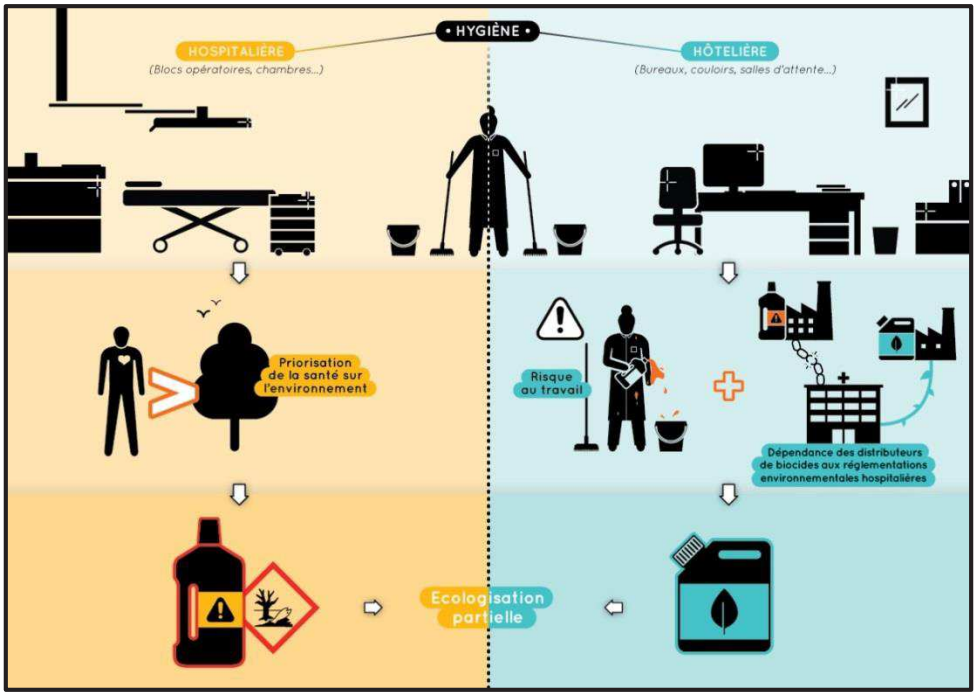
Au fil des entretiens, nous avons pu constater que le service d'hygiène a réalisé une bifurcation partielle de ses activités d'entretien vers un processus d'écologisation. Cette bifurcation partielle s'est adossée à une reconceptualisation du champ de l'hygiène. A partir des années 1990, le service d'hygiène s'est progressivement reconceptualisé autour de deux champs :

l'hygiène hospitalière et l'hygiène hôtelière. L'hygiène hospitalière est relative aux activités d'entretiens dédiées aux activités de soins. L'hygiène hôtelière représente, quant à elle, les activités d'entretiens dédiées aux zones à moindre risque comme le self, les couloirs, les bureaux ou les salles d'attentes.

> *Depuis 20 ans, il y a des tas de travaux scientifiques qui essaient de travailler sur le rôle du soin sur l'infection. A l'heure actuelle, il y a l'hygiène hospitalière qui est la prévention des infections associées aux soins et l'hygiène hôtelière qui serait plutôt l'entretien des locaux dans des zones qui ne sont pas à risque.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux).

La bifurcation partielle des services d'hygiène vers un processus d'écologisation des pratiques s'est basée sur cette reconceptualisation. Ainsi, pour les secteurs considérés à moindre risque, les agents d'entretiens vont utiliser moins de produits biocides, espacer les temps de ménage et utiliser des produits éco-labélisés (photo 1). Par contre, concernant les zones à plus fort risque pour la santé, comme les salles de réveil ou d'opération, les techniques d'hygiènes sont restées inchangées (Photos 1, 2, 3).

> *On a réfléchi à la fréquence et à l'utilisation des produits. Est ce qu'on a besoin tout le temps d'utiliser des détergents et désinfectants ? Avant on faisait tout aux détergents et aux désinfectants pour être sûr de ne pas faire de bêtises. Après les conseillères des services d'hygiène ont fait une table ronde. On a réfléchi à nos pratiques et on a ciblé que c'était vraiment dans les services au plus près du patient que l'on doit utiliser de la détergence et de la désinfection. Quand on est dans une salle de réveil, là, les patients sont très fragilisés. Donc on est obligé d'utiliser le détergent et le désinfectant tout le temps. Les blocs opératoires aussi. Et tout ce qui est un peu plus en retrait, les bureaux, on n'a pas besoin d'utiliser en permanence des détergents désinfectants.* (Entretien, agent d'entretien, CHU de Bordeaux)



Processus d'écologisation partiel de l'hygiène hospitalière

Photo 1. Types de produits éco-labélisés utilisés

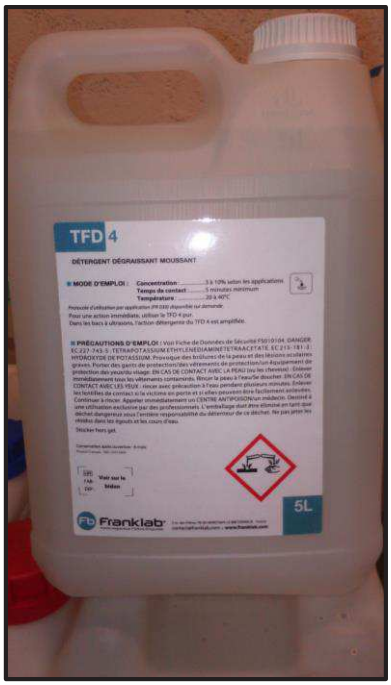


Photo 2. Types de détergents et de désinfectants utilisés

Photo 3. Types de détergents et de désinfectants utilisés

Photo 4. Types de détergents et de désinfectants utilisés

La bifurcation partielle des services d'hygiène vers un processus d'écologisation a pu être rendue possible par le rapport de force favorable aux hôpitaux envers les distributeurs de biocides. Faisant le parallèle avec le secteur pharmaceutique, un médecin hygiéniste décrit le secteur du marché des biocides comme étant un domaine à forte concurrence faisant face à une clientèle hétérogène (ex : agroalimentaire, hôpital…) qui, pour écouler ses produits, a dû s'adapter à la réglementation environnementale de ses clients. Aussi, les distributeurs de biocides proposent des produits éco-labélisés à destination de l'hygiène hôtelière. Les désinfectants utilisés dans le cadre de l'hygiène hospitalière restent par contre inchangés.

> *Avec les firmes, on a des relations qui sont beaucoup plus saines que celles que peuvent avoir nos collègues avec les médicaments. Pour la simple est bonne raison que ces industriels n'ont pas d'argent ou très peu. Et qu'il y a quelques boîtes françaises qui essaient de survivre avec qui on a des bonnes relations. Ils essaient tous d'avoir un éco-label, tous ! Ils sont un peu dans la même dynamique que nous. Peut-être aussi parce qu'ils ne font pas que l'hôpital. Je pense que dans leur gamme de produits, ils ont aussi des produits pour l'agroalimentaire. Ils ont aussi des produits qui sont depuis plus longtemps dans cette dynamique là.* (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

A l'instar de la pharmacie ou des services de soins, il est intéressant de constater que la bifurcation partielle des services d'hygiène connaît pour principale limite la priorisation de la santé sur l'environnement. L'abaissement de la quantité de produits utilisés ou l'usage de produits éco-labélisés n'intervient que sur les zones périphériques au domaine de la santé (bureaux, couloirs). A partir du moment où les espaces à nettoyer entrent dans le strict domaine de la santé (salles de réveil, salles d'opérations), les pratiques d'hygiènes demeurent inchangées.

De plus, cette bifurcation partielle s'adosse, là encore, à un risque de santé au travail. Le raisonnement est fortement similaire à celui réalisé dans le secteur de la pharmacie. Il se fonde sur l'idée qu'en diminuant le risque de santé au travail des agents d'entretiens l'on diminue également le risque de contamination de l'environnement par les biocides.

> *On a fait un travail aussi pour choisir des produits qui, d'une manière générale, sont moins nocifs pour la santé des personnes. De ce fait, on essaye aussi de choisir des produits qui sont les moins nocifs pour la santé et de ce fait là je pense aussi que ça a une influence directe sur ce que l'on rejette dans les effluents.* (Entretien, responsable de l'entretien, CHU de Bordeaux)

Enfin, la question de la difficile visibilité, au sens phénoménologique du terme, du risque environnemental induit par les produits biocides est également présentée par les acteurs du service d'hygiène comme une contrainte à la prise de conscience de la micropollution générée par les activités d'entretiens. Faisant le parallèle avec les microorganismes, un médecin hygiéniste souligne cette difficulté :

> *Il y a le visuel mais ce qui n'est pas visuel comme les micro-organismes, on a besoin d'avoir d'autres stratégies et ça c'est plus compliqué*. (Entretien, Médecin, CHU de Bordeaux)

Si les acteurs du service d'hygiène constatent la réalisation de pratiques professionnelles pouvant avoir un effet sur l'environnement, comme le fait de verser des produits de ménages dans un vidoir au terme d'une activité d'entretien, ce secteur a procédé à une bifurcation environnementale importante dont l'une des principales contraintes reste une nouvelle fois la priorisation de la santé sur l'environnement. De leur côté, les laboratoires d'analyses et le service des plaies cicatrices ont initié deux pratiques alternatives dont il s'agit maintenant d'en étudier les ressorts.

3) Le cas de deux pratiques alternatives : les laboratoires d'analyses et le service des plaies et cicatrices

Les laboratoires d'analyses et le service plaies et cicatrices représentent deux exemples de pratiques alternatives. Il convient de préciser que cette bifurcation ne s'est pas effectuée au regard du problème de contamination des eaux par les médicaments et les biocides. Toutefois, ils n'en demeurent pas moins des cas d'études pertinents pour comprendre les ressorts du changement de pratiques des professionnels hospitaliers face aux enjeux environnementaux.

Nous distinguerons ici deux formes de bifurcation. La première, réalisée au sein des laboratoires d'analyses, repose sur la mise en mise en place d'un nouveau dispositif technique induisant un changement de pratiques marginal au regard des activités quotidiennes des laborantins. La seconde, réalisée quant à elle au sein du service plaies et cicatrices, induit un changement de pratiques plus profond mais dont l'usage reste à l'heure actuelle minoritaire au sein du service.

a. Les laboratoires d'analyses

Les laboratoires d'analyses (photos 5, 6, 7) ont pour fonction de participer au diagnostic médical par l'examen des différents fluides biologiques (ex : sang, peau, selles, urines…). Pour se faire,

les médecins et techniciens de laboratoire manipulent des colorants et des réactifs afin de réaliser leurs analyses.

Photo 5. Automate

Photo 6. Analyseur robotisé

Photo 7. Paillasse du laboratoire d'analyse

La bifurcation des pratiques professionnelles des membres du laboratoire d'analyses s'est réalisée suite à la mise en place d'un nouveau dispositif technique appelé treffler (photo 8). Ce dernier recueille le mélange des fluides biologiques et des réactifs puis, avant de le rejeter à l'égout, procède à leur désinfection et à leur désintoxication par javellisation et ozonation.

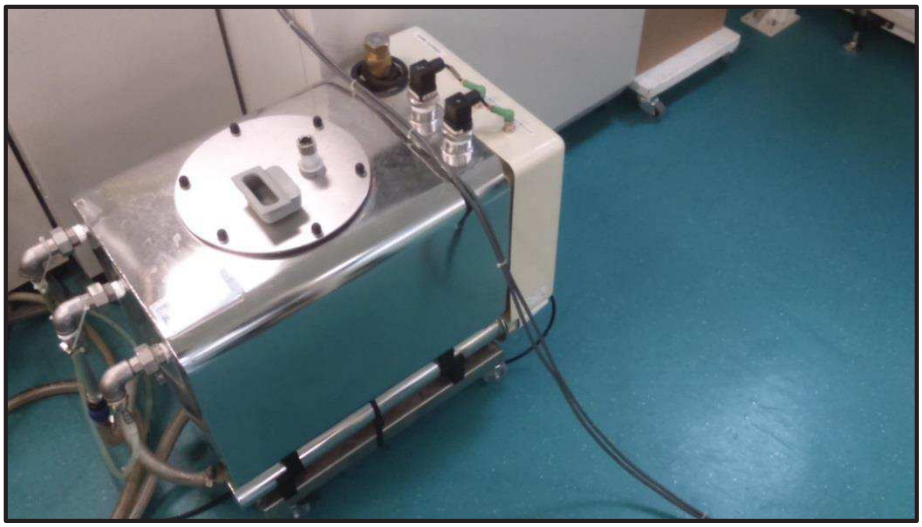


Photo 8. Treffler utilisé au CHU de Bordeaux

Loin d'être donnée d'avance, la prise de conscience de la toxicité environnementale des déchets de laboratoires fut progressive. Au constat environnemental est venu se greffer un enjeu économique relatif à l'augmentation du coût du traitement et du stockage des déchets toxiques au regard de l'accroissement du nombre annuel des analyses à réaliser (CHU, 2012). C'est donc aussi dans cette logique budgétaire que le treffler a été mis en place (figure 16). Un technicien de laboratoire m'explique cette évolution.

> *Au début, on récupérait des bidons de réactifs qu'on recyclait en bidons de déchets. On écrivait dessus déchets. Les aides de labo prenaient ces bidons mettait selon le protocole une certaine quantité de javel. On le laissait mariner pendant un certain nombre de jours défini. On pensait surtout aux microbes aux agents infectieux mais on ne pensait pas à la toxicité des produits. Et puis on versait tout ça dans le tout à l'égout par le vidoir. Après il y a eu une prise de conscience qu'il n'y avait pas que des microbes mais aussi des agents toxiques. Et c'est à partir de là qu'on s'est dit il va falloir stocker les déchets, les garder et les évacuer autrement. Là, on a continué à prendre nos bidons mais, au lieu de mettre de la javel, on les stockait. Puis, on venait les chercher pour les amener à la soute*. » (Entretien, laborantin, CHU de Bordeaux)

> *Ça coutait des fortunes de faire évacuer ces déchets. Ce n'était pas une situation qui pouvait être pérenne parce que l'activité augmentait et les déchets augmentaient. Ce qui était vivable il y a vingt ans ne l'était plus.* (Entretien, laborantin, CHU de Bordeaux)

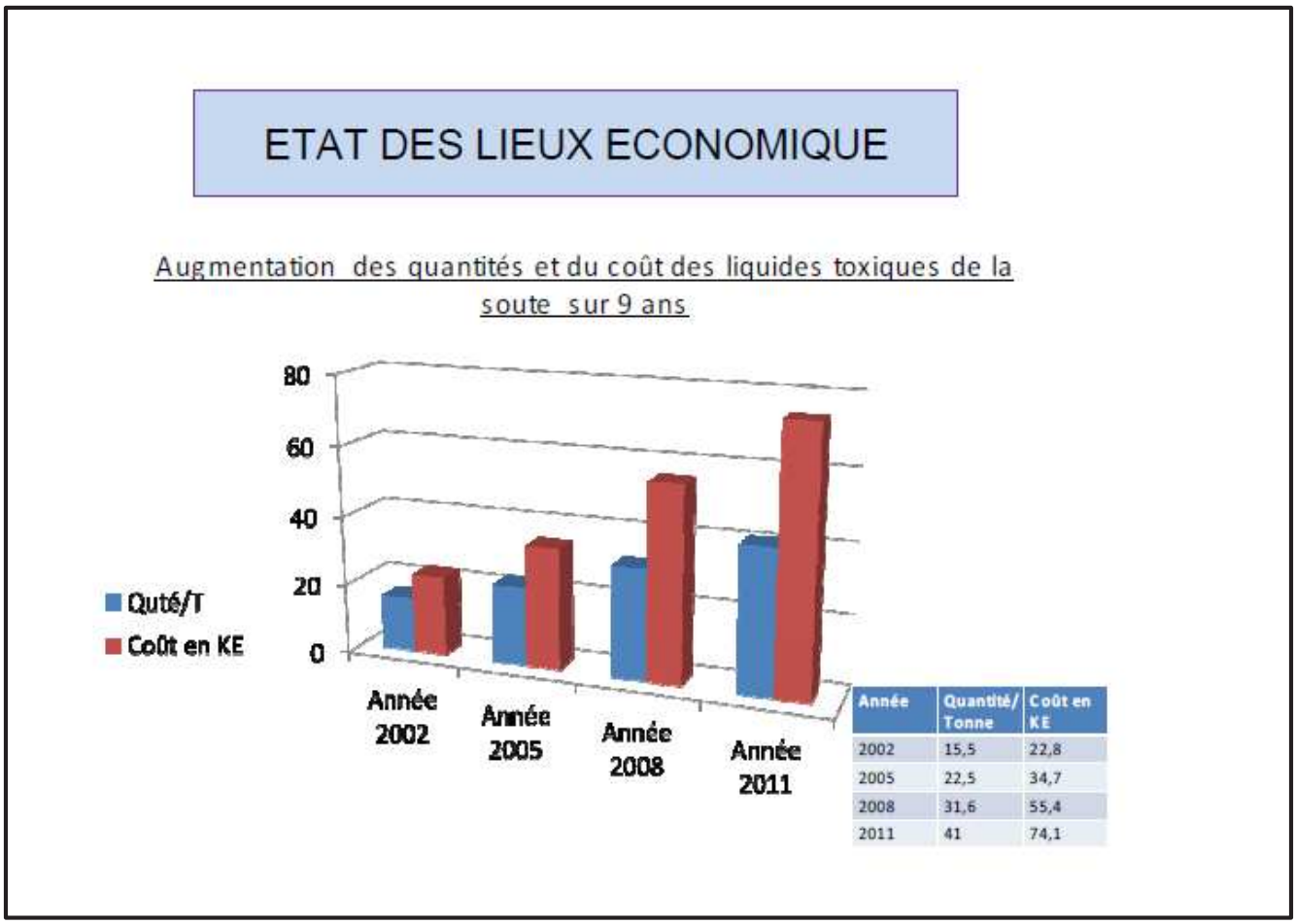


Figure 16. Etat des lieux économiques du traitement des liquides toxiques

La prise de conscience de l'impact environnemental des activités de laboratoire s'est également adossée à la question des risques de santé au travail. La prévention réalisée auprès des professionnels sur la dangerosité sanitaire des produits qu'ils manipulent a largement participé à la mise en visibilité des problèmes environnementaux liés aux produits toxiques utilisés. Cette prévention prend corps notamment à travers les pictogrammes collés sur les flacons, les bidons ou sur les portes des armoires de sécurité qui stockent les différents produits (photos 9, 10, 11).

> *On ne fait pas n'importe quoi non plus. On a tous les sigles sur les portes des armoires de sécurité avec les produits dangereux à l'intérieur.* (Entretien, laborantin, CHU de Bordeaux)

Photo 9. Etiquetage sur les portes des armoires de sécurité

Photo 10. Armoires de sécurité

Photo 11. Etiquetage sur les bidons

D'autre part, la prise de conscience de l'impact environnemental des activités de laboratoire s'est également appuyée sur le constat de la réalisation fréquente d'activités professionnelles à risque. En effet, avant la mise en place du treffler le traitement des déchets d'analyses s'effectuait de manière manuelle. Alors qu'un premier laborantin maintenait un bidon de 25

litres, un second tenait un entonnoir pendant qu'un troisième déversait le mélange de fluides biologiques et de réactifs.

> *Tout le monde était bien content de ne plus benner. Surtout que ça éclaboussait. On prenait l'entonnoir, il y en avait un qui tenait l'entonnoir en se mettant assez loin, l'autre qui versait le bidon. C'était quand même des bidons de 25 litres ! Il fallait faire ça, c'était le bonheur…* [Le treffler] *ça a été pour nous un vrai allégement de travail pour un travail qui était inintéressant et dangereux parce qu'on risquait toujours une éclaboussure dans les yeux. Il fallait mettre toujours des lunettes spéciales.* (Entretien, laborantin, CHU de Bordeaux)

De par la toxicité des produits manipulés, cette opération s'avérait dangereuse pour la santé des techniciens de laboratoires. C'est donc sur la base d'activités à risque que la prise de conscience des risques environnementaux liés aux activités professionnelles des laborantins s'est construite.

> *C'est le côté sécuritaire qui a primé. Il faut dire que dans les laboratoires on est quand même sensibilisé à la sécurité par des équipements*, *des gants ou des tenues.*» (Entretien, responsable de laboratoire, CHU de Bordeaux)
>
> Est-ce que la logique était de se dire si c'est mauvais pour ma santé ça peut avoir un impact sur l'environnement ?
>
> *Oui bien sûr. Après ils sont informés aussi dans leur vie personnelle du développement durable, de l'environnement…* (Entretien, laborantin, CHU de Bordeaux)

b. Le service plaies et cicatrices

Une équipe pluridisciplinaire, composée d'infirmières, de cadres de santé, de dermatologues, de chirurgiens plasticiens, de chirurgiens vasculaires, et d'infectiologues a mis en place depuis 2010 au sein du service plaies et cicatrices du CHU de Bordeaux une technique de soin par le miel appelée apithérapie.

L'apithérapie n'est pas en soi quelque chose de nouveau. Elle était utilisée par les égyptiens et les grecs sous l'antiquité ainsi que dans les tranchées lors de la première guerre mondiale. Oubliée pendant plusieurs années, l'apithérapie revoit le jour, en France, dans les années 1980 portée par l'équipe médicale du Professeur Descottes du CHU de Limoges. Ce dernier fondera le 28 janvier 2008 l'Association Francophone d'Apithérapie (AFA).

La mise en place de l'apithérapie au sein du service plaies et cicatrices du CHU de Bordeaux a fait l'objet d'une violence symbolique de la part de certains soignants.

> « *Alors justement c'est Descottes qui dans un article disait que ça* [l'apithérapie] *ne prenait pas. Du reste, on l'a quand même traité de fada à l'époque. Et moi peut être qu'on me traite de fada mais je m'en fiche parce que j'ai les résultats quand même au bout.* » (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux)

Cette violence symbolique est double. D'une part, le soin des plaies n'est pas perçu à l'hôpital comme un acte « noble ». D'autre part, il est reproché à l'apithérapie de sortir des canaux standards d'achat et de stérilisation des produits médicaux. En effet, l'apithérapie utilise du miel de thym qui s'achète en grande surface et ne procède pas à sa stérilisation avant son

application sur la peau du patient. Les apithérapistes estiment que le miel n'a pas besoin d'être stérilisé, étant stérile de lui-même de par sa teneur intrinsèque.

> « *La plaie ça intéresse personne. Pourquoi ? Parce que ça coûte cher et que ça ne rapporte pas. En plus ce n'est pas beau. Si on va plus loin ça ne sent pas bon. Il y a tout qui rentre en jeu quoi. Mais enfin bon moi je suis là pour soulager la personne lui rendre une vie normale le plus possible*. » (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux)

> « *Evidemment les dispositifs médicaux régulés par notre pharmacie principale, s'est bien réglé, il y a pas de de souci. Le miel de thym qu'on achète à super U… Ils ont peu peur aussi. C'est que c'est du miel que l'on mange et ce n'est pas un produit pharmaceutique. Et deuxièmement ce n'est pas un miel stérilisé. On met des choses non stériles sur une plaie ? Il y a White qui dans les années 1800-1900, disait il n'y a pas besoin de stériliser miel. Le miel est stérile par lui-même de par sa teneur en sucre. On a jamais vu un pot de miel pourrir, nos confitures oui. Ce n'est pas la même chose.* » (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux)

A cette violence symbolique est venue s'ajouter la défiance des firmes pharmaceutiques. En effet, l'apithérapie est très peu consommatrice de pansements.

> *Je rajouterai qu'il y a le lobby des pharmacies, le lobby des laboratoires. Parce qu'ils nous font la gueule. Naturellement, avec un pot qui coûte 5 euros, je fais 4 mois de plaies, il y a pas photo. Donc j'utilise moins de pansements modernes. Je ne leur donne pas d'argent. Je vais être vulgaire mais je vais vous dire, ils m'ont fait la gueule. Tous les 4 matins devant mon bureau j'avais un laboratoire. Pendant un an, voire deux ans, je peux dire que je n'ai pas vu grand monde. On me faisait le bec. Jusqu'au jour où je leur ai expliqué que je ne mettais pas que du miel. Que je fonctionnais encore avec les produits de laboratoire.* » (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux)

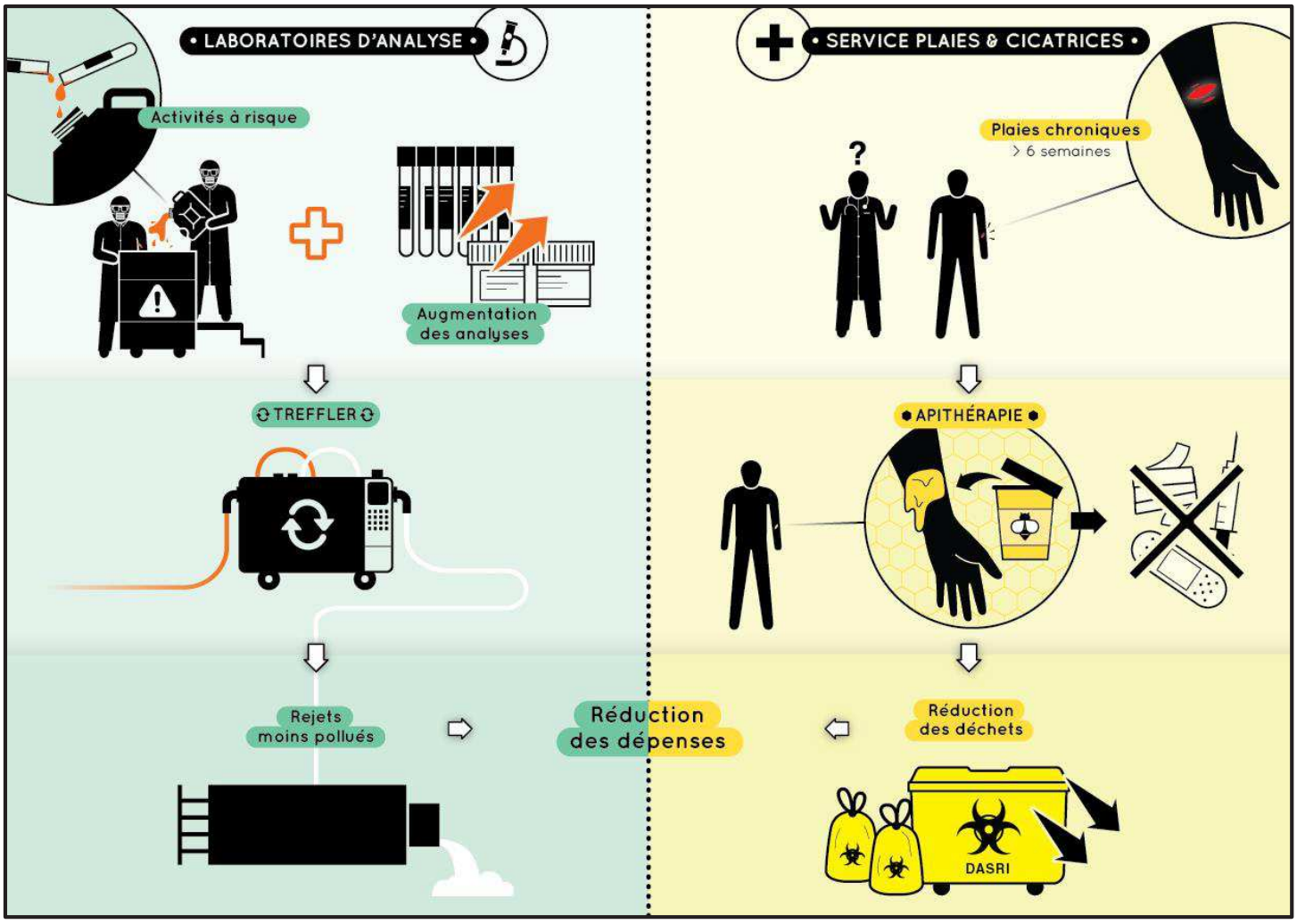
Au-delà de certaines réticences, l'apithérapie a pu être mise en place au sein du CHU de Bordeaux par l'initiative d'un chef de service et d'une infirmière. L'écologisation des pratiques de soins amorcée par l'apithérapie s'est appuyée sur deux processus.

D'une part, la mise en œuvre de l'apithérapie s'inscrit dans le cadre d'une « mesure sans regret » c'est-à-dire une mesure qui est à la fois avantageuse économiquement et bénéfique pour l'environnement. La faible utilisation de pansements fait de l'apithérapie une technique de soin peu productrice de DASRI. Elle se révèle peu coûteuse en termes de traitement de déchets. Elle intervient à ce titre dans le cadre de la gestion d'un risque environnemental visible, quantifiable en termes de volumes rejetés.

> « *Quand on faisait un pansement avant. Il y avait le champ stérile, il y avait les gants stériles… Et tout ça, ça a un impact financier. Les infirmières nous apprenaient à machiner la compresse dans les pinces qui, la plus part du temps, nous tombait sur les pieds. Avec l'apithérapie, je n'ai pratiquement pas de déchets DASRI. C'est important ! Quand je pars faire un soin, tout rentre dans un gant de toilette. Pourquoi ? Parce que j'ai mon petit pot de miel, j'ai ou un coton-tige ou un abaisse-langue pour prendre mon miel selon la grosseur de la plaie et le pansement final, point barre. Quand vous avez tout l'arsenal que je vous ai décrit, la boite à pansement, qui coute quand même deux euros, on se sert de deux instruments et le reste c'est à la poubelle et les DASRI sont importants.*» (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux)

D’autre part, l’apithérapie intervient dans le cadre de soins apportés aux plaies chroniques ; c’est-à-dire aux plaies qui sont supérieures à 6 semaines. Elle intervient donc là où la médecine moderne a échoué. L’écologisation des pratiques de soins portée par l’apithérapie a pu donc mis en place dans la mesure où elle apparaît également comme une technique médicale de dernier recours.

> « *Moi je ne fais ici que les plaies chroniques. C’est-à-dire les plaies qui n’arrivent pas à cicatriser au-delà de 6 semaines. Je connaissais tous les pansements modernes mais je me suis aperçu que les gens qui trainaient de plaies depuis 4 ans, 5 ans, 10 ans, 20 ans et qui avaient reçu tous les pansements modernes n’avaient pourtant pas cicatrisés*. » (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux).



Les laboratoires d’analyses et les services plaies et cicatrices : deux exemples de pratiques alternatives :

I) Montée en généralité et préconisations

Le paradoxe semble être le maître mot des différents processus d'écologisation des pratiques à l'œuvre au sein du CHU de Bordeaux. En effet, ces derniers se définissent d'une part à travers leur forte hétérogénéité. Ils se différencient tant par la discipline hospitalière dans laquelle ils s'inscrivent que par les logiques d'action sur lesquelles ils reposent. D'autre part, ils se caractérisent par des déterminants communs relatifs aux contraintes sociales auxquelles ils se confrontent et aux ressorts qui les sous-tendent. Nous analyserons donc ici ce constat paradoxal au regard de 4 axiomes.

1) Vers une gestion extra-muros des activités de soins : l'absence d'un niveau intermédiaire

Le développement des parcours de soins ou l'expansion des soins ambulatoires sont autant d'exemples indiquant l'amorce d'une transformation du CHU de Bordeaux vers une gestion *extra-muros* de ses activités de soins. Ce changement fait émerger une nouvelle forme de responsabilité hospitalière vis-à-vis des patients situés à l'extérieur des murs de l'hôpital.

Cette nouvelle responsabilité hospitalière se réifie notamment par la mise en place en 2014 de l'unité transversale d'éducation thérapeutique et dans l'orientation stratégique autour du renforcement des partenariats interinstitutionnels dans le cadre des parcours de soins fixée par le CHU de Bordeaux en 2016 (CHU de Bordeaux, 2016) (figure 17)

4 ➤ **Redéfinir le rôle du CHU dans les parcours de soins en coopération avec les partenaires de proximité comme de la grande région**

Le CHU de Bordeaux a pour objectif de se positionner en animateur de la réflexion sur l'organisation territoriale des soins avec ses partenaires, dans le cadre du futur groupement hospitalier de territoire. Il veut initier le développement et le déploiement des outils nécessaires à une vraie médecine de parcours qui place le patient au cœur de cette organisation, qu'il s'agisse de disposer d'un système d'information partagé voire convergent, de développer la télémédecine ou encore de mettre en place de nouveaux métiers de coordination des parcours et des soins. En outre, le CHU a pour projet de structurer et de renforcer son offre de promotion et d'éducation à la santé grâce à la mise en place de la fédération « Promotion de la santé » et à la création d'un centre ressources régional sur ce thème.

Figure 17. Quatrième orientation stratégique du CHU de Bordeaux pour 2016

Toutefois, la gestion *extra-muros* des activités de soins se réalise non sans difficulté. Certains services soulignent l'absence d'un niveau intermédiaire permettant sa réelle mise en œuvre.

> « *Le gros problème c'est que dans l'organisation avec les villes, il n'y a pas d'organisation. Donc vous pouvez avoir des liens avec les hospitalisations à domicile, vous pouvez avoirs des choses assez ponctuelles qui marchent plutôt très bien. Mais la notion d'avoir quelque chose de plutôt organisé quand le patient part chez lui ça n'existe pas. On s'en qui manque quelque chose à l'extérieur en termes de structuration.* » (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

Dans un même prolongement, les possibilités d'une gestion environnementale des activités de soins s'en trouvent également affectée. Illustrant son propos à travers la mise en place d'un système de récupération des seringues dans le cadre du parcours de soins sur la sclérose en plaques, un médecin du CHU de Bordeaux explique ces difficultés.

> *Le réseau a pris contact avec les mairies etc… personne ne voulait se charger de récupérer les déchets hospitaliers non stériles. Et donc il y a eu tout un travail à faire*. (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

Si l'expatriation des activités de soins de la gestion hospitalière fait progressivement émerger une responsabilité environnementale hospitalière nouvelle, l'absence d'un niveau organisationnel intermédiaire représente une contrainte conséquente à sa mise en place.

2) La priorisation de la santé sur l'environnement : une contrainte majeure

Pharmaciens, personnels soignants et service d'hygiène s'accordent sur la priorité à donner aux enjeux sanitaires vis-à-vis des problèmes environnementaux.

> « *Par rapport à la toxicité, la nocivité des produits, déjà les produits désinfectants ont été sortis de cette étude, parce qu'en même temps on est à l'hôpital et malgré tout il faut quand même qu'à un moment que l'on puisse lutter contre les infections nosocomiales.* ». (Entretien, responsable de l'entretien, CHU de Bordeaux)

> « *Parce que nous la priorité hiérarchique, c'est d'abord de soigner les patients qui sont dans les lits, qui arrivent aux urgences, qui ont des besoins aigües et que, si on ne fait rien, vont mourir dans la journée. Si vous voulez la hiérarchie elle se fait naturellement*. » (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

La priorité accordée à la santé sur les problèmes environnementaux illustre la hiérarchisation des valeurs réalisée par les acteurs hospitaliers dans leurs activités professionnelles. Si, comme nous l'avons vu, dans leur vie personnelle, les acteurs hospitaliers peuvent octroyer une place centrale à l'environnement ou, dans l'ordre du discours, définir l'environnement et la santé comme deux domaines inter-reliés, la pratique même de leurs activités professionnelles tend au contraire à renvoyer dos à dos ces deux domaines.

Au-delà de la culture professionnelle des activités pharmaceutiques et médicales incarnée par le serment Galien et hippocratique, la centralité des enjeux sanitaires trouve également son explication dans les contraintes structurelles qui pèsent sur les professions hospitalières. Ivan Illitch (1975), Serge Karsenty et Jean Pierre Dupuy (1977) rappelaient dans leurs ouvrages que le statut du médecin « guérisseur » relève davantage du mythe. A défaut de guérir, la médecine soulage et accompagne le patient dans sa maladie.

> *La médecine, beaucoup de monde aimerait que ça guérisse tout. Mais je pense qu'il faut avoir conscience qu'on ne peut pas tout guérir. Parce que sinon c'est être tout puissant. Je peux tout guérir, je sais ce qui est bon pour vous. Non, non. On ne peut pas tout guérir, on peut accompagner dans une maladie mais on ne peut pas guérir tout. Et surtout, il faut être capable d'écouter les choix du patient. Si un patient dit non je ne veux pas être soigné, il faut entendre qu'il ne faut pas le sauver. Il faut lui expliquer les tenants, les aboutissants, les risques qu'il encourt. C'est ce qu'on appelle en gros le consentement éclairé.* (Entretien, infirmier, CHU de Bordeaux)

Or, la représentation d'une médecine curative demeure fortement présente. Prenant le cas des antibiotiques, un médecin souligne comment les médecins, de la ville en particulier, justifient ce rôle en prescrivant des médicaments non pour leur utilité thérapeutique mais pour signifier au patient sa prise en charge par un professionnel du soin.

> *Tous les prescripteurs savent que prescrire un antibiotique ça donne des résistances et que les bactéries résistantes on ne sait pas les traiter, tout ça tout le monde le sait et même les étudiants en médecine le savent, ils l'apprennent et pourquoi ils continuent à prescrire des antibiotiques lorsqu'il n'y a pas besoin ? Il y a des évaluations et des audits réalisés comme ça selon les services. Je pense que les médecins ayant de plus en plus à se justifier vis-à-vis du patient, ils se sentent peut être plus dans l'obligation de réussite d'un traitement et peut être que pour eux prescrire un antibiotique à quelqu'un qui a de la fièvre on ne pourra pas lui reprocher de ne pas avoir essayé quelque chose* (Entretien, médecin, CHU de Bordeaux)

Toutefois, cette systématisation du recours au médicament doit être pondérée. En effet, le médecin hospitalier conserve, pour partie, une marge d'autonomie vis-à-vis de ces contraintes structurelles dans l'acte de prescription. Cette autonomie prend corps notamment dans les marges de manœuvre que les médecins s'octroient vis-à-vis des protocoles médicaux. De plus, la conservation de l'usage de savoirs prudentiels (Champy F., 2012, p.215) est présentée par les acteurs hospitaliers comme une spécificité française qu'ils souhaitent conserver face à l'essor des approches standardisées issues de l'evidence based medecine.

Au cœur de cette réflexivité professionnelle, les dimensions environnementales n'interfèrent pas dans le choix de supprimer ou diminuer des doses de médicaments prescrites. La priorisation de l'enjeu sanitaire sur l'enjeu environnemental demeure donc une contrainte majeure au processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers.

3) La prise de conscience des enjeux environnementaux : des asymétries organisationnelles marquées

La prise de conscience des conséquences environnementales des activités de soins s'explique par les possibilités d'accès de l'acteur hospitalier à l'information au sein de l'organisation et par la spécialité médicale dans laquelle il exerce sa profession. C'est au regard de ces deux dimensions que nous avons relevé la prégnance d'asymétries professionnelles marquées.

Analysant les processus de changement social au sein des organisations, Michel Crozier et Erhard Friedberg (1977) soulignent que le changement social relève davantage d'une transformation de la nature des interactions sociales que des règles organisationnelles. Le changement peut être donc défini comme un processus d'apprentissage de nouvelles formes d'actions collectives.

A ce titre, la réduction des asymétries entre les spécialités médicales et les acteurs hospitaliers par la mise en place d'instances transversales reflétant l'hétérogénéité de la communauté de soins ou par l'élargissement de l'accès à certaines instances décisionnelles permet de réduire les disparités organisationnelles et de favoriser la prise de conscience des enjeux environnementaux liés aux activités de soins.

4) Les ressorts du processus d'écologisation des pratiques hospitalières : entre enjeux économiques et dimensions phénoménologiques

Le processus d'écologisation des pratiques des acteurs hospitaliers face aux enjeux environnementaux liés aux résidus médicamenteux et aux biocides repose sur de multiples ressorts.

Le ressort économique est en ce sens loin d'être marginal. Qu'ils s'agissent du processus d'écologisation des pratiques réalisés au sein des laboratoires d'analyses ou de celui effectué par le service plaies et cicatrices, cette bifurcation s'est adossée à une réduction des coûts liés aux activités médicales. C'est en ce sens que nous avons employé l'expression de « mesures sans regret », utilisée dans le champ de l'adaptation au changement climatique (Commission des Communautés Européennes, 2009, p.10), pour définir un processus de transformation des activités professionnelles reposant à la fois sur la recherche d'une diminution des coûts et sur la réduction des conséquences environnementales liées aux activités de soins.

Au-delà de ces aspects purement budgétaires, le processus d'écologisation des pratiques repose sur des ressorts plus singuliers. Les préparateurs en pharmacie, les infirmiers, les médecins, les agents d'entretiens mais aussi les laborantins manipulent des produits à risques. A ce titre, ces acteurs ont pris conscience des problèmes environnementaux par un processus de mise en visibilité mettant en relation le risque de santé au travail qu'ils encourent et le risque environnemental induits par les produits qu'ils utilisent (Marquet V., 2014).

Il est intéressant de constater que ce processus de mise en visibilité s'est effectué au sein des services dont l'activité est originellement en lien avec un risque de santé au travail comme le service d'oncologie, les services de pharmacie, les laboratoires d'analyses ou les services d'hygiènes. Le processus de mise en visibilité des micropolluants s'appuie donc sur la mobilisation d'une expérience professionnelle médiatisée, définie comme une expérience attributive de sens acquise et transférée par le passé et la tradition (Schütz A., 1967 ; Carrère G., 2012). Celle-ci s'appuie en l'espèce sur un processus d'expérience somatique d'un risque de santé au travail.

En effet, le processus de mise en visibilité des acteurs manipulant des anticancéreux s'est appuyé sur l'expérience de la modification de leur formule sanguine. On est donc bien ici en présence d'un processus de mise en visibilité basée sur l'expérience du corps par rapport à un risque de santé au travail.

Ce même processus de mise en visibilité somatique se retrouve au sein des laboratoires d'analyses. En l'espèce celui-ci s'est appuyé sur l'expérience des risques sanitaires encourus par les laborantins lors de la collecte des effluents de laboratoires. Par ailleurs, cette expérience somatique se double en l'espèce d'une matérialisation par l'image du risque de santé au travail par les différentes étiquettes collées sur les produits utilisés.

5) Réduire à la source la contamination pharmaceutique : préconisations

Actions à court terme

Rendre visible les risques liés aux résidus médicamenteux et biocides et développer la prise de conscience des problèmes en santé-environnement par les acteurs hospitaliers

- Restitution des résultats du programme de recherche RESEAU
- Réalisation d'une vidéo scribing et d'un pictogramme pouvant servir à des actions de communication interne.
- Proposition d'un module d'enseignement en santé-environnement (Médecine, pharmacie, IFCS, formation interne de la PUI)
- Réalisation d'un séminaire d'échanges entre les hôpitaux menant des actions de gestion à la source des résidus médicamenteux et des biocides
- Réalisation d'une concertation sur les problèmes environnementaux liés aux activités de soins
- Introduire dans les communications internes en santé au travail la question de l'impact environnemental des activités de soins
- Orienter la ligne éditoriale des journaux interne du CHU autour des problèmes de santé-environnement, de la gestion de l'eau et de sa contamination par les activités médicales propositions articles.

●Prendre appui sur la promotion de la santé et/ou l'éducation thérapeutique pour informer les patients sur les risques environnementaux liés aux médicaments

●S'appuyer sur les ambassadeurs du développement durable pour informer et mener des actions pour limiter l'impact environnemental des activités

Actions à moyen terme

Mettre en place des dispositifs de gestion à la source des résidus médicamenteux

●Mettre en place une filière des déchets issus des médicaments et des déchets liquides (ex: Hôpital Necker)

●Mettre en place un système de récupération des selles et des urines

Actions à long terme

Mise en place d'une gestion *extra-muros* des activités de soins

●Mettre en place un niveau de gestion intermédiaire entre l'hôpital et le domicile des patients (ex: information auprès des patients, collecte des déchets)

Accompagner une réflexion du personnel sur le rôle social des soignants

Réalisation de séminaires sur:

● Les approches thérapeutiques: approche réflexive versus approche protocolisée

● Contraintes budgétaires et de personnel: quelle place pour l'environnement à l'hôpital?

● Comment introduire la question environnementale dans le soin: débat sur les interactions entre acteurs hospitaliers et patients?

CONCLUSION

Alors que la politique environnementale hospitalière n'intervenait que sur des enjeux périphériques au domaine du soin, le problème de la contamination des eaux par les médicaments et les biocides renvoie l'hôpital aux conséquences environnementales de sa propre activité.

Ce problème environnemental intervient dans un contexte professionnel difficile où restrictions budgétaires et de personnel côtoient l'augmentation du nombre de patients et les réformes institutionnelles. Ainsi, penser la mise en place d'une gestion à la source des composés pharmaceutiques et des biocides pose nécessairement la question de la hiérarchisation des enjeux sanitaires, gestionnaires et environnementaux.

Si le CHU de Bordeaux accorde une priorité aux enjeux sanitaires, l'environnement n'en demeure pas moins un domaine largement investi par l'institution hospitalière. Le CHU de Bordeaux en a même fait une ressource distinctive forte vis-à-vis des autres hôpitaux français.

La présence d'un élu national important, impliqué dans le domaine du développement durable, ainsi que le rattachement des services du développement durable à la direction de la stratégie du CHU ne sont pas étrangers à l'importance accordée à la politique environnementale. De même, l'expatriation des activités de soins, par le développement des soins ambulatoires et des parcours de soins, induit l'émergence d'une nouvelle forme de responsabilité hospitalière amenant le CHU de Bordeaux à s'interroger sur les conséquences environnementales de ses activités de soins. A ce titre, le positionnement précoce du CHU de Bordeaux sur le problème de la contamination des eaux par les médicaments et les biocides demeure profondément lié à ces éléments contingents et structurels.

Toutefois, la gestion environnementale hospitalière du CHU de Bordeaux s'inscrit au cœur d'un paradoxe où les processus d'écologisation des pratiques professionnelles côtoient des contraintes fortes relatives à la priorisation du domaine de la santé sur les enjeux environnementaux et aux asymétries organisationnelles qui génèrent, entre professionnels du soin, des niveaux d'informations hétérogènes sur les questions environnementales.

Aussi, le CHU de Bordeaux se caractérise par des processus d'écologisation hétérogènes, marqués par une plus ou moins forte inclination environnementale selon la spécialité hospitalière dans laquelle les acteurs travaillent. Malgré leur hétérogénéité, ces processus d'écologisation s'articulent autour de déterminants communs. Si le facteur économique est l'un des ressorts importants de l'écologisation des pratiques, le risque de santé au travail, en ce qu'il induit une mise en causalité avec les conséquences environnementales des activités professionnelles, est également un déterminant majeur dans la prise de conscience de la contamination de l'environnement par les activités de soins.

Les réflexions menées par le CHU de Bordeaux sur la mise en place d'une gestion à la source des composés pharmaceutiques et des biocides ouvrent une question eschatologique majeure

quant aux conséquences des avancées technologiques et scientifiques sur le devenir de l'humanité. Alors que les médicaments et les produits biocides étaient jusqu'alors uniquement envisagés à travers leurs effets curatifs, n'assistons-nous pas aujourd'hui à une redéfinition de ces produits au regard des effets nuisibles qui leurs sont aussi inhérents ? Le développement de pratiques de soins alternatives serait-il l'actuelle illustration d'un tournant à venir ou le retour à l'étymologie même des médicaments et des biocides oscillant entre poison et soin ?

BIBLIOGRAPHIE

Acker F., 2005. Les reconfigurations du travail infirmier à l'hôpital, *Revue française des affaires* sociales, 1 (1), 161-181.

Adam P., Herzlich C., 2013. *Sociologie de la maladie et de la médecine,* Armand Colin, Paris, 127 p.

Aiello A. E., Larson E., 2003. Antibacterial cleaning and hygiene products as an emerging risk factor for antibiotic resistance in the community. *Lancet infectious diseases*, 3 (8), 501-506.

Arpin I., Bouleau G., Candau J., Richard-Ferroudji A., 2015. *Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement,* Edition Octares, Toulouse, 222 p.

Aschieri A., 2002. Santé-environnement, quels défis pour le troisième millénaire ? La situation en France et en Europe. *Journal International de Bioéthique*, 13 (2), 38-54.

Barrault J., 2012. Les pratiques de jardinage face aux risques environnementaux et sanitaires des pesticides. Les approches différenciées de la France et du Québec, Université Toulouse 2 Le Mirail, 449 p.

Barthe, Y., Callon, M., Lascoumes, P., 2001. *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, collection la couleur des idées, Seuil, Paris, 358 p.

Baszanger, I., 1986. Les maladies chroniques et leur ordre négocié, *Revue française de sociologie,* 27 (1), 3-27.

Beck U.,2003. L*a société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Flammarion, Paris, 522p.

Béguin M., 2015. Places et rôle de l'environnement dans le travail des agents de propreté urbaine. *In : Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement* (I. Arpin, G. Bouleau, J. Candau, A. Richard-Ferroudji, eds.), collection le travail en débat, Octares éditions, Toulouse,133-150.

Bergeron H., Castel P., Dubuisson-Quellier S., 2014. Gouverner par les labels. Une comparaison des politiques d'obésité et de la consommation durable. *Gouvernement et action publique*, 3 (3), 7-31.

Belorgey N., 2010. *L'hôpital sous pression: enquête sur le nouveau management public*, La Découverte, Paris, 329 p.

Benoist J., 1999. A propos du rapport entre dimension technique et médiation symbolique dans le médicament. *In : Les thérapeutiques : savoirs et usages*, 25-27 novembre 1997, Saint-Julien-en-Beaujolais et Lyon, France, Fondation Marcel Mérieux et Centre Pierre Léon d'histoire économique et sociale, 383-394, Imprimerie Bosc France, Oullins.

Borraz O., 2008. *Les Politiques du Risque.*, Presses de SciencesPo., Paris, 294p.

Bouleau, G. et Gramaglia, C., 2015. De la police de la pêche à celle de l'environnement: l'évolution d'une activité professionnelle dédiée à la surveillance des milieux aquatiques. *In: Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement* (I. Arpin, G. Bouleau, J. Candau, A. Richard-Ferroudji, eds.), collection Le travail en débat, *Edition Octares,* Toulouse,73-90.

Boutaric, F., 2003. Environnement et sante publique : production d'un enjeu politique. *Ecologie & politique,* 27 (1), 161-178.

Boutaric, F., et Pierre L. 2008. L'épidémiologie environnementale entre science et politique. les enjeux de la pollution atmosphérique en France.*Sciences sociales et santé,* 26 (4), 5-38.

Bouvier, M., Durand F., Guillet R. 2010. Médicament et environnement. La régulation du médicament vis-à-vis du risque environnemental , Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, Paris, 118p.

Budzinski, H., 2009. *Substances pharmaceutiques : nouveaux contaminants du système* aquatique, vidéo en ligne Canal U, ‹http://www.canalu.tv/video/universite_de_tous_les_savoirs/substances_pharmaceutiques_nouveaux_contaminants_du_systeme_aquatique_h_budzinski.3794›, (consulté le 16 mars 2016).

Buton F., Pierru F., 2012. Instituer la police des risques sanitaires. Mise en circulation de l'épidémiologie appliquée et agencification de l'état sanitaire, *Gouvernement et action publique*, 4 (4), 67-90.

Candau, J., Delvrède, V. et Deuffic, P.Agriculteurs, pêcheurs et forestiers face à l'impératif environnemental. *In: Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement* (I. Arpin, G. Bouleau, J. Candau, A. Richard-Ferroudji, eds.), collection Le travail en débat, *Editio Octares,* Toulouse, 93-113.

Cantelli F. Genard J-F., (eds.), 2007. *Action publique et subjectivité,* LGDJ, Paris, 264 p.

Carrère G., 2012. Changement cognitif ou transformation du rôle social de l'expert ? Sociologie des experts du risque routier dans une approche comparative France-Québec : le cas des audits de sécurité routière, thèse de doctorat, spécialité sociologie, Université Toulouse 1 Capitole, 461 p.

Castel P., 2005. Le médecin, son patient et ses pairs. Une nouvelle approche de la relation thérapeutique. *Revue française de sociologie,* 46 (3), 443-467.

Castel P., Dalgalarrondo S., 2005. *L*es dimensions politiques de la rationalisation des pratiques médicales, *Sciences sociales et santé*, 23 (4), 5-40.

Castel P., Merle I., 2002. Quand les normes de pratiques deviennent une ressource pour les médecins. *Sociologie du Travail,* 44 (3), 337-355.

Chambolle M., Granger D., Meslin T., 2015. Projet Plan Micropolluants Bordeaux Métropole – Etude sur la source hospitalière en collaboration avec le CHU de Bordeaux, Lyre, Bordeaux, 46 p.

Champy F., 2012. *La sociologie des professions*, PUF, Paris, 258 p.

Chateauraynaud F., Debaz J., Fintz M., 2013. Aux frontières de la sécurité sanitaire. Les controverses métrologiques sur les faibles doses et les perturbateurs endocriniens. *Natures Sciences et Sociétés,* 21 (3), 271-281.

CHU de Bordeaux, 2010. Le CHU de Bordeaux récompensé pour son programme développement durable, Direction de la communication du CHU de Bordeaux, Bordeaux, 1 p.

CHU de Bordeaux, 2010. La démarche durable, une dynamique engagée!, Agenda 21, Direction de la communication du CHU de Bordeaux, Bordeaux, 3 p.

CHU de Bordeaux, 2012. Audit sur l'optimisation du tri et de la collecte des déchets dangeureux liquides des laboratoires, Rapport d'audit, Bordeaux, 56 p.

CHU de Bordeaux, 2014. Agenda 21 deuxième plan d'actions, *CHU de Bordeaux*, Bordeaux, 28 p.

CHU de Bordeaux, 2016. Le projet d'établissement du CHU de Bordeaux 2016-2020, *Passerelles*, ‹https://www.chu-bordeaux.fr/CHU-de-Bordeaux/Journal-du_CHU/Passerelles-79.pdf/› (consulté le 16 février 2016).

Communauté Urbaine de Bordeaux, 2013. Assainissement Collectif. *Règlement du service public*,‹http://leau.bordeauxmetropole.fr/pdf/Reglement_du_Service_public_de_lassainissement_collectif.pdf› (Consulté le 8 avril 2015).

Crozier M., Friedberg E., 1977. *L'acteur et le système*, Seuil, Paris, 436 p.

Curiao T., Marchi E., Viti C., Oggioni M. R., F. Baquero F., Martinez J. L., Coque T. M., 2015. Polymorphic variation in susceptibility and metabolism of triclosan-resistant mutants of escherichia coli and klebsiella pneumoniae clinical strains obtained after exposure to biocides and antibiotics. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 59 (6), 3413-23.

Daughton C.G., Ruhoy I.S., 2008. The afterlife of drugs and the role of pharmecovigilance. *Drug safety,* 31 (12), 1069-1082.

Destée A., 2009. Notre espace de liberté est très restreint, *Pharmaceutiques*, *Hôpital dossier*, ‹http://www.pharmaceutiques.com/phq/mag/pdf/phq166_33_dossier.pdf› (consulté le 6 avril 2016).

Drémont C., Hadjali R., 1997. La gestion des effluents liquides en milieu hospitalier, Université de Technologie de Compiègne, ‹http://www.utc.fr/~farges/dess_tbh/96-97/Projets/EL/EL.htm› (consulté le 15 janvier 2016).

Dupuy J.P., Karsenty S., 1974. *L'invasion pharmaceutique.* collection points, Seuil, Paris, 263p.

Faure A., Leresche JP., Muller P., Nahrath S., (eds.), 2007. *Action publique et changements d'échelles: les nouvelles focales du politique,* L'Harmattan, Paris, 378 p.

Freidson E. 1984. *La profession médicale,* Payot, Paris, 369 p.

Gadéa C., 2015. La révolution environnementale dans le système des professions. *In: Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement* (I. Arpin, G. Bouleau, J. Candau, A. Richard-Ferroudji, eds.), collection Le travail en débat, *Edition Octares,* Toulouse, 215-222.

Garraud P., 2004. Agenda/Emergence. *In: Dictionnaire des politiques publiques* (L. Boussaguet, S. Jacquot, P. Ravinet), collection références, Presses de Sciences Po, Paris, p.49-57.

Garraud P., 1990. Politiques nationales : l'élaboration de l'agenda. *L'année sociologique*, 40 troisième série, p.17-41.

Giddens, A., 1994. *Les Conséquences de la Modernité*. L'Harmattan, Paris,192p.

Ginelli L. 2015. *J*eux de nature, natures en jeu. Des loisirs aux prises avec l'écologisation des sociétés, thèse de doctorat, spécialité sociologie, Université de Bordeaux, 378.

Guilleux C., 2011. Entre expertise et contestation : la problématisation de l'air intérieur comme nouvelle menace environnementale et sanitaire. *Sciences sociales et santé,* 29 (4) 5-28.

Haguenoer JM., 2010. Les résidus de médicaments présentent-ils un risque pour la santé publique ?. *Santé publique ,* 22 (3), 325-342.

Hauray B., 2006. *L'Europe du médicament.Politique, expertise, intérêts privés,* collection Sciences Po Gouvernances, Les Presses de Sciences Po, Paris, 2006, 368 p.

HAS, 2012, Parcours de soins Questions/Réponses, *HAS,* ‹http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-05/quest-rep_parcours_de_soins.pdf› (consulté le 4 mars 2016)

Holm G., Snape J. R., Murray-Smith R., Talbot J., Taylor D., Sörme P., 2013. Implementing ecopharmacovigilance in practice : challenges and potential opportunities. *Drug safety*, 36 (7), 533-546.

Hugues E., 1962. Good People and Dirty Work. *Social Problem*, 10 (1), 3-11.

INSEE, 2015. Les dépenses de santé en 2014, Études et résultats n° 935, ‹http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF06311› (consulté le 12 février, 2015)

Safon MO., 2015. Historique des réformes hospitalières en France, *Pôle direction de l'IRDES,*‹http://www.irdes.fr/documentation/syntheses/historique-des-reformes-hospitalieres-en-france.pdf› (consulté le 16 avril 2015).

Illitch I., 1975. *Némésis médicale. L'expropriation de la santé,* collection Techno-critique, Seuil, Paris, 210 p.

Keil F., 2008. Stratégie à la gestion des résidus médicamenteux dans l'eau potable. Institut de Recherche Sociale-Ecologique, Francfort, 52p.

Kingdon J., 1984. *Agendas, alternatives and public policies.* Little, Brown and Co, Boston, 240 p.

Kortenkamp A., 2009. State of the art report on mixture toxicity, Final report, The school of pharmacy university of London, Göteborg University, [en ligne], <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/effects/pdf/report_mixture_toxicity.pdf> (consulté le 4 juin 2015), 31 p.

Le Gales P., Thatcher M., (eds.), 1995. *Les réseaux de politique publique. Débat autour des policy networks*. L'Harmattan, Paris, 272 p.

Le Monde, 2013. Des traces de pesticides et de médicaments retrouvées dans des bouteilles d'eau, *Le Monde,* : ‹http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/03/25/des-traces-de-pesticides-et-de-medicaments-retrouvees-dans-des-eaux-en-bouteille_1853519_3244.html› (consulté le 26 février 2015)

Lahire B., Rosental C., 2008. Introduction. *In*: *La cognition au prisme des sciences sociales* (B. Lahire, C. Rosental, eds.), Paris, Editions des Archives Contemporaines, Paris, p.7-19.

Lemieux C., 2008. Rendre visibles les dangers du nucléaire. Une contribution à la sociologie de la mobilisation. *In*: *La cognition au prisme des sciences sociales* (B. Lahire, C. Rosental, eds.), Paris, Editions des Archives Contemporaines, Paris, 131-161

Marin B., Mayntz R., (eds.), 1992. *Policy networks: Empirical evidence and theoretical considerations*. Westview Press, Boulder, 330p.

Marquet V., 2014. Les voies émergentes de l'adaptation au changement climatique dans la gestion de l'eau en France et au Québec : Mise en visibilité et espaces de définition, Thèse de doctorat, spécialité sociologie, Université de Bordeaux, 493 p.

Matthey L., Walther O., 2005. Un nouvel hygénisme? Le bruit, l'odeur et l'émergence d'une new middle class. *Articulo Journal of Urban Research,* [en ligne], 1, 2-11, < http://articulo.revues.org/931> (consulté le 12 juin 2015)

Milon A., 2009. Rapport du Sénat n°294, sur la proposition de loi de M. Jean-Pierre FOURCADE modifiant certaines dispositions de la loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires, Paris, 128 p.

Ministère de la décentralisation et de la fonction publique, 2014. Fonction publique chiffres clés 2014, *Bureau de la communication*, ‹http://proxy-pubminefi.diffusion.finances.gouv.fr/pub/document/18/19765.pdf› (consulté le 2 mars 2016)

Ministère de l'environnement, 2014. Prévention des risques. Biocides, ‹http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-reglementation biocide,37426.html›, (consulté le 20 avril 2015)

Ministère des finances et des comptes publics, 2015. Chiffres clés du PLF 2016, *Sircom*, http://proxy-pubminefi.diffusion.finances.gouv.fr/pub/document/18/19765.pdf (consulté le 2 mars 2016)

Mucchielli L., 2000. Criminologie, hygiénisme et eugénisme en france (1870-1914) : débats médicaux sur l'élimination des criminels réputés « incorrigibles »." *Revue d'histoire des sciences humaines,* 3 (2), 57-88.

ONEMA, 2014. Lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines, *Actualités,* ‹http://www.onema.fr/LUTTE-CONTRE-LES-MICROPOLLUANTS› (consulté le 25 février 2015)

OMS, 1998. Education thérapeutique du patient, programme de formation continue pour des professionnels du soin dans le domaine de la prévention des maladies chroniques, Bureau Régional pour l'Europe, Copenhague, 56 p.

Parsons T., 1939. The professions and social structure, *Social Forces*, 17 (3), 457-467.

Petit S., Compagnone C., Joly N., 2005. L'environnement par la réglementation-transformation dans le métier de conseiller agricole. *In: Activités professionnelles à l'épreuve de l'environnement* (I. Arpin, G. Bouleau, J. Candau, A. Richard-Ferroudji, eds.), collection Le travail en débat, *Edition Octares,* Toulouse,115-131.

Petiteau-Moreau F., 2015. *Achats Durables: retour d'expérience sur les consultations de médicaments au CHU de Bordeaux*, CHU de Bordeaux, Bordeaux, 4 p.

Pierru F., 2012. Le mandarin, le gestionnaire et le consultant. Le tournant néolibéral de la politique hospitalière.*Actes de la recherche en sciences sociales*, 194 (4), 32-51.

Podeur A., 2010. Le directoire des Etablissements Publics de santé, *Direction générale de l'offre de soins*, ‹http://slideplayer.fr/slide/1300867/› consulté le 16 juin 2015,

Ravelli Q., 2015. *La stratégie de la bactérie. Une enquête au cœur de l'industrie pharmaceutique,* Seuil, Paris, 360 p.

Sainsaulieu I., 2006. *La communauté de soins en question*. Editions Lamarre, Rueuil Malmaison, 267 p.

Sainsaulieu I., 2003. *Le malaise des soignants: le travail sous pression à l'hôpital*, L'Harmattan, Paris*,* 238p.

Salles, D., 2009. Environnement : la gouvernance par la responsabilité ?, *VertigO* http://vertigo.revues.org/9179 ; DOI : 10.4000/vertigo.9179 (consulté le 27 février 2015)

Salles D., Roumezi A., Lanceleur L., Schäfer J., Chiffoleau J.F., Auger D., Blanc G., Petit J., Coynel A., 2013. L'argent (Ag, Nanoag) comme contaminant émergent dans l'estuaire de la Gironde : évaluations scientifiques et gouvernance des risques. *Environnement risques & santé,* 12 (4), 317-327.

Savard G., 2003. Enjeux et limites de la médecine factuelle (Evidence based medecine), mémoire, spécialité éthique médicale et biologique, Paris V, 93 p.

Science et Vie, Des pesticides et des médicaments dans des bouteilles d'eau minérale, *Science et Vie,* ‹http://www.science-et-vie.com/article/des-pesticides-et-des-medicaments-dans-des-bouteilles-d-eau-minerale-4737› (consulté le 26 février 2015).

Schütz A., 1967. *The phenomenology of social world*, Northwestern University Press, Evanston, 255 p.

Silva L., Lino CM., Meisel L.M., Pena A., 2012. Selective Serotonin Re-Uptake Inhibitors (Ssris) in the Aquatic Environment: An Ecopharmacovigilance Approach. *Science of The Total Environment,*437, 185-195.

Smith K. et Hugh F., 2010. La Maladie Environnementale comme Epistémologie Pratique. *In* : S*ur la Piste Environnementale. Menaces Sanitaires et Mobilisation Profanes* (Akrich, M., Barthe, Y., Rémy, C., eds.), collection Sciences Sociales, Presses des Mines, Paris, 89-121.

Strauss A., 1992. *La trame de la négociation. Sociologie qualitative et interactionnisme,* L'Harmattan, Paris, 311 p.

Taggart MA., Senacha KR., Green RE., Jhala YV., Raghavan B., Rahmani AR.,Cuthbert R., 2007. Diclofenac residues in carcasses of domestic ungulates available to vultures in India. *Environment International,* 33 (6), 759-765.

Srivastava B., Sinha A.K., Gaur S., Gaur S., Palaria U., 2014. *Ecopharmacovigilance: its importance and challenges Journal of Biomedical and Pharmaceutical Research,* 3 (3) , 81-87.

Tararine M., 2008. La gestion des déchets médicamenteux à l'hôpital, *Nuages blancs*, ‹http://www.cclin-est.org/IMG/pd_Lowpdf/BMS_Guide_Dechets_2008_BD-VF.pd_Low.pdf› (consulté le 11 mars 2015).

Togola A., Budzinski H., 2006. Présence des résidus de médicaments dans différents compartiments du milieu aquatique, *Environnement, risques et santé,* 5 (4), p. 248-253

Uhalde M., 2008. L'instrumentalisation de la sociologie en situation d'intervention : analyse critique d'une notion ordinaire. *In:* Agir en sociologue – Comprendre, débattre, concevoir, accompagner (F. Granier, M. Uhalde, D. Salles. eds.), Paris, Presses universitaires de France, 95-112.

Urfalino P., 2005. *Le Grand méchant loup pharmaceutique*, Editions textuel, Paris, 119 p.

Vigarello G., 1985. L*e propre et le sale. L'hygiène du corps depuis le Moyen-Age*, collection l'Univers historique, Seuil, Paris, 282 p.

Yazdankhah S.P., Scheie A.A, Arne Høiby E., Lunestad B.T., Heir E., Fotland T.O.,Naterstad K., Kruse H., 2006. Triclosan and antimicrobial resistance in bacteria : an overview. *Microbial drug resistance,* 12 (2), 83-90.

ANNEXES

Annexe 1: Programme du Colloque Régional « Développement durable, soins et santé publique »

CHU Hôpitaux de Bordeaux

C.F.P.P.S

Colloque régional Développement durable, soins et santé publique

Mercredi 4 avril 2012

Public :

Tout personnel impliqué dans le système de santé des établissements publics, privés, associatifs.

PROGRAMME

9 h 00 : Accueil des participants
9 h 30 : Introduction
Alain HERIAUD, Directeur Général - CHU de Bordeaux

9 h 40 **Développement durable à l'hôpital**
Virginie VALENTIN, Secrétaire générale, Directeur du développement durable, CHU de Bordeaux

10 h 00 **Ateliers en ruche :**
Pratiques de soins et développement durable, un sujet exploratoire

11 h 00 **Table ronde : Développement durable, soins et prévention**

Santé environnementale, quel rôle pour le soignant ?
Philippe PERRIN, Eco-infirmier / Formateur

Le soignant et sa mission de prévention :
Exemple de la promotion de la qualité de l'air intérieure en milieu hospitalier
Hélène ROCHE-DALLAY, Responsable de la communication, Association AirAq

Hygiène hospitalière et développement durable
Pr. Joseph HAJJARD, Président de l'Association Française de l'Hygiène Hospitalière - CH Valence

Prévenir les maladies professionnelles :
Exemple de la surveillance biologique de l'exposition professionnelle aux anticancéreux
Mireille CANAL-RAFFIN, Maître de conférences, Université Bordeaux Ségalen

12 h 15 **Restitution du travail en ruche**

12 h 45 **Déjeuner**

14 h 00 **Développement durable et activité de soins, l'exemple Suisse**
Directeur du développement durable, Hôpitaux universitaires de Genève

14 h 20 **Table ronde : Analyse de pratiques de soins au regard des critères du développement durable**

Amélioration de la prescription médicamenteuse en soins de suite et réadaptation gériatrique
Pr. Muriel RAINFRAY, Chef du Pôle gérontologie clinique, CHU de Bordeaux / Coordonnateur des enseignements DCEM4, Université Bordeaux Ségalen

Optimisation de la prescription des actes complémentaires de radiographie / biologie au service réanimation médicale
Dr. Aurélie SAN MIGUEL, Interne, Pôle anesthésie-réanimation, CHU de Bordeaux

Traitement des plaies chroniques par apithérapie
Dr. Christine LÉAUTÉ-LABRÈZE, Praticien Hospitalier, Centre de Référence Maladies rares de la peau - CHU de Bordeaux
Catherine MASSERON, Infirmière, Unité de plaies et cicatrisation, CHU de Bordeaux

15 h 30 **Table ronde : La problématique du rejet de résidus médicamenteux dans L'environnement**

Tour d'horizon international de la problématique des résidus médicamenteux dans l'environnement
Pr. Nicholas MOORE, Chef de Service du Département de Pharmacologie, Université Bordeaux Ségalen

Emissions de résidus médicamenteux dans l'environnement : enjeux et solutions de traitement
Samuel MARTIN, Responsable R&D au CIRSEE
(Centre international de recherche sur l'eau et l'environnement)
Suez-Environnement

16 h 15 **Conclusion**
Pr. Dominique DALLAY, Président de la Commission Médicale d'Etablissement, CHU de Bordeaux
Luc DURAND, Coordonnateur Général des Soins, CHU de Bordeaux

16 h 30 **Clôture de la journée**

Annexe 2 : Editorial d'Alain Juppé dans le journal Passerelles de juin 2008

Passerelles 49

JOURNAL D'INFORMATION INTERNE DU CHU DE BORDEAUX

Juin 2008
Trimestriel

Dossier développement durable

C·H·U
Hôpitaux de Bordeaux

Édito

Alain Juppé,
Président du conseil d'administration du CHU de Bordeaux,
Maire de Bordeaux

> La démarche de développement durable que le CHU de Bordeaux entend promouvoir sera participative et s'appuiera nécessairement sur l'inventivité de chacun pour proposer et mettre en place des solutions innovantes d'organisation pour demain.

L'heure est indéniablement aujourd'hui à la promotion du développement durable dans les modes d'organisation collectifs.
Il s'agit là d'une réponse opérationnelle et pressante aux enjeux représentés par la dégradation continue des ressources naturelles ainsi que par les impacts sur l'environnement et sur le climat de la croissance économique et démographique mondiale.

Qu'il s'agisse des conférences internationales organisées sous l'égide des Nations Unies (conférence de Rio de Janeiro, conférence de Kyoto...) ou des initiatives nationales portées par les gouvernements successifs en France depuis le début des années 2000 dont le très récent Grenelle de l'environnement, l'objectif de promotion du développement durable est partout recherché.
Outre la volonté de favoriser un cadre de vie harmonieux en même tant que respectueux de l'environnement, cet objectif vise à concourir à l'amélioration de la santé publique, notamment dans sa dimension essentielle de prévention des maladies.

La mise en place d'une telle démarche de développement durable au sein d'une collectivité ou d'une entreprise implique donc de profondes transformations des modes de pensées et d'action dans une approche plus citoyenne.
C'est précisément ce chemin que le CHU de Bordeaux entend parcourir, dans une logique voulue de partenariats avec les collectivités locales et notamment la Ville de Bordeaux, les agences publiques spécialisées comme l'ADEME (agence de développement et de maîtrise de l'énergie), les entreprises de construction, d'énergie, d'approvisionnements... avec lesquelles il travaille.

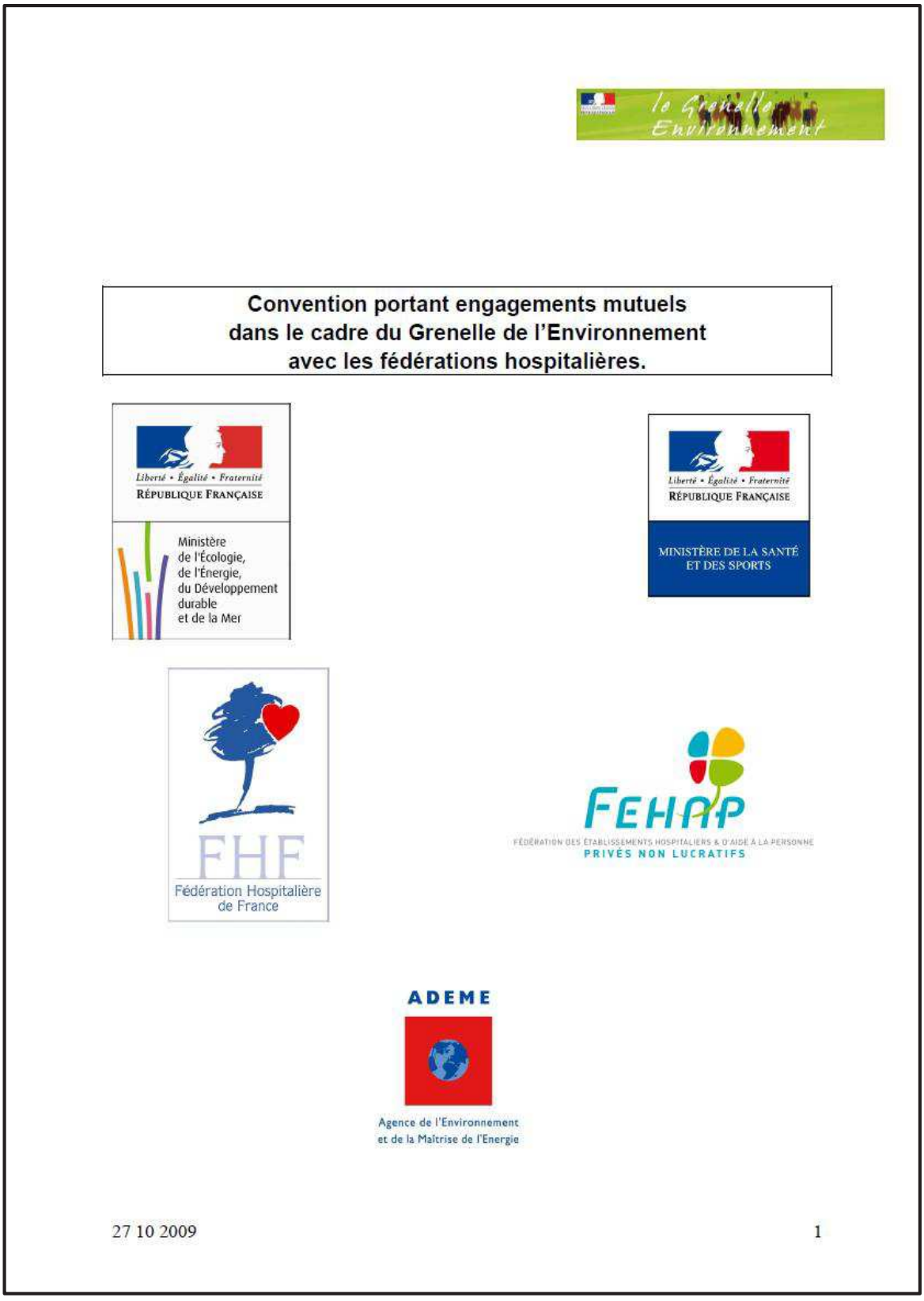
En effet, conscient de ses responsabilités à l'égard de la société du fait tant de ses activités de soins, de recherche, d'éducation et de formation que de sa place d'acteur économique majeur à l'échelle régionale (rappelons qu'il représente le premier employeur d'Aquitaine), le CHU de Bordeaux a engagé la définition d'une stratégie institutionnelle de développement durable, faisant ainsi partie des tout premiers établissements hospitaliers à s'inscrire dans une telle dynamique d'avenir.

Soutenu dans cette initiative par le conseil d'administration, qui dès 2007 a souhaité que les premières réflexions visant l'élaboration d'un plan de déplacement d'administration (PDA) concertée avec la ville de Bordeaux et la communauté urbaine soient initiées, le CHU a engagé, dans les premiers mois de cette année, le cadre de sa démarche de développement durable. L'objectif de l'établissement est à ce titre la réalisation d'un plan d'actions multithématiques concernant tant les opérations immobilières que la gestion des énergies et des déchets, la politique d'achats, l'organisation des services et les pratiques professionnelles, les transports des biens et des personnes..., dont le déploiement doit intervenir dans les 3 prochaines années.
En tant que président du conseil d'administration du CHU de Bordeaux, j'en attends des résultats concrets rapidement visibles pour l'ensemble de la communauté hospitalière ainsi que pour les usagers de nos services, démontrant bien l'excellence collective dont notre établissement est capable.

La démarche de développement durable que le CHU de Bordeaux entend promouvoir sera participative et s'appuiera nécessairement sur l'inventivité de chacun pour proposer et mettre en place des solutions innovantes d'organisation pour demain. L'engagement actif de tous, professionnels médicaux et non médicaux, représentants de la direction, membres des instances, en particulier du Conseil d'Administration du CHU, est donc indispensable pour réussir ce challenge.

En affirmant son caractère d'exemplarité et d'entraînement, cette démarche confirmera le rôle incontournable du CHU dans la promotion du développement durable au niveau de son territoire, et plus généralement, du secteur de la santé dont il est un des moteurs les plus évidents.

Annexe 3 : Convention portant engagements mutuels dans le cadre du Grenelle de l'environnement avec les fédérations hospitalières



Entre

LE MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES ET DES NEGOCIATIONS SUR LE CLIMAT
Sis 246 boulevard Saint-Germain à Paris
Représenté par Monsieur Jean-Louis BORLOO, Ministre d'Etat, Ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat ayant tout pouvoir à l'effet des présentes ;

Ci-après dénommé le « MEEDDM ».

LE SECRETARIAT D'ETAT A L'ECOLOGIE
Sis 246 boulevard Saint-Germain à Paris
Représenté par Madame Chantal JOUANNO, Secrétaire d'Etat à l'Ecologie, ayant tout pouvoir à l'effet des présentes ;

Ci-après dénommé le « Secrétariat d'Etat à l'écologie ».

LE MINISTERE DE LA SANTE ET DES SPORTS

Sis 14 avenue Duquesne à Paris 75350 Paris 07 SP

Représenté par Madame Roselyne BARCHELOT NARQUIN, Ministre de la Santé et des sports, ayant tout pouvoir à l'effet des présentes

Ci-après dénommé « le Ministère de la santé »,

L'AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE,
Etablissement public à caractère industriel et commercial, créée par la loi n°90-1130 du 19 décembre 1990 et régie par le décret n°91. 732 du 26 juillet 1991, ayant son siège 2 square Lafayette – 49004 Angers Cedex 01 ;
Représenté par, Monsieur Xavier LEFORT agissant en qualité de Secrétaire général, ayant tout pouvoir à l'effet des présentes ;

Ci-après dénommée « l'ADEME »,

d'une part,

ET

La Fédération Hospitalière de France
Regroupant les établissements publics de santé sanitaires et médico-sociaux - située 1 rue Cabanis – 75014 PARIS. Représentée par Monsieur Jean LEONETTI, en qualité de Président, ayant tout pouvoir à l'effet des présentes;

ci-après dénommée la « FHF »,

La Fédération des Etablissements Hospitaliers et d'aide à la personne privés non lucratifs,

Regroupant les établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux privés non lucratifs - située 79 rue de Lourmel – 75015 PARIS. Représentée par Monsieur Yves-Jean DUPUIS, en qualité de Directeur Général, ayant tout pouvoir à l'effet des présentes ;

ci-après dénommée la « FEHAP »,

d'autre part.

Le MEEDDM, le Secrétariat d'Etat à l'écologie, le Ministère de la Santé, l'ADEME , la FHF et la FEHAP sont désignés ci-après, collectivement ou individuellement, les "Parties" ou la "Partie".

LES PARTIES :

Le MEEDDM : un ministère qui met son savoir-faire technique au service d'un objectif majeur, le développement durable

La feuille de route du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat (MEEDDM) résulte de deux événements sans précédent :

- La constitution du ministère lui-même, qui est à la fois en charge des politiques en matière d'énergie, de protection de l'environnement et de la mer ;
- Le Grenelle de l'environnement, qui a montré l'urgence d'une mobilisation générale pour faire face aux enjeux du changement climatique, de la hausse du coût de l'énergie et donc des nécessaires changements des modes de production et de consommation.

Cette feuille de route est organisée autour de quatre axes :

- Réorienter les moyens et les compétences vers les missions prioritaires, issues notamment du Grenelle ;
- Déployer une organisation simplifiée, optimisée et lisible, favorisant les synergies ;
- Accroître la performance, notamment par une évaluation appropriée ;
- Optimiser l'équilibre entre intervention directe, recours aux opérateurs ou au secteur privé, et appui sur les collectivités territoriales, au profit du citoyen.

Le Ministère de la Santé (MSS) : un projet de santé durable pour nos concitoyens

Améliorer l'état de santé global de la population et maintenir les valeurs solidaires qui fondent notre système de santé sont des impératifs essentiels. La récente loi portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires est au cœur de ce projet de santé durable. Elle s'inscrit dans les grandes orientations engagées par le ministère :

- En améliorant l'accès de tous nos concitoyens à une offre de soins de qualité, en toute sécurité, sur l'ensemble du territoire ; la lutte contre les infections nosocomiales illustre avec succès cet objectif constant ;
- En définissant et mettant en œuvre un ensemble coordonné de programmes et d'actions qui concourent à la réalisation de la politique de protection contre les divers risques susceptibles d'affecter la santé, en liaison avec les autres ministères compétents. En matière d'environnement, le deuxième Plan National Santé Environnement fixe les actions prioritaires dans le domaine de la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement. Les établissements de santé contribueront à leur mise en œuvre.

L'ADEME, établissement public national, contribue à la mise en œuvre des politiques de protection de l'environnement et de maîtrise de l'énergie, en cohérence avec la stratégie nationale de développement durable. Les services de l'ADEME et ses délégations régionales interviennent auprès des entreprises et des collectivités publiques en vue de leur apporter aide à la décision, expertise et assistance.
L'ADEME a en outre pour mission de sensibiliser et d'informer les citoyens sur la gestion des déchets, les économies d'énergie, les énergies renouvelables, la réduction de la pollution de l'air et des nuisances sonores.

LA FHF

La FHF réunit plus de 1000 établissements de santé. Leurs ressources sont allouées chaque année à hauteur de près de 50 milliards d'euro.

L'hôpital public emploie plus de 800 000 agents au service des malades, et offre une capacité d'accueil de 330 000 places, soit les ¾ des lits d'hospitalisation en France.

La FHF réunit par ailleurs 1500 structures médico-sociales qui viennent en aide aux personnes handicapées ou âgées. Le secteur public dispose d'une capacité d'hébergement de plus de 300 000 lits et emploie 55 000 agents.

LA FEHAP

La FEHAP réunit 3150 établissements privés à but non lucratif.

Le secteur privé non lucratif représente 88 % des capacités dans le secteur du handicap, 70% dans l'aide sociale à l'enfance et aux adultes et 35% dans le secteur personnes âgées.

Dans le secteur sanitaire, la FEHAP représente 15 % des lits et 29 % des établissements de santé.

Les établissements de la FEHAP emploient 187 000 professionnels salariés, offrent une capacité d'accueil de 205 000 lits et places et accueillent 2 630 000 usagers par an.

PREAMBULE

Engagés dans une mission de soins, les professionnels de santé se réfèrent à des valeurs qui sont proches de celles véhiculées par le Développement Durable.

Agissant dans un cadre de tutelle avec l'Etat, sous le contrôle des autorités de santé, les établissements de santé assurent des missions de soins, d'enseignement, de recherche, de santé publique et de prévention.

Les établissements de santé choisissent d'intégrer le progrès environnemental dans leurs actions, en partenariat avec les pouvoirs publics.

Les fédérations signataires s'entendent sur la mise en place d'une démarche approfondie de développement durable. Depuis 2008, elles se sont organisées pour mettre en place un outil de mesure de la performance et de pilotage d'une démarche environnementale dans leurs établissements, ci-dessous dénommé le Baromètre du Développement durable en Établissement de Santé.

Les fédérations s'engagent sur des principes directeurs qui permettront de définir des priorités majeures en matière de respect de l'environnement, d'évaluer les progrès réalisés par ses membres et d'impliquer les équipes.

Les activités de soins sont réglementées et encadrées par le ministère de la santé. Leur évaluation est assurée notamment par la démarche de certification de la Haute Autorité de Santé.

Les établissements de santé peuvent s'inspirer des dispositions de la circulaire du Premier ministre du 3 décembre 2008, s'appliquant à l'administration et à ses services déconcentrés.

LES PRINCIPES DIRECTEURS

Principe directeur n°1

Évaluer objectivement notre performance en matière de Développement Durable.

Les fédérations s'engagent à quantifier leurs progrès en s'appuyant sur des indicateurs mesurables, opposables et évaluables concentrés dans **le Baromètre du développement durable dans les établissements de santé**, conçu par un comité de professionnels de santé, des fédérations hospitalières et du Ministère de la santé (Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins (DHOS) Mission Nationale d'Appui à l'investissement (MAINH), Mission Nationale d'expertise et d'Audit Hospitalier (MEAH) – ces dernières missions seront intégrées dans la future agence nationale d'appui à la performance hospitalière (ANAP)) - de l'agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie (ADEME) et avec le concours d'élèves directeurs d'hôpital de l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP).

Chaque année, les fédérations solliciteront les établissements pour qu'ils se soumettent au Baromètre, étant entendu que cette démarche reste sous la pleine volonté et responsabilité de chaque établissement.

Elles évalueront la pénétration de cette démarche par le taux de participation au baromètre et par l'amélioration progressive des établissements dans leurs pratiques.

Les établissements de santé et médico-sociaux peuvent également suivre la gestion de leurs actions éco-responsables à l'aide des indicateurs de l'éco-responsabilité mis en place par l'ADEME et intégrant des données quantitatives sur l'ensemble des thématiques couvertes par la présente convention. Le site de reporting www.administration-durable.gouv.fr est accessible aux établissements publics. Les autres établissements peuvent suivre les mêmes indicateurs (tableur Excel), dont la compilation et le reporting des résultats annuels seront réalisés par l'ADEME sous réserve de leur communication à cette dernière.

Principe directeur n°2

Intégrer les enjeux du Développement Durable dans les pratiques professionnelles des acteurs de santé

Il s'agit de prendre en compte les enjeux environnementaux, sociétaux et sociaux par la généralisation de la démarche d'éco-attitude, par le développement d'une offre de soins socialement responsable et par une démarche d'achats responsables.

Principe directeur n°3

Prendre en compte systématiquement les enjeux du Développement durable dans l'évaluation des projets et dans les processus de décisions.

La prise en compte des enjeux en amont des projets s'avère essentielle pour garantir leur faisabilité, être en mesure de démontrer aux parties prenantes la cohérence entre les engagements affichés et les décisions prises.

Principe directeur n°4

Amplifier les programmes de formation et les actions de sensibilisation aux enjeux et aux projets de Développement Durable.

La formation et la sensibilisation des personnels hospitaliers est un élément essentiel de la mise en place d'une démarche de management durable, sans elles les modifications de culture et de comportements seraient compromises. Ces formations, internes aux établissements ou externes, sont préconisées dans la circulaire relative aux orientations de formation nationales du ministère de la santé 2010 et sont formalisées dans les programmes de l'EHESP ou des organismes de formation continue (ANFH, IFORE, UNIFAF, par exemple). Elles ne doivent cependant pas

interférer avec la fonction centrale de ces personnels qu'est le soin et le développement personnel continu dans ce domaine.

Principe directeur n°5

Intégrer des critères de performance Développement Durable dans le management des établissements de santé pour franchir une nouvelle étape, diffuser et ancrer les objectifs de Développement Durable dans toutes les catégories professionnelles des établissements : médicales, paramédicales, médico-techniques et sociales, administratives et techniques.

Principe directeur n°6

Envisager le développement durable des établissements de santé au niveau de leur territoire d'installation et d'influence.

Parce que les établissements de santé sont ancrés dans les territoires, les fédérations et le ministère de la santé entendent mettre en œuvre ces principes de Développement Durable dans le cadre d'un dialogue renforcé avec les acteurs locaux. A ce titre, elles participent dans une approche de collaboration aux projets des territoires qui sont essentiels à leur dynamique ou qui présentent une forte synergie avec ses objectifs de Développement Durable.

En conséquence, il a été convenu et arrêté ce qui suit :

ARTICLE 1. OBJET

La présente « convention-cadre » a pour objet de définir le cadre général des relations entre les Parties ainsi que les conditions dans lesquelles elles ont décidé de travailler sur des projets reconnus d'intérêt commun.

Compte tenu des orientations et missions du MEEDDM et du ministère de la santé et des sports, des missions de l'ADEME, et de la démarche volontaire des établissements de santé, les Parties s'engagent à travailler ensemble principalement sur les domaines suivants :

1) Le management et le pilotage de la démarche développement durable ;
2) L'éco construction et la rénovation des bâtiments ;
3) La gestion optimisée des flux « eau » et « énergie » dans les bâtiments ;
4) La gestion des déchets ;
5) Le transport et le déplacement du personnel, des patients et des visiteurs;
6) La politique d'achat ;
7) La formation et la communication sur les enjeux du développement durable.

Ces critères sont les axes de progrès volontaristes engagés par les fédérations.

Les établissements de santé adhérents à cette convention-cadre sont ceux qui décident de mettre en œuvre volontairement les engagements de cette convention.

Dans chaque domaine de coopération, des critères prioritaires seront déterminés et suivis dans le cadre de cette convention au travers d'indicateurs (voir en annexe le tableau de suivi des indicateurs). Les objectifs précis (hypothèses hautes) sont définis à l'horizon 2011 avec une étape intermédiaire en 2010. Sont concernés par cette démarche tous les établissements qui s'engagent volontairement dans le processus d'évaluation basé sur le baromètre annuel et/ou les indicateurs de l'éco responsabilité cités au principe directeur n°1.

ARTICLE 2. DOMAINES DE COOPERATION

Suivant les domaines définis à l'article 1, les Parties s'engagent à coopérer pour parvenir à des réalisations concrètes selon les modalités définies ci-après:

Article 2.1 Le management et le pilotage de la démarche développement durable

Objectif :
Les établissements de santé s'engagent à intégrer le développement durable comme une composante de leur management et à réduire leur empreinte écologique.

Cet engagement se traduit par :

- Une inscription du Développement durable dans le projet d'établissement (PE) et/ou dans les contrats de pôles ;
- Une clarification des responsabilités concernant les questions liées au développement durable dans l'établissement ;

- La mise en place de programmes ou plans d'actions stratégiques en matière de développement durable (Agenda 21, chartes environnementales, certification ISO 14001, démarche HQE …) ;
- La formalisation et le suivi d'indicateurs mesurant les actions ayant un impact environnemental.

Critères de progrès
- % d'inscription du développement durable dans les PE et/ou contrats de pôle des établissements de santé ;
- % des établissements qui suivent l'impact environnemental de leurs activités par des indicateurs chiffrés.

Article 2.2 La gestion optimisée des flux d'eau et d'énergie des bâtiments

Objectifs : optimiser la gestion de l'eau et la gestion de l'énergie dans les bâtiments et développer le recours aux énergies renouvelables. Compte tenu des spécificités des activités de soins (permanence de fonctionnement des installations, sécurisation des équipements …), la maîtrise de la consommation énergétique ne concerne pas ici les plateaux techniques concourant aux soins tels que blocs opératoires, services d'imagerie médicale, laboratoires d'analyse … Ces activités sont incitées à maitriser leur dépense énergétique par le choix d'équipements moins énergivores, dans la mesure où l'offre existe et à service médical rendu équivalent (cf supra, chapitre achats).

2.2.1 : L'eau

La diminution de la consommation d'eau dans les établissements de santé est un objectif prioritaire. Elle ne doit cependant pas se faire au détriment de l'hygiène, qu'il s'agisse du lavage des mains et des surfaces ou de la prévention de la légionellose par soutirage régulier de l'eau des robinets peu utilisés. Les efforts portent principalement sur le changement de comportements des personnels hospitaliers et des patients ainsi qu'à la mise en place progressive d'équipements moins consommateurs.

Critères de progrès :
- % d'établissements qui réalisent un état des lieux précis et détaillé de leur consommation d'eau, avec des indicateurs de suivi ;
- % des établissements qui s'engagent à mettre en place des politiques de réduction de consommation d'eau par l'information et la sensibilisation du personnel ;
- % des établissements qui s'engagent à installer des équipements économiseurs d'eau.0

2.2.2 : l'énergie

La France a pris, dans le cadre de la Loi Grenelle, des engagements en terme de réduction des consommations d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre. Les objectifs fixés sont notamment de réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38 % à 2020.

Les établissements de santé représentent un patrimoine immobilier de plus de 60 millions de m².
Parce que la lutte contre le changement climatique et la maîtrise des consommations énergétiques constituent un enjeu majeur, les établissements de santé s'engagent à

contribuer aux engagements nationaux pris dans le cadre du Grenelle de l'environnement et à réduire de 20% d'ici 2012 la consommation énergétique des bâtiments afin de réduire leurs émissions de CO_2 liées à la consommation d'énergie.

Les établissements de santé s'engagent à :

- **S'agissant des bâtiments neufs :**
  - Intégrer des critères HQE dans 100% des bâtiments neufs ;
  - Tendre vers des objectifs de Très Haute Performance Energétique pour les bâtiments concernés par des activités tertiaires, tout en prenant acte des spécificités liées aux activités de soins.

- **S'agissant des bâtiments existants :**
  - Réaliser des audits énergétiques des bâtiments pour connaitre la consommation d'énergie par m², avec intégration systématique dans le cahier des charges d'une analyse des possibilités de recours aux énergies renouvelables ;
  - Engager des actions de rénovation énergétique des bâtiments, au fur et à mesure des actions de rénovation lourde des bâtiments existants.

- **S'agissant des énergies renouvelables :**
  - Poursuivre et favoriser dans la mesure du possible le recours aux énergies renouvelables lors de constructions neuves, de rénovations lourdes des bâtiments ou de remplacement d'installations thermiques en regard des possibilités techniques et économiques (solaire, bois, géothermie…).

Afin d'accompagner les établissements de santé dans ces initiatives, l'ADEME s'engage à :

- Partager ses connaissances sur les bonnes pratiques environnementales liées à la gestion environnementale des sites immobiliers ;
- Apporter des conseils dans les domaines de la construction et la rénovation de bâtiments, les sites et sols pollués avant achat de foncier, les énergies renouvelables en donnant notamment un avis critique sur les prestations de diagnostics énergétiques ;
- Apporter des conseils pour les études de faisabilité et lors de la réalisation d'opérations pilotes notamment pour les énergies renouvelables ;
- Conseiller les établissements de santé en matière d'aides et de financements pour ses projets, et de faire connaître les possibilités de soutien financier données au travers du Fonds Chaleur.

Critères de progrès

- % d'établissements qui s'engagent à mettre en place un suivi de leur consommation énergétique et des actions pour la diminuer ;
- Réduction de 20% de la consommation d'énergie dans les bâtiments du tertiaire et du résidentiel des établissements de santé ;
- Réduction de 20 % d'émissions de CO_2 des bâtiments du tertiaire et résidentiel des établissements de santé ;
- % d'établissements qui réalisent des bilans ou audits énergétiques ;
- Nombre et m² des bâtiments neufs intégrant des cibles HQE (notamment dans le bilan Hôpital 2012) et le recours aux énergies renouvelables.

En ce qui concerne la réduction des gaz à effet de serre, l'ADEME propose d'utiliser la méthode Bilan Carbone® :

Cette méthode permet à toute activité d'évaluer son impact « effet de serre » en établissant un bilan des quantités de gaz à effet de serre (GES) émises pour assurer son fonctionnement. Les établissements de santé et établissements médico-sociaux peuvent utiliser cette méthode pour établir leur bilan des émissions, préalable indispensable avant tout arbitrage sur les actions de réduction des gaz à effet de serre à mettre en œuvre.

L'ADEME s'engage à proposer des cahiers des charges type pour la réalisation de Bilan Carbone® et à conseiller les établissements dans le suivi de ces diagnostics effet de serre grâce à son réseau des délégations régionales. A l'initiative des fédérations, elle pourra accompagner l'établissement d'un guide sectoriel sur le Bilan Carbone® dans le milieu hospitalier qui inclura la mutualisation des bonnes pratiques du secteur.

Pour réaliser le diagnostic Bilan Carbone®, les établissements pourront faire appel à un des bureaux d'études formés à la méthode ou envisager de former leur propre référent. Les salariés des structures privées peuvent s'inscrire aux modules de formation proposés par l'ADEME ; les agents de la fonction publique hospitalière peuvent être formés via l'IFORE.

Article 2.3 La gestion des déchets

Objectifs : Mettre en place une démarche globale de réduction à la source, de tri, et d'optimisation de la valorisation des déchets produits par les établissements de santé. L'exemplarité dans la filière de recueil et traitement des déchets de soins (DASRI) est liée au respect de la réglementation abondante existant depuis 1975.
S'agissant des déchets assimilables aux ordures ménagères (DAOM) et de certaines catégories de déchets d'activités de soins, les établissements de santé s'engagent à en améliorer le tri, le recyclage et la valorisation et d'en diminuer la quantité produite.
Améliorer le traitement des effluents liquides et gazeux. S'agissant en particulier des effluents liquides, les hôpitaux sont susceptibles de rejeter des effluents de nature spécifique, par rapport à ceux que les stations de traitement des eaux usées urbaines traitent habituellement. Il convient donc en premier lieu de mieux caractériser ces effluents et la gestion qui en est faite dans les établissements. Dans un second temps, la faisabilité d'un plan de bonne gestion sera étudiée au regard des exigences en matière de rejet des eaux vers les stations de traitement des eaux usées, et/ou dans le milieu aquatique récepteur.

Les établissements de santé s'engagent à :

- Informer et former les acteurs à la réglementation existante ;
- Réaliser des diagnostics déchets sur les différents types de sites ;
- Recenser les bonnes pratiques existantes ;
- Généraliser les bonnes pratiques sur l'ensemble des typologies de sites ;
- Mettre en place un reporting permettant de mesurer la performance ;
- Sensibiliser les personnels de santé et les services médico-techniques à la récupération à la source des déchets toxiques et des médicaments non utilisés ;
- Réaliser sous deux ans un bilan de la gestion des effluents liquides dans l'établissement et identifier les risques éventuels engendrés pour le fonctionnement des outils collectifs de traitement des eaux usées ou le milieu aquatique ;
- Sur la base de ce bilan, étudier la faisabilité d'un plan de gestion des effluents liquides ;
- Communiquer largement auprès des hôpitaux sur l'utilisation de lessives sans phosphates pour les activités de blanchisserie et de vaisselle (engagement du

Grenelle de l'environnement d'interdire l'utilisation des phosphates dans tous les produits lessiviels d'ici 2012) : encourager les hôpitaux à anticiper l'échéance de 2012 ;
- Accepter, dans le principe, de participer aux travaux du plan national sur les résidus médicamenteux co-piloté par le Ministère de la santé et des sports et le MEEDDM dans le cadre du 2ème plan national santé environnement ;
- Traiter leurs effluents gazeux.

Afin d'accompagner les établissements de santé dans ces initiatives, le MEEDDM et l'ADEME s'engagent à :
- Partager les connaissances sur les bonnes pratiques environnementales liées à la gestion des déchets ;
- Apporter des conseils, notamment dans le cadre de l'élaboration de diagnostics et la formalisation de cahiers des charges ;
- Accompagner les établissements de santé pour diffuser les bonnes pratiques et former les personnels hospitaliers ;
- Conseiller les établissements de santé en matière d'aides et de financements pour leurs projets ;
- Développer les connaissances concernant les effluents liquides des établissements de soins (présence de contaminants, flux, possibilités de traitement et de gestion au sens large) au travers d'études scientifiques et techniques qui associeront des établissements volontaires.

Critères de progrès
- % d'établissements qui organisent une collecte sélective des déchets recyclables ;
- % d'établissements qui mettent en place des filières de tri et de valorisation pour, au minimum, le papier, le verre, le plastique, les piles et les ampoules ;
- % des établissements ayant réalisé un diagnostic de la gestion de leurs effluents liquides ;
- % d'établissements qui traitent leurs effluents gazeux ;
- % des établissements utilisant des lessives sans phosphates.

Article 2.4 Le transport et les déplacements du personnel, des patients et des visiteurs

Objectif : Réduction des émissions de gaz à effet de serre liées aux transports d'ici à 2012

Les établissements de santé s'engagent à faire évoluer de façon substantielle leurs modes de transport – salariés, patients et visiteurs - de façon à accélérer la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Pour cela, ils s'engagent à :
- Intégrer dans leur flotte des véhicules propres et économes ou, a minima, éligibles au « bonus écologique » (plafond de 130 g de CO_2/km), sauf nécessités de service ;
- Favoriser le recours aux transports en commun pour leur personnel et les visiteurs ;
- Mettre en place des Plans de Déplacement d'Établissement ;
- Proposer et encourager des mécanismes de covoiturage ;
- Etablir des conventions avec la société de transports en commun et à proposer des tarifs préférentiels ;

- Proposer des formations à l'éco-conduite aux personnels utilisant un véhicule (ambulanciers, services techniques, transports internes …).

Afin d'accompagner les établissements de santé dans ces initiatives, le MEEDDM et l'ADEME s'engagent à :

- Aider les établissements de santé à étudier les modalités et la mise en place de mesures d'aides directes ou indirectes pour compenser partiellement le surcoût lié à l'investissement dans les véhicules propres et économes ou à bonus écologique.

Critères de progrès

- % et nombre d'établissements qui mettent en place un PDE ;
- % d'agents formés à l'éco-conduite (parmi les transports internes et fonctions logistiques) ;
- Augmentation de la flotte de véhicules propres et économes, éligibles au bonus écologique.

Article 2.5 : La politique d'achat

Les établissements de santé, par le volume et la diversité de leurs achats peuvent avoir un impact important et un effet d'entrainement dans de nombreuses filières professionnelles. Ils s'engagent par la présente à intégrer des critères environnementaux, sociaux ou sociétaux dans le choix des produits et services qu'ils achètent.

Objectif : Intégrer quand cela est possible des critères de développement durable dans les procédures d'achat des établissements de santé.

Cette démarche vise à intégrer progressivement des critères de développement durable dans les appels d'offre et le choix des fournisseurs, en fonction de la maturité du marché et des orientations définies par les établissements de santé et dans le respect des impératifs de qualité et de sécurité des soins.
Ces critères peuvent intervenir à tous les stades des appels d'offres et concernent, en première phase, les achats n'intervenant pas directement dans les soins au patient et n'impactant pas la sécurité sanitaire pour ces derniers.

La formation des acheteurs et prescripteurs à une meilleure compréhension et appropriation des enjeux du Développement Durable dans leur métier et leurs décisions d'achats constitue un levier essentiel à l'atteinte des objectifs.

Les établissements de santé s'engagent à :

- Informer et sensibiliser les prescripteurs internes sur l'offre achat responsable de manière lisible et compréhensible ;
- Informer et inciter les fournisseurs du secteur hospitalier à s'engager dans cette démarche et à leur proposer des produits et services éco-conçus, éco- ou socialement responsables ;
- Informer et encourager les centrales d'achats à intégrer dans le choix de leurs fournisseurs le respect de critères éco et socialement responsables, ainsi que la notion de « coût global » ;

- Dématérialiser les procédures et les actes (facturation, achat, approvisionnements, …) ;
- Former leurs acheteurs aux achats responsables afin qu'ils intègrent des critères de Développement durable dans leur activité. Les critères auxquels les acheteurs recourent dans les décisions d'achat doivent se référer, quand cela est possible, aux normes et labels officiels en vigueur (écolabels officiels NF-Environnement et Ecolabel Européen, labels de l'agriculture biologiques, labels du commerce équitable).

Pour les achats « hors métier » :

- Engager une réduction des emballages et un partage de la responsabilité avec les fabricants quant à l'élimination des emballages ;
- Engager une réflexion sur le recours à l'usage unique, sans toutefois mettre en cause les acquis en matière d'hygiène des soins et de réduction des infections nosocomiales.

Afin d'accompagner les établissements de santé dans ces initiatives, le MEEDDM et l'ADEME s'engagent à :

- Tenir informés et faire bénéficier les établissements de santé des méthodologies et outils développés à destination des acteurs publics et privés en matière d'achats responsables et à proposer des formations ou modules de formation pour les acheteurs.

Critères de progrès

- % d'établissements de santé qui intègrent des critères développement durable dans leurs appels d'offres ;
- % d'établissements qui effectuent des achats auprès du secteur adapté ou protégé ;
- % d'établissements qui mettent en place une stratégie d'achat pour réduire les emballages sur les produits n'intervenant pas dans les actes de soins ;
- % d'établissements qui forment leurs acheteurs aux achats responsables ;
- % d'établissements qui interdisent des matériaux de construction et décoration qui contiennent des substances CMR1 et CMR2, voire certaines substances CMR3 selon les recommandations sur 2ème plan national santé environnement.

Article 2.6 La communication et la formation sur les enjeux du Développement Durable

Objectif : promouvoir la démarche de Développement Durable et sensibiliser en interne comme en externe les parties prenantes à cette démarche inscrite dans la stratégie des établissements de santé.

En effet, les établissements de santé considèrent leur apport au Développement durable comme le prolongement de leur contribution à l'intérêt général et au service public. Leur engagement se traduit par la promotion d'une pédagogie du Développement durable ayant pour cible aussi bien leur personnel que les patients et leur famille, les fournisseurs ou encore les partenaires.

Les établissements de santé capitalisent sur le potentiel que représentent leur personnel, les patients et leur ancrage territorial :

- 855 000 personnes employées dans le secteur public, 187 000 dans le privé non lucratif. L'hôpital étant souvent le premier employeur local ;

- 77% des français déclarent être allés dans un hôpital au cours des douze derniers mois ;
- Près de 4 000 établissements sur tout le territoire, constituant un maillage territorial fort.

Les établissements de santé s'engagent à :

- Relayer toutes les informations et recommandations formulées par les fédérations hospitalières concernant le développement durable ;
- Déployer des actions pédagogiques en faveur du développement durable via des actions de sensibilisation et de formation impliquant le personnel et les patients, les fournisseurs et/ou les partenaires intéressés ;
- Diffuser des messages sur le développement durable via les supports de communication disponibles ;
- Engager et développer des démarches d'éco-communication consistant à privilégier l'éco-conception des supports et outils de communication.

Afin d'accompagner les établissements de santé dans ces initiatives, le MEEDDM et l'ADEME s'engagent à :

- Collaborer avec les établissements de santé sur l'élaboration et la diffusion d'outils de communication sur le développement durable ;
- Mettre à disposition leurs outils pédagogiques pour d'éventuelles utilisations ;
- Autoriser les établissements de santé à utiliser les guides pédagogiques publiés par l'ADEME et adaptés au secteur hospitalier ;
- Intervenir dans des formations ou sensibilisations organisées à destination des personnels hospitaliers sur les enjeux environnementaux et, le cas échéant, participer à des groupes de travail thématiques organisés au sein des établissements hospitaliers, des régions ou par les fédérations ;
- Aider les établissements de santé à concevoir et diffuser une communication responsable.

Critères de progrès

- % d'établissements qui sensibilisent les patients et leur famille à leur rôle dans la démarche éco-responsable poursuivie par l'établissement, via les supports d'information existants (livret d'accueil, site internet, réseau de TV interne …) ;
- % d'établissements qui informent leur personnel des enjeux du développement durable ;
- % d'établissements qui forment leur personnel à de nouveaux comportements permettant d'atteindre les objectifs de leur stratégie développement durable ;
- % d'actions de communication des établissements de santé qui sont éco-conçues.

ARTICLE 3. MISE EN ŒUVRE DE LA CONVENTION CADRE

Article 3.1 Gestion des projets

Pour chacun des domaines de collaboration déclinés à l'article 2, des actions pourront être proposées et initiées tout au long de la durée de la Convention Cadre.

Chaque action prévue au niveau national, qui résultera des contacts entre les équipes du MEEDDM, du MSS, de l'ADEME et des fédérations hospitalières, sera formalisée par une fiche projet. Si l'ADEME apporte son concours financier à l'action envisagée, une convention d'application sera conclue entre les Parties. Les demandes d'aides financières aux projets seront instruites au cas par cas dans le respect des règles générales de l'ADEME.

En parallèle et afin d'en assurer le prolongement et la cohérence dans les établissements, les Parties se chargent de relayer cet accord au niveau régional :

- Le Ministère de la Santé et des Sports, éventuellement par l'intermédiaire des ARH (futures ARS agences régionales de santé), si elles le souhaitent ;
- Le MEEDDM auprès de ses représentations en région ;
- L'ADEME auprès de ses délégations ;
- Les fédérations auprès de leurs Délégués Régionaux et de leurs adhérents.

Article 3.2 Pilotage et suivi de la Convention Cadre

La collaboration entre les parties se réalisera essentiellement par la tenue de réunions de travail et de fréquents échanges mutuels d'information.

Afin de suivre la réalisation des actions initiées à partir des domaines de collaboration visés à l'article 2 et, d'une manière générale, de favoriser et coordonner les échanges, les personnes suivantes sont chargées de veiller à la bonne mise en place et au suivi de la Convention Cadre :

- Pour le MEEDDM : Brigitte ARNOULD, chargée de mission, Commissariat Général au Développement Durable ;
- Pour le Ministère de la Santé : Chantal MAES, chargée de mission, Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins, sous direction de la qualité et du fonctionnement des établissements de santé ;
- Pour l'ADEME : Raphaël GUASTAVI, chargé de mission, Département Acteurs Publics, Direction Clients ;
- Pour la FHF : Marie-Christine BURNIER, directeur d'hôpital chargée du Développement durable ;
- Pour la FEHAP : Stéphanie ROUSVAL, Directeur Adjoint du Secteur Sanitaire. Pôle Santé Social.

Un comité de pilotage qui réunira les principaux responsables des thématiques abordées sera constitué et se réunira une fois par an. Il examinera la synthèse des réponses apportées au Baromètre du développement durable en établissement de santé et fera évoluer ce questionnaire en fonction de l'avancée de la présente convention.

Un compte-rendu de ces réunions sera établi alternativement par chacune des Parties et adressé aux autres Parties. Ce compte rendu comportera notamment un bilan de la Convention Cadre sur la période donnée ainsi que les fiches projets correspondantes.

Il pourra définir des actions de communication à organiser autour des résultats obtenus.
Par ailleurs, à l'occasion des journées « Manager le développement durable en établissement de santé » un séminaire d'échanges d'informations réunissant l'ensemble des responsables des projets communs du MEEDDM, de l'ADEME, du Ministère de la santé et des fédérations pourra se tenir, pour rendre compte des réussites et des difficultés rencontrées ainsi que de leurs origines.

Article 3.3 Concours financier de l'ADEME

De façon générale, l'appui des délégations régionales de l'ADEME aux établissements de santé dans la mise en œuvre d'actions entrant dans le cadre du présent accord cadre se fera dans la limite des moyens disponibles et dans le cadre d'un accord préalable permettant la prédéfinition des actions conduites à l'échelle régionale.

Des aides financières peuvent être accordées au cas par cas. Il conviendra de contacter la délégation régionale concernée avant toute demande d'aide. Les aides financières apportées par l'ADEME sont conformes aux modalités générales d'attribution des aides définies par son Conseil d'Administration ; elles respectent, en particulier, les règles de l'encadrement communautaire des aides d'État.

Il est rappelé que les opérations faisant l'objet d'obligations réglementaires ne peuvent pas être aidées financièrement par l'ADEME.

Les systèmes d'aides de l'ADEME sont présentés de façon synthétique en annexe.

ARTICLE 4. DUREE DE LA CONVENTION CADRE

La Convention Cadre est conclue pour une **durée de 3 ans** à compter de sa date de signature par les Parties.
Toutefois, ses dispositions resteront en vigueur jusqu'au terme de la dernière des actions menées dans le cadre de la Convention Cadre.

Une évaluation annuelle de l'ensemble des actions menées dans le cadre de la Convention Cadre sera réalisée (à la date anniversaire de la signature de la présente convention) et transmise aux différentes parties.

A l'issue de la durée de 3 ans, un bilan final des actions entreprises et de leurs résultats sera établi. La convention cadre sera évaluée au regard des objectifs de résultats affichés.

ARTICLE 5. ETENDUE DE LA CONVENTION CADRE

La convention cadre peut être étendue par avenant à de nouveaux organismes œuvrant dans le domaine de la santé. Elle peut également évoluer par l'élargissement des champs traités et par la mise en place de nouveaux indicateurs.

ARTICLE 6. COMMUNICATION AUTOUR DE LA CONVENTION CADRE

1. Les Parties s'engagent à communiquer sur la Convention Cadre ainsi que sur les actions de sensibilisation et d'information qui en découlent par le biais de communiqués de presse réguliers qui seront réalisés en commun.

2. Chacune des Parties s'engage à informer les autres Parties préalablement à la mise en œuvre de toute action de communication liée aux actions conduites en commun dans le cadre de la Convention Cadre. Dans leur communication propre relative aux sujets traités en commun, quelle qu'en soit la forme, les Parties s'engagent à respecter les axes de communication et les messages principaux définis conjointement.

3. Chacune des Parties s'engage à faire figurer le nom et le logotype des autres Parties, dans le respect de la charte graphique applicable à chacune des Parties, dans toutes les publicités ou publications d'information résultant effectivement de leur collaboration dans le cadre de la Convention Cadre.
   A ce titre, chacune des Parties s'engage à remettre aux autres Parties la charte graphique de son nom et de son logotype, à la signature de la Convention Cadre.

ARTICLE 7. PIECES CONTRACTUELLES

La Convention Cadre est constituée des pièces suivantes, énumérées ci-après :
les présentes dispositions,

- L'annexe 1 : le baromètre du développement durable en établissement de santé, propriété de la société PG Promotion. Edition 2009, remise à jour annuellement et complétée en fonction des évolutions de cette convention ;
- L'annexe 2 : le tableau de suivi des indicateurs ;
- L'annexe 3 : répartition des établissements de santé en France ;
- L'annexe 4 : liste des délégations régionales de la FHF, de la FEHAP, de l'ADEME et des ARS ;
- L'annexe 5 : le système d'aides de l'ADEME.

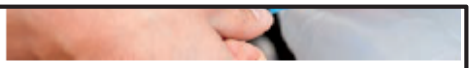
Fait à Paris, le 27 octobre 2009
En 6 exemplaires originaux.

Pour le MEEDDM	**Pour le Ministère de la Santé et des Sports**	**Pour le Secrétariat d'Etat à l'Ecologie**	**Pour l'ADEME**
Le Ministre de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer	La Ministre de la santé et des sports	La Secrétaire d'Etat à l'Ecologie	Le secrétaire général
Jean-Louis BORLOO	Roselyne BACHELOT - NARQUIN	Chantal JOUANNO	Xavier LEFORT

Pour la FHF	**Pour la FEHAP**
Le Président	Le Directeur Général
Jean LEONETTI	Yves-Jean DUPUIS

Annexe 4 : Extrait du journal Passerelles, n°79, janvier 2016

Les 6 orientations stratégiques



1 Offrir au patient la meilleure prise en charge dans un environnement de formation, de recherche et d'innovation en santé

En partenariat avec l'université de Bordeaux, le CHU de Bordeaux a pour projet de définir une politique commune et de faire converger les objectifs de recherche en santé du site hospitalo-universitaire de Bordeaux pour améliorer les capacités à faire, à accompagner et évaluer l'innovation. La mise en œuvre de cette politique passe par la mise en synergie des dispositifs d'appui et des investissements et par l'amélioration de la visibilité de l'activité de recherche du site hospitalo-universitaire.

Le CHU a également pour objectif d'une part de proposer aux professionnels de santé des dispositifs de formation initiale et continue adaptés et innovants, s'appuyant notamment sur la mise en place d'une plateforme de simulation en santé et de e-learning commune avec l'université de Bordeaux, d'autre part d'encourager les dispositifs de détection, d'incitation et de formation des personnels à la recherche afin d'identifier au plus tôt les potentiels de carrière dans ce domaine.

Enfin, le CHU s'inscrit dans une approche territoriale renforcée de la recherche afin de se positionner comme animateur de la stratégie de recherche au niveau territorial et régional dans le cadre du futur groupement hospitalier de territoire en Gironde ainsi qu'avec les autres CHU de la grande région Aquitaine – Limousin – Poitou-Charentes.

2 Structurer l'offre de soins et les plateaux techniques du CHU, avec l'objectif d'une spécialisation thématique accrue des sites

Dans la continuité des actions engagées depuis plusieurs années, le CHU de Bordeaux a pour ambition, sur les 5 prochaines années, de mettre en œuvre plusieurs opérations majeures de restructuration de ses filières de soins et de ses plateaux médico-techniques. Ces opérations vont progressivement modifier la configuration des 3 groupes hospitaliers du CHU ; elles viseront notamment :

- la restructuration et modernisation de plusieurs activités cliniques du CHU en lien avec l'évolution du site de Saint-André, le renforcement de la visibilité des activités de cancérologie et la reconfiguration de l'hématologie clinique, la réorganisation des activités d'urgences et de réanimation (adultes et enfants) du groupe hospitalier Pellegrin, la remise aux normes de l'EHPAD de Lormont.
- la réorganisation des filières d'urgences et de post-urgences du CHU, pour améliorer la fluidité des prises en charge des patients.
- l'augmentation et la modernisation du potentiel de soins et de formation en odontologie.
- la définition d'une organisation renforcée des activités de soins palliatifs sur l'ensemble des sites.
- l'adaptation de l'imagerie médicale en fonction de l'évolution des sites et les flux de patients,
- la centralisation et l'automatisation des plateaux techniques de biologie et de pharmacie.

3 Définir et mettre en œuvre une politique ambitieuse de développement des alternatives à l'hospitalisation et de suppression concomitante de lits d'hospitalisation complète

Le développement des prises en charge ambulatoires médicales et chirurgicales, conjugué à la diminution des durées de séjour en hospitalisation complète, impose au CHU de mener une réflexion sur l'évolution des conditions d'accueil et d'hébergement proposées aux patients, en optimisant leurs circuits de soins et leurs parcours ainsi qu'en organisant une offre d'hôtel hospitalier à proximité de ses services.

Quelques exemples d'investissements nouveaux prévus sur la période 2016/2020

- L'extension des urgences et la restructuration des blocs, de la salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI) et de la réanimation de l'hôpital des Enfants (GH Pellegrin) ;
- La restructuration des urgences adultes (GH Pellegrin) ;
- L'extension de l'odontologie – phase 1 (GH Saint-André) ;
- La centralisation des pharmacies à usage intérieur, avec robotisation de la préparation des chimiothérapies (GH Sud) ;
- Le regroupement de l'hématologie-oncologie-pneumologie-réanimation médicale dans un nouveau bâtiment à construire (GH Sud).

Accélérateurs

4 Redéfinir le rôle du CHU dans les parcours de soins en coopération avec les partenaires de proximité comme de la grande région

Le CHU de Bordeaux a pour objectif de se positionner en animateur de la réflexion sur l'organisation territoriale des soins avec ses partenaires, dans le cadre du futur groupement hospitalier de territoire. Il veut initier le développement et le déploiement des outils nécessaires à une vraie médecine de parcours qui place le patient au cœur de cette organisation, qu'il s'agisse de disposer d'un système d'information partagé voire convergent, de développer la télémédecine ou encore de mettre en place de nouveaux métiers de coordination des parcours et des soins. En outre, le CHU a pour projet de structurer et de renforcer son offre de promotion et d'éducation à la santé grâce à la mise en place de la fédération « Promotion de la santé » et à la création d'un centre ressources régional sur ce thème.

5 Améliorer la qualité du service rendu aux usagers et aux correspondants

Le CHU de Bordeaux a pour projet d'améliorer le confort et les conditions de la prise en charge des patients dans ses services, notamment :

- en renforçant les outils de communication avec les patients et les correspondants de ville,
- en facilitant l'accès aux sites et en agissant pour réduire les délais d'attente,
- en améliorant les modalités d'accueil et de soins des personnes vulnérables du fait de situation de handicap ou de précarité,
- en développant une offre de restauration mieux adaptée aux besoins des personnes malades et des professionnels,
- en assurant la mise à niveau et la modernisation des infrastructures hôtelières de ses services d'hospitalisation,
- en confortant la place des usagers et des associations dans la gouvernance de l'établissement et dans la conduite de ses projets,
- en contribuant à l'humanisation de l'hôpital par des actions culturelles.

6 Accompagner les professionnels médicaux et non-médicaux de l'établissement dans le cadre des changements liés à l'exigence de performance et aux restructurations.

Dans le contexte actuel de mutation continue du système de santé, le CHU de Bordeaux doit s'organiser pour accompagner ses professionnels, de façon à les mettre dans les meilleures conditions pour faire face aux changements de pratiques et d'organisations liés à l'évolution des modes de prise en charge des patients et au renforcement des exigences de performance dans le fonctionnement quotidien de l'hôpital.
Pour renforcer le sentiment d'appartenance à l'institution et l'adhésion de ses personnels à son projet, l'établissement favorisera le recrutement et la fidélisation des praticiens dès l'internat en mettant en place un suivi individualisé par discipline et en organisant la gestion des parcours professionnels au niveau du territoire, confortera le positionnement des managers médicaux et non médicaux pour les aider à mieux accompagner leurs équipes dans un contexte de changement, systématisera les dispositifs de coordination des organisations entre médecins et soignants au sein des services, pour une meilleure qualité de service rendu au patient, enfin, organisera au niveau institutionnel l'accompagnement des projets de réorganisations d'activités induits par la modernisation des sites et des plateaux techniques.

Complétant l'orientation n°6, un programme social transversal a été défini.

Ce programme, qui concerne autant les professionnels médecins que non médecins, repose sur 3 objectifs fondamentaux :

- l'amélioration des conditions de travail de tous ;
- le développement du maintien dans l'emploi ;
- le développement des compétences.

3

Ces orientations stratégiques du projet d'établissement 2016/2020 et leur déclinaison en plans d'actions constituent la feuille de route des professionnels du CHU de Bordeaux pour les 5 prochaines années. La forte mobilisation autour de la définition et la rédaction de ce projet doit se poursuivre en 2016 dans la rédaction des projets de pôle. La mise en place d'un dispositif de suivi rapproché et continu de l'avancement du projet d'établissement, en interaction avec les pôles et les managers médicaux et non médicaux du CHU, est d'ores et déjà engagée.

Pr Mathieu Molimard,
Chef du service de pharmacologie médicale
Virginie Valentin, Secrétaire générale,
directeur de la stratégie, coopération
et développement durable

Annexe 5 : Extrait du protocole de l'HAS sur la sclérose en plaques, septembre 2006

HAS

HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

GUIDE – AFFECTION DE LONGUE DURÉE

Sclérose en plaques

Septembre 2006

Méthode de travail

Pour élaborer un guide médecin, la Haute Autorité de Santé (HAS) se fonde sur les données scientifiques les plus récentes validées par les professionnels dans le cadre soit de recommandations pour la pratique clinique (RPC), soit de conférences de consensus (CDC). Lorsque de telles données sont indisponibles ou insuffisantes, elles sont complétées par des avis d'experts.

Pour la prise en charge de patients atteints de SEP, le guide médecin s'appuie essentiellement sur la CDC de la Fédération française de neurologie de 2001 et les recommandations anglaises du National Institute for Clinical Excellence (NICE) de 2004.

Le Livre Blanc édité à l'occasion des états généraux de la SEP tenus le 28 avril 2006 a également été pris en compte.

3.4 Traitements pharmacologiques[1]

Traitements à visée étiologique

Traitement des poussées

- Méthylprednisolone intraveineuse (MP-IV) habituellement 1 g/j pendant 3 à 5 jours :
  - effets secondaires si traitement *per os* plutôt que IV ;
  - réduit la durée et l'intensité des poussées ;
  - aucune étude ne valide le recours à un relais *per os*.
- Pas d'effet démontré des corticoïdes dans la prévention des poussées ni d'influence sur le pronostic à moyen et long termes.
- Les poussées paucisymptomatiques ou très rapidement régressives peuvent ne pas être traitées.

Traitements de fond

- C'est avant tout dans les formes de SEP-RR et au début des phases progressives de SEP-SP qu'un effet des traitements de fond a été mis en évidence.
- Les interférons (IFN) bêta et l'acétate de glatiramère bénéficient d'une AMM dans les SEP-RR.
- Aucune étude n'a montré qu'un traitement par IFN modifie le délai d'apparition de la phase secondairement progressive.

SEP-RR

- Le traitement doit être instauré et renouvelé par un neurologue dans le respect des conditions indiquées dans l'AMM et après vérification de l'absence de contre-indications.
- *3 interférons bêta* disponibles, selon des modalités d'administration différentes.
- Résultats :
  - diminution d'environ 30 % de la fréquence des poussées ;
  - réduction de 50 à 70 % du nombre de lésions visibles à l'IRM ;
  - retard de quelques mois de la progression du handicap moteur lié aux poussées.
- *Acétate de glatiramère* (20 mg/j par voie sous-cutanée) :
  - dispose également d'une AMM en traitement de 1re intention ;
  - traitement de choix pour des patients présentant une intolérance majeure à l'IFN ou des contre-indications à ce produit (épilepsie mal contrôlée, hypersensibilité aux IFN).
- *Azathioprine* : hors AMM, initialisation de traitement non indiquée mais poursuite d'un traitement déjà instauré, sous couvert d'une surveillance de l'hémogramme (au moins tous les 3 mois) chez des patients traités depuis plusieurs années dont la maladie est quiescente (effet oncogène).

Formes agressives

- *Elsep® (mitoxantrone)* 12 mg/m^2 IV (sans dépasser 20 mg/perfusion) par mois pendant 6 mois.
- Réduit le nombre de poussées, le niveau de handicap résiduel et le nombre des lésions IRM, efficacité à moyen et long termes inconnue.
- Toxicité hématologique et cardiaque imposant une surveillance de l'hémogramme selon une périodicité précise au cours du traitement,1 mois après son arrêt puis au minimum tous les 3 mois pendant 5 ans (cf. RCP) + surveillance cardiaque incluant ECG et échographie cardiaque systématiques avant le traitement, échographie systématiquement refaite à la fin du traitement puis tous les ans pendant 5 ans, complétée en cas d'anomalie par scintigraphie cardiaque avec mesure de la fraction d'éjection systolique (FEVG) au minimum en début et fin de traitement.
- Contraception nécessaire comme pour les autres traitements de fond, surveillance des bêta-HCG au démarrage du traitement et en cas de doute sur une grossesse au cours de celui-ci.
- Dose cumulative maximale autorisée : 72 mg/m^2 (toxicité à long terme inconnue).
- *Tysabri® (natalizumab)* a obtenu en juin 2006 une AMM en monothérapie limitée aux patients présentant une forme agressive malgré un traitement par interféron bêta ou dans les SEP-RR sévères d'évolution rapide, avec obligation de délivrer aux patients une carte d'alerte spéciale compte tenu des problèmes de sécurité (cf. RCP).

Formes progressives

- Essais thérapeutiques hétérogènes incluant le plus souvent les SEP-SP et les SEP-PP.
- En général, pas d'individualisation claire au sein des SEP-SP entre celles encore actives et celles qui ne le sont plus, distinction pourtant essentielle pour le traitement.

SEP-SP encore actives

- Les 3 mêmes interférons bêta disponibles, selon des modalités d'administration différentes.
- Dans les formes agressives de SEP-SP, *Elsep®* dispose également d'une AMM mais pas en traitement de 1re intention, avec des modalités d'administration et de surveillance identiques à celles décrites *supra* (cf. RCP).

SEP-SP non actives et SEP-PP

- Aucun traitement n'a fait la preuve d'une efficacité dans ces formes (physiopathologie probablement différente).

Annexe 6 : Organisation du développement durable au sein du CHU de Bordeaux