

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



# REGARD

*REducation et Gestion des micropolluants sur la métropole borDelaise*

LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION DES  
MICROPOLLUANTS SUR LE TERRAIN  
**TACHE 3.2 : Actions sur la source domestique**

**Sou tache 3.2.1 : changement des pratiques et des comportements**

Livrable n°321 : Cahier des charges de l'application sur tablette destinée au suivi  
quotidien des familles

Version finale - Décembre 2017

Auteurs : J. Barrault, C. Domenc, ML. Félonneau, S. Gombert-Courvoisier, SJ. Krieger,





# 1 Sommaire

<b>1</b>	<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PARTIE 1 : CONTEXTE DE REALISATION ET D'USAGE DE CET OUTIL.....</b>	<b>4</b>
2.1	CONTEXTE.....	4
2.1.1	<i>Etude de la source domestique .....</i>	<i>4</i>
2.1.2	<i>Le recrutement des familles EAU Défi .....</i>	<i>4</i>
2.2	OBJECTIFS DE LA CREATION DE L'OUTIL DE SUIVI .....	4
2.2.1	<i>Généralités .....</i>	<i>4</i>
2.2.1.1	Accessibilité de l'outil .....	4
2.2.1.2	Graphisme .....	4
2.2.1.3	Ergonomie .....	5
2.2.2	<i>Le suivi scientifique.....</i>	<i>5</i>
2.2.2.1	Compréhension du besoin, les enjeux scientifiques.....	5
2.2.2.2	Méthodologie.....	5
<b>3</b>	<b>PARTIE 2 : LE CAHIER DES CHARGES .....</b>	<b>7</b>
3.1	EXPRESSION DE BESOINS DU DEVELOPPEMENT D'UNE APPLICATION.....	7
3.1.1	<i>Présentation générale du document rédigé .....</i>	<i>7</i>
3.1.2	<i>Objectifs de la réalisation .....</i>	<i>7</i>
3.1.3	<i>Connexion personnalisée.....</i>	<i>7</i>
3.1.4	<i>Les fonctionnalités de l'application .....</i>	<i>8</i>
3.1.4.1	Scénario d'usage pour les participants.....	8
3.1.4.2	Autres fonctionnalités techniques.....	9
3.1.4.3	Gamification .....	10
3.2	LES LIVRABLES DEMANDES .....	11
3.2.1	<i>La page Web.....</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Le mode de collecte de données.....</i>	<i>11</i>
3.3	LE STORY BOARD .....	13
3.3.1	<i>Page de lancement de l'application .....</i>	<i>13</i>
3.3.2	<i>Les pages d'identification C-You et de renseignements préalables.....</i>	<i>13</i>
3.3.3	<i>Homepage.....</i>	<i>14</i>
3.3.4	<i>Les pages de saisies par catégories et sous-catégories.....</i>	<i>15</i>
3.3.5	<i>Le tableau de bord.....</i>	<i>16</i>
3.3.6	<i>Le tableau des pesées.....</i>	<i>17</i>
3.3.7	<i>Validation du jour.....</i>	<i>17</i>
3.4	LE CALENDRIER.....	18
3.4.1	<i>Calendrier initial .....</i>	<i>18</i>
3.4.2	<i>Calendrier révisé.....</i>	<i>18</i>
<b>4</b>	<b>PARTIE 3 : EXTRAITS DE LA REALISATION FINALE .....</b>	<b>19</b>
4.1	VISUELS DE LA CHARTE GRAPHIQUE .....	19
4.1.1	<i>Pages générales.....</i>	<i>19</i>
4.1.2	<i>Pictogrammes .....</i>	<i>19</i>

## **2 Partie 1 : contexte de réalisation et d'usage de cet outil**

### **2.1 Contexte**

#### *2.1.1 Etude de la source domestique*

Cette action du projet REGARD est conduite dans le cadre de l'étude de la source domestique des rejets de micropolluants dans les eaux usées afin de les réduire. Elle s'intéresse particulièrement aux substances chimiques issues des pratiques domestiques quotidiennes qui peuvent avoir un impact sur les milieux aquatiques.

Faisant suite aux premières implications de citoyens dans le programme l'année passée au travers de l'enquête populationnelle et du Living Lab (cf livrable 2016 : LOT 1, Tache 1.2 Etude de la source domestique), des familles volontaires ont participé à cette étude, cette fois au sein de leur propre foyer. L'étude s'est déroulée sur les communes de l'agglomération bordelaise à l'automne 2017. Il s'agissait de faire un suivi de leurs pratiques et de leurs rejets, de réfléchir et de tester des leviers d'actions afin de diminuer ces substances et améliorer la qualité des eaux. Les leviers d'actions, leur appropriation par les familles et leurs conséquences feront également l'objet d'une analyse.

#### *2.1.2 Le recrutement des familles EAU Défi*

En parallèle de la conception de l'outil détaillé ci-après, la cible des utilisateurs est affinée. Le recrutement des familles s'est effectué sur la même période selon un protocole précis basé sur le volontariat et un engagement sur la période d'expérimentation.

L'évolution de ce recrutement ainsi que du nombre de participants a influencé la conception de l'outil et la façon dont il sera utilisé. Imaginé au départ pour suivre une quinzaine de familles dans leurs usages quotidiens, c'est au final une centaine de ménages qui pourrait être impliquée.

### **2.2 Objectifs de la création de l'outil de suivi**

#### *2.2.1 Généralités*

##### *2.2.1.1 Accessibilité de l'outil*

L'outil développé devra être accessible via une page web pour faciliter l'accès mais aussi l'usage du plus grand nombre. Un nombre alors indéterminé à l'avance de familles pourront participer à l'expérimentation, à distance en se connectant depuis chez eux à cette page web.

Sur le mode déclaratif, chaque famille devra renseigner quotidiennement ses propres usages selon les catégories retenues et exprimées ci-dessous.

L'objectif est d'accompagner au mieux les participants, de faciliter la collecte par un mode de saisie qui soit simplifié mais suffisamment précis pour être ensuite analysé et étudié.

##### *2.2.1.2 Graphisme*

La charte graphique sera validée par l'équipe projet.

Le graphisme créé spécialement pour le projet devra être clair, ludique et coloré. Il a pour mission de renforcer l'ergonomie de l'application par l'usage de pictogrammes.

### 2.2.1.3 Ergonomie

L'application doit proposer une ergonomie efficace et intuitive tout en respectant la charte de bonne utilisation des pratiques d'internet.

L'usage final de l'application pouvant être familiale, les plus jeunes devront être en mesure de l'utiliser sous la responsabilité de leurs parents.

## 2.2.2 Le suivi scientifique

### 2.2.2.1 Compréhension du besoin, les enjeux scientifiques

Les usages qui devront être suivis chez les familles volontaires, ont été choisis en fonction de l'inventaire de substances recherchées dans le projet *REGARD* et caractérisées au préalable dans la source domestique.

Inventaire des substances prises en compte :

- Oxybenzone – octocrylène (filtres UV, cosmétiques)
- Triclosan (cosmétiques : dentifrice, désinfectant mains...)
- LAS - AMPA (détergents ménagers)
- Trio Paracétamol (pharma), Ibuprofène (pharma) - Acide salicylique « aspirine » (pharma)
- Duo Fipronil – Imidaclopride (antiparasitaire animaux domestiques)
- Parabènes (produits cosmétiques)
- Glyphosate (désherbants...)

Via cette application, nous cherchons à connaître les produits utilisés qui peuvent contenir ces substances, mieux comprendre ces usages ainsi que les fréquences et quantités utilisées.

### 2.2.2.2 Méthodologie

Deux phases d'expérimentation vont être déterminées : période de référence et période de changement.

L'application réalisée doit permettre un enregistrement et une remontée de données sur une période d'environ quatre mois et selon les deux périodes :

- La période de référence appelée phase 1 qui permettra de connaître les pratiques actuelles des familles au moment du lancement de l'expérimentation
- La période de changement appelée phase 2, période pendant laquelle les ménages seront invités à faire des changements de pratiques

Les fonctionnalités de l'application sont les mêmes durant les 2 périodes. Cette distinction est transparente pour les participants. Mais nous pourrons ainsi par comparaison des tableaux de remontée de données voir si il y a un(e) :

- Arrêt d'une pratique ou de l'usage d'un produit ;
- Substitution d'un ou de plusieurs produits par :
  - Un produit éco-labellisé ou éco-certifié, « bio »,

- Un produit naturel ou une préparation maison à partir de produits naturels
- Un procédé mécanique (sans produits chimiques) ;
- Diminution des fréquences d'utilisation des produits ;
- Diminution des doses de produit. Pour cette fonction c'est un tableau que les familles devront renseigner (sur une autre page que celle de l'application de suivi).

Il est envisagé que les familles participantes puissent être distinguées en sous-groupes. *A priori* 2 sous-groupes seront identifiés qui suivront un protocole de recherche différent mais dont la/les variable/s ne doivent pas influencer le développement numérique. Celui-ci devra permettre de suivre de la même façon ces 2 sous-groupes mais aussi de pouvoir les distinguer.

## 3 Partie 2 : le cahier des charges

### 3.1 Expression de besoins du développement d'une application

#### 3.1.1 Présentation générale du document rédigé

Ce document rassemble les besoins et les enjeux à destination de l'équipe de développeurs en charge de produire l'application. Afin de contextualiser la commande, il est associé à une présentation succincte du projet *Regard* que nous ne reprendrons pas ici ainsi que des précisions sur la partie du programme concernée : les micropolluants de la source domestique et les familles EAU Défi.

Cette expression de besoin est doublée d'un document technique « Story board », maquette qui précise quelques fonctionnalités d'usage de l'outil.

#### 3.1.2 Objectifs de la réalisation

L'application permettra aux familles volontaires pour participer au programme de renseigner quotidiennement les produits utilisés contenant potentiellement des micropolluants et étudiés dans le programme *Regard* par usages ciblés. Elle doit apporter une vraie valeur ajoutée à l'expérimentation.

L'application doit être relativement ludique de façon à favoriser l'appropriation du programme par les familles et ne pas être un frein à leur motivation initiale de participation. Accessible et simple d'usage, elle ne représente pas une contrainte trop importante au renseignement quotidien.

#### 3.1.3 Connexion personnalisée

Afin de pouvoir faire un suivi personnalisé de chaque famille participante, nous avons choisi de connecter cette page web au service *Navinum/C-You* développé par *Cap Sciences*. Les familles devront créer un *compte C-You*, se connecteront à l'application via ce compte qui permet d'enregistrer les données de manière différenciée pour chaque famille.

Ces données seront collectées et enregistrées sur le serveur interne *Navinum* à *Cap Sciences* et accessibles de manière sécurisée par l'équipe interne. Un accès limité à l'équipe de recherche sera mis en place de façon à faciliter la lecture régulière des données saisies et repérer d'éventuelles problématiques afin de pouvoir les régler. Ce système permet donc de suivre à distance la participation des ménages dans l'expérimentation. Il suit l'activité générée sur l'application. Par exemple, si plusieurs jours ne s'écoulent sans que des données soient enregistrées dans l'application, des messages de rappel seront envoyés automatiquement sur la boîte mail de l'utilisateur, lui rappelant ainsi sa mission dans l'expérience.

Les familles étant identifiées à chaque utilisation de l'application, il sera possible de réagir rapidement et de manière ciblée à toute sollicitation de leur part. Elles auront la possibilité de poser une question sans que les autres participants n'en aient connaissance et recevrons alors une réponse personnalisée adaptée à la situation. Un bouton « poser une question » ouvrant un mail contact (adresse spécifique : [familleEAUdefi@gmail.com](mailto:familleEAUdefi@gmail.com)) doit figurer sur la homepage de l'application.

Pour faciliter l'accès aux *services C-You*, un lien vers la page du site sera proposé sur l'application. L'usage de ce compte *C-You* permet aux familles d'accéder à un espace personnel dans lequel il sera possible si besoin de leur donner des informations supplémentaires.

De manière générale, à travers *C-You*, *Cap Sciences* propose un parcours ludique dans l'univers des sciences : des animations interactives lors d'expositions, d'ateliers, d'événements... Mais aussi des défis disponibles en ligne. Chacune de ces interactions avec le monde des sciences représente un challenge qui est valorisé en points et avantages. Les interactions les plus poussées ou « impliquantes » pour les visiteurs étant les plus récompensées en nombre de points. Ici, nous souhaitons valoriser la participation et l'implication des ménages volontaires dans ce programme de sciences participatives. Leur assiduité dans la collecte de données *via* l'application représente un investissement familial assez fort qui sera « récompensé » dans les services *C-You*. L'objectif étant de récompenser le remplissage quotidien des données et non pas la réalisation du changement de pratique, pour ne pas influencer les freins ou les leviers du changement, les participants n'ont pas connaissance de ce système de gratification au début de l'expérimentation.

Des *challenges C-You* regroupés sous la thématique « développement durable » pourront donc être remportés par les participants à cette expérimentation. Selon les règles de gamification en vigueur à *Cap Sciences*, la liste des challenges est présentée plus loin dans ce document (sous le titre de gamification). Ces challenges seront notifiés dans l'application au moment où les participants les remportent.

### 3.1.4 Les fonctionnalités de l'application

#### 3.1.4.1 Scénario d'usage pour les participants

Chaque jour, les participants se connectent au site pour renseigner leurs usages.

Après identification *C-You* et validation du nombre de personnes présentes dans le foyer le jour en question (prévoir la possibilité de mettre « 0 » pour indiquer une absence du domicile), ils vont pouvoir déclarer leurs usages de produits contenant potentiellement des micropolluants selon 3 grandes entrées : « hygiène corporelle », « entretien de la maison » et « traitements spécifiques ».

Ensuite, ils vont choisir des sous-catégories.

Voici la liste des catégories et sous-catégories qui sont proposées :

- Hygiène corps :
  - Lavage corps et visage (savon, gel douche, produits visage rincés...)
  - Lavage cheveux (shampooing, après-shampooing...)
  - Lavage dents (dentifrice, bain de bouche...)
  - Hydratation visage (crème, huile, gel...)
  - Protection solaire (lait, crème, huile...)
  - Rasage (produits rincés : savon, mousse, crème...)
- Entretien maison :
  - Vaisselle manuelle et machine (liquide, pastilles...)
  - Lessive manuelle et machine (lessive, assouplissant, détachant...)
  - Entretien sol (détergents...)
  - Entretien surfaces diverses (plans de travail, vitres, plaques cuisson...)

- Traitements spécifiques :
  - Médicaments (Paracétamol, Ibuprofène, Aspirine)
  - Traitement des animaux domestiques (Antiparasitaires)
  - Entretien du jardin (Désherbant)

Une fois la sous-catégorie choisie, les participants vont renseigner les usages par produits.

Par exemple, dans la catégorie Hygiène du corps - Lavage dents : le participant prend en photo le dentifrice utilisé, le pèse puis indique qu'il s'en sert 2 fois ce jour. Le lendemain, il n'aura pas besoin de reprendre la photo ou de le peser, il renseignera uniquement qu'il a utilisé à nouveau et combien de fois.

Chaque jour, les participants renseigneront dans l'application l'ensemble des usages réalisés dans leur foyer concernant toutes les catégories proposées.

### *3.1.4.2 Autres fonctionnalités techniques*

Des images (photos) doivent être ajoutées par les usagers. L'application doit prévoir la possibilité soit de prendre une photo si l'interface utilisée le permet (tablette ou téléphone), soit d'insérer une image par une fonction « parcourir » (pour un ordinateur).

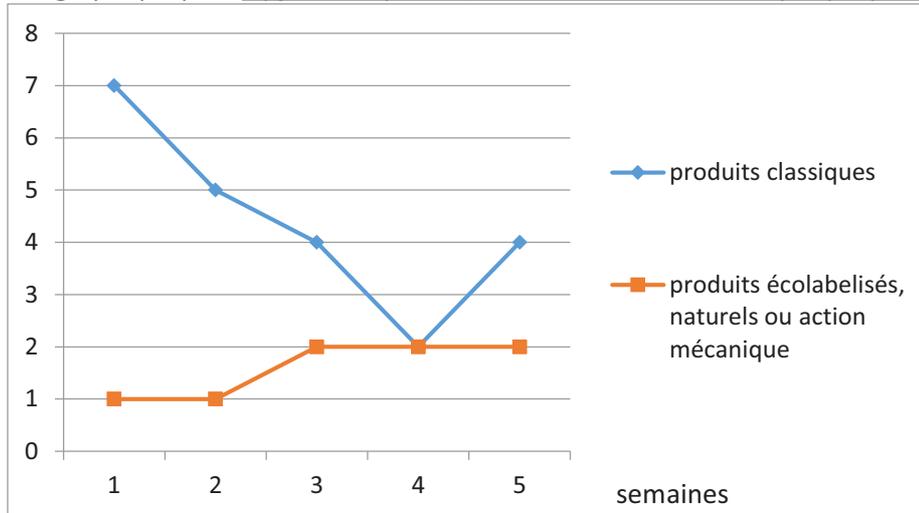
Nous avons évoqué plus haut les deux phases du projet. Au-delà de ces deux grandes périodes, l'application doit permettre à l'utilisateur de voir où il en est dans sa propre saisie : quels jours sont bien complétés ou non.

Aussi, un tableau de bord lui présentera quelques statistiques, indicateurs de ses consommations par semaine, pour 2 grandes catégories sous forme de graphique évolutif. L'objectif est de pouvoir suivre deux indicateurs. Le premier concernant la fréquence d'usages des produits. Le second traduisant la diversité de produits utilisés.

Courbes à traduire dans le tableau de bord des familles :

- Hygiène corporelle : nombre d'utilisations moyen / jour / personne dans le foyer
- Hygiène corporelle : nombre de produits différents utilisés dans la semaine par le foyer
- Entretien de la maison : nombre d'utilisations moyen / jour
- Entretien de la maison : nombre de produits différents utilisés dans la semaine par le foyer

Exemple de graphique pour Hygiène corporelle, nombre d'utilisations moyen par jour et par personne :



Une phrase accompagnera le tableau indiquant clairement les usages de la semaine.

Au total, le tableau de bord comportera 4 graphiques évolutifs (2 « hygiène corporelle », 2 « entretien maison », avec 2 courbes (produits classiques pour l'une et produits éco-labelisés, naturels ou faits maison et action mécanique pour l'autre).

Les participants pourront suivre leur propre évolution de semaine en semaine.

### 3.1.4.3 Gamification

L'application doit prévoir la notification instantanée des gains de challenges dès que les utilisateurs les auront obtenus (ainsi qu'un lien vers leur compte *C-You* pour voir l'ensemble des challenges gagnés, ceux qu'ils peuvent gagner par la suite, ainsi que les contenus et avantages générés).

La participation et le suivi régulier de l'expérimentation seront récompensés.

Liste des challenges à remporter une seule fois par famille au cours de l'expérience :

- « Famille EAU Défi » : S'engager dans l'expérience, être « famille EAU Défi » → 5 points
- « Brav'EAU » : Avoir renseigné l'application 3 jours consécutifs → 2 points
- « Bon boul'EAU » : Avoir renseigné l'application 10 jours consécutifs → 4 points
- « Perfect'EAU » : Avoir renseigné l'application 20 jours consécutifs → 10 points
- « 1<sup>er</sup> round ! » : Valider la première semaine de saisie de la période de référence → 2 points
- « Mi-chemin » : Valider la saisie de la période de référence (4 premières semaines) → 3 points
- « 2<sup>ème</sup> round ! » : Valider la première semaine de saisie de la période de changement → 2 points
- « Recherche participative » : Valider la saisie de la période de changement (4 dernières semaines) → 3 points

A noter la possibilité de créer des challenges valorisant les résultats de l'expérimentation (et non plus l'engagement dans l'expérience), des changements de pratiques observés dans la 2<sup>nde</sup> phase. Ceux-ci ne seront distribués qu'à la fin de l'expérience pour ne pas influencer les participants dans leurs changements ou non de pratiques (à noter que ces challenges devront être délivrés manuellement par l'équipe de *Cap Sciences* selon les retours d'expérience, ils ne seront donc pas notifiés dans l'application).

Exemples possibles : substituer un produit par un produit éco-labellisé ; substituer 3 produits par 3 produits éco-labellisés ; abandonner l'usage de x produits ; avoir réduit globalement ses rejets entre la phase 1 et la phase 2 ; participer à un atelier ou événement organisé dans le cadre du projet.

## 3.2 Les livrables demandés

### 3.2.1 La page Web

La page web développée doit être fonctionnelle et répondre à l'ensemble du cahier des charges.

Des mises à jour et des paramétrages complémentaires devront être possibles.

L'ensemble des sources numériques : fichiers de programmation, sources graphiques et éléments graphiques finaux devront être archivés séparément.

### 3.2.2 Le mode de collecte de données

Afin de faciliter le travail de suivi par l'équipe de recherche, l'application devra prévoir un mode de visualisation (type dashboard) des données renseignées sur la page web. Celui-ci permettra de pouvoir collecter à distance les données renseignées par les familles (fréquence d'usage des produits ainsi que leurs pesées). Un identifiant sera donné aux chercheurs partenaires.

Ces données devront être collectées et compilées sous forme d'un tableau de bord inspiré du tableau *Excel* ci-dessous. Il sera destiné à une interprétation scientifique de l'expérience en cours dans le cadre du projet *REGARD*.

Date d'expérience	Date de saisie	Nombre personnes présentes le jour de l'expérience	Hygiène corps H				Entretien maison E			Pharmacie Ph
			Lavage cheveux HCh	Hydratation visage HHv	Produits solaires	...	Lessive	Vaisselle		
Mois/jour	Mois/jour		Image produit / code/ nbr usage HCh001					manuelle	Machine	
			HCh002					Image produit/code/ nbr usage		
			HCh003							

Les dates sont des données qui se génèrent automatiquement (une selon le jour déclaré dans le calendrier de l'application, l'autre selon le jour réel de saisie).

Des codes seront attribués à chaque produit/photo pour une meilleure étude des données selon une nomenclature définie. Une correspondance entre ce code et la photo devra être faite. Soit directement dans ce tableau de remontée soit à part.

#### A une famille correspond un tableau.

Cette remontée de données pourra s'effectuer à distance (*via* la connexion à *Navinum/C-You*) en cours d'expérimentation et de manière totalement transparente pour les ménages utilisateurs.

Le dashboard de remontée de données sera accessible à tout moment par les partenaires. De façon simplifiée, chacun pourra en choisissant la famille et la période (dates) générer la donnée et exporter le tableau sous format excel.

En parallèle, un tableau de pesées des produits devra être renseigné par les familles. Celui-ci sera accessible par la page d'accueil de l'application web. Les utilisateurs n'auront pas besoin de le renseigner tous les jours. Seulement selon les conditions décrites ci-dessous.

Un second dashboard sera créé pour faire remonter ces données à l'équipe de recherche.

Données du tableau de pesées des produits des familles :

- Masse des produits au début de la période de référence et pour chaque nouveau produit ajouté
- Masse lors d'un changement de produit pendant période de référence (ex : du flacon vide avant de la jeter, et du plein avant de l'entamer)
- Masse à la fin de la période de référence pour tous les produits utilisés
- Masse au début de la période de changement et pour chaque nouveau produit ajouté
- Masse lors d'un changement de produit pendant période de changement
- Masse à la fin de la période de changement pour tous les produits utilisés

Exemple de tableau :

Produits	début usage		fin usage	
	date	masse (g)	date	masse (g)
<i>nom du produit</i>	18-sept	50	31-oct	10

### 3.3 Le Story board

Le story board est une maquette visuelle réalisée par l'équipe projet permettant de faciliter le travail des développeurs et de préciser la commande qui leur ai passée.

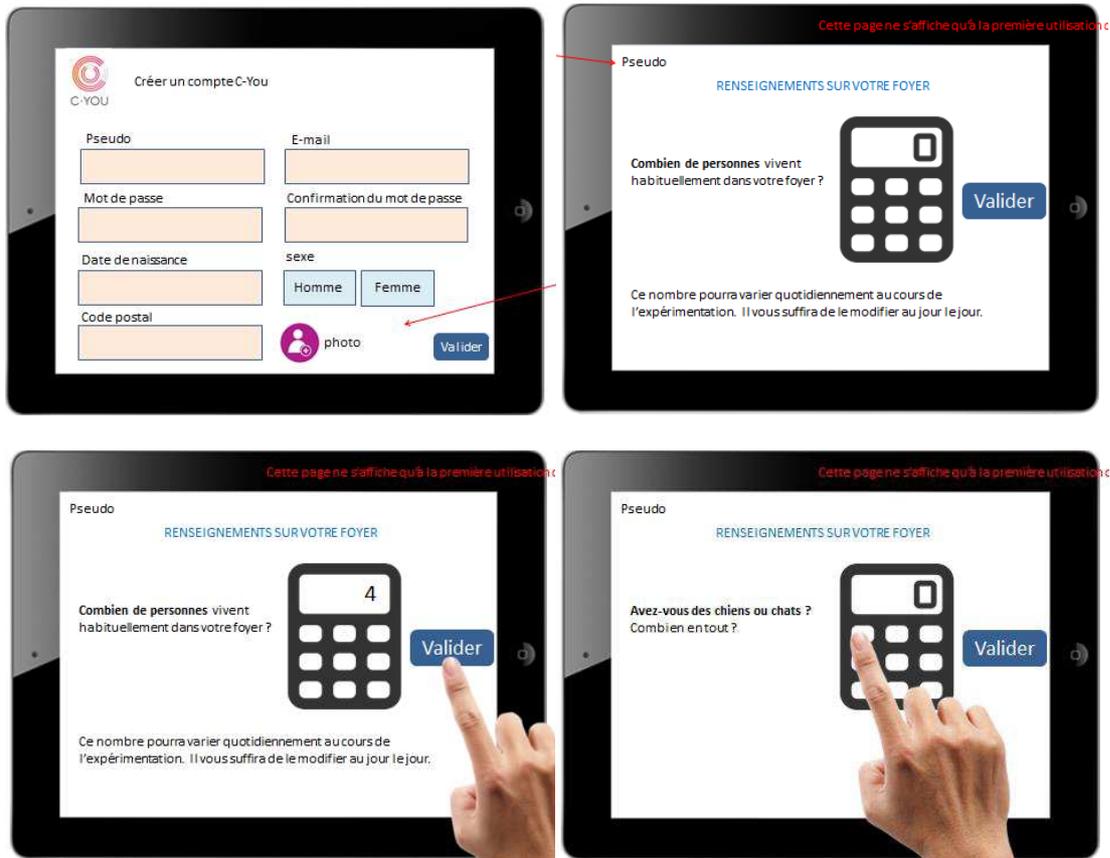
#### 3.3.1 Page de lancement de l'application



Elle comporte le titre du projet, *REGARD*, famille *EAU Défi* ainsi que les partenaires.

#### 3.3.2 Les pages d'identification C-You et de renseignements préalables





Dans cette étape, à laquelle les familles ne seront confrontées qu'une seule fois en début d'expérience, elles vont créer leur *compte C-You* qui leur permettra ensuite de s'authentifier chaque jour sur l'application. Les familles vont aussi donner quelques renseignements sur la composition de leur foyer : nombre de personnes et si celui-ci abrite des animaux domestiques (chiens et chats ainsi que leur nombre total).

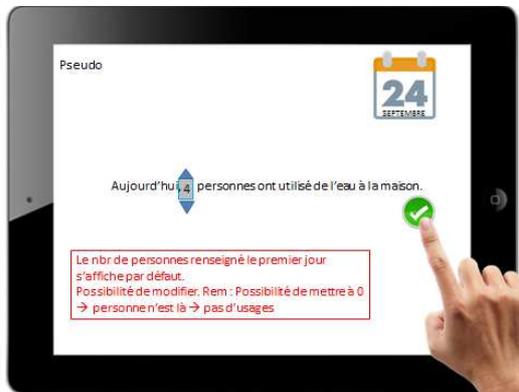
### 3.3.3 Homepage



Les utilisateurs seront redirigés quotidiennement sur cette page à l'ouverture de l'application. Elle présente le calendrier de saisie (porte d'entrée pour la saisie) ainsi que l'accès aux diverses

fonctionnalités suivantes : le tableau des pesées, le tableau de bord, l'accès au *compte C-You* ainsi que le contact mail pour poser des questions.

### 3.3.4 Les pages de saisies par catégories et sous-catégories



En cliquant sur une date sur la page précédente, les participants peuvent saisir les usages de la journée en question. Avant de commencer, ils peuvent modifier le nombre de personnes dans le foyer ce jour précis (paramètre important au regard des variations régulières dans de nombreux foyers).



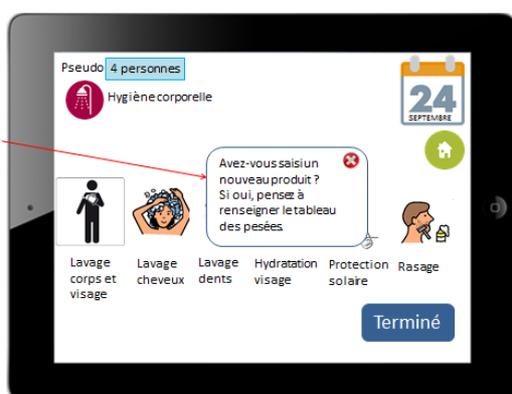
Ensuite ils font le choix de la catégorie et de la sous-catégorie. Puis saisissent les produits utilisés. Si c'est la première fois qu'ils les utilisent, il faut les renseigner dans l'application : les prendre en photo ou importer une photo puis nommer le produit de la façon la plus claire possible.





Il est aussi demandé de renseigner de quel type de produit il s'agit grâce à un menu déroulant : produit classique, produit éco-labellisé, produit naturel ou fait maison et enfin une action sans produit.

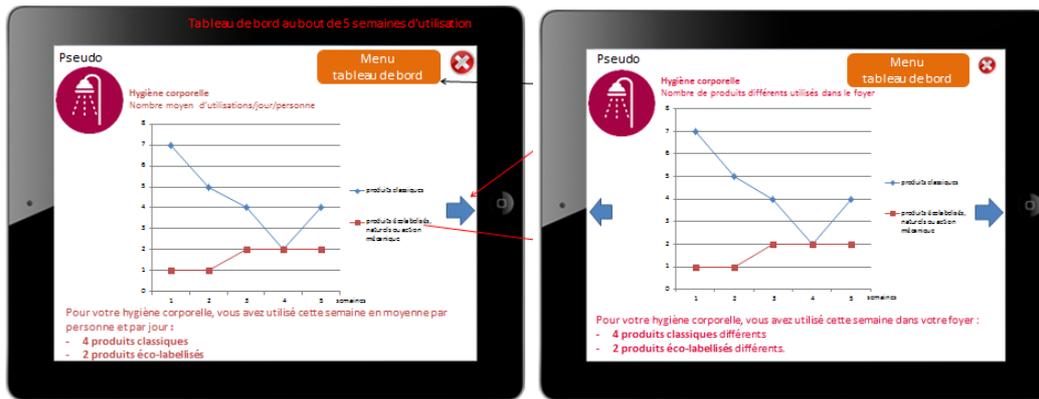
Enfin, à chaque fois que les produits seront validés dans la catégorie, une fenêtre « pop-up » viendra rappeler à l'utilisateur d'effectuer la pesée de ses nouveaux produits.



### 3.3.5 Le tableau de bord

Le tableau de bord présente les courbes évolutives décrites plus haut pour les catégories « hygiène corporelle » et « entretien de la maison ». Il ne nous a pas semblé pertinent de faire des moyennes ou des statistiques dans la catégorie « traitements spécifiques ».





### 3.3.6 Le tableau des pesées

En repassant par la homepage de l'application, les utilisateurs accèdent également au tableau des pesées. Ils devront l'utiliser à chaque nouveau produit, fin d'usage ou de flacon. Ainsi qu'à chaque fin de période (période de référence et période de changement).

Produit	En usage		En usage	
	date	masse (g)	date	masse (g)
nom du produit	10-04-17	50	21-04-17	10

### 3.3.7 Validation du jour



Par sécurité, il sera demandé une validation avant de fermer l'application mais aussi lors de la validation définitive d'une journée. Après cette dernière, les usagers ne pourront plus revenir en arrière sur leur saisie du jour. Les données seront enregistrées et ainsi sécurisées. Ils ne pourront plus les effacer par erreur lors d'une saisie sur une date ultérieure.

## 3.4 Le calendrier

### 3.4.1 Calendrier initial

- Expression des besoins scientifiques jusqu'au 15 mars 2017.
- Traduction de ces besoins dans un cahier des charges de médiation sous forme du présent document qui devra être validé le 7 avril.
- Rédaction du storyboard de médiation/gamification qui précise certaines fonctionnalités et de récupération de données en parallèle, jusqu'au 7 avril.
- Validation par l'équipe scientifique du storyboard au plus tard le 14 avril.
- Rédaction cahier des charges (CDC) technique jusqu'au 28 avril.
- Validation de cohérence entre le CDC de médiation ainsi que du storyboard médiation avec le CDC technique le 5 mai 2017.
- Réalisation des graphismes et développement numérique entre le 15 mai et 13 juillet 2017.
- Mise à disposition de l'application à l'équipe projet et scientifiques le 17 juillet pour test par l'équipe pendant l'été.
- Lancement protocole auprès des ménages référents entre fin août et début septembre selon leurs disponibilités.

### 3.4.2 Calendrier révisé

Une certaine souplesse a dû être observée au niveau du calendrier de réalisation, sans remettre en cause la livraison finale ou la date de début de l'expérience.

Ceci pour convenir au changement d'échelle du nombre de familles participantes. De 15 familles prévues initialement c'est finalement potentiellement une centaine qui est envisagée. Le projet a dû être revu pour convenir à cette nouvelle donne.

L'application prévue initialement exclusivement sur tablette tactile mise à disposition des familles et installée en local sera finalement développée sur une page web, accessible au plus grand nombre, mais ne nous obligeant pas à devoir mettre à disposition une tablette à chaque famille.

Calendrier inchangé jusqu'à cette étape :

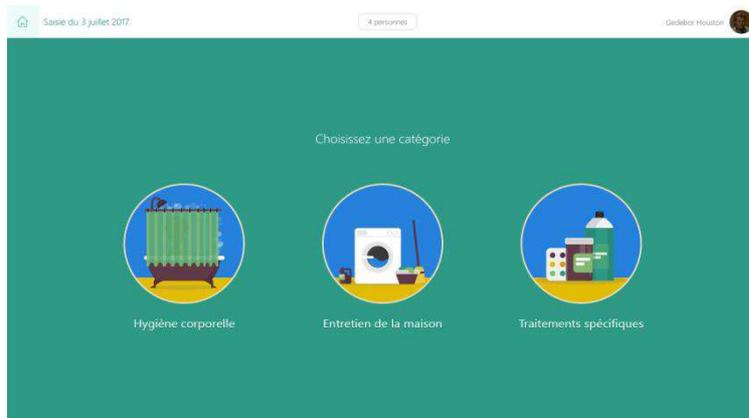
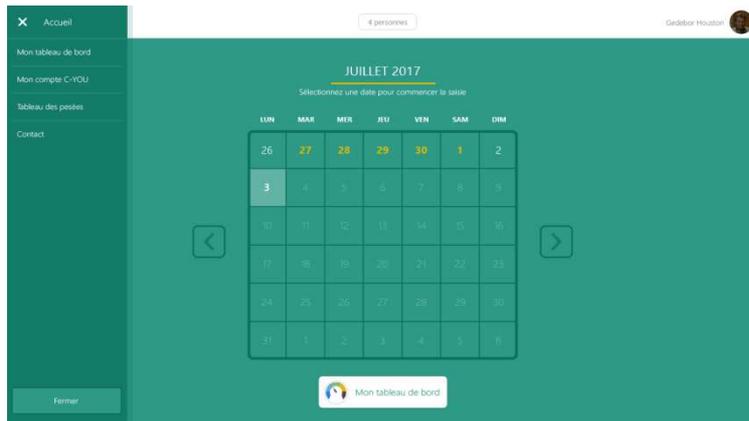
- Rédaction cahier des charges (CDC) technique jusqu'au 28 avril.
- Validation de cohérence entre le CDC de médiation ainsi que du storyboard médiation avec le CDC technique le 5 mai.
- 5 MAI : INTERRUPTION DU PROJET POUR REORIENTATION → changement d'échelle du nombre de participants (jusqu'à 80-100). Décision de développer une page Web finalement.
- Etude de faisabilité très rapide entre le 8 et 9 mai.
- Validation de la proposition 12 mai
- Réécriture partielle du storyboard et du présent cahier des charges le 15 mai.
- Réécriture cahier des charges techniques semaine du 15 au 19 mai.
- Réalisation graphisme entre le 15 mai et 15 juin.
- Développement numérique entre le 29 mai et 13 juillet 2017
- Mise à disposition de la version web sur ordinateur à l'équipe projet et scientifiques le 17 juillet pour test pendant l'été.
- Mise à disposition des versions optimisées pour tablettes et téléphone fin août.
- Lancement protocole auprès des ménages référents entre fin août et début septembre selon leurs disponibilités.

## 4 Partie 3 : extraits de la réalisation finale

### 4.1 Visuels de la charte graphique

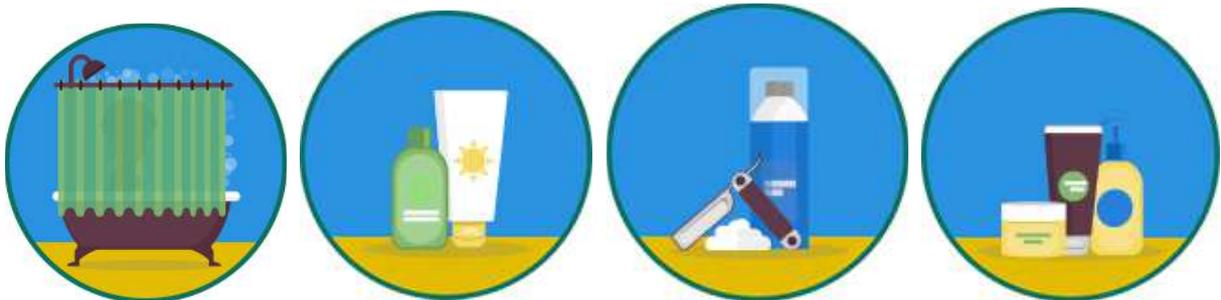
#### 4.1.1 Pages générales

Ci-dessous la homepage et la page permettant de rentrer dans chaque catégorie.



#### 4.1.2 Pictogrammes

Voici quelques exemples des pictogrammes réalisées pour l'application reflétant les usages « hygiène corporelle » :





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



# REGARD

*REducation et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise*

**LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION DES  
MICROPOLLUANTS SUR LE TERRAIN**

**TACHE 3.3 : Actions sur la source industrielle**

**Sous tache 3.3.1 : Sensibilisation et médiation scientifique**

**Livrable n°331 : Démarche de sensibilisation auprès des industriels**

Version finale  
Décembre 2018

Auteurs : MJ. Capdeville





# Sommaire

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1 ORGANISATION ET DEROULE DES REUNIONS.....</b>	<b>6</b>
<b>2 LES PRESENTATIONS EFFECTUEES .....</b>	<b>7</b>
2.1 LA PRESENTATION FAITE AUX PERSONNELS DES LABORATOIRES UNIVERSITAIRES .....	7
2.2 LA PRESENTATION FAITE AUX PERSONNELS DES RESTAURANTS COLLECTIFS .....	36
<b>3 LES AFFICHES DE SENSIBILISATION ET BONNES PRATIQUES .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSION - PERSPECTIVES .....</b>	<b>49</b>

## Introduction

Ce livrable retranscrit les actions mises en œuvre dans le cadre de la sous-tâche 3.3.1 « Sensibilisation et médiation scientifique » au niveau de la source industrielle du projet REGARD. Cette sous-tâche a pour objectif de sensibiliser les industriels aux questions environnementales en général et à la problématique des micropolluants en particulier. Elle a pour ambition de les accompagner et d'éveiller une participation active de leur part en développant des outils de sensibilisation (ex. plaquettes) et en réalisant des réunions d'accompagnement personnalisées.

Pour mener à bien cette action, une collaboration a été nécessaire entre le LyRE, le service « conventions de déversements » du pôle clientèle de la SGAC, la Maison de l'eau et le service communication de Suez.

- le LyRE, centre de R&D, est à la fois le pilote de cette action de sensibilisation et le coordinateur scientifique du projet REGARD. A ce titre, et à l'issue de la phase 1 du projet, Le LyRE apporte les connaissances, et les messages de sensibilisation à diffuser sur les micropolluants.
- la SGAC, Société de Gestion de l'Assainissement de Bordeaux Métropole, est le délégataire de Bordeaux Métropole en charge de l'assainissement. Le service « conventions de déversements » établit les conventions tripartites entre Bordeaux Métropole, la SGAC et les industriels qui fixent les conditions d'autorisation de déversement des effluents industriels dans le réseau d'assainissement de Bordeaux Métropole. A ce titre, ce service connaît la nature et la qualité des rejets des industriels conventionnés et possède les contacts des personnes en charge des questions d'assainissement et d'environnement au sein des entreprises. Ce service est le point d'entrée pour la réalisation de cette sous-tâche 3.3.1.
- la Maison de l'eau est un espace pédagogique dont les animateurs ont pour mission de former des scolaires et de sensibiliser le grand public au cycle domestique et naturel de l'eau, à la maîtrise des consommations et à la protection de la biodiversité. Associés au service communication local de Suez, les animateurs de la Maison de l'eau contribuent à la vulgarisation des messages afin qu'ils soient les plus pédagogiques possible.
- le service communication, en plus de la vulgarisation des messages, a pour mission de créer les outils de sensibilisation tels que des plaquettes, affiches, etc.

Initialement, à partir de la base de données des industriels conventionnés du service « conventions de déversements » de la SGAC, il était prévu de sélectionner quelques industriels, sur la base de la teneur en micropolluants de leurs rejets, et de leur proposer de participer à cette action de sensibilisation afin qu'ils puissent mettre en œuvre des actions visant à réduire leurs rejets de micropolluants. Mais deux difficultés majeures ont été rencontrées pour mener à bien cette action :

1. obtenir l'adhésion d'industriels à notre projet pour pouvoir mener ces actions de sensibilisation en collaboration ;
2. être en mesure, dans le cadre du projet REGARD, de proposer un accompagnement et des actions de réduction personnalisés et spécifiques.

Aussi, pour contourner ces difficultés, il a été choisi de répondre à des demandes d'informations de la part d'industriels, même si elles étaient d'ordre général, plutôt que de solliciter des entreprises peu réceptives à nos demandes et peu enclines à participer à notre démarche. Le but était de combiner les attentes des industriels, généralement basées sur des aspects réglementaires, avec nos objectifs de sensibilisation, qui vont au-delà de la réglementation, en profitant d'avoir un public volontaire et par la même, réceptif et décidé à collaborer.

C'est ainsi que cette action de sensibilisation s'est organisée avec le SIGDU (Service Inter-établissements de Gestion du Domaine Universitaire). Le SIGDU assure la gestion des espaces et

infrastructures universitaires communs aux campus de Pessac, Talence et Gradignan, dont les réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales. A l'occasion du renouvellement de sa convention de déversement, il a fait part au service « conventions de déversements » de sa volonté de comprendre pourquoi sa redevance assainissement augmente chaque année et d'agir pour la réduire.

Nous avons profité de cette demande et de la volonté de Bordeaux Métropole d'inclure les micropolluants dans les prochaines conventions pour organiser des réunions de sensibilisation avec différentes entités universitaires qui bénéficient des services du SIGDU. Deux réunions de sensibilisation ont été organisées le 11 décembre 2018 : la première à destination des laboratoires de recherches universitaires et la seconde à destination des restaurants collectifs (cantine du personnel, restaurants universitaires, cafétéria, etc.) situés sur les campus de Pessac, Talence et Gradignan.

Une troisième réunion de sensibilisation à destination des étudiants habitant sur le campus est prévue pour 2019 (mais cette action ne pourra pas être suivie dans REGARD en raison du changement de délégataire au 1<sup>er</sup> janvier 2019 (la SGAC (filiale Suez) sera remplacée par la SABOM (filiale Véolia)).

Enfin, pour laisser une trace pérenne de cette action de sensibilisation et toucher les personnes qui n'ont pu participer à ces réunions, des affiches ont été créées avec le service communication de Suez pour transmettre les principales préconisations. Les affiches ont été préférées aux plaquettes afin :

- de laisser une trace plus durable que des plaquettes qui finiront enfouies au milieu d'autres dossiers sur les bureaux ;
- d'être plus visibles et de toucher un public plus large qu'uniquement les directeurs de laboratoires ou les gérants de restaurants visés par les réunions de sensibilisation (l'ensemble des personnels ne pouvant être invité pour des questions d'emploi du temps et de logistique). Etant dans les couloirs, toutes personnes transitant par ces espaces, du stagiaire à l'ingénieur et du personnel d'entretien au chef cuisinier, pourra voir et lire les affiches ;
- de retrouver rapidement l'information en cas de besoin (les plaquettes papier se perdent et celles envoyées par mail sont noyées parmi la multitude de messages reçus) ;
- d'être plus écologique : moins d'exemplaires à imprimer (1 par étage et par labo ou 1 par restaurant plutôt qu'une par personne).

Les objectifs et contenus de ces réunions de sensibilisation ainsi que les premières versions des affiches sont présentées dans les parties 1, 2 et 3 de ce livrable.

# 1 Organisation et déroulé des réunions

Les réunions de sensibilisation avaient pour objectifs :

- d'expliquer les modalités de calcul de la redevance assainissement aux personnes travaillant dans les laboratoires ou restaurants des campus de Talence, Pessac et Gradignan afin qu'elles comprennent l'impact de leurs pratiques professionnelles quotidiennes sur le montant de cette redevance et par conséquent, sur le montant de la facture d'eau payée par leurs établissements ;
- de sensibiliser les personnels à la question des micropolluants dans les eaux urbaines et leur expliquer l'impact de leurs pratiques professionnelles sur cette pollution ;
- de leur proposer des pratiques alternatives ou bonnes pratiques afin d'améliorer le coefficient de pollution (impliqué dans le calcul de la redevance assainissement) et de limiter les rejets de micropolluants.

Préalablement à ces informations, un rappel sur le fonctionnement du système d'assainissement a été fait afin que les personnes puissent saisir tous les enjeux et contraintes des propositions.

Pour répondre à ces objectifs, l'ordre du jour des réunions a été le suivant :

1. Introduction : la gestion des eaux usées du Campus, les enjeux et les acteurs – SIGDU (Alice Meloni, Julien Bertran)
2. Le contexte local de l'assainissement – Maison de l'eau (Julien Fredrigo)
3. La réglementation nationale et locale en matière de rejets d'eaux usées – SGAC (Emmanuelle Ampoulange)
4. Sensibilisation aux micropolluants, le projet REGARD – LyRE (Marion Justine Capdeville)
5. Préconisations et bonnes pratiques – LyRE (Marion Justine Capdeville) et SGAC (Emmanuelle Ampoulange)
6. Temps d'échange

Afin que les préconisations et bonnes pratiques soient les plus pertinentes possible, un inventaire des produits utilisés et leur modalité d'évacuation (traités en tant que déchets spécifiques ou rejetés aux lavabos, éviers et toilettes) a été réalisé par le SIGDU en amont des réunions. Il a pu être identifié des produits et des pratiques pour lesquels des préconisations d'amélioration ont été être faites. En revanche, devant la diversité des produits utilisés, en lien avec la diversité des activités des laboratoires en particuliers, il a été difficile de fournir des conseils très spécifiques à chacun et des bonnes pratiques d'ordre général ont plutôt été évoquées.

Sur les conseils du SIGDU, des réunions d'une durée de 2h-2h30 ont été programmées. La date retenue a été le du 11 décembre 2018 (matin pour les laboratoires et après-midi, après le service, pour les restaurants). Le SIGDU s'est chargé de lancer les invitations par mail aux directeurs des différents laboratoires de recherche et aux gérants des restaurants collectifs. Ces derniers avaient ensuite la possibilité de participer eux même à la réunion ou de se faire représenter soit par une autre personne de leur établissement soit par un responsable Hygiène-Qualité-Sécurité ou un assistant de prévention.

- Pour les laboratoires, 14 personnes ont été invitées et 22 ont réellement participé à la réunion (dont 15 assistants de préventions ou ingénieurs HQS)
- Pour les restaurants, 12 personnes ont été invitées et 5 ont réellement participé (dont le responsable développement durable du CROUS qui représente l'ensemble de restaurants du CROUS).

Les diaporamas présentés lors de ces 2 réunions sont disponibles dans la partie suivante.



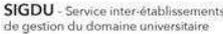
Figure 1 : Photo de la partie sensibilisation aux micropolluants lors de la réunion dédiée aux personnels des laboratoires universitaires.

## 2 Les présentations effectuées

### 2.1 La présentation faite aux personnels des laboratoires universitaires



Université  
**BORDEAUX**  
**MONTAIGNE**



SIGDU - Service inter-établissements  
de gestion du domaine universitaire



**SUEZ**  
SGAC



**suez**  
le Lyre

# Réunion de sensibilisation sur la qualité des rejets d'eaux usées sur le campus PTG

11/12/2018

# Programme

- 1. Introduction - La gestion des eaux usées sur le domaine universitaire PTG, les enjeux et les acteurs - *SIGDU (Alice Méloni - Julien Bertran)*
- 2. Contexte local de l'assainissement – *Maison de l'eau (Julien Fredrigo)*
- 3. La réglementation nationale et locale en matière de rejets d'eaux usées – *SGAC (Emmanuelle Ampoulange)*
- 4. Sensibilisation aux micropolluants – *LyRE (Marion Justine Capdeville)*
- 5. Préconisations/bonnes pratiques – *SGAC (Emmanuelle Ampoulange) - LyRE (Marion Justine Capdeville)*
- 6. Temps d'échange

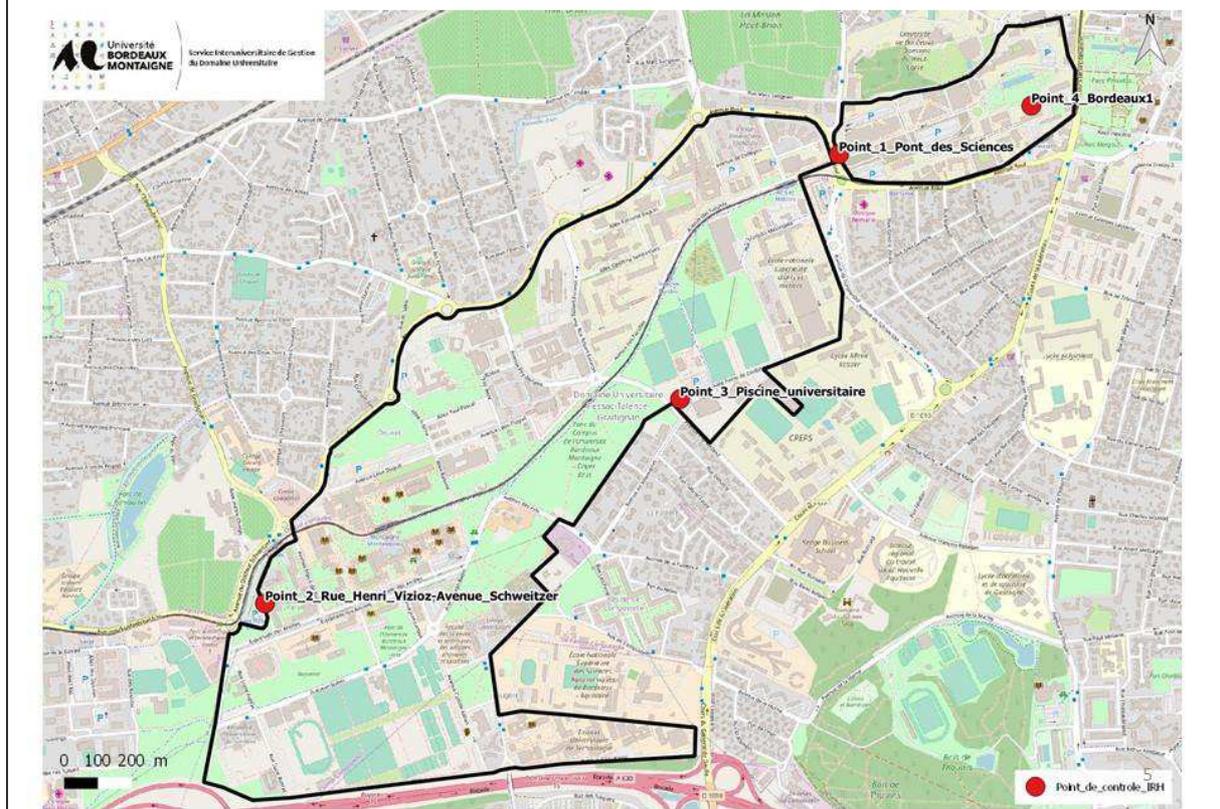
# SIGDU

- Service Inter-établissements de Gestion du Domaine Universitaire de Pessac-Talence-Gradignan
- Rattaché à l'Université Bordeaux Montaigne depuis 1974
- Une gouvernance partagée (UBM,UB,CROUS,CNRS,IEP,INP)
- Assure la gestion des espaces et infrastructures communs :
  - espaces verts (43 ha, 110 arbres)
  - voiries (18 km),
  - éclairage public (375 candélabres, 6 postes)
  - production et distribution de l'eau potable (17 km), géothermique et industrielle,
  - réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales (13 km)

# La gestion des eaux usées sur le campus

- 13 km de réseaux de collecte EU et EP
- Rejets sur réseau BM → traitement STEP
- Arrêté + Convention de rejet
- Paiement de 3 redevances répercutées sur le prix de l'eau (*bassin* : pollution et modernisation réseaux de collecte pour Agence de l'eau et *locale* : SGAC/BM)
- Ces redevances (840 K€) représentent 60 % du prix de l'eau (2,59 €/m<sup>3</sup> soit 30 % moins cher que la moyenne métropolitaine)
- La redevance SGAC/BM est indexée sur les volumes rejetés (calcul à partir des conso eau potable) et la concentration des polluants

- 4 points de contrôle des rejets EU



## La gestion des eaux usées sur le campus

- 4 points de contrôles : 3 inopinés (SGAC) + 3 autocontrôles (SIGDU) par an
  - 1 point de contrôle : 1 K€
  - Calcul : Volume AEP \* Cp
  - Cp : Coefficient de pollution
- Depuis 4 ans : qualité des rejets se dégrade et les coûts augmentent
- ➔ Réunions + campagne de sensibilisation

## Le service de l'assainissement collectif de Bordeaux Métropole



11 Rencontre SGAC/Lyre/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018

## Les services publics d'eau et d'assainissement de Bordeaux Métropole

Assurer production et distribution eau potable, assainissement eaux usées et gestion eaux pluviales urbaines,  
24h/24 & 7j/7.  
→ compétence de Bordeaux Métropole



### Service Eau potable

délégation à SUEZ  
contrat de concession (investissement et exploitation)  
signé en 1992 (durée de 30 ans)  
23 des 28 communes

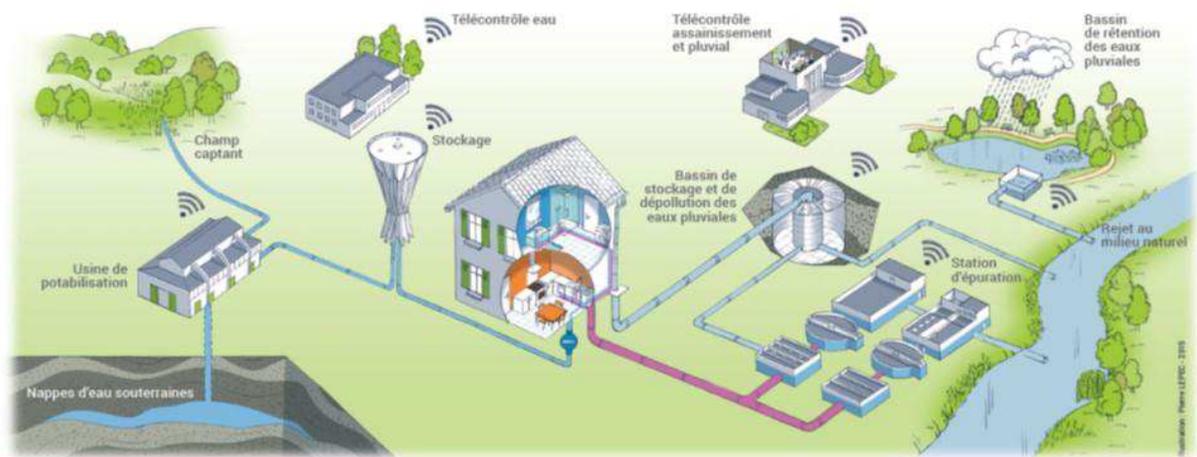
### Service Assainissement

délégation à la SGAC, filiale de SUEZ  
contrat d'affermage (exploitation)  
signé en 2013 (durée de 6 ans)  
27\* des 28 communes

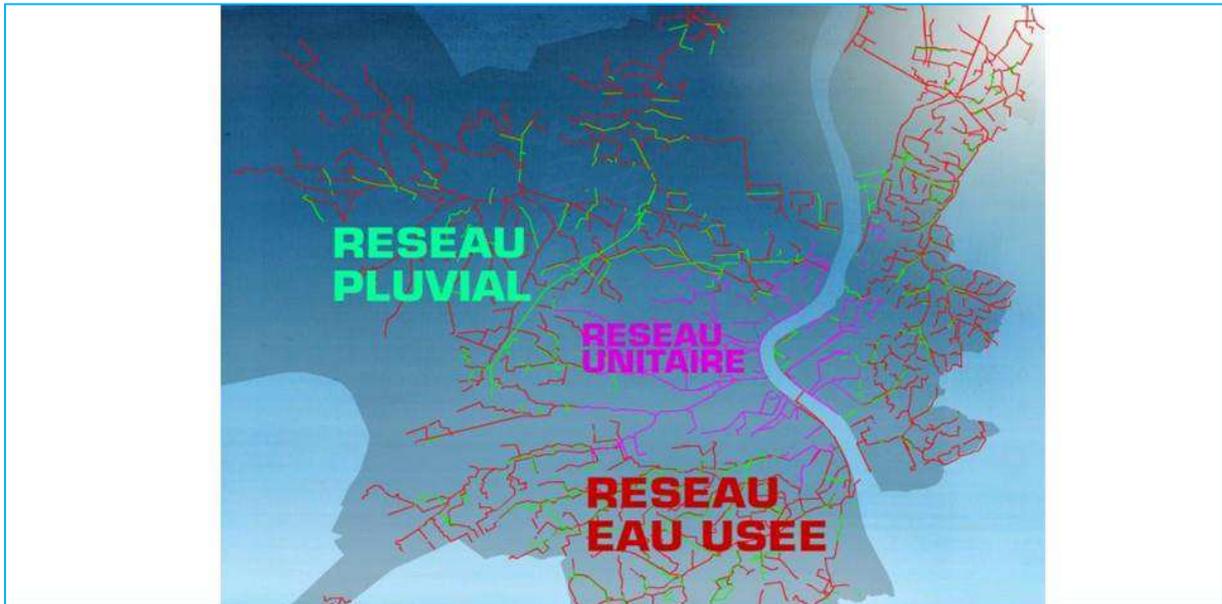
\* Hors Martignas-sur-Jalles

21

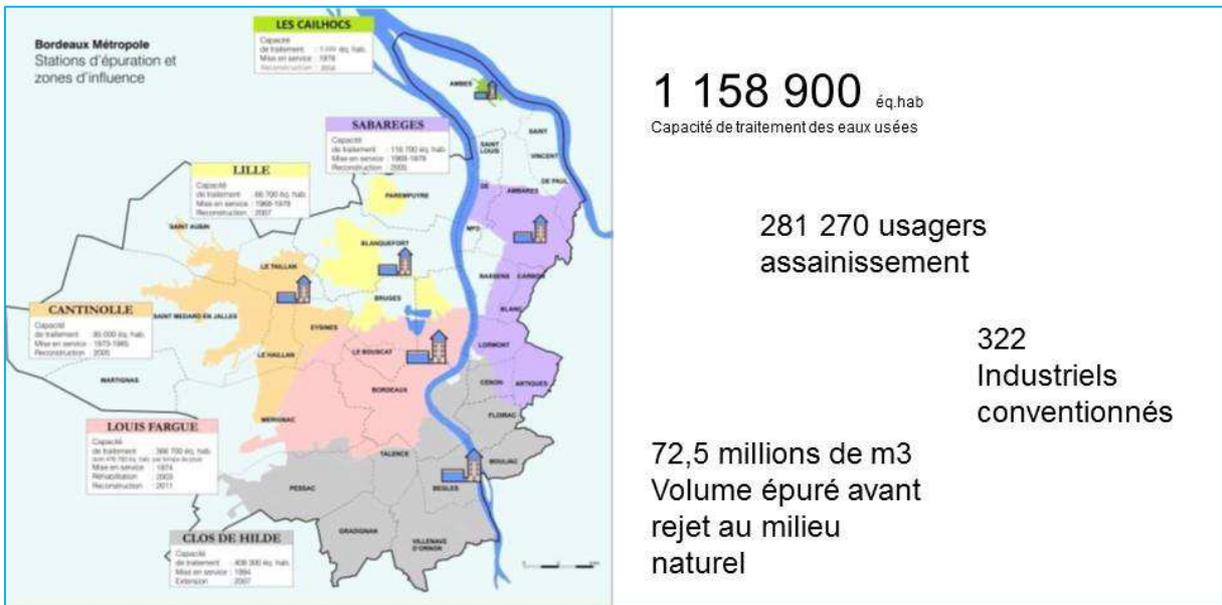
## Le cycle de l'eau de Bordeaux Métropole



31



41



**1 158 900** éq.hab  
Capacité de traitement des eaux usées

**281 270** usagers  
assainissement

**322**  
Industriels  
conventionnés

**72,5 millions de m3**  
Volume épuré avant  
rejet au milieu  
naturel

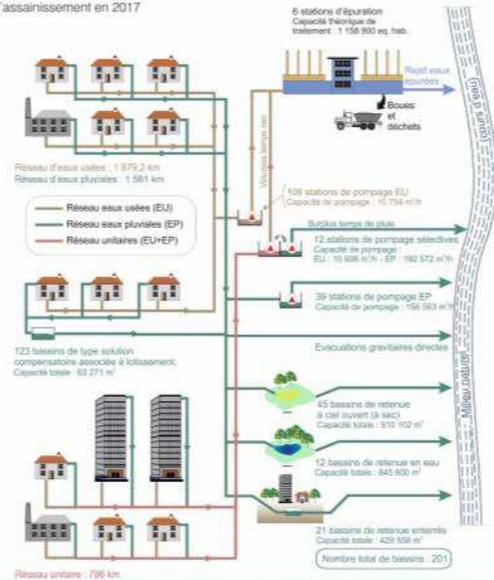
51

## Le cycle de l'eau de Bordeaux Métropole

A fin 2017, la longueur du réseau d'assainissement de Bordeaux Métropole s'établit à 4 246 km, se décomposant en :

- 1 879,2 km de collecteurs d'eaux usées,
- 1 581,0 km de collecteurs des eaux pluviales,
- 786,0 km de collecteurs unitaires.

Schéma de principe du système d'assainissement en 2017



61

## Le télécontrôle Ramsès

Lutter contre les inondations

Gestion des crises et ordonnancement de l'astreinte



Surveiller le bon fonctionnement des ouvrages d'assainissement 24H / 24

Lutter contre les pollutions

Assurer la surveillance des chantiers

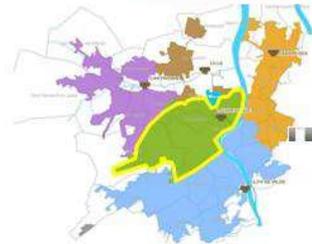
71

## La gestion dynamique

Objectif : Supprimer les déversements d'eaux unitaires sur le bassin de collecte Louis Fargue pour les pluies d'occurrence 1 mois

Maximiser les volumes traités à la step

Optimiser la capacité de stockage en canalisation



Nombre annuel de déversements réduit de 80%  
Volume annuel d'effluents déversés réduit de 70%

81

## Mesure en continu de la qualité des milieux aquatiques : les SIRENE®



Figure 1 - Situation géographique des Sirenes® installées sur la Jalle



Figure 2 - Situation géographique des Sirenes® installées sur le Gui



Figure 3 - Situation géographique des Sirenes® installées sur l'Eau Bourde

91

# Rejets d'eaux usées SIGDU- Laboratoires

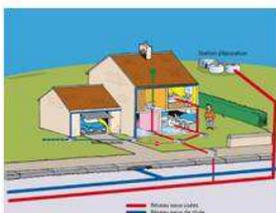


10 | Rencontre SGAC/Lyre/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018

## Les eaux usées : Définitions

### 1- Les eaux usées domestiques :

Eaux usées des particuliers (eaux issues des sanitaires, lessives, bains, cuisine,...)



### 2- Les eaux usées assimilables à un usage domestique :

Eaux usées des activités pour lesquelles les pollutions de l'eau résultent principalement de la satisfaction des besoins d'alimentation humaine, de lavage et soins d'hygiène des personnes physiques utilisant les locaux desservis, ainsi que de nettoyage et de confort de ces locaux.



Ex: Restaurant, laboratoire

Acte administratif :  
Droit au raccordement

### 3- Les eaux usées autres que domestiques :

Eaux usées provenant d'une utilisation de l'eau autre que domestique (eaux de process industriels tels que les aires de lavage de véhicules, hôpitaux, piscine, ...).



Ex: Université Bordeaux Montaigne Bordeaux III,  
Autorisation et convention de déversement avec obligation d'autocontrôle

## Le contexte réglementaire

### Code de la santé publique

#### Article L. 1331-10

« Tout déversement d'eaux usées autres que domestiques dans le réseau public de collecte doit être préalablement autorisé par le maire ou le président de l'établissement public compétent en matière de collecte à l'endroit du déversement .... »

Repère sur la



Réglementation

### Règlement assainissement de Bordeaux Métropole

#### Article 41

« Tout déversement dans le réseau public de collecte doit faire l'objet d'une autorisation qui fixe les conditions techniques, administratives et financières d'admissibilité. Cette autorisation est constituée d'un arrêté d'autorisation de déversement délivré par le Président de Bordeaux Métropole. Cet arrêté peut être complété par une convention de déversement »

121

## La convention de déversement

**Contrat entre 3 parties** : l'établissement (SIGDU), L'exploitant du service public de l'assainissement (SGAC) et le propriétaire des réseaux (Bordeaux Métropole)

La convention fixe les **conditions administratives, techniques et financières** dans lesquelles sont acceptés les effluents

### 3 Auto-surveillances du SIGDU et 2 CI

La convention de déversement du SIGDU est en cours de renouvellement (5ans)

Intégration de la zone Sciences et technologie de l'Université Bordeaux 1 et de la piscine universitaire dans la convention du SIGDU

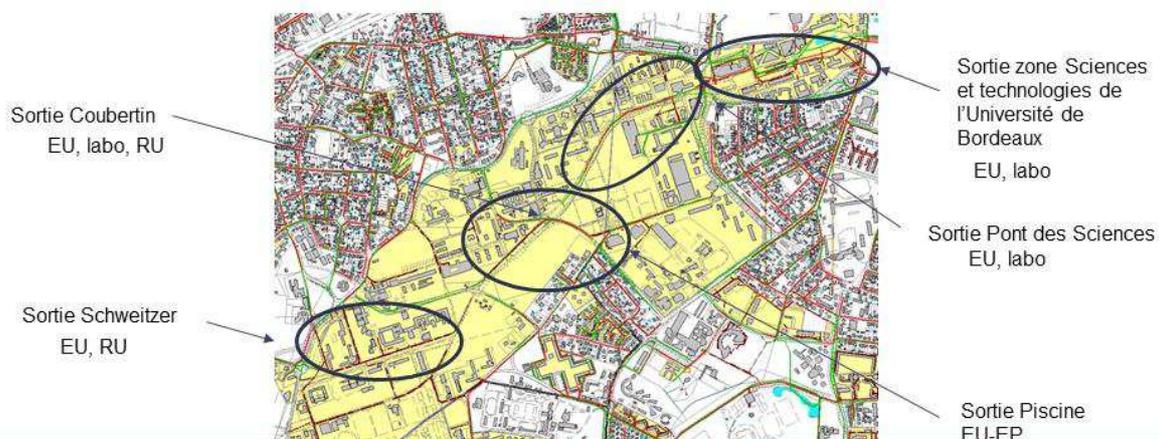


En cas de non respect de l'autorisation de déversement par l'établissement, le Service Public de l'Assainissement peut prendre des mesures pouvant aller de l'application de simples pénalités à la révocation de l'autorisation de déversement.

131

## Situation des rejets de l'Université de Bordeaux - Piscine

53 rejets au réseau d'assainissement public



14 |

## Les contrôles

**Prélèvement sur un bilan 24h asservi au débit réalisé par un laboratoire agréé**

**Coût d'un CI sur le SIGDU sur les 3 points hors micropolluant ≈ 1200€ HT**  
(débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, SEC)

**Coût d'un CI sur la sortie zone Science et Technologie de l'université de Bordeaux hors micropolluant ≈ 500€ H**  
(débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, indice hydrocarbure)

**Avec micropolluants ≈ 1500 € HT**

(débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, SEC, métaux, alkylphénols, BTEX, chlorobenzène et nitroaromatiques, organoétains, anilines, chlorophénols, COHV, HAP, Pesticides, méthanol)

Les paramètres positifs: métaux, méthanol, organoétains, alkylphénols, chloroforme, chloroalcane, 2,4-dichlorophénol sur 3 prélèvements

**A partir de 2019, les paramètres suivants seront mesurés sur les 4 points de contrôles**: débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, SEC et les micropolluants (1/an) métaux, méthanol, organoétains, alkylphénols, chloroforme, chloroalcane et méthanol



15 |

## Régularisation de la redevance assainissement sur Bordeaux Métropole

$$CP = 0,3 + 0,7 (C/Cu)$$

CP= coefficient de pollution (fonction des résultats des 3AS et 2CI réalisés dans l'année avec  $C=(DBO5+DCO)/2$  et  $Cu = 450\text{mg/l}$ )

$$\text{Volume taxable} = V(\text{prélevé}) * V(\text{rejeté}) * CP$$

$$\text{Redevance}_{(\text{assainissement})} = \text{Volume taxable} * \text{Prix du m}^3_{(\text{assainissement})}$$

Principe du pollueur payeur

16 |

## Régularisation de la redevance assainissement

Le coefficient de pollution (CP) est calculé sur la base des analyses des rejets.

	EU		EUAQD*	
DBO5	300 mg/l	Cp = 1	800 mg/l	Cp max = 2,47
DCO	600 mg/l		2000 mg/l	
MES	400 mg/l		600 mg/l	
SEC	50 mg/l		150 mg/l	
Phosphore	20 mg/l		50 mg/l	
NTK	75 mg/l		150 mg/l	

\* Concentrations maximales des EUAQD admissibles autorisées par l'arrêté du 2 février 1998 sur les ICPE

Un particulier paie l'assainissement pour un CP de 1 sur sa facture et le volume prélevé = volume rejeté

17 |

## Historique sur le SIGDU

	2013	2014	2015	2016	2017	Remarque
CP Pont des sciences (EU-Labo)	0,87	0,9	0,87	0,96	1,04	0,93 augmentation constante du CP
CP Avenue Schweitzer (EU, RU)	1,04	0,98	1,01	1,17	1,16	1,07
CP Allée Coubertin (EU-Labo-RU)	0,86	0,66	0,85	1,25	1,44	1,01 forte augmentation du CP
CP Rejet EU piscine	1	1	1	1	1	1
CP Rejet EP piscine (vidange)	0,3	0,3	0,3	0,30	0,30	0,3
CP Rejet Bx 1 (EU-LABO)			1,15	1,55	1,25	1,32
<b>CP Global</b>	<b>0,89</b>	<b>0,83</b>	<b>0,93</b>	<b>1,05</b>	<b>1,19</b>	<b>0,98</b>
Volume forage	657 155	617 900	526 714	503 607	466 555	Baisse de la consommation d'eau
Volume taxable	452 942	434 149	459 824	506 322	531 481	Augmentation du volume taxable et du montant de la régularisation de la redevance

18 |

## Les déversements au réseau public d'assainissement

Les Déchets Toxiques en Quantité Dispersées (produits chimiques et usagés, les réactifs et échantillons doivent être stockés dans des bacs étanches, sur rétention puis éliminés par une société spécialisée.

Les déversements interdits :

- Liquides ou vapeurs corrosifs, acides, matières inflammables ou susceptibles de provoquer des explosions
- Les produits chimiques tels que les composés cycliques hydroxylés et leurs dérivés
- Les déchets radioactifs
- Les produits phytosanitaires
- Médicaments
- Les effluents dont le pH n'est pas compris entre 5,5 et 8,5
- Les effluents susceptibles de porter l'eau des réseaux publics de collecte à une température supérieure à 30°C
- Les produits encrassant (laitance, sable, béton, plâtre,...)
- Les lingettes, rouleaux de papier WC
- Huiles alimentaire - vidange - coupe



19 |

## Les conséquences des rejets des PCL au réseau d'assainissement

Dégagement fumée –  
odeur



Corrosion des équipements  
Dégradation prématuré des réseaux privés - publics



Dégradation STEP  
Pollution milieu naturel

201

# Les micropolluants

211 Rencontre SGAC/Lyre/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018



## Les micropolluants, de quoi parle-t-on ?



De composés **susceptibles d'avoir une action toxique** sur les organismes vivants (plantes, algues ou animaux) d'un milieu donné, **à des concentrations infimes**, de l'ordre du microgramme ( $10^{-6}$  gramme) ou du nanogramme ( $10^{-9}$  gramme) par litre d'eau.

De composés qui représentent aujourd'hui un enjeu de société important et qui devrait largement croître dans les années à venir.

De composés qui proviennent essentiellement des activités humaines telles que l'industrie, les transports, l'agriculture,... mais aussi des rejets domestiques de l'ensemble des citoyens.



22 |

## Les micropolluants, de quoi parle-t-on ?

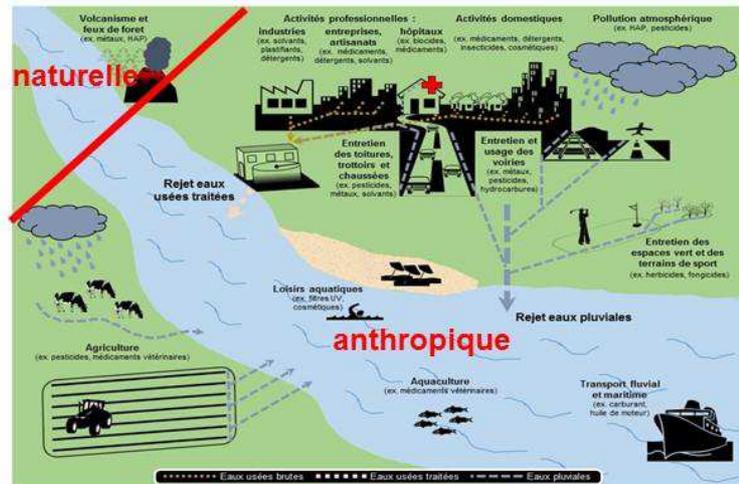
On peut les classer selon différents critères :

- les propriétés chimiques : organiques/inorganiques, hydrophobes/hydrophiles, bases/acides, ...
- les usages : plastifiants, retardateurs de flamme, cosmétiques, pharmaceutiques, ...
- Les activités/impacts/effets toxicologiques : cancérigènes, mutagènes, perturbateurs endocriniens.

23 |

## Les micropolluants, de quoi parle-t-on ?

Ils touchent tous les compartiments (air, sol, eau) et peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.



24 |

## Les micropolluants, de quoi parle-t-on ?

On considère qu'il y a :

**14 000 000** substances chimiques existantes

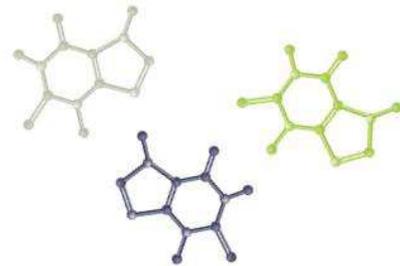
**100 000** sont produites à une échelle industrielle

**30 000** sont sur le marché européen (utilisées, importées ou produites à plus d'une tonne par an)

**6 000** sont considérées comme dangereuses ou posent problème

**200** sont surveillées régulièrement

**84** sont réglementaires (par rapport à l'environnement), les substances dangereuses et les substances dangereuses prioritaires



25 |

## La réglementation sur les micropolluants

Au niveau européen :

- **DCE** : Directive Cadre sur l'Eau et Normes de Qualité Environnementale
- **REACH** : enRegistrement, Evaluation et Autorisation des produits Chimiques

Au niveau français :

- **RSDE STEU/ ICPE** : Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau pour les Stations de Traitement des Eaux Usées / Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
- **Loi Labbé** : interdit depuis le 1er janvier 2017 l'utilisation de produits phytosanitaires au sein des espaces publics des collectivités territoriales

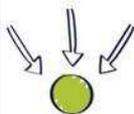
26 |

## La réglementation sur les micropolluants

**RSDE STEU (note technique du 12/08/2016) :**



1. Campagnes de mesure avec des prélèvements d'eaux en entrée et en sortie des STEU d'une capacité nominale > 600 kg/j DBO<sub>5</sub> (soit 10 000 EH), analyse de 96 substances en entrée et 89 en sortie (2018, 2022, 2028, ...).
2. Identification des substances significatives
3. Réalisation d'un diagnostic amont



- Cartographie du réseau (bassins de collecte, types de réseau, occupation des sols) et identification des industriels raccordés.
- Identification des émissions potentielles par type de contributeur et par bassin (avec les codes APE (code d'activité principale) ou NAF (nomenclature d'activité française) des entreprises).
- *Option: Analyses dans le réseau des substances identifiées comme significatives pour en confirmer l'origine*



- Plan d'action avec proposition et mise en œuvre de solutions de réduction ou identification des MP pour lesquels aucune action de réduction n'est possible

27 |



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



# REGARD

## Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise



université  
BORDEAUX



Université  
BORDEAUX  
MONTAIGNE



SUEZ



INERIS

### Le projet REGARD

Un des 13 projets lauréats d'un appel à projets lancé conjointement par les agences de l'eau, le ministère de l'environnement et l'AFB.

Un projet pluridisciplinaire qui réunit un consortium de 9 partenaires

- **Bordeaux Métropole**
- **Le LyRE** (centre de recherche SUEZ à Bordeaux)
- **l'UMR EPOC** de l'Université de Bordeaux - CNRS
- **l'UMR PASSAGES** de l'Université de Bordeaux Montaigne - Université de Bordeaux - CNRS
- **le Laboratoire de recherche en Psychologie, Santé et Qualité de Vie** de l'Université de Bordeaux
- **l'unité ETBX d'Irstea** de Bordeaux
- **l'INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)
- **le CIRSEE** (Centre de recherche SUEZ à Paris)
- **Cap Sciences** le centre de culture scientifique & technique à Bordeaux



université  
BORDEAUX



INERIS  
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques



EPOC

UMR 5319  
Passages



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

## Le projet REGARD

Il a pour objectif de réaliser, sur le territoire de la métropole, un diagnostic intégré de la pollution des eaux urbaines (réseau d'assainissement et milieu naturel) pour ensuite proposer des solutions de réduction adaptées aux risques en présence.

Il étudie le milieu naturel et 4 sources de pollution :

- les eaux pluviales (EP)
- les eaux usées d'origine industrielles
- les eaux usées d'origine hospitalières
- les eaux usées d'origine domestiques

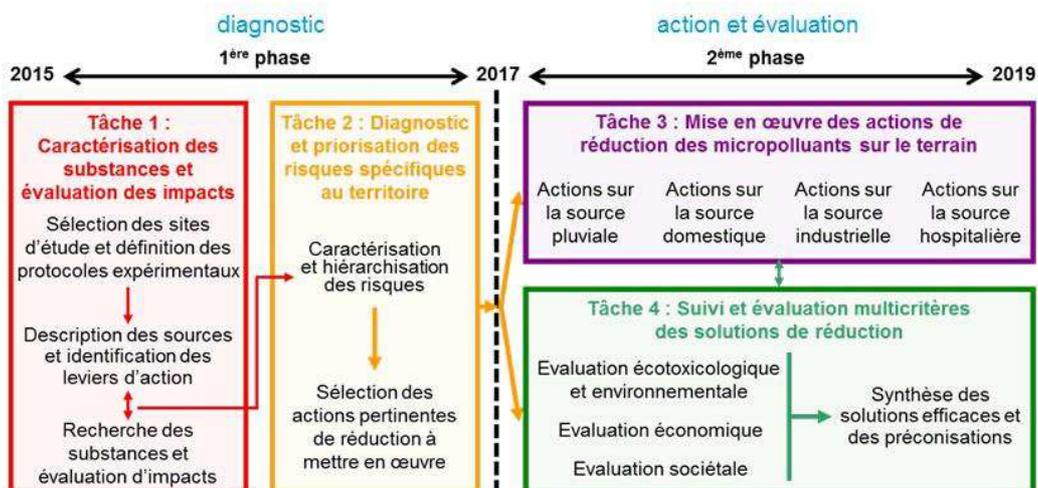
Il a débuté en mars 2015 pour une durée 4 ans.

Il est découpé en 2 phases.



30 |

## Le projet REGARD



31 |

## Un diagnostic global, territorial et intégré

- étudier l'ensemble du système d'assainissement (EU + EP)
- étudier les pollutions depuis les sources jusqu'au milieu naturel en passant par les STEU
- s'appuyer sur des mesures locales
- rechercher un grand nombre de micropolluants (258)



32 |

## Différentes méthodes d'étude

### ➤ Diagnostic chimique



Échantillons d'eau



Échantillons de boue



Exposition d'organismes vivants (coquillages)

### ➤ Diagnostic biologique



Analyses biologiques *in vitro* (effet PE)



Analyses chimiques



Analyses biologiques *in vivo*

### ➤ Diagnostic social



Questionnaire



Micro-trottoir



Entretien



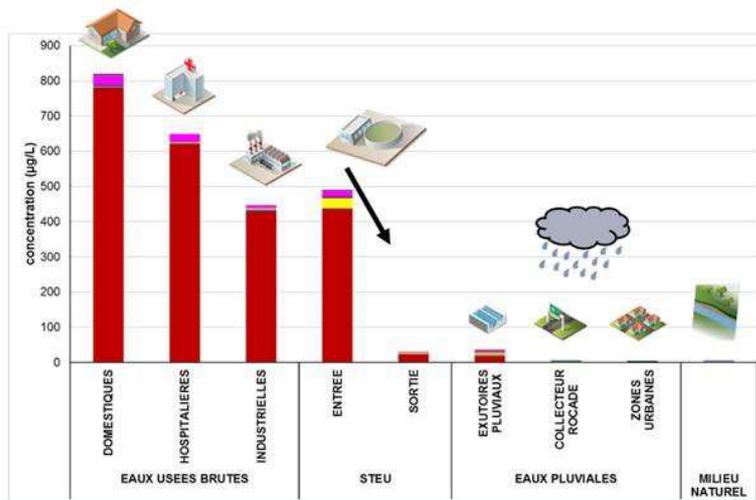
Observation sur le terrain



Atelier participatif

33 |

## Résultats du diagnostic chimique

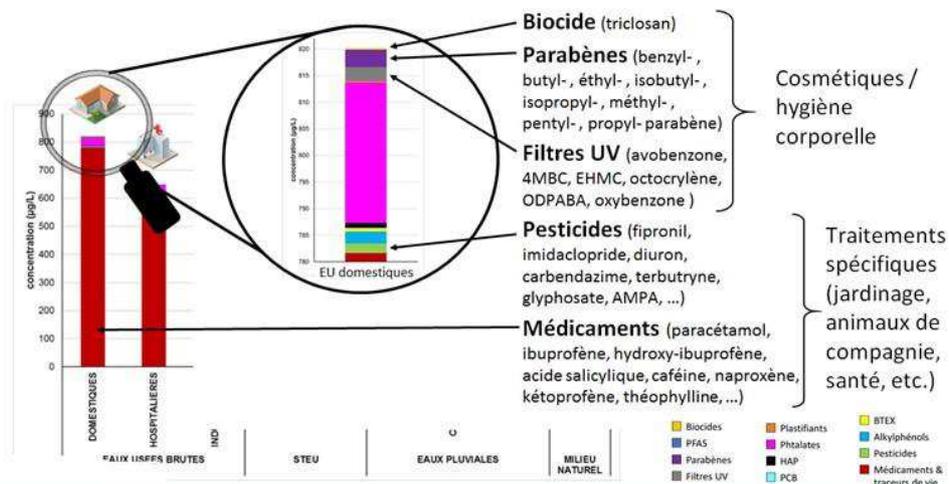


micropolluants organiques

- Biocides
- PFAS
- Parabènes
- Filtres UV
- Plastifiants
- Phtalates
- HAP
- PCB
- BTEX
- Alkylphénols
- Pesticides
- Médicaments & traceurs de vie

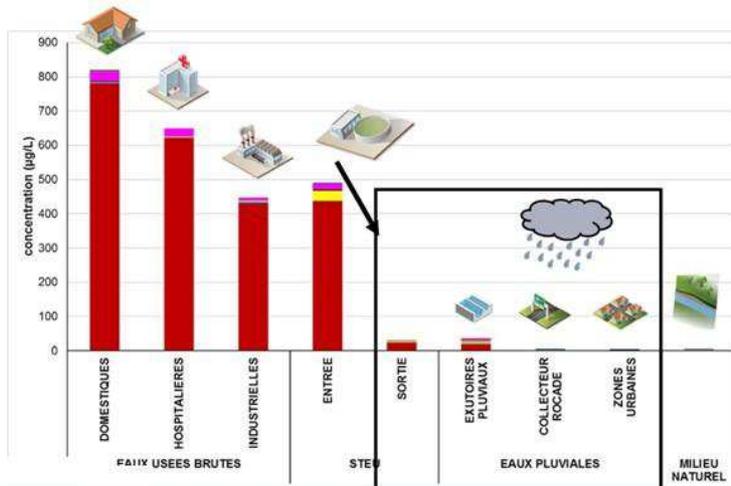
34 |

## Source domestique



35 |

## Source pluviale



### micropolluants organiques

- Biocides
- PFAS
- Parabènes
- Filtres UV
- Plastifiants
- Phtalates
- HAP
- PCB
- BTEX
- Alkylphénols
- Pesticides
- Médicaments & traceurs de vie

36 |

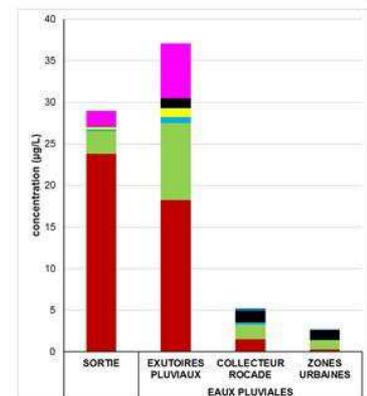
## Source pluviale

### ➤ Substances:

- Pesticides (diuron, glyphosate, ...)
- HAP (pyrène, fluoranthène, ...)
- Composés perfluorés (PFOS, PFAS, ...)
- Alkylphénols (nonylphénol, ...)
- Médicaments (ibuprofène, paracétamol, caféine, ...)
- Métaux (cuivre, zinc, plomb, ...)

### ➤ Concentrations:

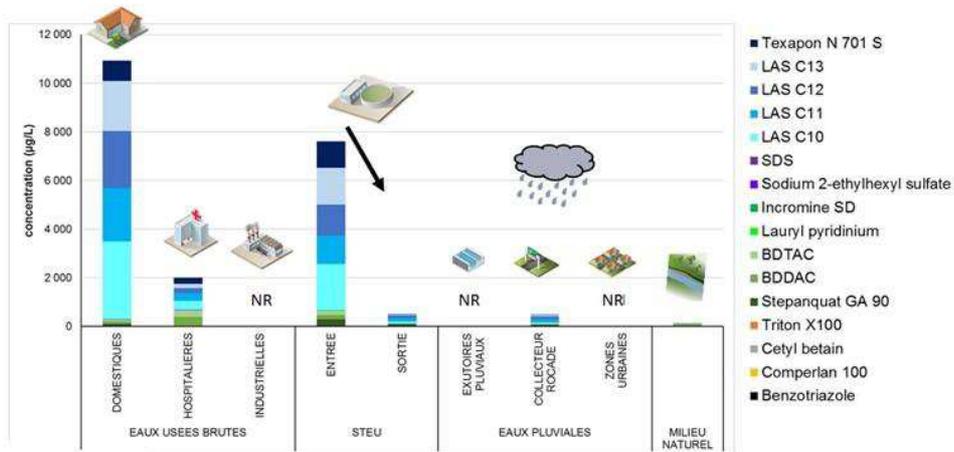
sortie STEU ≈ exutoires pluviaux



37 |

## Résultats du diagnostic chimique

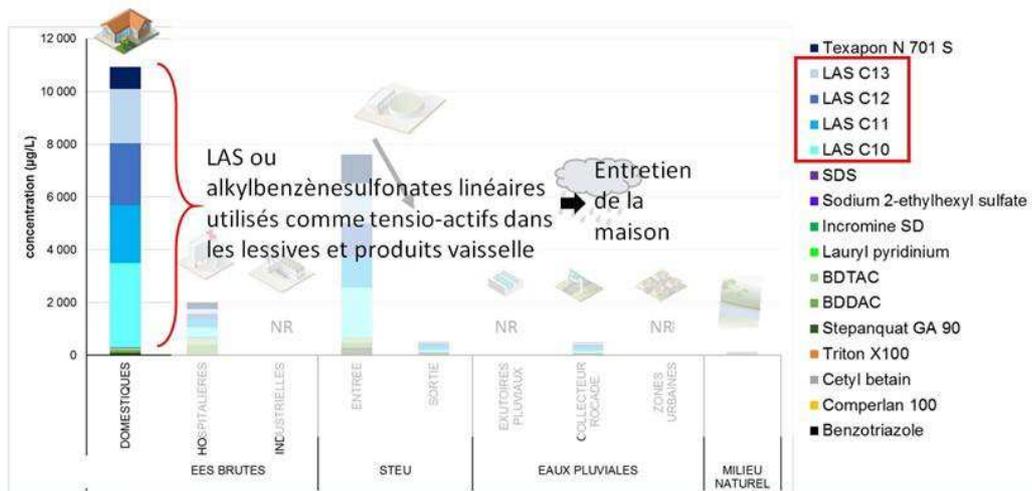
détergents



38 |

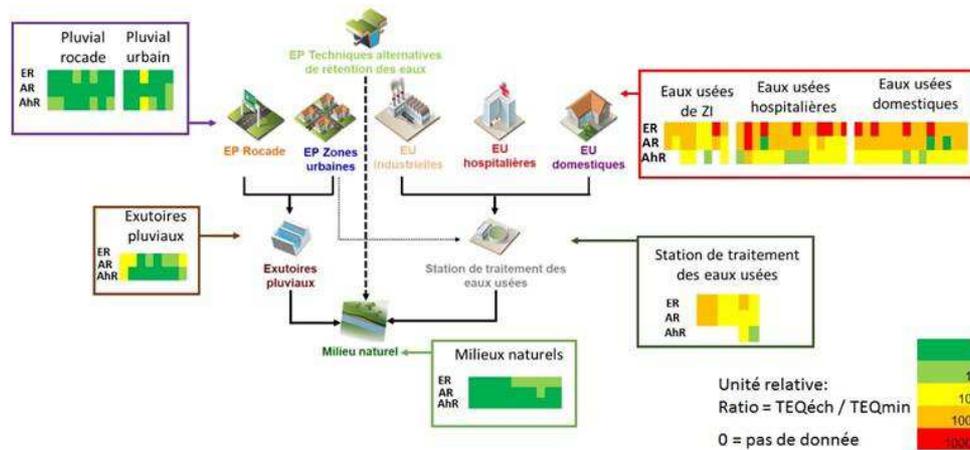
## Source domestique

détergents



39 |

## Résultats du diagnostic biologique



40 |

## Résultats du diagnostic social

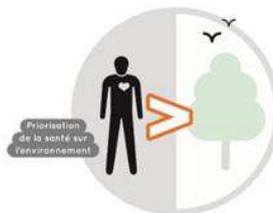
### ➤ Source domestique

- Méconnaissance du terme « MP »
- Méconnaissance du petit cycle de l'eau
- Biais de conformité supérieur de soi
- Conséquences :

	probable	grave
Économiques	+	-
Environnementales	++	+
Sanitaires	+	++

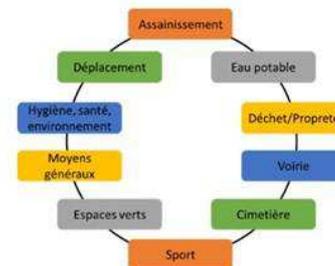
### ➤ Source hospitalière

- Connaissances disparates
- Santé >> enviro.
- Santé au travail



### ➤ Source collectivité

- 10 services
- Démarche zéro-phyto

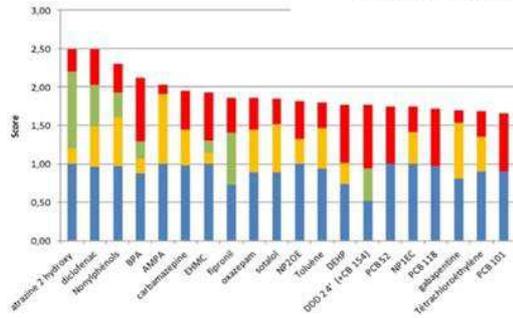


41 |

## Priorisation

- Milieu naturel
- 4 critères

- présence
- niveau de concentration
- propriétés de danger intrinsèque
- risque de dépassement des seuils de protection environnementale



### Organiques

- Diclofénac
- Fipronil
- AMPA
- Glyphosate
- Bisphénol A

### Métaux

- Zinc
- Cuivre
- Chrome
- Cobalt

42 |

## Actions source domestique

### Familles EAU défi



43 |

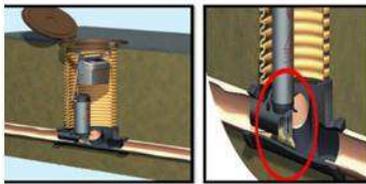
## Actions source hospitalière

<https://www.youtube.com/watch?v=eIY8dFf7bk4>



44 |

## Actions source collectivité



(WiseCon®)



45 |

## Actions source pluviales



461

# Quelques préconisations

471 Rencontre SGAC/Lyre/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018



## Récupération des déchets



48 |

## Exemples de produits non dangereux mais problématique pour le réseau d'assainissement



Impacte le pH



Impacte la DBO/DCO

Résidus solides



Impacte le traitement biologique en STEP



49 |

## Rejet avec des résidus micropolluants

### Autre catégorie

- Acide salicylique (Médicament)
- Toluène (Solvant-BTEX)
- Pyrène, Naphtalène (HAP)
- ...



### Métaux



- Cuivre
- Zinc
- Chrome
- Cadmium
- Mercure
- Nickel
- Arsenic
- Argent
- Plomb



### Détergents

50 |

## En cas de pollution accidentelle

- Prévenir le PCSI au 05 56 84 29 88
- Prévenir le SIGDU au 06 26 64 69 52
- Obligation de prévenir le service public de l'assainissement au  
**0977 40 10 14 (24/24h – 7/7jours)**
- Préciser la localisation précise de l'accident (adresse, plan des réseaux, image google map)
- Informer de la nature de la pollution et des premiers actes réalisés
- Transmettre les BSD après intervention – pompage au service public de l'assainissement

51 |

## Conclusion

Les gestes impactent directement la qualité du rejet – état du réseau privé et public – bon fonctionnement de la STEP

**« Ne jetons pas tout à l'égout »**

**« Vos pratiques d'aujourd'hui participent à préserver le milieu naturel et à la qualité de l'eau potable de demain »**

52 |

# Merci de votre attention



53 | Rencontre SGAC/Lyre/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018

## 2.2 La présentation faite aux personnels des restaurants collectifs

Une partie de cette présentation est identique à celle qui a été faite pour les laboratoires universitaires. Aussi les diapositives communes ne sont mises ici qu'à titre illustratif et sont donc de taille réduite. Les diapositives de plus grandes tailles correspondent à celles spécifiquement présentées au cours de la réunion de sensibilisation dédiée aux responsables des restaurants collectifs.



SIGDU Service inter-établissements de gestion du domaine universitaire



## Réunion de sensibilisation sur la qualité des rejets d'eaux usées sur le campus PTG

11/12/2018

### Programme

- 1. Introduction - La gestion des eaux usées sur le domaine universitaire PTG, les enjeux et les acteurs - SIGDU (Alice Méloni - Julien Bertran)
- 2. Contexte local de l'assainissement – Maison de l'eau (Julien Fredrigo)
- 3. La réglementation nationale et locale en matière de rejets d'eaux usées – SGAC (Emmanuelle Ampoulange)
- 4. Sensibilisation aux micropolluants – LyRE (Marion Justine Capdeville)
- 5. Préconisations/bonnes pratiques – SGAC (Emmanuelle Ampoulange) - LyRE (Marion Justine Capdeville)
- 6. Temps d'échange

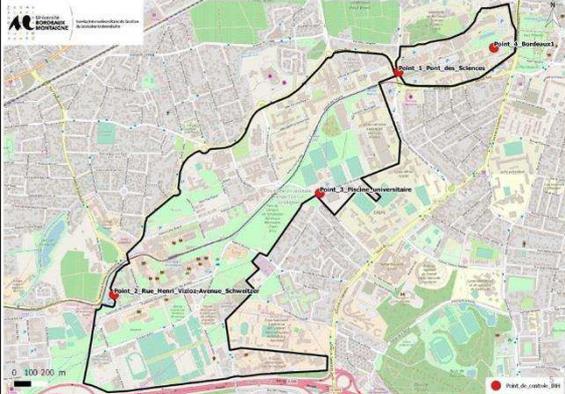
### SIGDU

- Service Inter-établissements de Gestion du Domaine Universitaire de Pessac-Talence-Gradignan
- Rattaché à l'Université Bordeaux Montaigne depuis 1974
- Une gouvernance partagée (UBM, UB, CROUS, CNRS, IEP, INP)
- Assure la gestion des espaces et infrastructures communs :
  - espaces verts (43 ha, 110 arbres)
  - voiries (18 km),
  - éclairage public (375 candélabres, 6 postes)
  - production et distribution de l'eau potable (17 km), géothermique et industrielle,
  - réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales (13 km)

### La gestion des eaux usées sur le campus

- 13 km de réseaux de collecte EU et EP
- Rejets sur réseau BM → traitement STEP
- Arrêté + Convention de rejet
- Paiement de 3 redevances répercutées sur le prix de l'eau (*bassin* : pollution et modernisation réseaux de collecte pour Agence de l'eau et *locale* : SGAC/BM)
- Ces redevances (840 K€) représentent 60 % du prix de l'eau (2,59 €/m<sup>3</sup> soit 30 % moins cher que la moyenne métropolitaine)
- La redevance SGAC/BM est indexée sur les volumes rejetés (calcul à partir des conso eau potable) et la concentration des polluants

### 4 points de contrôle des rejets EU



### La gestion des eaux usées sur le campus

- 4 points de contrôles : 3 inopinés (SGAC) + 3 autocontrôles (SIGDU) par an
- 1 point de contrôle : 1 K€
- Calcul : Volume AEP \* Cp
- Cp : Coefficient de pollution
- Depuis 4 ans : qualité des rejets se dégrade et les coûts augmentent
- Réunions + campagne de sensibilisation

## Le service de l'assainissement collectif de Bordeaux Métropole



11 Rencontre SGAC/LyRe/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018

### Les services publics d'eau et d'assainissement de Bordeaux Métropole

Assurer production et distribution eau potable, assainissement eaux usées et gestion eaux pluviales urbaines, 24h/24 & 7/7.  
→ compétence de Bordeaux Métropole



**Service Eau potable**  
délégation à SUEZ  
contrat de concession (investissement et exploitation)  
signé en 1992 (durée de 30 ans)  
23 des 28 communes

**Service Assainissement**  
délégation à la SGAC, filiale de SUEZ  
contrat d'affermage (exploitation)  
signé en 2013 (durée de 6 ans)  
27\* des 28 communes

\* Hors Martignas-sur-Jalles

21

## Le cycle de l'eau de Bordeaux Métropole



31



41



1 158 900 Eq.hab  
Capacité de traitement des eaux usées

281 270 usagers  
assainissement

322 Industriels  
conventionnés

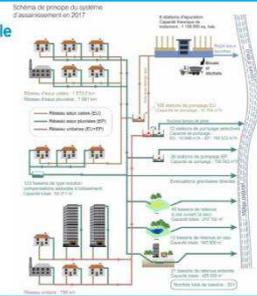
72,5 millions de m3  
Volume épuré avant  
rejet au milieu  
naturel

51

## Le cycle de l'eau de Bordeaux Métropole

A fin 2017, la longueur du réseau d'assainissement de Bordeaux Métropole s'établit à 4 246 km, se décomposant en :

- 1 879,2 km de collecteurs d'eaux usées,
- 1 581,0 km de collecteurs des eaux pluviales,
- 786,0 km de collecteurs unitaires.



61

## Le télécontrôle Ramsès



71

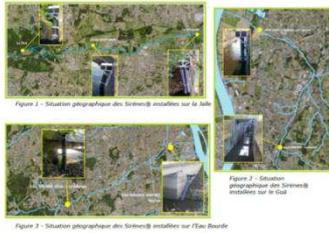
## La gestion dynamique

Objectif : Supprimer les déversements d'eaux unitaires sur le bassin de collecte Louis Fargue pour les pluies d'occurrence 1 mois



81

## Mesure en continu de la qualité des milieux aquatiques : les SIRENE®



91

## Rejets d'eaux usées SIGDU- restaurants



101 Rencontre SGAD/Lyon/Suez/SIGDU 11 Décembre 2018

## Les eaux usées : Définitions

### 1- Les eaux usées domestiques :

Eaux usées des particuliers (eaux issues des sanitaires, lessives, bains, cuisine,...)



### 2- Les eaux usées assimilables à un usage domestique :

Eaux usées des activités pour lesquelles les pollutions de l'eau résultent principalement de la satisfaction des besoins d'alimentation humaine, de lavage et soins d'hygiène des personnes physiques utilisant les locaux desservis, ainsi que de nettoyage et de confort de ces locaux.



Ex: Restaurant, laboratoire  
Acte administratif  
Droit au raccordement

### 3- Les eaux usées autres que domestiques :

Eaux usées provenant d'une utilisation de l'eau autre que domestique (eaux de process industriels tels que les aires de lavage de véhicules, hôpitaux, piscine, ...)



Ex: Université Bordeaux Montaigne Bordeaux II  
Autorisation et convention de déversement avec obligation d'autocontrôle

111

## Le contexte réglementaire

Code de la santé publique  
Article L. 1331-10

« Tout déversement d'eaux usées autres que domestiques dans le réseau public de collecte doit être préalablement autorisé sur le maire ou le président de l'établissement public compétent en matière de collecte à l'endroit du déversement .... »



Réglementation

Règlement assainissement de Bordeaux Métropole

Article 41

« Tout déversement dans le réseau public de collecte doit faire l'objet d'une autorisation qui fixe les conditions techniques, administratives et financières d'admissibilité. Cette autorisation est constituée d'un arrêté d'autorisation de déversement délivré par le Président de Bordeaux Métropole. Cet arrêté peut être complété par une convention de déversement »

121

## La convention de déversement

**Contrat entre 3 parties** : l'établissement (SIGDU), L'exploitant du service public de l'assainissement (SGAC) et le propriétaire des réseaux (Bordeaux Métropole)

La convention fixe les **conditions administratives, techniques et financières** dans lesquelles sont acceptés les effluents

### 3 Auto-surveillances du SIGDU et 2 CI

La convention de déversement du SIGDU est en cours de renouvellement (5ans)

Intégration de la zone Sciences et technologie de l'Université Bordeaux 1 et de la piscine universitaire dans la convention du SIGDU

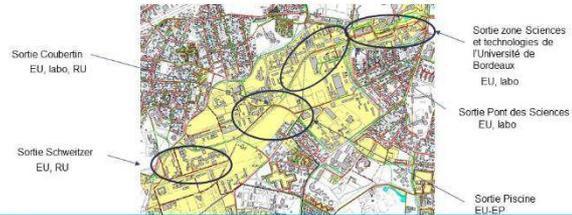
**ATTENTION**

En cas de non respect de l'autorisation de déversement par l'établissement, le Service Public de l'Assainissement peut prendre des mesures pouvant aller de l'application de simples pénalités à la révocation de l'autorisation de déversement.

13 |

## Situation des rejets de l'Université de Bordeaux - Piscine

53 rejets au réseau d'assainissement public



14 |

## Les contrôles

Prélevement sur un bilan 24h asservi au débit réalisé par un laboratoire agréé



Coût d'un CI sur le SIGDU sur les 3 points hors micropolluant = 1200€ HT

(débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, SEC)

Coût d'un CI sur la sortie zone Science et Technologie de l'Université de Bordeaux hors micropolluant = 500€ HT

(débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, indice hydrocarbure)

Avec micropolluants = 1500 € HT

(débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, SEC, métaux, alkylphénols, BTEX, chlorobenzène et nitroaromatiques, organochlorés, anilines, chlorophénols, COHV, HAP, Pesticides, méthanol)

Les paramètres positifs: métaux, méthanol, organochlorés, alkylphénols, chloroforme, chloroalcane, 2,4-dichlorophénol sur 3 prélèvements

A partir de 2019, les paramètres suivants seront mesurés sur les 4 points de contrôles: débit, pH, température, DCO, DBO, MES, NTK, P, SEC et les micropolluants (1/an) métaux, méthanol, organochlorés, alkylphénols, chloroforme, chloroalcane et méthanol

15 |

## Régularisation de la redevance assainissement sur Bordeaux Métropole

**CP = 0,3 + 0,7 (C/Cu)**

CP= coefficient de pollution (fonction des résultats des 3AS et 2CI réalisés dans l'année avec  $C=(DBO5+DCO)/2$  et  $Cu = 450mg/l$ )

**Volume taxable = V (prélevé) \* V (rejeté) x CP**

**Redevance<sub>(assainissement)</sub> = Volume taxable x Prix du m<sup>3</sup><sub>(assainissement)</sub>**

Principe du pollueur payeur

16 |

## Régularisation de la redevance assainissement

Le coefficient de pollution (CP) est calculé sur la base des analyses des rejets.

	EU		EUAQD*	
DBO5	300 mg/l	Cp = 1	800 mg/l	Cp max = 2,47
DCO	600 mg/l		2000 mg/l	
MES	400 mg/l		600 mg/l	
SEC	50 mg/l		150 mg/l	
Phosphore	20 mg/l		50 mg/l	
NTK	75 mg/l		150 mg/l	

\* Concentrations maximales des EUAQD admissibles autorisées par l'arrêté du 2 février 1998 sur les ICPE

Un particulier paie l'assainissement pour un CP de 1 sur sa facture et le volume prélevé = volume rejeté

17 |

## Historique sur le SIGDU

	2013	2014	2015	2016	2017	Remarque
CP Port des sciences (EU-Labo)	0,87	0,9	0,87	0,96	1,04	0,93 augmentation constante du CP
CP Avenue Schweitzer (EU RU)	1,04	0,98	1,01	1,17	1,16	1,07
CP Allée Coubertin (EU-Labo-RU)	0,86	0,86	0,85	1,25	1,44	1,01 forte augmentation du CP
CP Rejet EU piscine	1	1	1	1	1	1
CP Rejet EP piscine (étang)	0,3	0,3	0,3	0,30	0,30	0,3
CP Rejet Bx 1 (EU-ADQ)			1,15	1,55	1,25	1,32
<b>CP Global</b>	<b>0,89</b>	<b>0,83</b>	<b>0,83</b>	<b>1,05</b>	<b>1,19</b>	<b>0,98</b>
Volume forage	667 155	617 900	526 714	503 667	466 555	Baisse de la consommation d'eau
Volume taxable	452 942	434 149	459 824	506 322	531 481	Augmentation du volume taxable et du montant de la régularisation de la redevance

18 |

## Les effluents issus de la restauration

### 1 : Les types d'effluents

- Eaux de lavage issus des convoyeurs
- Nettoyage - désinfection des locaux
- Nettoyage - désinfection du matériel



### 2 : Qualité du rejet

- SEC = Graisses
- MES = Matières En Suspension
- DCO/DBO= Pollution carbonée
- Micropolluants (résidus détergents, désinfectant, ...)



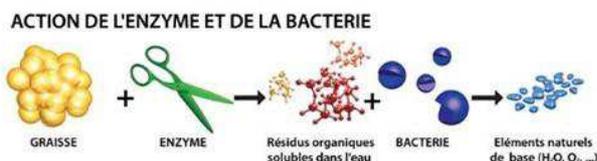
**LES LINGETTES SONT INTERDITES AU RESEAU D'ASSAINISSEMENT**

19 |

## Les enzymes

L'utilisation d'enzyme permet de transformer les **matières organiques** en résidus solubles dans l'eau.

Cette transformation permet alors une meilleure assimilation par les bactéries, qui les transforment ensuite en éléments naturels lors du processus épuratoire.



### Les 7 avantages des produits enzymatiques

- Performance d'un nettoyage plus en profondeur ;
- Sécurité du personnel (pH neutre) ;
- Maintien d'un outil performant (pH neutre) ;
- Facilité dans le processus de travail ;
- Economie d'eau, de temps et d'énergie ;
- L'accroissement du rendement des stations d'épuration ;
- Participation au développement durable.

SI

Température de l'effluent < 50°C  
pH neutre des effluents  
Nature des produits adaptée (détergent)

20 I

## Amélioration de la qualité des effluents

### Les gains

- Limite l'engorgement des réseaux privés - publics
- Diminue des mauvaises odeurs liées à la fermentation
- Augmente de la durée de vie des appareils de nettoyage
- Limite les frais d'entretien des équipements
- Réduction de la pollution en entrée de STEP
- Subventions possibles pour la mise en place de pré traitements de l'Agence de l'Eau Adour Garonne



L'établissement est responsable des conséquences dommageables subies par le Service Public de l'Assainissement du fait du non-respect des prescriptions de l'autorisation de déversement.

A ce titre, l'établissement sera redevable auprès du Service Public de l'Assainissement des dépenses de tout ordre occasionnées par la pollution et pourra faire l'objet de poursuite devant les tribunaux compétents.

21 I

## Les micropolluants



22 | Plancastré SIGAC/Lyria/Suize/SIGDU | 11 Décembre 2018

### Les micropolluants, de quoi parle-t-on ?



De composés **susceptibles d'avoir une action toxique** sur les organismes vivants (plantes, algues ou animaux) d'un milieu donné, **à des concentrations infimes**, de l'ordre du microgramme ( $10^{-6}$  gramme) ou du nanogramme ( $10^{-9}$  gramme) par litre d'eau.

De composés qui représentent aujourd'hui un enjeu de société important et qui devrait largement croître dans les années à venir.

De composés qui proviennent essentiellement des activités humaines telles que l'industrie, les transports, l'agriculture.... mais aussi des rejets domestiques de l'ensemble des citoyens.



23 |



### Différentes méthodes d'étude

#### Diagnostic chimique



#### Diagnostic biologique

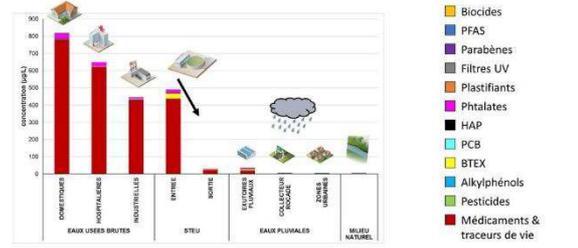


#### Diagnostic sociétal



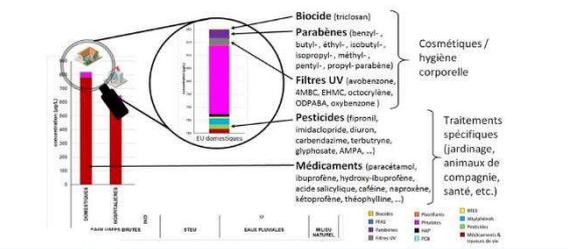
34 |

### Résultats du diagnostic chimique



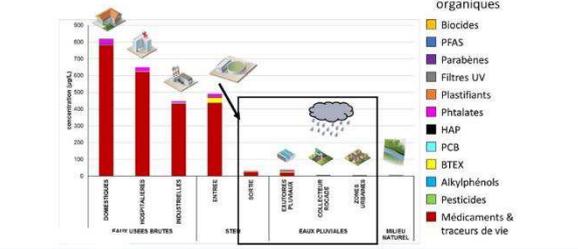
35 |

### Source domestique



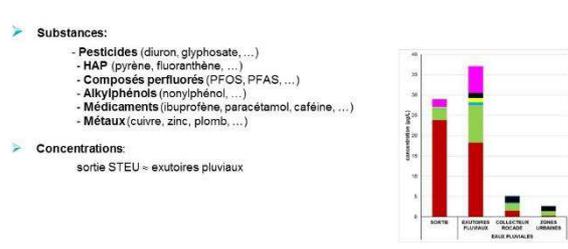
36 |

### Source pluviale



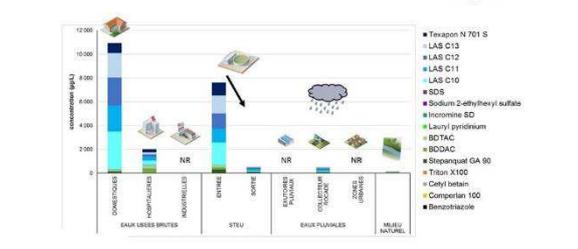
37 |

### Source pluviale



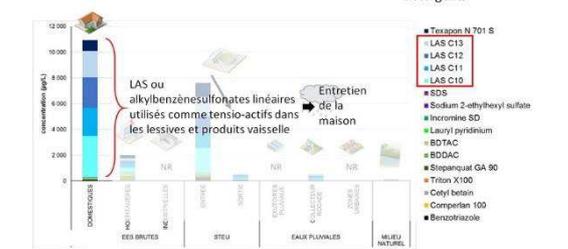
38 |

### Résultats du diagnostic chimique



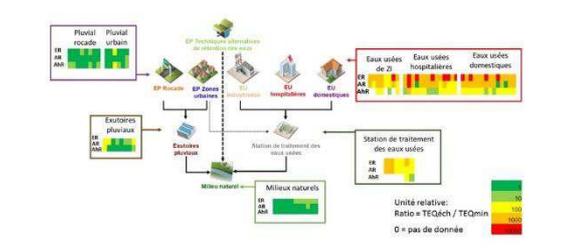
39 |

### Source domestique



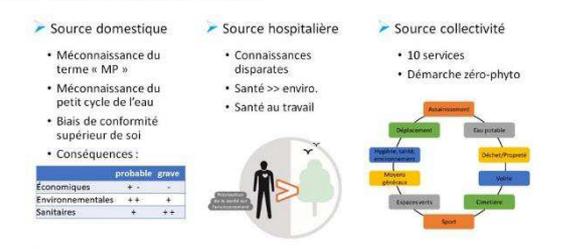
40 |

### Résultats du diagnostic biologique



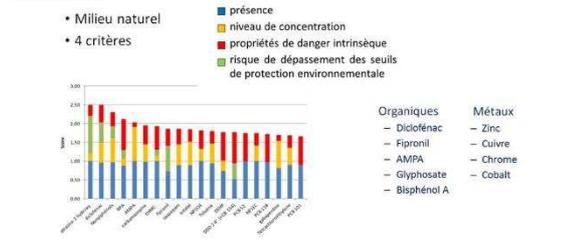
41 |

### Résultats du diagnostic sociétal



42 |

### Priorisation



43 |

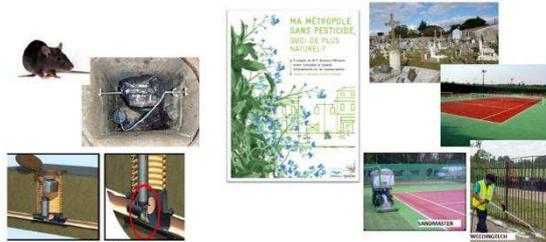
### Actions source domestique



### Actions source hospitalière



### Actions source collectivité



### Actions source pluviales



# Quelques préconisations

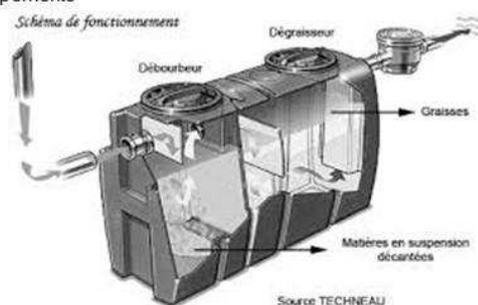


## Amélioration de la qualité des effluents

**Prétraiter les effluents autres que domestiques et assimilables domestiques avec des installations correctement dimensionnées et adaptées**

Tout effluent issu de l'agroalimentaire doit être obligatoirement prétraité

- Bac à graisse enterré avec nettoyage 1/an à minima pour les équipements
- Ou bac à graisse sous évier (entretien automatique)
- Dimensionnement fonction du nombre de repas



Évacuation de l'huile en tant que déchet

49 |

## Amélioration de la qualité des effluents

**Sensibiliser le personnel aux bonnes pratiques :**

**Éviter les pertes de matière première ou de restes de repas en travaillant sur la « non pollution » de l'effluent:**

- Equiper d'un panier les siphons de sol et les siphons des éviers afin de retenir les déchets solides et les récupérer pour les jeter dans le bac à déchets adapté,
- Récupérer les déchets et résidus de nourriture par un dégrossissage manuel,
- Agir sur les produits nécessaires au nettoyage des ustensiles, matériels et locaux en utilisant la juste quantité de détergents et désinfectants (automatisation), remplacer certains produits lessiviels, ajuster la fréquence de la désinfection,...
- Les bonnes pratiques sont un complément du pré traitement (encrassement moindre, fréquence d'entretien)



50 |

## En cas de pollution accidentelle

- Prévenir le PCSI au 05 56 84 29 88
- Prévenir le SIGDU au 06 26 64 69 52
- Obligation de prévenir le service public de l'assainissement au  
**0977 40 10 14 (24/24h – 7/7jours)**
- Préciser la localisation précise de l'accident (adresse, plan des réseaux, image google map)
- Informer de la nature de la pollution et des premiers actes réalisés
- Transmettre les BSD après intervention – pompage au service public de l'assainissement

51 |

## Désordres constatés sur le réseau d'assainissement



52 |

## Désordres constatés sur le réseau d'assainissement



## Conclusion

Les effluents agro alimentaires doivent être obligatoirement prétraités par un bac à graisse

Il est nécessaire d'ajuster la capacité du pré traitement- fréquence d'entretien au nombre de repas

Les gestes impactent directement la qualité du rejet – état du réseau privé et public – bon fonctionnement de la STEP

**« Ne jetons pas tout à l'égout »**

**« Vos pratiques d'aujourd'hui participent à préserver le milieu naturel et à la qualité de l'eau potable de demain »**

54 |

Merci de votre attention



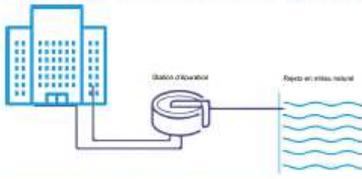
55 | Rencontre SGACI.yre/Saco/SIGOU | 11 Décembre 2019

### 3 Les affiches de sensibilisation et bonnes pratiques

Deux affiches, une pour chaque public visé, ont spécialement été créées afin de servir de mémo à l'issue des réunions de sensibilisation et de toucher un public plus large que les seuls participants. Elles sont composées de 3 parties : (1) un rappel sur le fonctionnement du réseau d'assainissement, (2) une liste de bonnes pratiques et (3) les numéros de téléphone des services à contacter en cas de pollution. Les premières versions de ces affiches sont présentées Figure 2 et Figure 3. Elles pourront être modifiées en fonction des retours des participants afin qu'ils se les approprient et acceptent de les afficher dans leurs établissements.

## Préconisations pour la préservation des réseaux d'assainissement

### Laboratoire



*Comment fonctionne le réseau d'assainissement ?*

*Les substances rejetées à l'égout rejoignent le réseau d'assainissement collectif et sont acheminées jusqu'à une station d'épuration. Ces usines de traitement des eaux permettent de «nettoyer» l'eau avant qu'elle ne soit restituée au milieu naturel. Des contrôles de conformité sont effectués pour surveiller la qualité des eaux déversées.*



**1.**  
Stockage et collecte spécifique des **DÉCHETS LIQUIDES TOXIQUES**

**2.**  
Utilisation modérée des **PRODUITS NON DANGEREUX**  
mais problématiques pour le réseau d'assainissement  
(acétone, éthanol, javel, acides, soude...) :

- corrosion du réseau
- résidus dans le réseau
- pollution accrue de l'effluent





**3.**  
Limiter / éviter les rejets de **MICROPOLLUANTS**  
(métaux, solvants, détergents, médicaments)

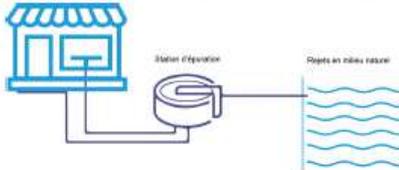
**EN CAS DE POLLUTION ACCIDENTELLE**

1. Prévenir le PCSI au 05 56 84 29 88	2. Prévenir le SIGDU au 06 26 64 69 52	3. Prévenir le service public de l'assainissement au 0977 40 10 14
--	---	---

Figure 2 : Affiche de sensibilisation dédiée aux laboratoires universitaires.

# Préconisations pour la préservation des réseaux d'assainissement

## Restauration



### Comment fonctionne le réseau d'assainissement ?

Les substances rejetées à l'égout rejoignent le réseau d'assainissement collectif et sont acheminées jusqu'à une station d'épuration. Ces usines de traitement des eaux permettent de «nettoyer» l'eau avant qu'elle ne soit restituée au milieu naturel. Des contrôles de conformité sont effectués pour surveiller la qualité des eaux déversées.



1. Installer un **BAC À GRAISSE**  
enterré --> entretien régulier  
sous-évier --> traitement des huiles en déchetterie

2. Jeter à la **POUBELLE** les restes de repas



3. Vérifier l'entretien et l'installation des **SIPHONS DE SOL**



4. Utiliser les **DÉTERGENTS** à la juste dose et à la bonne fréquence



5. Ne pas jeter les **HUILES ALIMENTAIRES** à l'égout

### EN CAS DE POLLUTION ACCIDENTELLE

1. Prévenir le PCSI au  
05 56 84 29 88

2. Prévenir le SIGDU au  
06 26 64 69 52

3. Prévenir le service public de  
l'assainissement au 0977 40 10 14

Figure 3: Affiche de sensibilisation dédiée aux restaurants collectifs du campus.

## Conclusion - Perspectives

Ces réunions et les échanges qui en ont découlés ont été positifs et constructifs. Il apparaît que les préconisations d'ordre générale faites au cours de ces réunions, telle qu'utiliser des détergents éco-labélisés pour le nettoyage des cuisines et des salles de restauration, et les bonnes pratiques, comme ne pas jeter le méthanol ou l'acétone à l'évier, sont utiles au regard des commentaires qu'elles ont suscités.

Dans le cadre de REGARD, l'effet « boule de neige » pour sensibiliser un maximum de personnes est attendu : les personnes présentes à ces réunions sensibiliseront leurs collègues ou leurs personnels, qui à leur tour sensibiliseront leur collègues, collaborateurs, stagiaires, etc.

D'un point de vu plus général, la difficulté pour organiser de telles réunions de sensibilisation réside dans l'identification des bons interlocuteurs ou des bons réseaux d'interlocuteurs. N'ayant aucun caractère obligatoire, comme souvent sur les sujets d'environnement, les personnes qui acceptent de participer à ces réunions sont les plus sensibilisées. Cependant, contrairement au grand public, le cadre professionnel ou hiérarchique laisse penser que différents publics pourront être touchés notamment via des communications internes dans les établissements telles que les réunions de services, les newsletters, etc.

Les perspectives immédiates de ce travail sont les changements de pratiques qui seront mis en place au sein des laboratoires et restaurants et à plus long terme, la sensibilisation des étudiants qui vivent sur le campus.



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



# REGARD

*REduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise*

**LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION DES MICROPOLLUANTS  
SUR LE TERRAIN**

**TACHE 3.1 Actions sur la source pluviale**

**Sous-tâche 3.1.2 Mise en œuvre d'un pilote de traitement du pluvial**

Livrable n°312 : Retour et évaluation des solutions mises en œuvre sur la source pluviale, efficacité d'une filière de traitement des eaux pluviales

Version finale  
Avril 2019

Auteurs : B. Barillon, Y. Penru, R. Pico, C. Chauvin, H. Budzinski, A. Coynel, MJ. Capdeville

université  
de BORDEAUX



Université  
BORDEAUX  
MONTAIGNE

BORDEAUX  
MÉTROPOLE

suez  
le lyre

suez  
le lyre

INERIS

irstea

CAP SCIENCES  
Eau, Climat, Santé



## SYNTHESE

---

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet REGARD (Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole Bordelaise), un des projets lauréats de l'appel à projets Micropolluants financé par l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) et les Agences de l'Eau et porté par le LyRE et Bordeaux Métropole.

Une des sources de micropolluants particulièrement étudiée dans le projet REGARD est celle relative aux **eaux pluviales**, le territoire de Bordeaux Métropole étant très engagé dans une stratégie de maîtrise des inondations et de réduction des rejets par temps de pluie.

L'objectif de cette étude était la **mise en œuvre d'une technologie de traitement des micropolluants des eaux pluviales d'un réseau séparatif**, avant rejet en milieu naturel sensible, basée sur une filtration sur bande et couplée à une injection de réactifs (coagulant / floculant). Le but était de répondre aux questions-clés suivantes :

- ➔ Quelle est l'**efficacité de traitement de la technologie** sélectionnée vis-à-vis de micropolluants cibles pour les eaux pluviales ?
- ➔ Quelles sont les **limites d'application de cette technologie** pour le **traitement des eaux pluviales** en réseau séparatif ?

### METHODOLOGIE

Un **pilote de démonstration** de marque Salsnes a été installé en dérivation du dégrilleur / dessableur de Bois Gramond, un des ouvrages du Collecteur séparatif Rcade Nord sur le site de Bois Gramond. Ce traitement par filtration sur maille 210 µm peut être précédé d'une injection de réactifs chimiques (combinaison de coagulant (chlorure ferrique) et de polymère anionique, ou polymère cationique seul) afin de permettre la formation d'un gâteau de filtration à travers lequel l'eau pluviale sera filtrée.

**Six campagnes de temps de pluie** ont été effectuées pendant le 1<sup>er</sup> semestre 2018, deux campagnes sans réactifs et quatre campagnes avec réactifs dont trois avec coagulant et floculant anionique (SNF EM630) et une avec floculant cationique (SNF EM 840 CT).

En plus des paramètres globaux (MES, DCO, DBO5,..), **17 métaux** (particulaire/dissous), **14 hydrocarbures aromatiques polycycliques** (HAP) (particulaire/dissous) et **13 pesticides** (dissous) ont été analysés par les partenaires de l'étude.

### CONSTATATIONS ET CONCLUSIONS

Les essais réalisés ont permis de répondre aux 2 questions-clés posées :

- ➔ Quelle est **efficacité de traitement de la technologie** sélectionnée vis-à-vis de micropolluants cibles pour les eaux pluviales ?

- En l'absence de réactifs, l'abattement des paramètres globaux et des micropolluants est faible, voire nul. Cela s'explique vraisemblablement par le fait qu'aucun gâteau de filtration n'est formé et que le procédé s'apparente dans ce cas à un tamisage à 210 µm.
- Les polluants sous forme particulaire : MES, HAP et éléments traces métalliques sont éliminés jusqu'à 80 % en présence de réactifs - coagulation / floculation ou floculation seule préalable –
  - L'élimination de ces composés nécessite un dosage seuil des réactifs en lien avec la formation du gâteau de filtration.
  - Le pourcentage d'abattement devient plus faible dans le cas des eaux pluviales plus faiblement chargées en MES.
  - Le pourcentage d'élimination des HAP et des métaux est directement corrélé au pourcentage d'abattement des MES.
- Les micropolluants présents sous forme dissoute : métaux, HAP et pesticides, sauf glyphosate et AMPA, ne sont pas ou sont peu éliminés des eaux même en présence de réactifs.
  - Les métaux ne sont pas éliminés par le traitement. La concentration peut toutefois augmenter en sortie du pilote, comme pour le cobalt, le zinc et le nickel, probablement du fait d'impuretés apportées par le coagulant.
  - Il est en fait difficile de conclure sur l'efficacité d'élimination des HAP dissous : les tendances ne sont effectivement pas marquées avec des rendements assez variables.
  - Pour les pesticides, même si les rendements d'élimination restent faibles, l'utilisation d'un polymère cationique seul semble plus efficace que la combinaison coagulant et polymère anionique. La dose employée reste toutefois élevée. Les rendements peuvent atteindre 30 % pour la simazine et la carbendazime.
- Le glyphosate et l'AMPA ne sont pas éliminés par ajout de polymère cationique mais sont éliminés jusqu'à 90 % par ajout de coagulant et de polymère anionique.

Les meilleures performances obtenues sur l'unité pilote sont les suivantes :

Polluant ou Micropolluant	Phase	Performance	
		Chlorure ferrique 16 % + polymère anionique SNF EM 630 à 1.6%	Polymère cationique SNF EM 840 CT à 8%
MES	Particulaire	80 %	80 %
HAP	Particulaire	50 – 55 %	55 – 60 %
HAP	Dissoute	Pas d'abattement	Pas d'abattement -
Métaux	Particulaire	80 – 85 %	85 – 90 %
Métaux	Dissoute	Pas d'abattement -	Pas d'abattement -
Pesticides	Dissoute	0 - 20 %	0 - 30 %
Glyphosate, AMPA	Dissoute	90 %	Pas d'abattement

- ➔ Quelles sont les **limites d'application de cette technologie** pour le **traitement des eaux pluviales** en réseau séparatif ?

Cette technologie peut s'appliquer pour **diminuer de façon significative la charge de micropolluants** rejetée dans le milieu récepteur, notamment celle correspondant aux micropolluants sous forme particulaire tels que métaux et HAP, dans une limite de débit qui doit correspondre à un compromis entre coûts (CAPEX et OPEX) et bénéfices.

Un **ensemble de 3 filtres**, installés en dérivation de l'ouvrage, nécessitant une surface de l'ordre de 50 m<sup>2</sup> **permettrait de traiter 550 m<sup>3</sup>/h**, soit une **pluie de 2 mm sur 24 h** pour l'exutoire du Collecteur Rociade Nord considéré dans l'étude.

**Les essais n'ont pas permis d'optimiser les doses de réactifs injectées**, optimisation nécessaire pour une étude technico-économique plus précise.

## **RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

Un nombre limité de campagnes de temps de pluie pertinentes (intensité de pluie, durée...) et donc de conditions expérimentales ont été testées sur la période. Sachant que les eaux pluviales peuvent présenter de fortes variations en termes de concentrations d'un événement à l'autre, la fiabilité des conclusions peut s'en trouver réduite.

Il serait souhaitable, pour valider les tendances observées, d'avoir d'autres jeux de données et de mieux maîtriser les conditions opératoires au cours du temps.

## TABLE DES MATIERES

---

1.	Introduction.....	10
1.1	Contexte.....	10
1.2	Objectifs.....	11
2.	Méthodologie.....	12
2.1	Sélection du site : dégrilleur/dessableur de Bois Gramond.....	12
2.2	Caractérisation de la pollution en micropolluants des eaux pluviales.....	14
	2.2.1. Micropolluants organiques.....	14
	2.2.2. Micropolluants inorganiques.....	15
2.3	Pilote de traitement des eaux pluviales.....	16
	2.3.1 Choix de la technologie.....	16
	2.3.2 Principe.....	16
	2.3.3 Installation sur site.....	17
2.4	Campagnes de temps de pluie.....	23
	2.4.1 Recensement des campagnes.....	23
	2.4.2 Procédure expérimentale.....	24
	2.4.3 Analyses.....	24
	2.4.4 Paramètres globaux analysés.....	25
	2.4.5 Micropolluants organiques analysés.....	25
	2.4.6 Eléments trace métalliques (ETM) analysés.....	26
	2.4.7 Etude écotoxicologique sur organismes aquatiques.....	27
3.	Résultats.....	29
3.1	Doses de réactifs.....	29
3.2	Paramètres globaux.....	30
3.3	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).....	31
	3.3.1 HAP dissous.....	32
	3.3.2 HAP en phase particulaire.....	34
3.4	Pesticides.....	37
	3.4.1 Pesticides hors glyphosate et AMPA.....	37
	3.4.2 Cas du glyphosate et de l'AMPA.....	42
3.5	Métaux.....	44
	3.5.1 Etude écotoxicologique sur organismes aquatiques.....	49
4.	Bilan.....	50
4.1	Elimination des micropolluants.....	50
4.2	Eléments économiques.....	51
4.3	Limites de l'étude.....	53
5.	Conclusions.....	54
6.	Remerciements.....	55
7.	Références.....	55

## **ANNEXES**

---

Annexe 1 : Sélection du flocculant cationique \_\_\_\_\_ 57

## ILLUSTRATIONS

### Tables

Tableau 1: Caractéristiques des eaux brutes pour essais jar test	20
Tableau 2: Polymères en émulsion testés	20
Tableau 3: Campagnes de mesures effectuées de temps de pluie à Bois Gramond	24
Tableau 4: Suivi analytique pour chaque campagne de temps de pluie	25
Tableau 5: Paramètres globaux analysés et normes associées	25
Tableau 6: Liste des micropolluants organiques analysés (* phase dissoute uniquement pour les pesticides) et limites de quantification (LOQ) associées	26
Tableau 7: Eléments trace métalliques analysés	26
Tableau 8 : Doses réelles de réactifs vs doses visées	30
Tableau 9 : Meilleures performances sur le pilote de traitement des eaux pluviales	51
Tableau 10 : Exemple de design	52

### Figures

Figure 1: Pollution des eaux pluviales (Chocat, 2007)	10
Figure 2: Volumes annuels rejetés par le Collecteur Rocade Nord dans la Jalle de Blanquefort (Chocat, 2007)	12
Figure 3: Site de Bois Gramond, lieu d'installation du pilote de traitement des eaux pluviales	13
Figure 4: Concentration (a) et flux (b) en micropolluants sur le site de Bois Gramond par temps sec (identifié par « sec ») et temps de pluie (* : molécules recherchées phase dissoute et particulaire). Source : livrable REGARD tâche 1.3	15
Figure 5: Concentration en Eléments Trace Métalliques totaux et dissous sur le site de Bois Gramond par temps sec et temps de pluie (Ea=entrée aéroport, El=entrée Limancet, S=sortie). Source : livrable REGARD tâche 1.3.	16
Figure 6: Implantation du pilote de démonstration sur le site de Bois Gramond. (Source : LyRE)	18
Figure 7: Connexion du pilote de démonstration sur le site de Bois Gramond.	19
Figure 8: Filière de traitement des eaux pluviales de Bois Gramond	19
Figure 9: (a) Floccs obtenus par coagulation (FeCl <sub>3</sub> , 5%) et floculation polymère anionique (SNF EM 630, 0,5 mg MA/L), (b) Floccs obtenus avec concentration croissante de polymère cationique (SNF EM 840 CT)	21
Figure 10: Evolution de la turbidité (échantillon eau Bois Gramond) après coagulation à 20% FeCl <sub>3</sub> en fonction de la dose de polymère anionique appliquée et pour les différents polymères du tableau 2. Résultats obtenus après filtration à 158 µm.	22
Figure 11: Evolution de la turbidité (échantillon eau Bois Gramond) en fonction de la dose de coagulant (FeCl <sub>3</sub> ) et de la maille de filtration pour 2 doses de polymère anionique SNF EM 630.	22
Figure 12: Bois Gramond par temps sec (à gauche), par temps de pluie (à droite). Source : LyRE	23
Figure 13 : Plan factoriel des expériences menées en laboratoire pour exposer les bivalves aux eaux des campagnes 1 et 4.	28
Figure 14 : Schématisation du principe d'échantillonnage (orange), des analyses prévues (noir) et du renouvellement de l'eau (jaune). <u>GD</u> : Glande Digestive ; <u>Br</u> : Branchies ; <u>MTs</u> : Métallothionéines.	28
Figure 15 : Evolution de la turbidité au cours des campagnes de temps de pluie	29
Figure 16 : Concentrations en MES et DCO des eaux pluviales en entrée du pilote de traitement pour les 6 campagnes de temps de pluie.	30
Figure 17 : Abattement des MES entrée/sortie du pilote de traitement pour les 6 campagnes terrain, sans (figure gauche) et avec réactifs chimiques (figure droite)	31
Figure 18 : Concentrations en HAP en phase dissoute (haut) et en phase particulaire (bas) pour les 6 campagnes de temps de pluie. Valeurs moyennes (marqueurs bleus et violets), min et max.	32
Figure 19 : Concentrations en HAP dissous en entrée/sortie du pilote. Campagne 1 sans réactifs	33
Figure 20 : Concentrations en HAP dissous en entrée/sortie du pilote. Campagnes 2 et 3 avec réactifs : coagulant et polymère anionique et doses croissantes.	33
Figure 21 : Abattements pour les HAP dissous sur la filière pilote dans les campagnes de temps de pluie sans réactifs (haut) et avec réactifs (coagulant + polymère anionique, bas)	34
Figure 22 : Concentrations en HAP en phase particulaire en entrée/sortie du pilote. Campagne 2 sans réactifs	35
Figure 23 : Concentrations en HAP en phase particulaire en entrée/sortie du pilote. Campagnes 1 à 4 avec réactifs	35
Figure 24 : Abattements pour les HAP en phase particulaire sur la filière pilote dans les campagnes de temps de pluie sans réactifs (haut) et avec réactifs (bas)	36

Figure 25 : Corrélation entre abattements des HAP en phase particulaire et abattements des MES.	37
Figure 26 : Concentrations en pesticides entrée et sortie du pilote fonctionnant sans réactifs	38
Figure 27 : Abattements moyens des pesticides entrée/sortie du pilote de traitement sans réactifs chimiques.	39
Figure 28 : Concentrations en pesticides entrée et sortie du pilote. Traitement avec réactifs : coagulant et polymère anionique	40
Figure 29 : Abattements des pesticides entrée/sortie du pilote de traitement en fonction du dosage de coagulant et de polymère anionique	41
Figure 30 : Concentrations en pesticides entrée et sortie du pilote. Traitement avec polymère cationique.	41
Figure 31 : Abattements des pesticides entrée/sortie du pilote de traitement avec dosage de polymère anionique	42
Figure 32 : Concentrations en glyphosate et AMPA en entrée et sortie pilote pour les 6 campagnes de temps de pluie.	43
Figure 33 : Abattement en glyphosate et AMPA sur la filière pilote avec ou sans réactifs.	44
Figure 34 : Rendement d'élimination du glyphosate et l'AMPA en fonction du dosage (%) de coagulant (chlorure ferrique)	44
Figure 35 : Concentrations en éléments traces métalliques entrée et sortie du pilote fonctionnant sans réactifs	45
Figure 36 : Concentrations en éléments traces métalliques entrée et sortie du pilote fonctionnant avec réactifs (Campagnes 1 à 3 : coagulant + polymère anionique ; Campagne 4 : polymère cationique)	46
Figure 37 : Abattement des éléments traces métalliques contenus dans les eaux pluviales pour la campagne 1 sans réactifs.	47
Figure 38 : Abattement des éléments traces métalliques contenus dans les eaux pluviales pour les campagne 1 à 4 avec réactifs, (Campagnes 1 à 3 : coagulant + polymère anionique ; Campagne 4 : polymère cationique)	48
Figure 39 : Corrélation entre abattement éléments traces métalliques et abattement des MES	48
Figure 40 : Fonctionnement du filtre sans réactifs (gauche), avec réactifs (droite) de type coagulant et polymère.	50
Figure 41 : Exemple d'implantation d'une installation de traitement des eaux	53

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet REGARD (Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole Bordelaise), un des projets lauréats de l'appel à projets Micropolluants financé par l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) et les Agences de l'Eau et porté par le LyRE et Bordeaux Métropole.

Une des sources de micropolluants particulièrement étudiée dans le projet REGARD est celle relative aux eaux pluviales. D'une part parce les eaux pluviales revêtent une importance particulière sur le territoire de Bordeaux Métropole, très engagé dans une stratégie de maîtrise des inondations et de réduction des rejets par temps de pluie et d'autre part parce que nombres d'études ont montré que les eaux pluviales sont des vecteurs de pollution et peuvent être responsables de pics toxiques dans les écosystèmes aquatiques. L'urbanisation croissante et notamment l'imperméabilisation des sols en milieu urbain a en effet accru les impacts des eaux pluviales : les volumes d'eau ruisselées sont plus importants et le lessivage des surfaces charge les eaux pluviales en polluants provenant de l'activité humaine.

Les micropolluants retrouvés dans les eaux pluviales ont plusieurs origines, ainsi que le montre la Figure 1. Ils peuvent provenir de :

- La pollution atmosphérique
- Des eaux de ruissellement des surfaces urbaines
- L'érosion des structures urbaines
- La remise en suspension des dépôts dans les réseaux d'assainissement

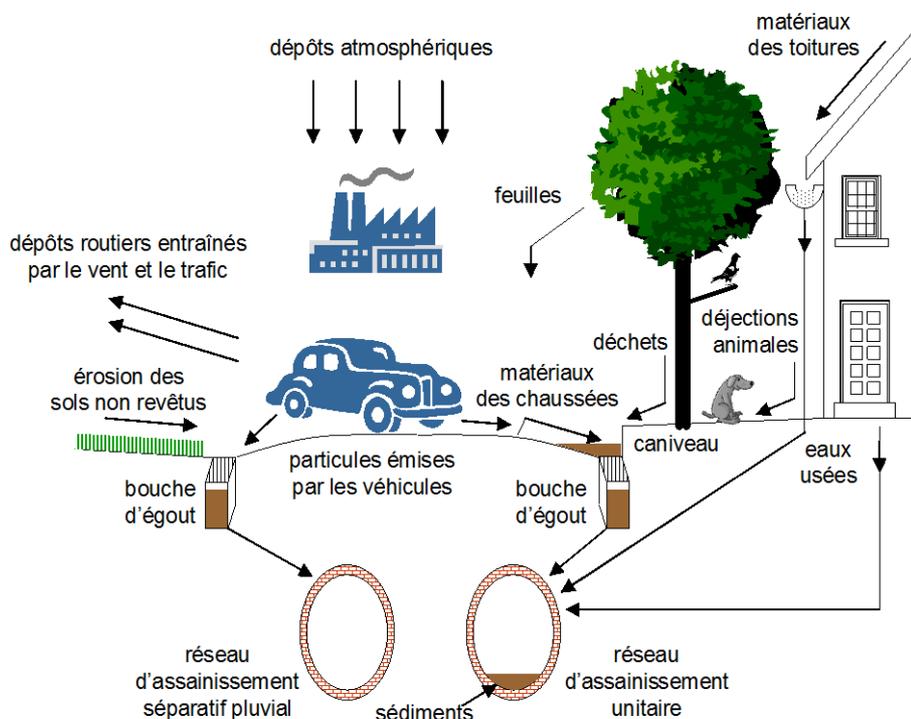


Figure 1: Pollution des eaux pluviales (Chocat,2007)

Une étude bibliographique, détaillée dans le livrable de la Tâche 1.2 Description des sources et inventaires des leviers d'action, étude de la source pluviale (Ref.: WTR/ BB/079\_2016), a mis en relief le fait que les micropolluants se trouvaient sous forme dissoute ou particulaire, que leurs concentrations dans les eaux pluviales étaient variables et que cette variabilité s'expliquait par des facteurs multiples : intensité de pluie, imperméabilisation des surfaces urbaines, types de matériaux, usages et activités ayant lieu sur la surface, etc...

Il n'est pas toujours possible de contrôler cette pollution à la source, les leviers d'action amont, basés par exemple sur des changements de pratiques d'acteurs et d'usagers multiples, étant la plupart du temps limités ou difficiles à mettre en œuvre.

Dans le cas des réseaux unitaires, connectés à une station d'épuration, les eaux pluviales subissent un traitement avant rejet à hauteur du débit accepté par la station.

Dans le cas des réseaux séparatifs, les eaux sont en général rejetées sans traitement (ou avec traitement sommaire pour diminuer la fraction particulaire) en milieu récepteur. Un traitement « in-pipe » peut s'avérer nécessaire pour limiter les flux de micropolluants déversés à l'exutoire du réseau séparatif. Il est à noter que les nouveaux aménagements de réseaux d'assainissement se font actuellement majoritairement en réseaux séparatifs, rendant la problématique du rejet de la pollution contenue dans ces eaux pluviales en milieu récepteur d'autant plus importante.

Dans le but d'identifier une solution de traitement des micropolluants des eaux pluviales sur un réseau séparatif et de la mettre en œuvre sur un site pertinent, une étude préliminaire avait aussi été réalisée dans le livrable de la Tâche 1.2 Description des sources et inventaires des leviers d'action, étude de la source pluviale (Réf. : WTR/ BB/079\_2016), consistant à :

- Effectuer une **revue des procédés** pour le traitement des micropolluants dans les eaux pluviales afin de sélectionner la technologie la plus appropriée
- Établir le **cahier des charges** d'un pilote de traitement
- Choisir et caractériser le **site d'implantation** du pilote sur le territoire de Bordeaux Métropole.

Ainsi, l'ouvrage situé sur le site de Bois Gramond (Bordeaux Métropole) a été sélectionné comme site d'implantation de la solution de traitement. Il s'agit d'un ouvrage faisant office de dégrilleur / dessableur sur le collecteur séparatif Rocade Nord et situé en amont de l'exutoire du collecteur (Jalle de Blanquefort).

Le procédé sélectionné est un filtre à bande, de marque Salsnes, couplé à une coagulation / floculation permettant une filtration des eaux pluviales sur gâteau.

## 1.2 Objectifs

L'objectif de cette étude est la mise en œuvre d'un pilote de démonstration en vue traiter les micropolluants des eaux pluviales d'un réseau séparatif, avant rejet en milieu naturel sensible, dans le but de répondre aux questions-clés suivantes :

- ➔ Quelle est l'efficacité de traitement de la technologie sélectionnée vis-à-vis de micropolluants cibles pour les eaux pluviales ?
- ➔ Quelles sont les limites d'application de cette technologie pour le traitement des eaux pluviales en réseau séparatif ?

## 2. Méthodologie

---

### 2.1 Sélection du site : dégrilleur/dessableur de Bois Gramond

Le collecteur Rocado nord est le réseau de type séparatif retenu comme cas d'étude pour un traitement « in-pipe » des eaux pluviales dans le projet REGARD et ce, pour les raisons suivantes :

- Possède plus long linéaire de collecteurs amont parmi les 10 exutoires pluviaux étudiés dans le projet (84 km de long)
- Draine 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) et dont la surface du bassin versant est occupée à la fois par de l'urbain mais aussi par de l'industriel en quantité importante
- Rejette le plus gros volume annuel parmi les 3 principaux exutoires pluviaux se rejetant dans la Jalle (cf. Figure 2).

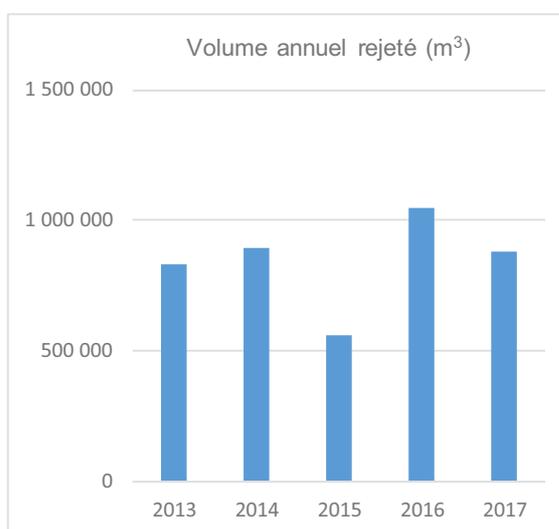


Figure 2: Volumes annuels rejetés par le Collecteur Rocado Nord dans la Jalle de Blanquefort (Chocat, 2007)

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.).

Le site de Bois Gramond (Figure 3), ouvrage situé sur le collecteur Rocado Nord, à Eysines, à quelques kilomètres en amont de l'exutoire vers la Jalle a été retenu comme site d'implantation du pilote de démonstration pour le traitement des eaux pluviales. Il s'agit d'un dessableur / dégrilleur offrant les avantages suivants :

- Pourvu d'un accès sécurisé,
- Se trouvant à l'aval des principaux apports polluants,
- Possédant une armoire électrique à proximité (dégrilleur avec racleur automatique),
- Possédant un espace disponible pour installer un préleveur et un débitmètre et avec dalle en béton pour installer le pilote

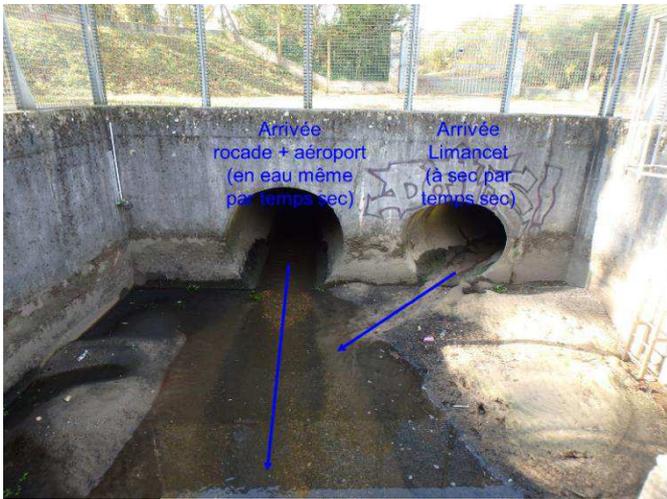


Figure 3: Site de Bois Gramond, lieu d'installation du pilote de traitement des eaux pluviales

Néanmoins, Bois Gramond est un site compliqué :

- 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.
- 2) pour des raisons de configuration du fait de deux arrivées d'eau avant le dégrilleur (Figure 3), une amenant les eaux de la rocade et de l'aéroport et l'autre amenant les eaux du Limancet, un ruisseau canalisé. Cela se traduit par un apport d'eau continu, même par temps sec. En termes de débit, l'entrée « Limancet » ne compte que pour 0,2% du débit total en sortie du bassin.

## **2.2 Caractérisation de la pollution en micropolluants des eaux pluviales**

Au-delà de critères favorables à la mise en place d'un pilote de démonstration et des volumes d'eaux pluviales déversées dans le milieu naturel, les concentrations et flux en micropolluants transitant sur le site de Bois Gramond ont été évalués dans la 1<sup>ère</sup> phase du projet REGARD. Cette caractérisation du site est détaillée dans les livrables de la tâche 1.3 Recherche de substances et caractérisation de l'impact, sous-tâche 1.3.1 pour les substances organiques et 1.3.2 pour les substances inorganiques.

### **2.2.1. Micropolluants organiques**

Du fait de l'apport d'eau continu, des campagnes de prélèvement ont été effectuées aussi bien par temps sec (au nombre de 3) que par temps de pluie (au nombre de 4). En résumé (cf. Figure 4) :

- 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. Les flux totaux sont de l'ordre de quelques g/j.
- Par temps de pluie, 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. Les flux totaux sont de l'ordre de quelques dizaines de g/événement par temps de pluie. La majorité du flux est donc apportée par l'entrée dite « aéroport + rocade ».

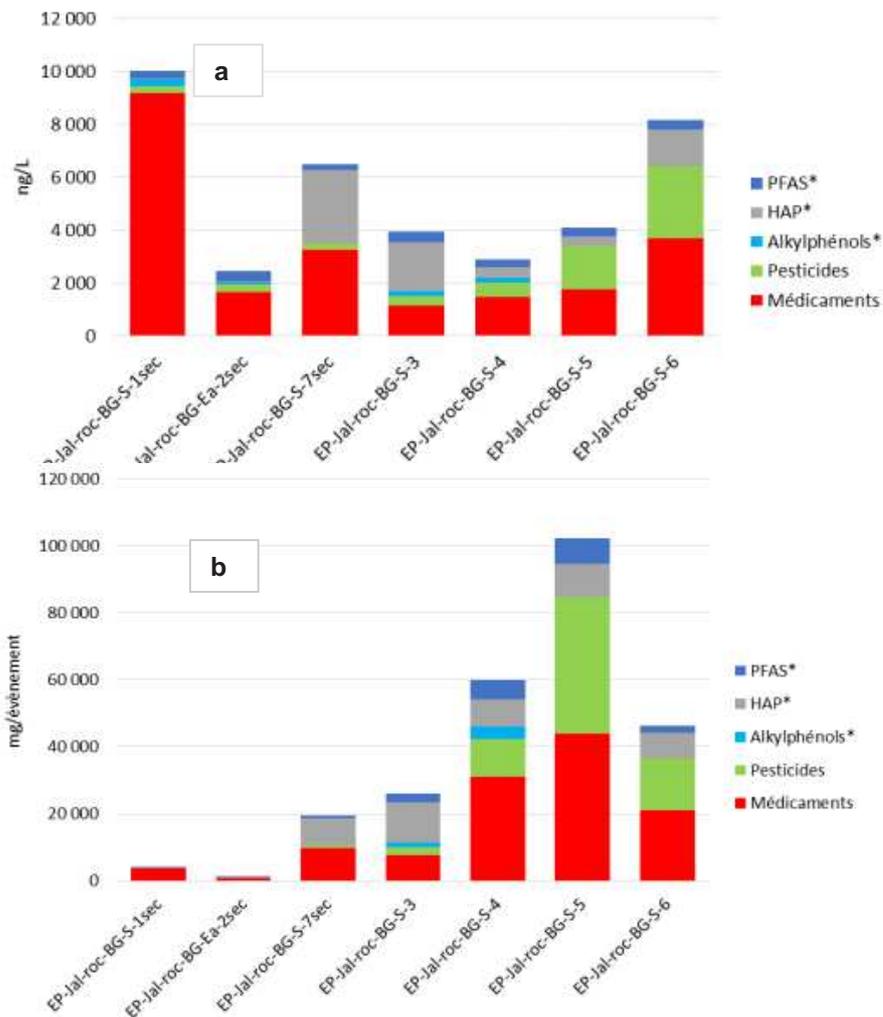


Figure 4: Concentration (a) et flux (b) en micropolluants sur le site de Bois Gramond par temps sec (identifié par « sec ») et temps de pluie (\* : molécules recherchées phase dissoute et particulaire). Source : livrable REGARD tâche 1.3

## 2.2.2. Micropolluants inorganiques

Les micropolluants inorganiques, de type ETM (Eléments Trace Métalliques) ont de même été analysés sur le site de Bois Gramond par temps sec et par temps de pluie (cf. Figure 5).

En résumé, on retiendra que :

- 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.
- Par temps de pluie, le strontium Sr et le Ba voient leurs concentrations diminuer, probablement par 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 par ailleurs mis en évidence 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. Ce point sera discuté plus en détail par la suite.

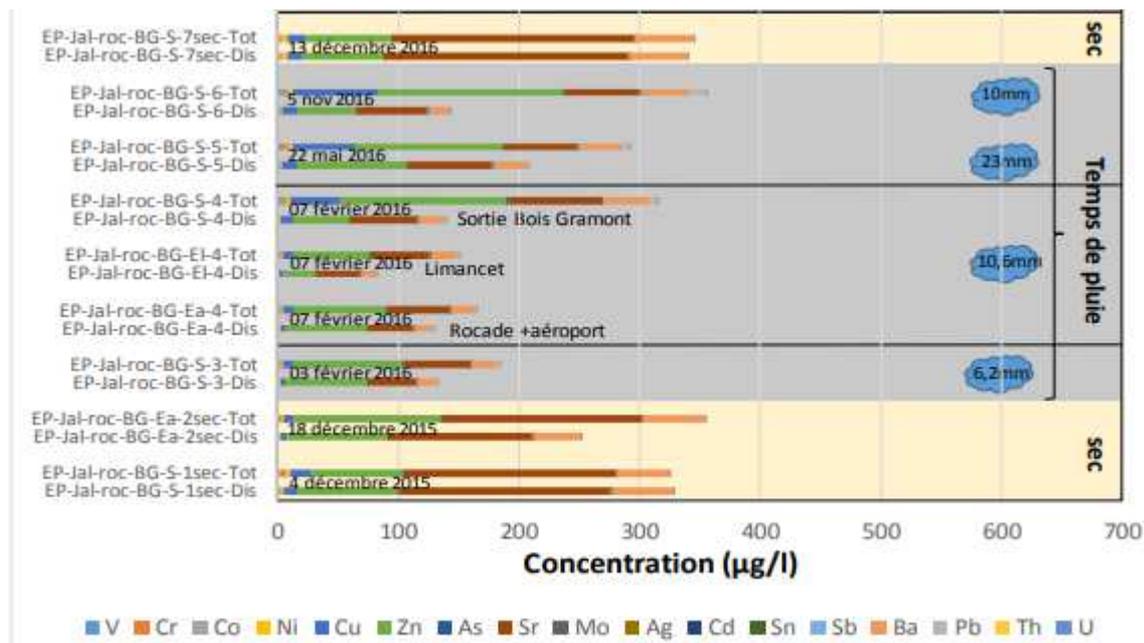


Figure 5: Concentration en Eléments Trace Métalliques totaux et dissous sur le site de Bois Gramond par temps sec et temps de pluie (Ea=entrée aéroport, EI=entrée Limancet, S=sortie). Source : livrable REGARD tâche 1.3.

## 2.3 Pilote de traitement des eaux pluviales

Les flux de micropolluants mesurés sur le site de Bois Gramond justifient d'une part le choix de ce site comme site d'étude et d'autre part la mise en place d'une technologie de traitement dans le but de limiter les apports de micropolluants au milieu naturel.

### 2.3.1 Choix de la technologie

Le choix de la technologie est détaillé dans le livrable de la tâche 1.2 Description des sources et inventaires des leviers d'action, étude de la source pluviale (Réf. : WTR/ BB/079\_2016).

La technologie devait répondre aux contraintes suivantes, constituant le cahier des charges du pilote de démonstration, à savoir :

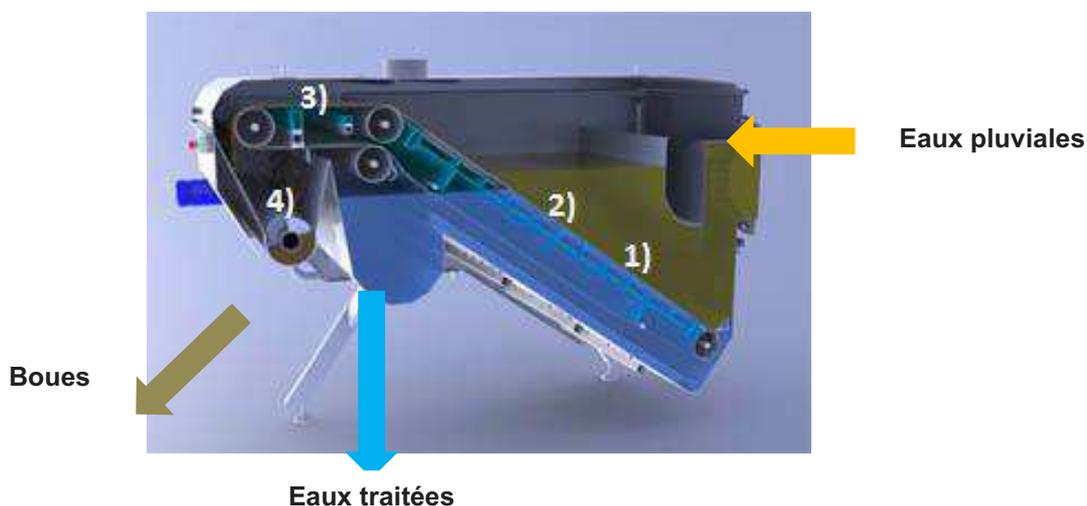
- pas d'apport d'eau pendant de longues périodes
- fonctionnelle malgré d'importantes variations de débits
- démarrage du traitement rapide
- maintenance aisée et peu chronophage
- traitement permettant d'éliminer un large spectre de micropolluants

La revue des procédés a été limitée aux procédés de filtration, physico-chimiques, adsorption et oxydation avancée. Le choix s'est porté sur **la technologie de filtration sur bande** de marque **SALSNES**.

### 2.3.2 Principe

Le principe du filtre SALSNES est illustré sur la Figure 6. Ce filtre permet à la fois la séparation des solides par filtration des eaux pluviales sur un gâteau formé par les matières en suspension retenues sur la bande, l'épaississement des boues retenues et leur déshydratation. Les étapes de traitement sont les suivantes :

1. L'eau à traiter passe à travers un filtre rotatif en polyéthylène. Ce filtre est en réalité une toile filtrante de maille 210 µm.
2. Les matières solides (boues à 3-8% de siccité) sont retenues sur le filtre et sont acheminées vers la chambre d'épaississement.
3. De l'air comprimé chasse les dernières matières solides du filtre.
4. Une vis presse permet la déshydratation de la boue à 20-30% de siccité.



Afin de favoriser la formation et la structuration du gâteau, l'addition de réactifs tels que coagulant et floculant peut le plus souvent s'avérer nécessaire.

### 2.3.3 Installation sur site

#### 2.3.3.1 Equipements

Un pilote containerisé a été loué à la société Salsnes, basée en Norvège, sur la période janvier 2017 – juin 2018 mais n'a été opérationnel qu'à partir de janvier 2018 suite à une série de difficultés.

Le pilote est tout d'abord arrivé sans en avoir été informé au préalable. Il a dû être stocké quelques temps sur la STEP de Louis Fargues en attendant de préparer le site de Bois Gramond.

Le pilote a ensuite nécessité une série de nettoyages avec la difficulté d'accès à l'eau sur le site ainsi que le remplacement de certaines pièces endommagées.

Initialement, il avait été envisagé de connecter le pilote à un groupe électrogène, la puissance disponible dans le local électrique du site étant trop faible par rapport aux informations données par le fournisseur. Au final, les informations étaient erronées et la puissance nécessaire s'est avérée compatible avec celle pouvant être fournie par le local électrique. La connexion local/pilote a été faite en cours d'année 2017.

L'installation et la connexion du pilote ont nécessité (cf. Figures 6 et 7) :

- La mise à plat du terrain et l'installation des bastaings de bois pour surélever le container et éviter qu'il ne prenne l'eau si le bassin venait à déborder
- Un raccordement au local électrique avec augmentation de la puissance du compteur EDF à 36 KVA
- Une alimentation en eau à partir de l'eau du forage de Bois Gramond avec vérification au préalable que cette eau ne contenait pas de micropolluants

- L'installation d'une pompe immergée de marque Grundfos et d'un variateur de fréquence près de la sortie de l'ouvrage de Bois Gramond pour l'alimentation du pilote lors des évènements pluvieux
- L'approvisionnement en réactifs chimiques (Chlorure ferrique et polymère) avec obtention d'une habilitation pour manipuler des produits chimiques pour les intervenants sur le pilote et sur le site
- Une canalisation pour l'évacuation des eaux traitées par le pilote
- Le montage d'une injection de coagulant (chlorure ferrique) en ligne en complément de la seule injection de polymère fournie avec le pilote



Figure 6: Implantation du pilote de démonstration sur le site de Bois Gramond. (Source : LyRE)

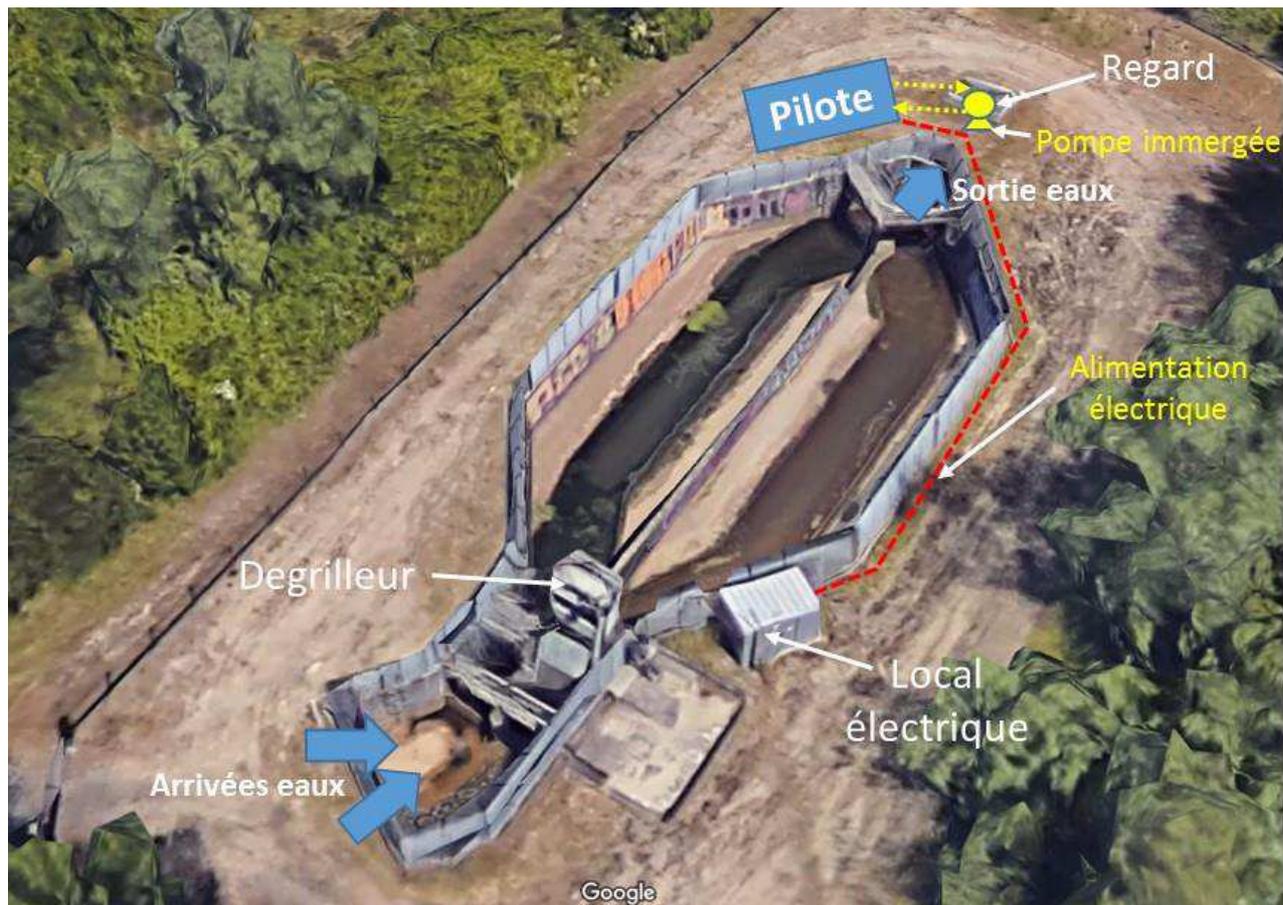


Figure 7: Connexion du pilote de démonstration sur le site de Bois Grammond.

La filière de traitement, installée dans le container, est constituée d'un poste d'injection en ligne de coagulant (chlorure ferrique), d'un poste de préparation et d'injection de polymère et du filtre lui-même (toile filtrante de maille 210  $\mu\text{m}$ ). Cette filière comporte 3 point de prélèvements : les eaux pluviales brutes, les eaux pluviales traitées et les boues collectées (cf. Figure 8)

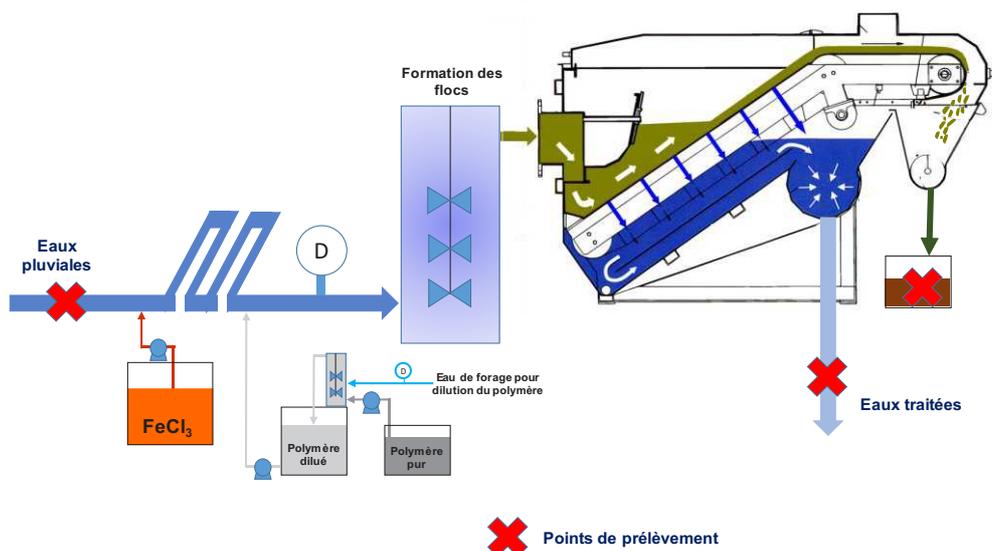


Figure 8: Filière de traitement des eaux pluviales de Bois Grammond

### 2.3.3.2 Choix des réactifs

La filtration sur bande peut requérir l'utilisation de réactifs chimiques permettant la coagulation et la floculation des matières en suspension et des colloïdes, les rassemblant sous forme de floc et facilitant la formation d'un gâteau de filtration sur la bande. Pour la coagulation, un sel métallique permettant de supprimer les répulsions inter colloïdales est utilisé tandis qu'un polymère (anionique ou cationique) sera utilisé pour la floculation c'est-à-dire l'agglomération des floccs.

Les réactifs chimiques à considérer vont dépendre de la matrice d'eau à traiter. C'est pourquoi des tests en laboratoire de type jar tests ont été réalisés au CIRSEE sur des prélèvements sur le site de Bois Gramond dans le but d'identifier les réactifs les plus adéquats pour leur mise en œuvre dans les campagnes terrain. Dans le Tableau 1 sont indiquées les caractéristiques des eaux brutes pour les essais en jar test.

**Tableau 1: Caractéristiques des eaux brutes pour essais jar test**

Paramètres	Unités	Eau brute 18/07	Eau brute 13/09
pH	-	7,5	8,2
Turbidité	NTU	83,9	28,7
MES	mg/L	104	57,8
MVS	mg/L	40	
DCO totale	mg O2/L	86	30,6
DCO soluble	mg O2/L	59,3	15,6

Deux types de polymères ont été étudiés (liste dans le Tableau 2) : des polymères polyacrylamide cationiques linéaires sous forme d'émulsion de haut poids moléculaire et des polymères polyacrylamide anioniques en émulsion. Ces derniers ont été couplés à un coagulant de type chlorure ferrique. Tous les polymères étaient de marque SNF.

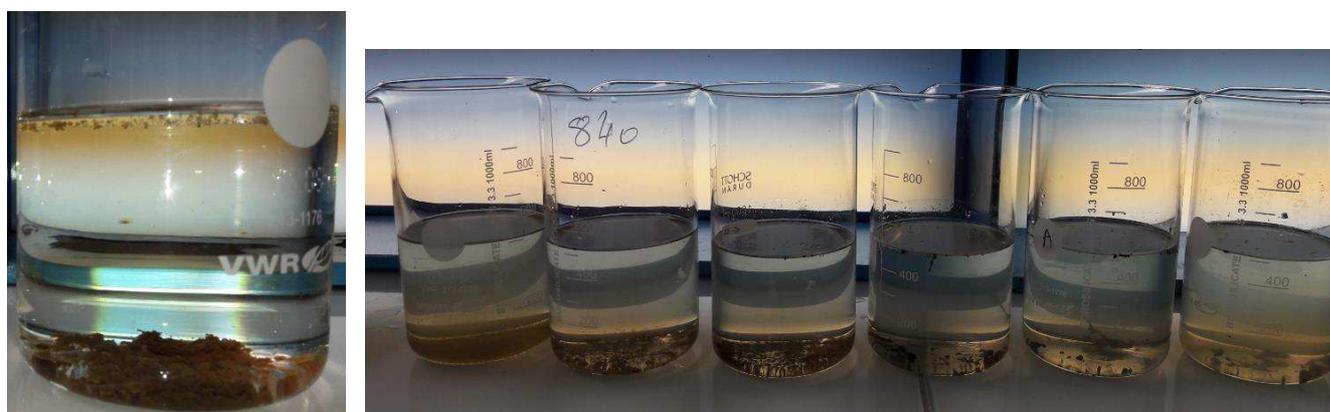
**Tableau 2: Polymères en émulsion testés**

Type polymères en émulsion	Référence	Densité de charge
<b>Polymère polyacrylamide cationique linéaires</b>	SNF EM 440 CT	Elevée
	SNF EM 640 CT	Très élevée
	SNF EM 840 CT	Très élevée
	SNF EM 949 CT	Très élevée
<b>Polymère polyacrylamide anionique</b>	SNF EM 430	Faible
	SNF EM 532	Medium
	SNF EM 533	Elevée
	SNF EM 630	Elevée

2 séries de jar tests ont été réalisées pour chacune des 2 eaux échantillonnées afin de sélectionner les réactifs les plus adaptés à la matrice pluviale ainsi que les concentrations de ces réactifs à mettre en œuvre. Le protocole pour chaque jar test (0,5 L d'eau de Bois Gramond à traiter) a été le suivant :

- Coagulation (si polymère anionique) : chlorure ferrique de 2 à 20 % (gFe/gMES), agitation 100 t/min pendant 10 min
- Floculation : ajout polymère de 0,25 à 10 mg matière active (MA) /L, agitation 40 t/min pendant 5 min
- Filtration sur grille 158  $\mu\text{m}$  et 350  $\mu\text{m}$
- Analyse des filtrats : turbidité, DCO

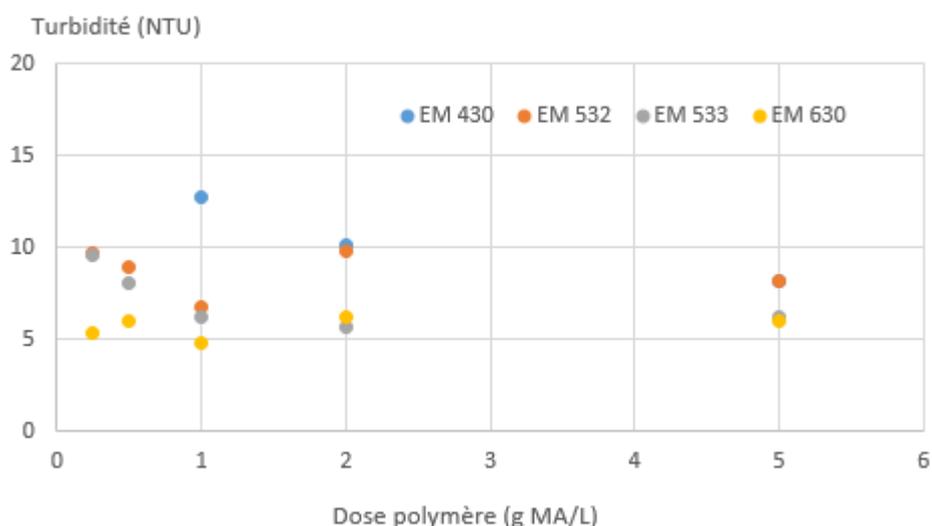
La figure 9 illustre les floccs obtenus par coagulation  $\text{FeCl}_3$  à 5 % et floculation avec le polymère anionique SNF EM 630 à 0,5 mg MA/ ainsi que ceux obtenus après floculation seule avec le polymère cationique SNF EM 840 CT.



**Figure 9: (a) Floccs obtenus par coagulation ( $\text{FeCl}_3$ , 5%) et floculation polymère anionique (SNF EM 630, 0,5 mg MA/L), (b) Floccs obtenus avec concentration croissante de polymère cationique (SNF EM 840 CT)**

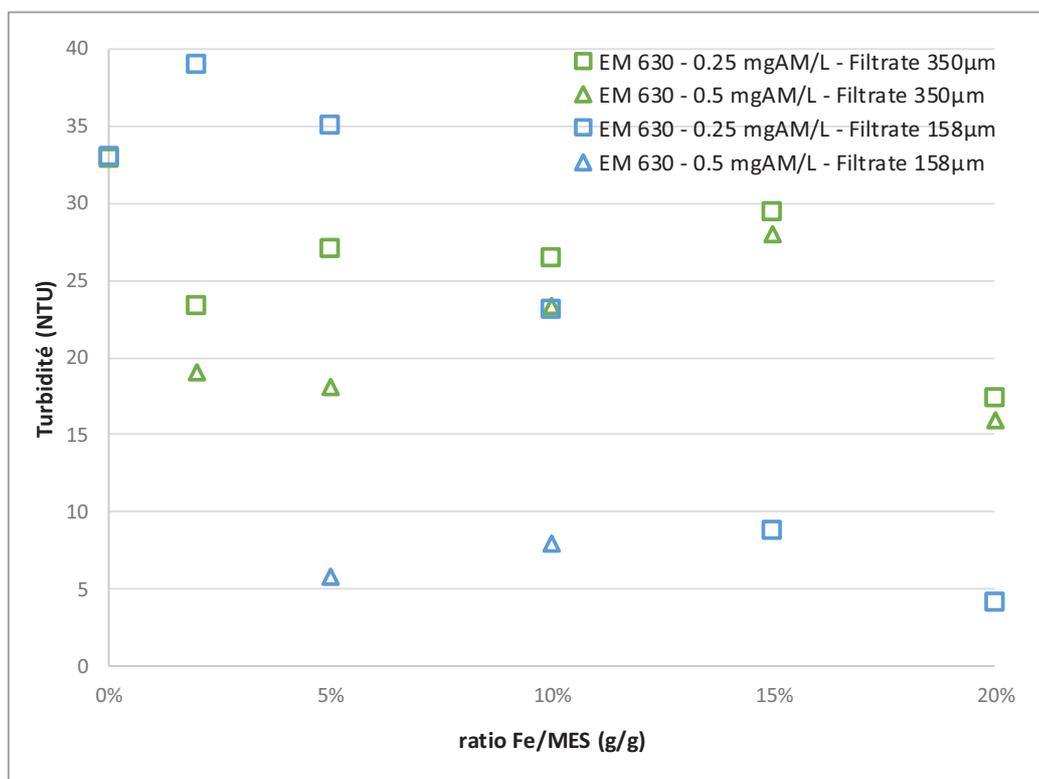
Le choix du meilleur polymère résulte en général d'un compromis entre la qualité des floccs obtenus (taille, résistance,), la qualité du filtrat (turbidité, DCO...) et la quantité de réactif à mettre en œuvre.

La figure 10 compare la turbidité après une filtration sur grille à 158  $\mu\text{m}$  pour une coagulation à 20 % en  $\text{FeCl}_3$  et différentes doses de polymères anioniques (de 0,25 g à 5 g MA/L). Le meilleur résultat est obtenu pour le polymère anionique SNF EM 630.



**Figure 10: Evolution de la turbidité (échantillon eau Bois Gramond) après coagulation à 20% FeCl<sub>3</sub> en fonction de la dose de polymère anionique appliquée et pour les différents polymères du tableau 2. Résultats obtenus après filtration à 158 µm.**

La figure 10 représente l'évolution de la turbidité pour 2 doses du polymère anionique SNF EM 630 (0,25 et 0,5 mg MA/L) en fonction de la dose de coagulant mise en œuvre (de 0 à 20 %) et en fonction de la maille de filtration (158 ou 310 µm). Elle démontre le fait que la quantité de coagulant peut être limitée à 5 % pour une dose de flocculant égale à 0,5 mg MA/L et par filtration à 158 µm.



**Figure 11: Evolution de la turbidité (échantillon eau Bois Gramond) en fonction de la dose de coagulant (FeCl<sub>3</sub>) et de la maille de filtration pour 2 doses de polymère anionique SNF EM 630.**

Ces jar tests ont permis de préconiser, dans le cas d'un **couplage coagulant / flocculant anionique** un dosage de coagulant ( $\text{FeCl}_3$ ) de l'ordre de 5% (gFe/gMES) et un dosage du polymère anionique SNF EM 630 autour de 0.5 mg MA/L.

De même, ils ont permis la sélection, dans le cas d'un **flocculant cationique seul**, du SNF EM 840 CT à une dose de l'ordre de 1 % (gMA/gMES). Les résultats sont présentés en Annexe A.

Ces 2 configurations de réactifs seront étudiées lors des campagnes de terrain en temps de pluie sur le site de Bois Gramond.

## 2.4 Campagnes de temps de pluie

Après installation du pilote en 2017, la phase expérimentale terrain a démarré début 2018 pendant une période de 6 mois.

### 2.4.1 Recensement des campagnes

La difficulté de ces campagnes terrain réside d'une part dans le fait d'avoir des prévisions météorologiques fiables, sachant que la pluie peut être plus localisée que prévue et ne pas se traduire par une montée de niveau conséquente à Bois Gramond (cf. Figure 12) et d'autre part dans le fait que ces campagnes ne nécessitent pas des interventions de nuit ou le week-end. Il faut ainsi anticiper suffisamment pour se rendre sur le site, démarrer le pilote et la préparation des réactifs.



Figure 12: Bois Gramond par temps sec (à gauche), par temps de pluie (à droite). Source : LyRE

6 campagnes ont pu être effectuées pendant le 1<sup>er</sup> semestre 2018 (cf Tableau 3):

- 2 campagnes sans réactifs
- 4 campagnes avec réactifs dont :
  - 3 avec coagulant et flocculant anionique
  - 1 avec flocculant cationique

Du fait du nombre limité de campagnes, les paramètres de réglage du filtre ont été identiques durant toutes les campagnes à savoir :

- Filtration sur maille 210  $\mu\text{m}$  et

- Débit de filtration : 7,9 m<sup>3</sup>/h.

**Tableau 3: Campagnes de mesures effectuées de temps de pluie à Bois Gramond**

Conditions expérimentales			Campagne sans réactifs 1	Campagne sans réactifs 2	Campagne avec réactifs 1	Campagne avec réactifs 2	Campagne avec réactifs 3	Campagne avec réactifs 4
Date			14/02	07/04	06/03	19/03	07/04	12/06
Précipitations	mm/h		Indisp.	8,4	2,2	6	8,4	Temps sec
Maille de filtre	µm		210	210	210	210	210	210
Filtration	Débit	m <sup>3</sup> /h	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	Vitesse (@0,25 m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	31	31	31	31	31	31
Coagulant	Dose visée	g Fe/g MeS	-	-	5%	5%	5%	-
Polymère	Type		-	-	anionique	anionique	anionique	cationique
	Dose visée	g MA/g MeS	-	-	0,25%	0,5%	1%	4%

### 2.4.2 Procédure expérimentale

Le pilote est démarré à chaque campagne de terrain selon une procédure établie et constituée des étapes suivantes :

#### 1 –Réglage des pompes de réactifs

Pour ce faire, la turbidité de l'eau pluviale est mesurée et une concentration en matières en suspension équivalente en est déduite à partir d'un fichier Excel. Ce calcul permet de définir les conditions de production du polymère : débit de la pompe de polymère, débit d'eau de dilution, débit de FeCl<sub>3</sub>

#### 2 – Préparation du polymère

La production de polymère doit ensuite être lancée selon les réglages définis précédemment. Le temps de maturation après dilution est de **30 min**. 50 L au maximum sont préparés.

#### 3 – Démarrage de la pompe d'alimentation en eaux pluviales

#### 4 – Démarrage de la pompe de chlorure ferrique selon le réglage défini en 1.

#### 5 – Injection du polymère dilué

#### 6 – Après 5 min, démarrage du prélèvement des échantillons pour 1h de manip.

### 2.4.3 Analyses

Les points de prélèvement entrée et sortie du pilote sont indiqués sur la Figure 8. Pour chaque campagne, deux types de prélèvements ont été effectués :

- Les prélèvements permettant de suivre l'évolution de la qualité des eaux pluviales arrivant sur le pilote. Ce suivi se fait sur la base d'une mesure de la turbidité toutes les 15 minutes et d'un prélèvement ponctuel pour la mesure de MES en laboratoire.
- Les prélèvements permettant d'évaluer les performances du pilote, c'est-à-dire établir les rendements d'élimination par composé. Ceci a été réalisé en constituant des échantillons intégrés sur 1 h dans le flaconnage et la quantité requis pour chaque paramètre d'étude, comme résumé dans le Tableau 4.

Tableau 4: Suivi analytique pour chaque campagne de temps de pluie

		Eau Pluviale Poste de relevage	Eaux traitées Sortie pilote
<b>Prélèvement</b>		Pendant 1h	Pendant 1h
<b>Suivi évolution</b>	Analyse	Turbidité, MES (1L)	
	Flaconnage	Prélèvement ponctuel toutes les 15 min	
<b>Performances sur une 1h</b>	Analyse: Paramètres majeurs	pH, Conductivité, Turbidité, MES, COD, DCO totale, DBO, NTK	
	Flaconnage	Plastique: 1L + 500 mL + 2x250 mL (avec acide)	
	Analyse: Micropolluants	Métaux, HAP, pesticides, glyphosate	
	Flaconnage	Dissous: 3x500 ml plastique, 1x500 mL verre Particulaire: 2x40 L plastique	

La constitution d'un échantillon sur la base d'une heure permet à la fois de s'affranchir d'une évaluation de la performance de traitement sur la base uniquement d'un échantillon ponctuel, (même si le régime est rapidement établi dans ce type de traitement) et de limiter au maximum la prise en compte de variations de la qualité d'eau au cours du temps. Ce dernier point sera rediscuté ultérieurement.

#### 2.4.4 Paramètres globaux analysés

Le tableau 5 liste les paramètres globaux analysés dans le cadre de cette étude. Ces analyses ont été effectuées par le laboratoire de la SGAC à Louis Fargues (Bordeaux) selon des normes indiquées dans le tableau 5.

Tableau 5: Paramètres globaux analysés et normes associées

Paramètre	Norme
pH	NF EN ISO 10523
Conductivité corrigée à 25 °C	NF EN 27888
COD	NF EN 1484
DBO5	NF EN 1899-1
DCO	ISO 15705
NTK	NF EN 25663
MES	NF EN 872
Turbidité	NF EN ISO 7027

#### 2.4.5 Micropolluants organiques analysés

La liste des micropolluants organiques et inorganiques a été établie à partir de la caractérisation des eaux pluviales effectuée sur le site de Bois Gramond lors de la première phase du projet REGARD. Le tableau 6 liste les micropolluants organiques analysés dans le cadre de cette étude.

**Tableau 6: Liste des micropolluants organiques analysés (\* phase dissoute uniquement pour les pesticides) et limites de quantification (LOQ) associées**

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	LOQ (ng/g) particulaire	LOQ (ng/L) dissous	Pesticides *	LOQ (ng/L)
Naphtalène	10	3	1343 DCPMU	0,9
Acénaphthylène	0,4	0,5	Atrazine 2 hydroxy	0,2
Acénaphthène	0,7	0,4	Carbendazime	0,2
Fluorène	1	0,1	Diflufenican	0,3
Phénanthrène	5	0,3	Diuron	0,1
Anthracène	0,3	0,2	Hydroxy simazine	0,1
Fluoranthène	2	0,1	Metolachlore	0,3
Pyrène	4	0,1	Propiconazole	0,3
Benzo(a)anthracène	0,2	0,1	Simazine	0,3
Chrysène + triphénylène	0,2	0,1	Terbutryne	0,9
Benzo(b+j+k)fluoranthène	0,2	0,2	Terbutylazine	1
Benzo(a)pyrène	0,2	0,2		
Indéno(1, 2, 3-cd)pyrène	0,3	0,3	Glyphosate	4,3
Benzo(g, h, i)pérylène	0,2	0,3	AMPA	6

#### 2.4.6 Eléments trace métalliques (ETM) analysés

Le tableau 7 liste les ETM analysés dans le cadre de cette étude. Ces composés ont été analysés en phases dissoute et particulaire par l'EPOC à Bordeaux.

**Tableau 7: Eléments trace métalliques analysés**

ETM
Vanadium, Chrome, Cobalt, Nickel, Cuivre, Zinc, Arsenic, Strontium, Molybdène, Argent, Cadmium, Etain, Antimoine, Baryum, Plomb, Thorium, Uranium

**Prélèvements et conditionnement :** Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polypropylène de 500 ml (pour la détermination des teneurs en matières en suspension (MES) et en métaux dissous ; n=2 par point d'échantillonnage) et des bidons de 40 l (pour les métaux particulaires ; n=2 par point d'échantillonnage). Les bouteilles et les bidons ont été préalablement décontaminées à l'acide HNO<sub>3</sub> pendant 72h.

Trois types de traitement ont été réalisés dès leur retour au laboratoire EPOC (Univ. Bordeaux) :

- un volume précis d'échantillon, homogénéisé, a été filtré à 0.45 µm sur filtre Whatmann GF/F pour les MES ;
- un échantillon d'eau a été filtré à 0.2 µm pour la fraction dissoute des métaux traces et éléments majeurs.
- les prélèvements d'eau brute de 80 l ont été nécessaires pour la récupération de MES en quantité suffisante pour permettre d'en déterminer les teneurs en métaux (traces et éléments majeurs). Ramenés au laboratoire de terrain, les bidons ont été centrifugés (centrifugeuse WESTFALIA avec bol en inox pour limiter les contaminations) assurant un taux de récupération de l'ordre de 99 % pour un débit de l'ordre de ~40 litres à l'heure. Les MES récupérées ont été congelées puis lyophilisées et conservées dans des piluliers à sédiments, hermétiquement étanche, à l'abri de la lumière.

**Traitement et analyses pour les métaux particuliers dans les MES** : Les MES ont été broyées 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<sub>3</sub> (Supra pur, Merck®, 14M) et 2 mL de HF (Supra pur, Fisher®, 29M)) permettant une mise en solution des métaux. Ces solutions ont été conservées, au frais, dans des tubes décontaminés jusqu'à leur dosage.

**Dosage des métaux traces et éléments majeurs** : Les échantillons (dissous et 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 les métaux traces et avec un spectromètre optique couplé à une torche de plasma d'argon (ICP-OES, Thermo®) pour les éléments majeurs (Fe, Al). Pour chaque métal, 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. Le contrôle qualité de nos mesures a été réalisé par l'ajout d'échantillons d'eaux (TMRAIN-04 et SRLS-5, SLRS-6) et de sédiments (Buffalo ; CRM-TCE-Gir; RM 8704) certifiés pour lesquels les concentrations en métaux traces et éléments majeurs sont connues.

Le fer n'a pas été analysé du fait de l'emploi de chlorure ferrique comme coagulant afin de ne pas saturer les équipements analytiques.

#### **2.4.7 Etude écotoxicologique sur organismes aquatiques**

Des bivalves filtreurs d'eau douce, *Corbicula fluminea*, ont été exposés à l'eau non traitée (entrée pilote) et traitée (sortie pilote) lors des campagnes 1 (coagulant et polymère anionique) et 4 (polymère cationique), afin d'évaluer l'efficacité du traitement sur la diminution des apports métalliques et de leurs effets sur les organismes aquatiques.

Les eaux pluviales non traitées (entrée pilote) et traitées (sortie pilote) des campagnes 1 (6/03/2018) et 4 (12/06/2018) ont été récupérées et ramenées au laboratoire (UMR EPOC-EA). De la sortie du pilote et durant toute la durée des expériences menées en laboratoire, les échantillons d'eau ont été conservés à 4°C dans des touques à l'abri de la lumière pour éviter la prolifération d'espèces indésirables bactériennes ou planctoniques, et les réactions chimiques modifiant la composition des prélèvements.

Après une période de stabulation d'une semaine dans l'animalerie, les palourdes d'eau douce (*Corbicula fluminea*), provenant d'un site considéré comme peu impacté par la pollution métallique (pisciculture expérimentale de l'IRSTEA, St. Seurin sur L'Isle, Gironde) ont été exposées 5 jours en conditions contrôlées aux eaux des campagnes 2 et 6 (cf. Figure 13). Selon les disponibilités du personnel technique, les expositions ont débuté entre 12h et 72h après réception de l'eau. De plus, pour éviter un stress thermique des bivalves influençant les paramètres biologiques suivis, la température de l'eau des unités expérimentales a été maintenue au même niveau que celle de l'animalerie, à savoir 9.8°C pour la campagne 1 et 20.4°C pour la campagne 4.

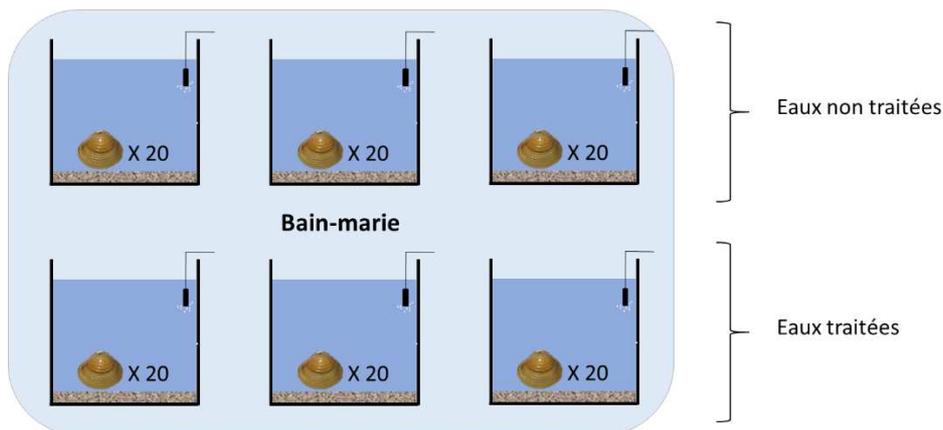


Figure 13 : Plan factoriel des expériences menées en laboratoire pour exposer les bivalves aux eaux des campagnes 1 et 4.

Pour chaque campagne, 12 corbicules (4 par bac) ont été prélevées aléatoirement par condition et par temps pour former 4 répliques de 3 glandes digestives et 3 branchies (Figure 14). Les corbicules du T0 ont été échantillonnées avant la transplantation dans les microcosmes et sont considérées comme la référence.

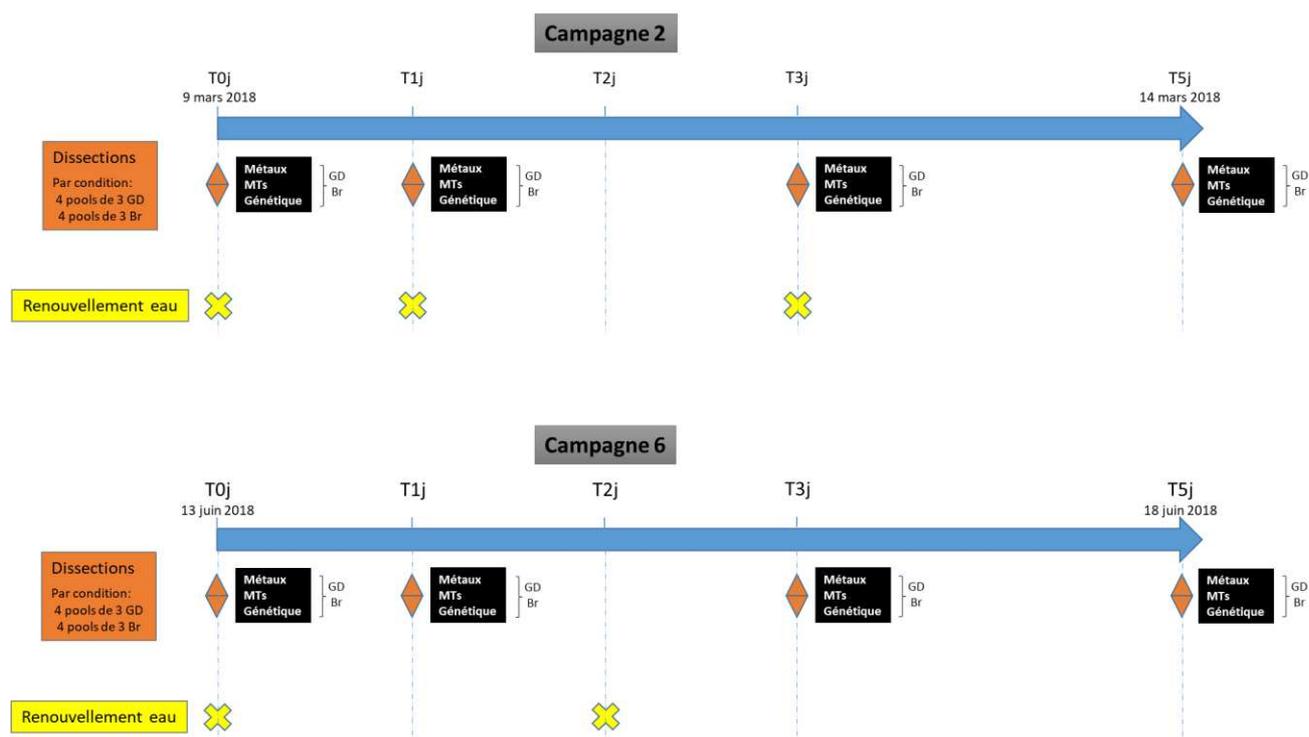


Figure 14 : Schématisation du principe d'échantillonnage (orange), des analyses prévues (noir) et du renouvellement de l'eau (jaune). GD : Glande Digestive ; Br : Branchies ; MTs : Méthallothionéines.

Les analyses prévues à chaque temps et sur les mêmes pools de glandes digestives et de branchies sont :

- (1) la quantification de 13 éléments métalliques par ICP-OES : argent (Ag), aluminium (Al), cadmium (Cd), cobalt (Co), chrome (Cr), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), vanadium (V) et zinc (Zn) (Baudrimont et al, 2016) ;

(2) la quantification des protéines de détoxification (méthallothionéines, MTs) marqueurs d'un stress général de l'organisme par la méthode de saturation au mercure (Baudrimont et al, 1999);

(3) la quantification des niveaux d'expression de 18 gènes d'intérêt impliqués dans plusieurs processus biologiques comme le fonctionnement mitochondrial (12S, Cox1), l'apoptose et la mort cellulaire (ATG12, ATG13, Bax, Bcl-2, p53), la détoxification et l'élimination des polluants organiques (cytochromes P450 A24 et A2, GST, MXR), la réduction du stress oxydant (CAT, SOD1, SOD2), l'immunité (C3), la réponse aux dommages à l'ADN (GADD45), aux polluants métalliques (MT) et aux œstrogènes (ER). L'expression de ces gènes a été analysée par la technique de PCR quantitative (qPCR) (Bertucci et al, 2018).

### 3. Résultats

#### 3.1 Doses de réactifs

Comme décrit précédemment, une mesure de la turbidité de l'eau permet d'estimer la concentration en matières en suspension et de fixer le débit du coagulant et du polymère à injecter. La préparation du polymère nécessite un temps de maturation de 30 min avant injection.

Le début de l'expérimentation commence de façon effective 60 minutes après la détermination du dosage des réactifs.

Entre-temps la concentration en matières en suspension (MES) a tendance à diminuer ainsi que le montre la Figure 15. Le dosage des réactifs n'étant pas asservi à la turbidité (et par conséquent pas à la concentration en MES), le dosage effectif s'avère plus élevé que celui visé initialement (cf. Tableau 8).

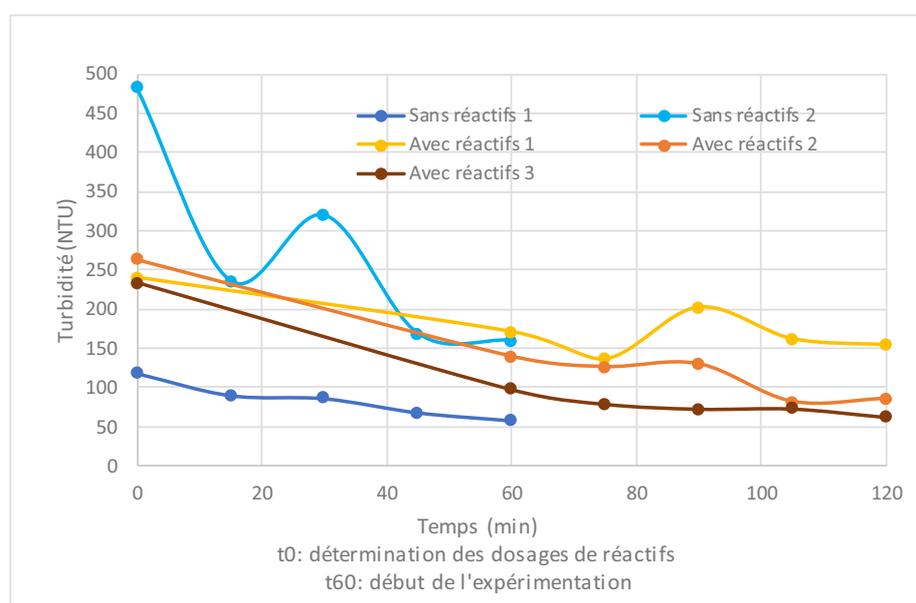


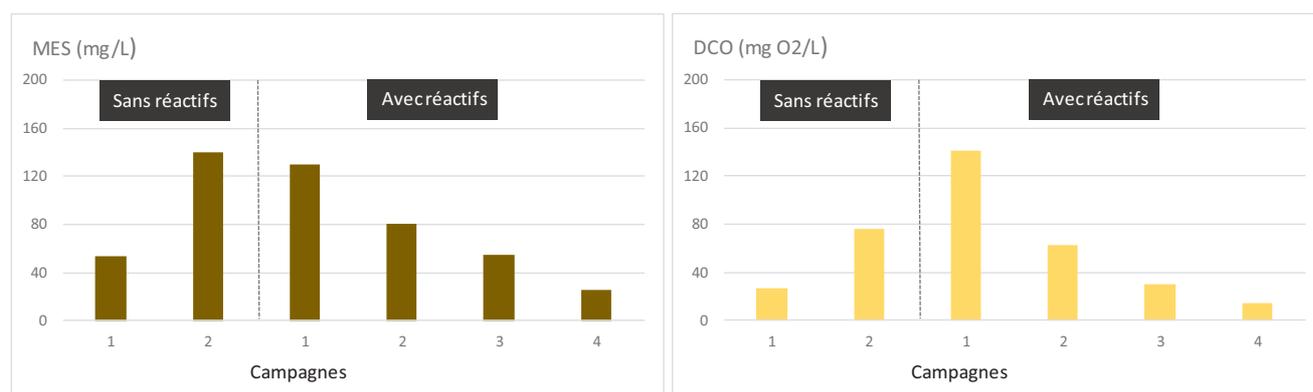
Figure 15 : Evolution de la turbidité au cours des campagnes de temps de pluie

**Tableau 8 : Doses réelles de réactifs vs doses visées**

Conditions expérimentales			Campagne sans réactifs 1	Campagne sans réactifs 2	Campagne avec réactifs 1	Campagne avec réactifs 2	Campagne avec réactifs 3	Campagne avec réactifs 4
<b>Date</b>			14/02	07/04	06/03	19/03	07/04	12/06
<b>Coagulant</b>	Dose visée	g Fe/g MeS	-	-	5%	5%	5%	-
	Dose réelle	g Fe/g MeS	-	-	9%	16%	21%	-
<b>Polymère</b>	Type		-	-	anionique	anionique	anionique	cationique
	Dose visée	g MA/g MeS	-	-	0,25%	0,5%	1%	4%
	Dose réelle	g Fe/g MeS	-	-	0,5%	1,6%	4,2%	8%

### 3.2 Paramètres globaux

Les concentrations en MES et Demande Chimique en Oxygène (DCO) sont représentées sur la Figure 16 pour les 6 campagnes réalisées. Ces concentrations sont variables en fonction de l'évènement de temps de pluie et restent inférieures aux gammes de concentrations moyennes des eaux usées urbaines, soit 150 à 500 mg/L pour les MES et 300 à 1000 mg O<sub>2</sub>/L pour la DCO (Memento Degremont, 2018).



**Figure 16 : Concentrations en MES et DCO des eaux pluviales en entrée du pilote de traitement pour les 6 campagnes de temps de pluie.**

Les abattements en MES obtenus dans les différentes campagnes sont représentés sur la Figure 17.

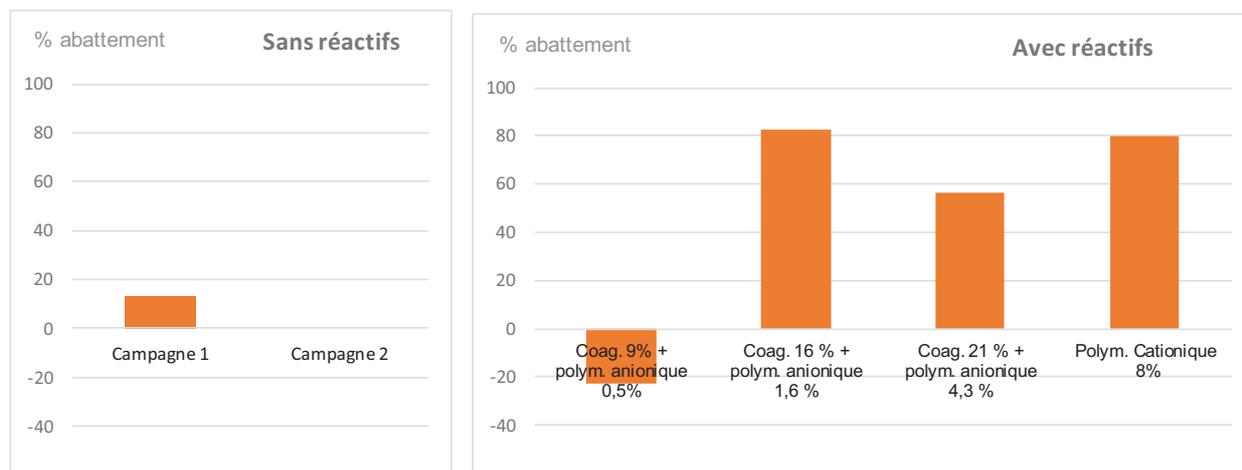
En l'absence de réactifs, l'abattement est faible, voire nul. Cela s'explique vraisemblablement par le fait qu'aucun gâteau de filtration n'est formé et que le procédé s'apparente dans ce cas à un tamisage à 210 µm. Les particules de taille inférieure traversent donc le filtre et se retrouvent dans l'eau de sortie.

Les abattements en MES sont compris entre 55 % et 80 % par ajout de réactifs sauf pour la campagne correspondant aux concentrations les plus faibles en coagulant (9 %) et en polymère anionique (0,5%) et pour laquelle le rendement est même négatif.

L'abattement en MES est plus faible pour la 3<sup>ème</sup> campagne avec réactifs, comparé à la 2<sup>nde</sup> alors que le dosage en réactifs est plus élevé. Cette baisse de rendement est probablement due à une eau pluviale moins chargée en MES (concentration 30 % plus faible). Une autre hypothèse pourrait être

la formation d'un gâteau non homogène laissant passer par moment les petits floccs comme dans le cas des essais sans réactifs.

Un abattement de l'ordre de 80 % a toutefois été obtenu dans 2 cas, l'un avec coagulant et polymère anionique, l'autre avec polymère cationique seul.



**Figure 17 : Abattement des MES entrée/sortie du pilote de traitement pour les 6 campagnes terrain, sans (figure gauche) et avec réactifs chimiques (figure droite)**

Les rendements d'élimination de la DCO et de la DBO5 ne sont pas discutés ici. Ils présentent des fluctuations non corrélées au facteur dilution seul. Peut-être s'agit-il dans ce cas d'un problème de prélèvement.

### 3.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP du Tableau 6 ont été quantifiés dans la phase particulaire et en phase dissoute pour les 6 campagnes de temps de pluie référencées (cf. Figure 18). Les concentrations dans la phase particulaire, exprimées en ng/L ont été recalculées à partir des concentrations en MES afin de pouvoir les comparer aux concentrations mesurées en phase dissoute.

Les HAP sont des composés hydrophobes qui seront préférentiellement adsorbés sur les MES, tendance bien reflétée sur la Figure 18.

Certains HAP sont présents à plus de 90 % en phase particulaire, ce qui explique que les concentrations en phase dissoute soient faibles et en général proches des limites de quantification. Il s'agit de l'anthracène, du benzo(a)anthracène, du benzo(a)pyrène, du benzo(b+j+k) fluoranthène, du benzo(g,h,i)perylène, du chrysène+triphénylène, de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène et de l'acénaphthylène. Ces HAP en phase dissoute ne seront pas considérés dans l'évaluation de l'efficacité de la filière e traitement.

Les HAP suivants : anthracène, naphthalène, acénaphthène, acénaphthylène et fluorène ont des niveaux de concentration faibles en phase particulaire et ne seront pas pris en compte dans l'évaluation de l'efficacité de la filière de traitement.

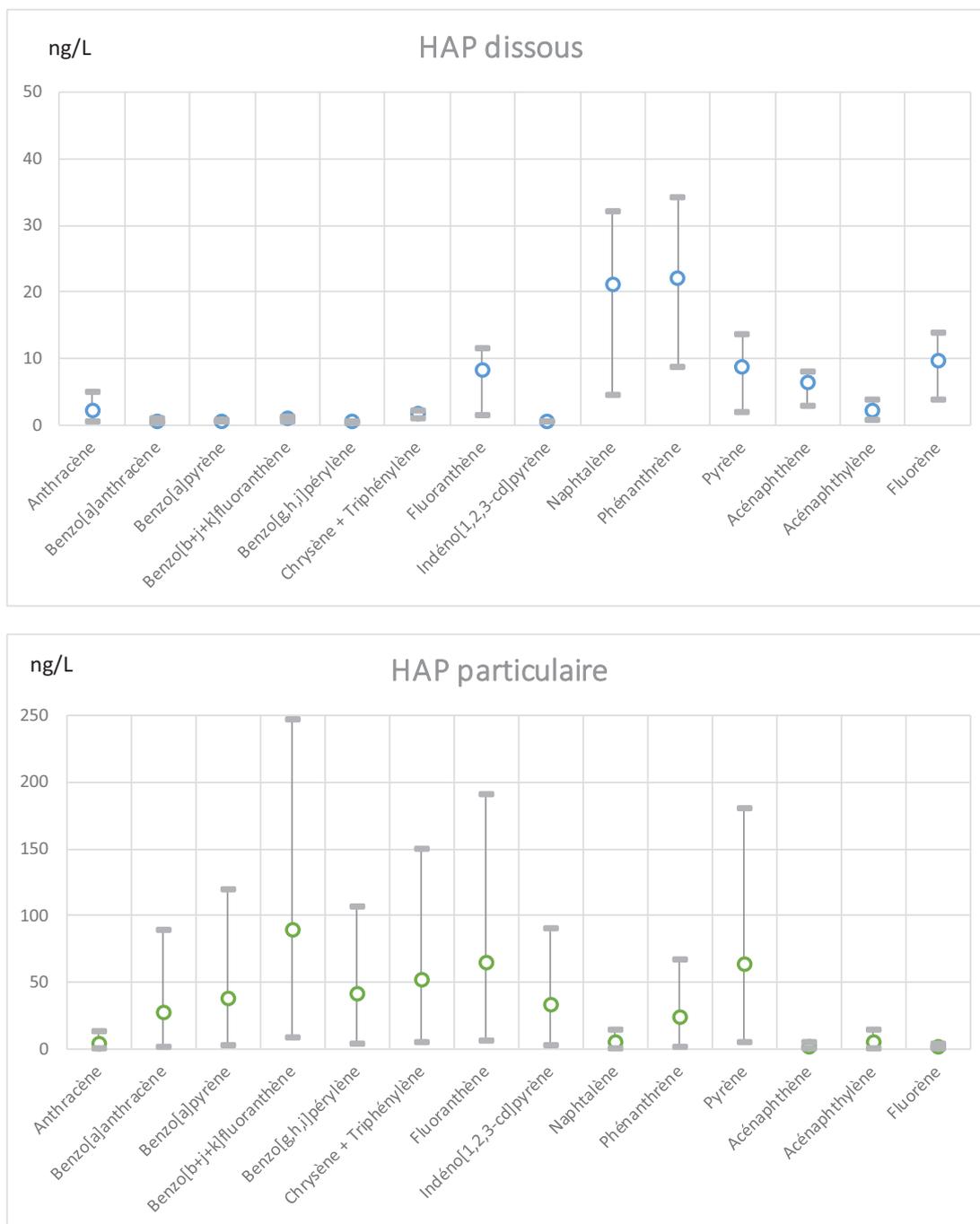
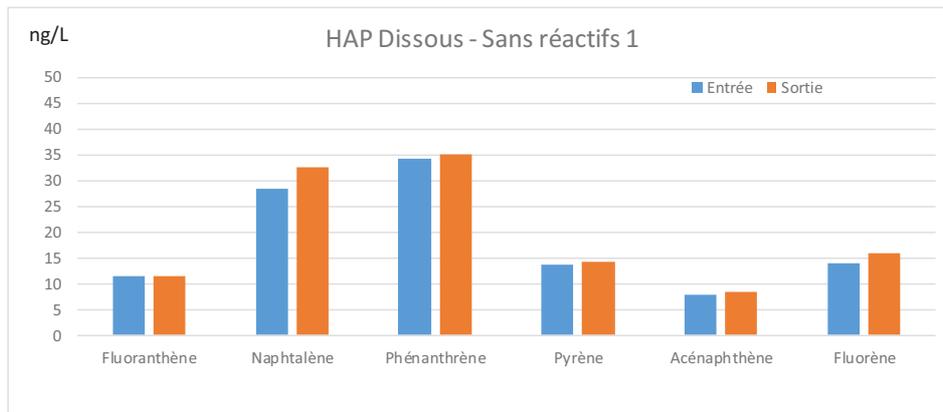


Figure 18 : Concentrations en HAP en phase dissoute (haut) et en phase particulaire (bas) pour les 6 campagnes de temps de pluie. Valeurs moyennes (marqueurs bleus et violets), min et max.

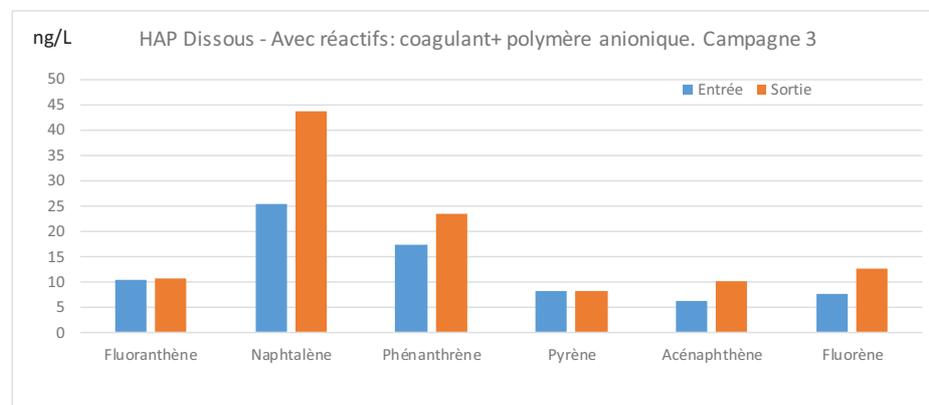
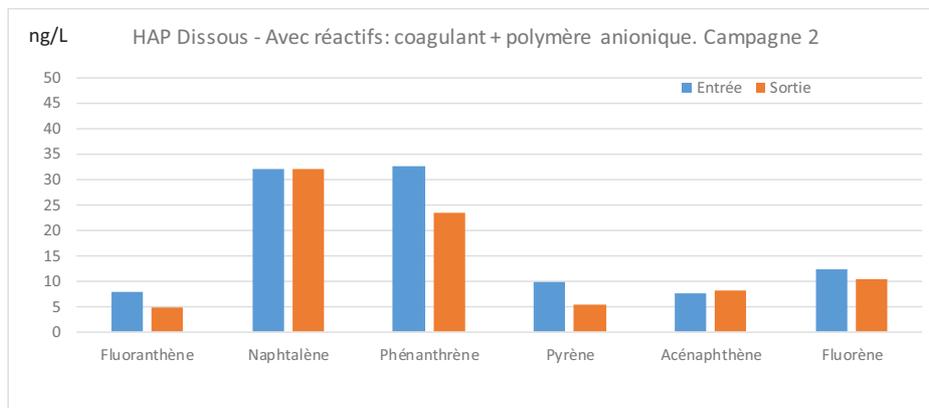
### 3.3.1 HAP dissous

La figure 19 représente les concentrations des HAP quantifiés dans la campagne 1 de temps de pluie en entrée et en sortie du pilote de filtration fonctionnant sans réactifs chimiques. Les concentrations obtenues dans la campagne 2 sont similaires, excepté pour le naphtalène et le phénanthrène pour lesquels les concentrations sont 2 fois plus élevées dans la campagne 2.



**Figure 19 : Concentrations en HAP dissous en entrée/sortie du pilote. Campagne 1 sans réactifs**

Les concentrations entrée /sortie pilote en HAP dissous mesurées lors des campagnes 2 et 3 avec réactifs (coagulant + polymère anionique) sont représentées sur la Figure 20. De façon non expliquée les concentrations en naphtalène, phénanthrène, acénaphthène et fluorène sont plus élevées (jusqu'à 1,5 fois) en sortie pilote qu'en entrée. Les concentrations en HAP dissous relatives à la campagne 1 avec le dosage le plus faible en réactifs sont 2 à 4 fois plus faibles que celles de la campagne 2 et n'ont pas été représentées dans la Figure 20. Les analyses relatives à la campagne 4 avec le polymère cationique sont en attente de validation.



**Figure 20 : Concentrations en HAP dissous en entrée/sortie du pilote. Campagnes 2 et 3 avec réactifs : coagulant et polymère anionique et doses croissantes.**

Il est difficile de conclure sur l'efficacité d'élimination des HAP dissous par ce procédé de filtration : les tendances ne sont effectivement pas marquées (Figure 21). Les 2 campagnes sans réactifs affichent des abattements variables, proches de 0 % pour la campagne 1 et allant jusqu'à 35 % pour la campagne 2 pour certains HAP comme le naphthalène ou l'acénaphthène. Il en est de même pour les 3 campagnes avec réactifs avec des abattements variables : inférieurs à 20 % pour le dosage en réactifs le plus faible (campagne 1), atteignant 45 % pour certains HAP comme le pyrène dans la campagne 2 mais proches de 0 % voire fortement négatifs dans la campagne 3.

Aucune explication n'a été privilégiée : problème d'échantillonnage ? Variation de la concentration pendant la durée de prélèvement ? D'autres mesures seraient nécessaires pour établir des tendances fiables.



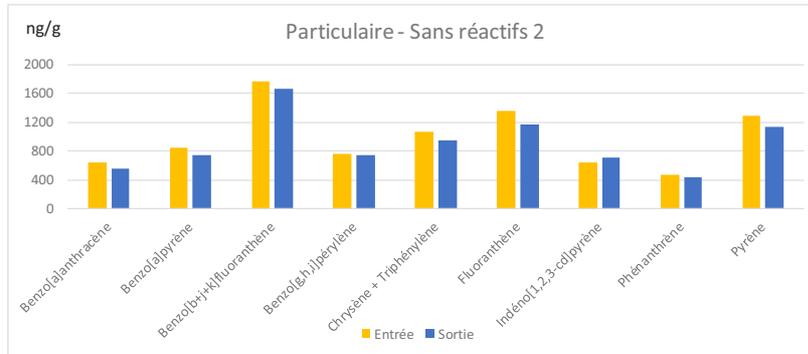
**Figure 21 : Abattements pour les HAP dissous sur la filière pilote dans les campagnes de temps de pluie sans réactifs (haut) et avec réactifs (coagulant + polymère anionique, bas)**

### 3.3.2 HAP en phase particulière

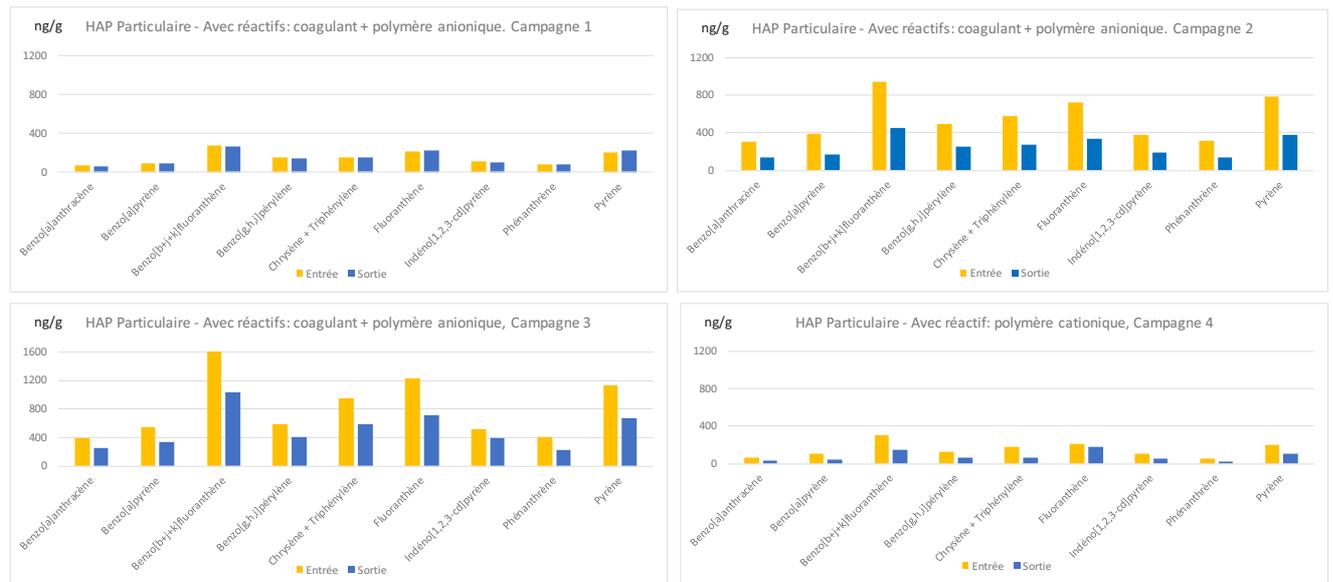
Les figures 22 et 23 représentent les concentrations des HAP en phase particulière quantifiées dans la campagne 2 de temps de pluie en entrée et en sortie du pilote de filtration fonctionnant sans réactifs et dans les campagnes 1 à 4 avec réactifs respectivement. Les concentrations sont exprimées en ng/gMES.

Les concentrations obtenues dans la campagne 1 sans réactifs (non représentées) sont similaires à celle de la Figure 22.

Les concentrations obtenues dans les campagnes 1 et 4 avec réactifs sont globalement 2 fois plus faibles que pour les campagnes 2 et 3.



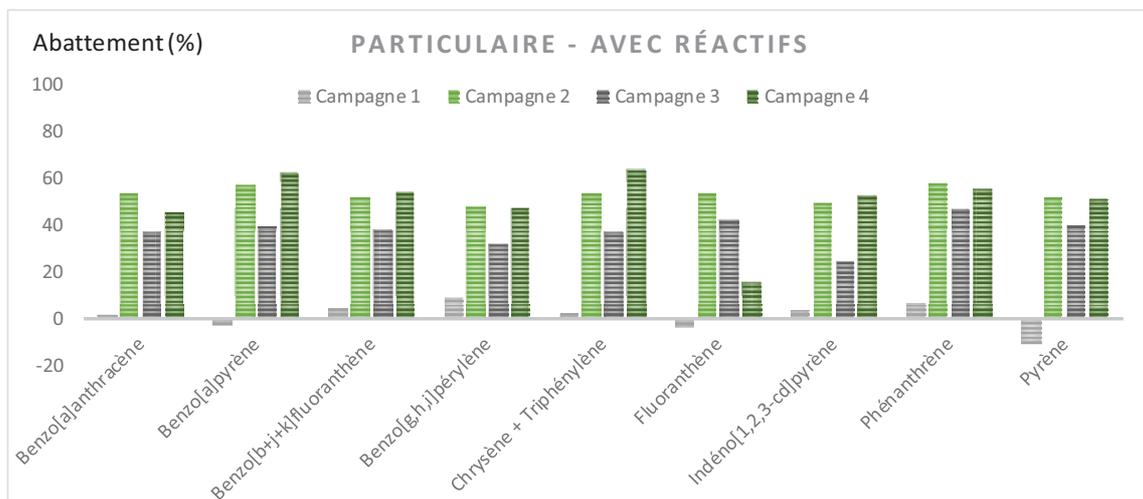
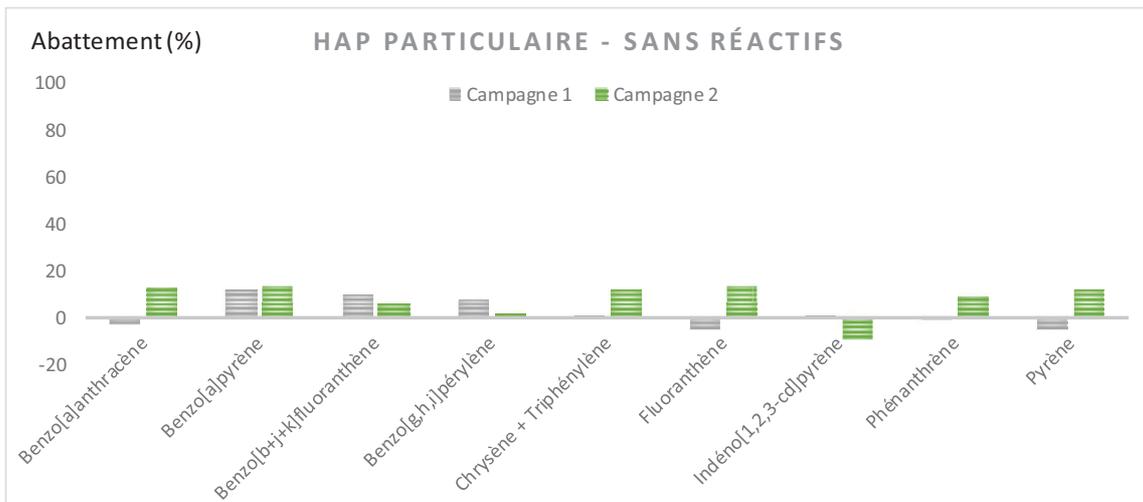
**Figure 22 : Concentrations en HAP en phase particulaire en entrée/sortie du pilote. Campagne 2 sans réactifs**



**Figure 23 : Concentrations en HAP en phase particulaire en entrée/sortie du pilote. Campagnes 1 à 4 avec réactifs**

Sans réactifs, l'abattement des HAP en phase particulaire par la filière de traitement reste faible, inférieure à 15 % (Figure 24). C'est aussi le cas lors du traitement avec ajout de réactif (coagulant polymère anionique) pour le dosage le plus faible.

En revanche les abattements sont de l'ordre de 50 -55 % pour la campagne 2, compris entre 30 et 40 % pour la campagne 3 et voisins de 60 % dans certains cas comme le benzo(a)pyrène et le chrysène/triphénylène dans la campagne 4 avec le polymère cationique.



**Figure 24 : Abattements pour les HAP en phase particulaire sur la filière pilote dans les campagnes de temps de pluie sans réactifs (haut) et avec réactifs (bas)**

Le pourcentage d'abattement des HAP sous forme particulaire est fortement lié au pourcentage d'élimination des MES ainsi que le montre la Figure 25 pour les 5 HAP suivants : benzo(a)pyrène, benzo(b+j+k)fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, chrysène + triphénylène et phénanthrène. Cette tendance est aussi confirmée pour les autres HAP en phase particulaire, quantifiés dans les campagnes 1 à 4 avec réactifs, mais non représentés dans la Figure 25.

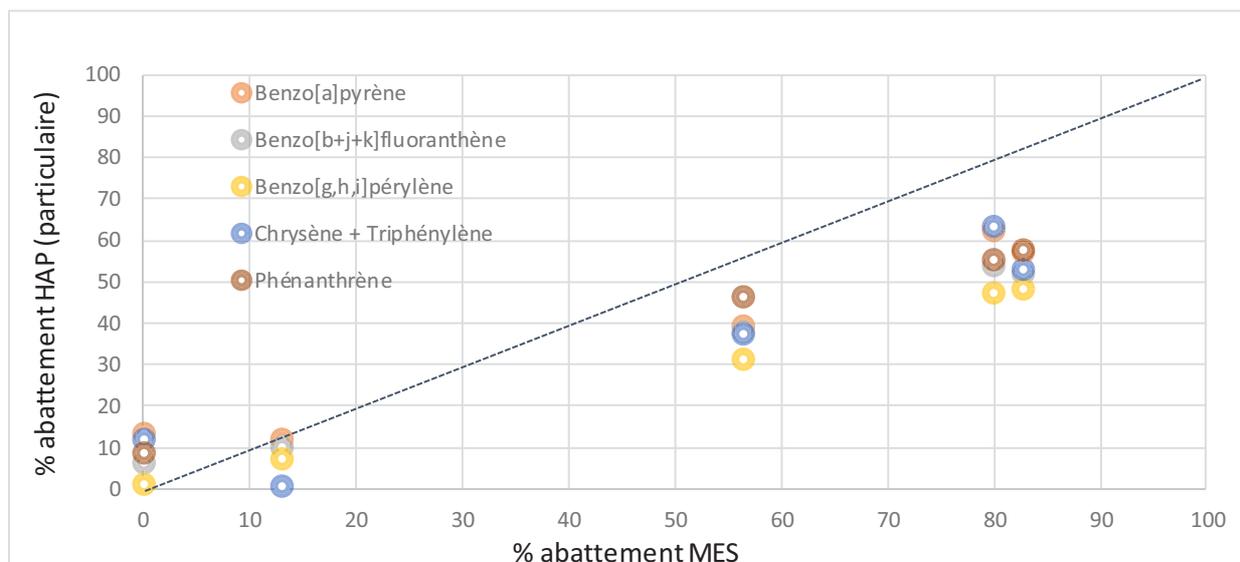


Figure 25 : Corrélation entre abatements des HAP en phase particulaire et abatements des MES.

### 3.4 Pesticides

#### 3.4.1 Pesticides hors glyphosate et AMPA

Sur les 11 pesticides recherchés, hors glyphosate et AMPA, seule la terbutylazine n'a jamais été quantifiée dans les campagnes de mesure.

La figure 26 représente les concentrations des 10 pesticides quantifiés dans les 2 campagnes de temps de pluie en entrée et en sortie du pilote de filtration fonctionnant sans réactifs chimiques.

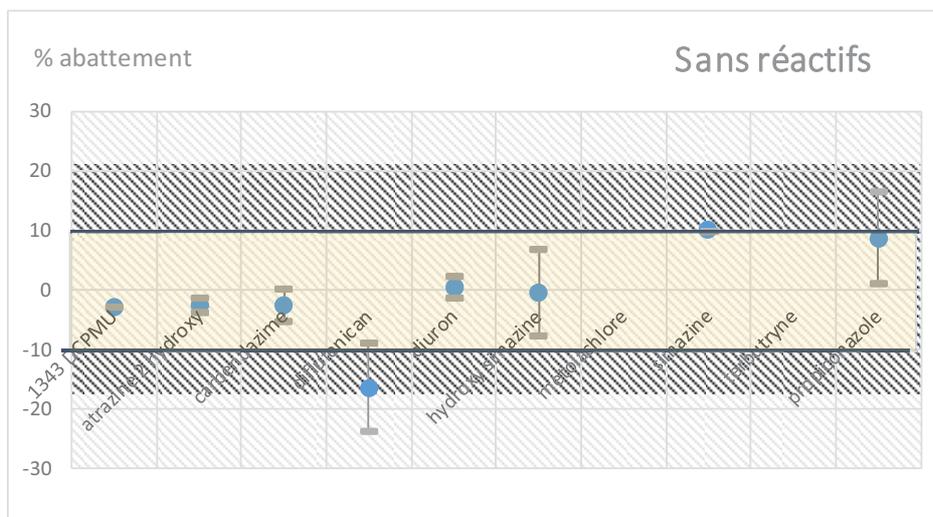
Les pesticides suivants ont été quantifiés dans les 2 campagnes : diuron, hydroxy simazine, atrazine 2 hydroxy, carbendazime, diflufenican et propiconazole. Simazine, métolachlore, 1343 DCPMU et terbutryne n'ont été quantifiés que dans une seule campagne. Le propiconazole, fongicide utilisé en agriculture, présente les concentrations les plus élevées dans les prélèvements, supérieures à 350 ng/L.

Les concentrations en entrée et en sortie du pilote de traitement sont très similaires, ce qui indique que ces pesticides dissous ne sont pas éliminés des eaux pluviales par ce type de traitement en l'absence de réactifs. Ceci est confirmé par la Figure 27 représentant les abatements moyens obtenus pour chacun des pesticides sur les 2 campagnes considérés. Les valeurs mini et maxi sont représentées dans la mesure où les substances ont été quantifiées dans les 2 campagnes.

Les abatements sont proches de 0% pour la plupart des pesticides sauf pour le diflufenican où les concentrations en sortie sont plus élevées qu'en entrée. Il s'agit peut-être d'un problème de représentativité de l'échantillonnage.



Figure 26 : Concentrations en pesticides entrée et sortie du pilote fonctionnant sans réactifs



**Figure 27 : Abattements moyens des pesticides entrée/sortie du pilote de traitement sans réactifs chimiques.**

La figure 28 représente les concentrations des 10 pesticides quantifiés dans les 2 campagnes de temps de pluie en entrée et en sortie du pilote de filtration fonctionnant avec ajout de coagulant et de polymère anionique avec les dosages indiqués dans le tableau 3.

Les pesticides suivants ont été quantifiés dans les 2 campagnes : diuron, hydroxy simazine, atrazine 2 hydroxy, carbendazime, diflufenican et propiconazole. Simazine, métolachlore, 1343 DCPMU et terbutryne n'ont été quantifiés que dans une seule campagne. Les concentrations en certains pesticides peuvent varier fortement d'un évènement à l'autre sans que ces variations puissent être expliquées par un simple phénomène de dilution dans les eaux pluviales.

La Figure 29 représente les abattements obtenus pour les pesticides quantifiés dans les 3 campagnes considérées, c'est-à-dire : atrazine 2 hydroxy, carbendazime, diuron, hydroxy simazine et propiconazole en fonction du dosage de réactif utilisé :

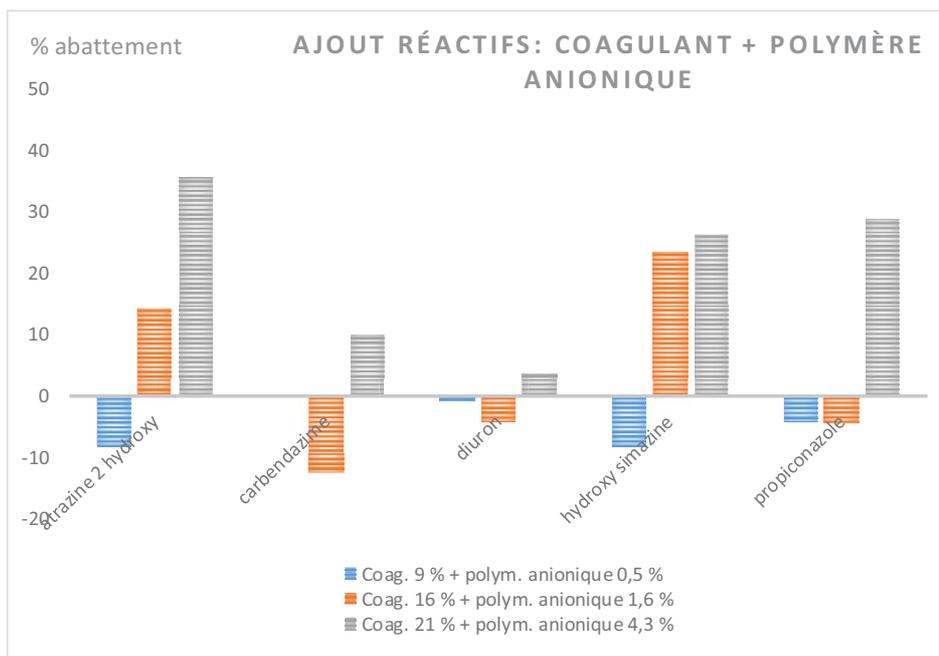
- Pour le dosage le plus faible de réactifs (9 % coagulant + 0,5 % polymère anionique), il n'y a aucune élimination des pesticides. Les valeurs négatives des rendements peuvent être dues à la représentativité de l'échantillonnage et à la difficulté de prendre en compte le temps de séjour dans le pilote.
- Pour le dosage le plus élevé (21% coagulant + 4,3 % polymère anionique), 3 pesticides sont éliminés entre 25 et 35 % : l'atrazine 2 hydroxy, l'hydroxy simazine et le propiconazole.

L'augmentation simultanée du dosage du coagulant et du polymère anionique a permis d'obtenir une élimination partielle de l'atrazine 2 hydroxy, de l'hydroxy simazine et du propiconazole mais à doses employées beaucoup plus élevées que les doses visées initialement dans les campagnes de terrain.

Il peut en être conclu que l'emploi de coagulant / polymère anionique ne permet pas l'élimination des pesticides considérés à moins d'utiliser des taux de traitement très élevés, rédhibitoires d'un point de vue économique.

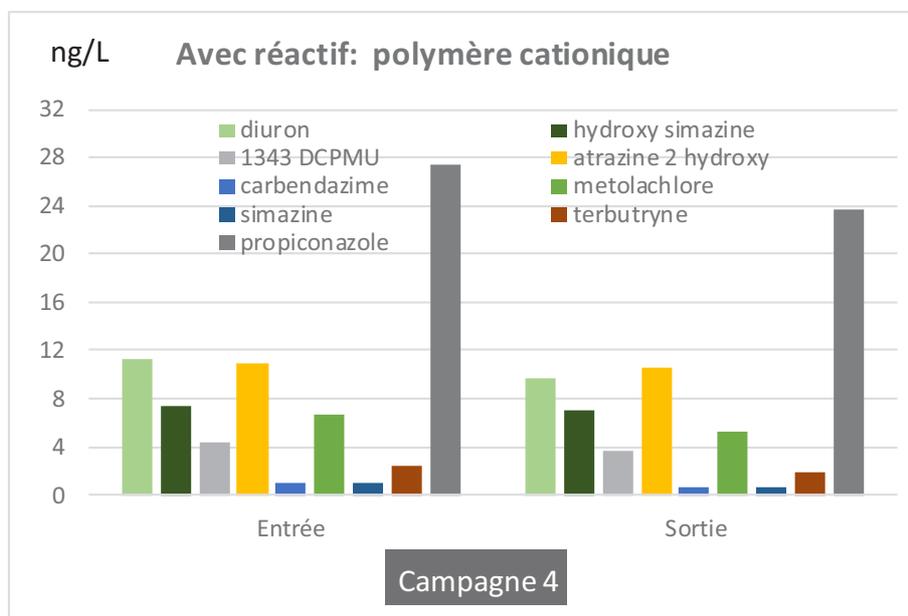


Figure 28 : Concentrations en pesticides entrée et sortie du pilote. Traitement avec réactifs : coagulant et polymère anionique



**Figure 29 : Abattements des pesticides entrée/sortie du pilote de traitement en fonction du dosage de coagulant et de polymère anionique**

La figure 30 représente les concentrations des pesticides quantifiés dans la campagne 4 de temps de pluie en entrée et en sortie du pilote de filtration fonctionnant avec polymère cationique. Seul le diflufenican n'a pas été quantifié. Les concentrations de propiconazole sont du même ordre de grandeur que celles de la campagne 1 avec réactifs mais beaucoup plus faibles que dans les autres campagnes.



**Figure 30 : Concentrations en pesticides entrée et sortie du pilote. Traitement avec polymère cationique.**

La majorité des pesticides sont éliminés entre 10 et 20% (1343 DCPMU, diuron, métolachlore, terbutryne et propiconazole) (cf. Figure 31). L'atrazine 2 hydroxy et l'hydroxy simazine ne sont que

très peu éliminées (< 10 %). Les rendements sont plus élevés pour la simazine et la carbendazime (> 30 %) mais les concentrations de ces composés étaient faibles en entrée du pilote.

La dose réelle de polymère cationique employée dans la campagne 4 est supérieure à celle initialement visée (8% au lieu de 4%) mais la quantité de réactif reste, dans tous les cas, plus faible que les doses de réactifs employées au global (coagulant et polymère anionique) dans les campagnes 1 à 3. Même si les rendements d'élimination restent faibles, l'utilisation d'un polymère cationique seul semble plus efficace que la combinaison coagulant et polymère anionique. La dose employée reste toutefois élevée. Ce résultat nécessiterait d'être confirmé par d'autres campagnes.

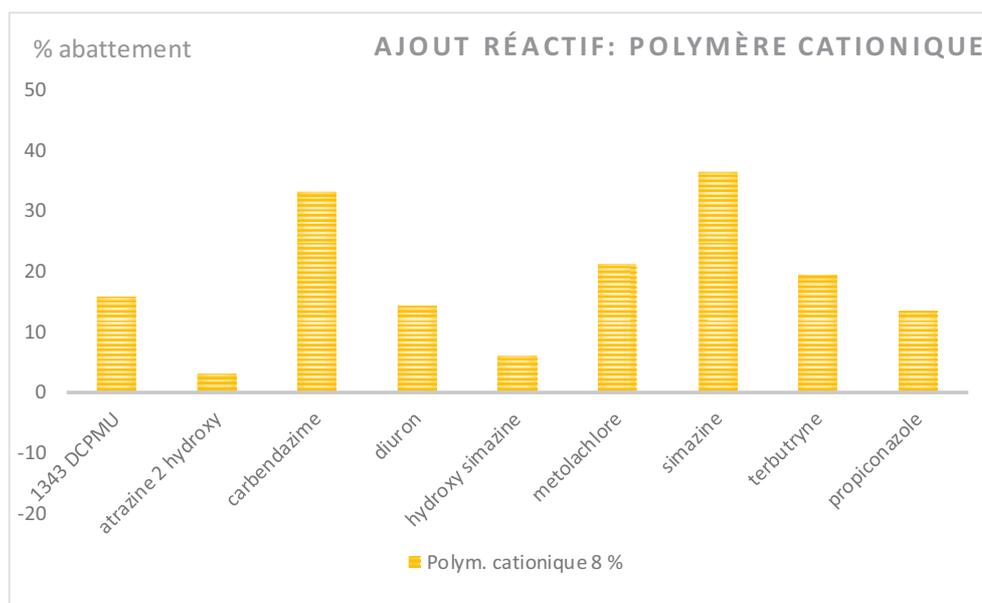


Figure 31 : Abattements des pesticides entrée/sortie du pilote de traitement avec dosage de polymère anionique

### 3.4.2 Cas du glyphosate et de l'AMPA

La figure 32 représente les concentrations du glyphosate et de l'AMPA quantifiés dans les 6 campagnes de temps de pluie en entrée et en sortie du pilote de filtration :

- En l'absence de réactifs, ces 2 pesticides ne sont pas éliminés des eaux pluviales. Lors de la campagne 2 sans réactifs, une augmentation inexpliquée des concentrations en sortie du pilote est même observée.
- Dans le cas de l'ajout de coagulant de polymère anionique, une forte élimination de ces 2 substances est obtenue, les concentrations en sortie étant très nettement inférieures aux conditions en entrée. La concentration en glyphosate à l'entrée du pilote est très variable avec une amplitude allant de 1 à 20. Les concentrations en AMPA sont quant à elles moins variables et sont généralement comprises entre 50 et 100 ng/L.
- Dans le cas du polymère cationique seul, les concentrations en glyphosate et en AMPA entrée et sortie pilote sont similaires. A noter la faible concentration en glyphosate à l'entrée du pilote pour cette campagne. La concentration en AMPA étant relativement élevée il ne s'agit pas d'un phénomène de dilution due à l'intensité de l'événement pluviaux.

Les rendements d'abattement du glyphosate et de l'AMPA sont indiqués sur la figure 31. Les abattements de la campagne 2 sans réactifs n'ont pas été pris en compte du fait de la concentration inexplicée de ces 2 composés en sortie du pilote. On retiendra que :

- Le glyphosate et l'AMPA ne sont pas éliminés par la filière pilote de traitement sans réactifs ni dans le cas d'un ajout de polymère cationique.
- Ils sont en revanche éliminés à plus de 60 % et jusqu'à 90 % par ajout de coagulant et de polymère anionique. Les doses de réactifs permettant d'atteindre ces rendements élevés sont elles-mêmes très élevées et ne pourront pas être mises en œuvre d'un point de vue économique.

Le pourcentage d'élimination semble en fait lié à la concentration en coagulant (chlorure ferrique) ainsi que le souligne la figure 34, sans qu'aucune explication n'ait pu être apportée à ce stade.



**Figure 32 : Concentrations en glyphosate et AMPA en entrée et sortie pilote pour les 6 campagnes de temps de pluie.**

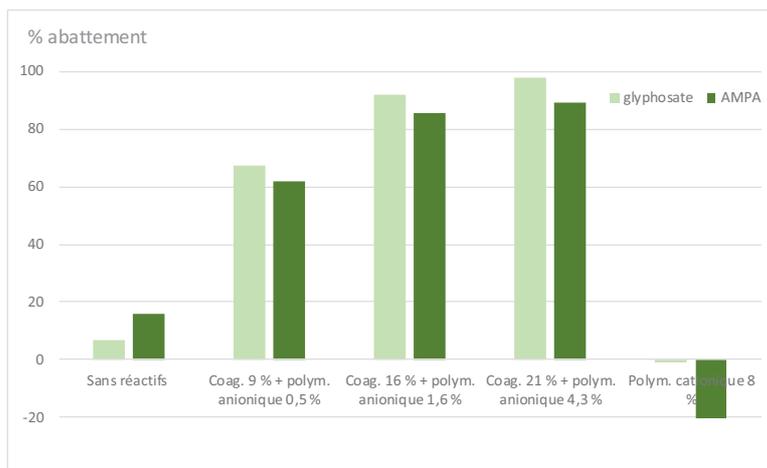


Figure 33 : Abatement en glyphosate et AMPA sur la filière pilote avec ou sans réactifs.

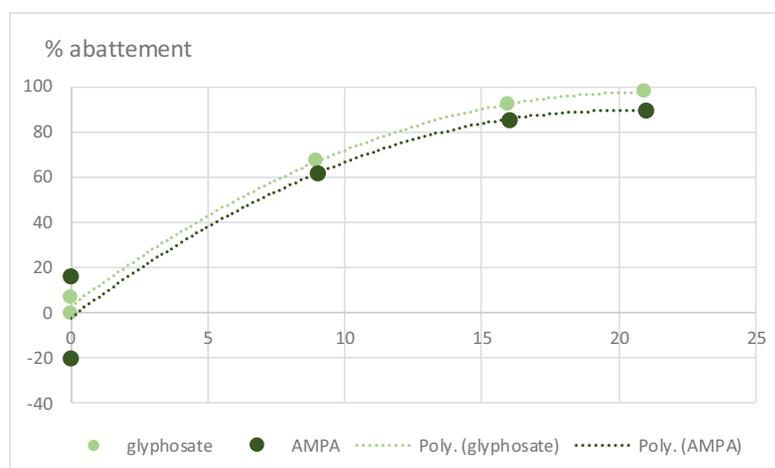


Figure 34 : Rendement d'élimination du glyphosate et l'AMPA en fonction du dosage (%) de coagulant (chlorure ferrique)

### 3.5 Métaux

Les métaux du Tableau 7 ont été quantifiés dans la phase particulaire et en phase dissoute pour les 6 campagnes de temps de pluie référencées. Certains métaux se retrouvent quasi exclusivement dans la phase particulaire. C'est le cas de l'étain, du thorium, du plomb, du vanadium (pour une des campagnes sans réactifs), du chrome et du cobalt.

Les concentrations de 8 de ces métaux en entrée et en sortie du pilote pour les 2 campagnes de temps de pluie sans réactifs sont reportées sur la Figure 35. Parmi ces 8 métaux, 3 se retrouvent quasi exclusivement dans la phase particulaire (étain, plomb, chrome), les 5 autres sont partitionnés entre les phases dissoute et particulaire (cobalt, cuivre, zinc, nickel, arsenic) selon des proportions variables. Les concentrations dans la phase particulaire relevées dans la campagne 2 sont 2 à 3 fois plus élevées que dans la campagne 1. En revanche, les concentrations dans la phase dissoute sont similaires pour les deux campagnes.

Les concentrations de ces 8 métaux en entrée et en sortie du pilote pour les 4 campagnes de temps de pluie avec réactifs (coagulant + polymère anionique ou polymère cationique seul) sont quant à elles reportées sur la Figure 36.



Figure 35 : Concentrations en éléments traces métalliques entrée et sortie du pilote fonctionnant sans réactifs



Figure 36 : Concentrations en éléments traces métalliques entrée et sortie du pilote fonctionnant avec réactifs (Campagnes 1 à 3 : coagulant + polymère anionique ; Campagne 4 : polymère cationique)

La Figure 36 met en évidence des disparités dans les concentrations en métaux dans les eaux pluviales. La campagne 1 affiche des concentrations plus élevées en entrée pilote pour le chrome, le cobalt, le nickel et l'arsenic. Un simple effet de dilution des eaux ne semble pas être une explication suffisante, la concentration en zinc restant par exemple du même ordre de grandeur dans les différentes campagnes.

Les concentrations en métaux dans la phase particulaire diminuent fortement après traitement avec réactifs de l'eau pluviale dans le pilote comme le souligne la Figure 38, à l'exception de la campagne 1 avec le dosage de réactifs le plus faible. A noter qu'il s'agit aussi de la campagne avec les concentrations en métaux les plus élevées et que, dans ce cas, le dosage en réactifs a pu s'avérer insuffisant. En revanche, le relargage de cuivre, d'étain et de plomb (conduisant à des pourcentages d'abattement négatifs) n'a pas pu être expliqué.

A noter que dans le cas d'un traitement sans ajout de réactifs, l'abattement des métaux dans la phase particulaire est faible (cf. Figure 37)

Concernant la fraction dissoute des métaux, les concentrations restent relativement constantes en entrée et sortie du pilote que ce soit avec ou sans réactifs. Ce n'est toutefois pas le cas pour le cobalt, le zinc et le nickel, qui voient leurs concentrations en phase dissoute augmenter en sortie du pilote (sauf pour le zinc, campagne 1). Ce phénomène n'étant pas observé dans la campagne 4, où seul un polymère est employé, l'hypothèse d'impuretés métalliques apportées par le coagulant (chlorure ferrique) reste l'hypothèse la plus plausible. Le fer n'a pas été dosé dans les échantillons des campagnes. Une autre hypothèse serait un relargage de certaines pièces métalliques du pilote (canalisations, filtre...) mais cette hypothèse n'a pas été vérifiée.

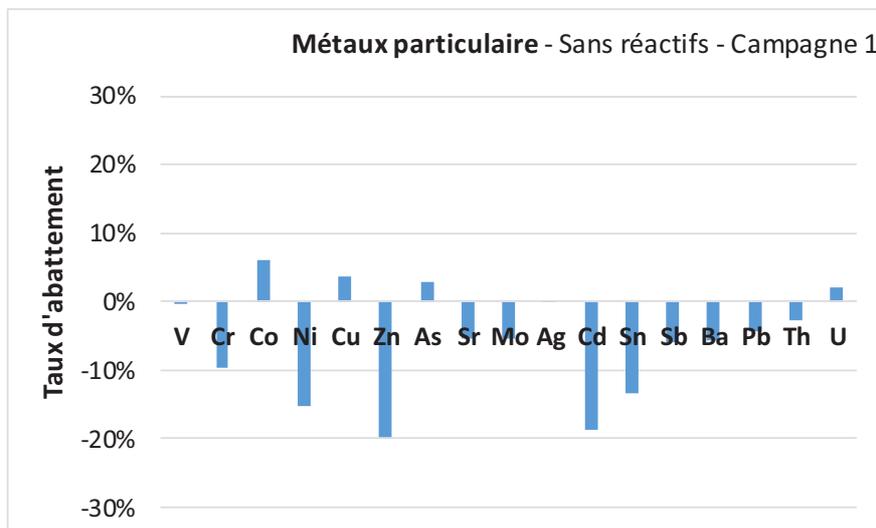


Figure 37 : Abattement des éléments traces métalliques contenus dans les eaux pluviales pour la campagne 1 sans réactifs.

Un abattement de l'ordre de 80 % des métaux sous forme particulaire a, au final, été obtenu dans 2 cas, l'un avec coagulant et polymère anionique, l'autre avec polymère cationique seul.

Cet abattement est fortement corrélé à l'abattement en MES à partir d'une dose minimale de réactifs. (cf. Figure 39).

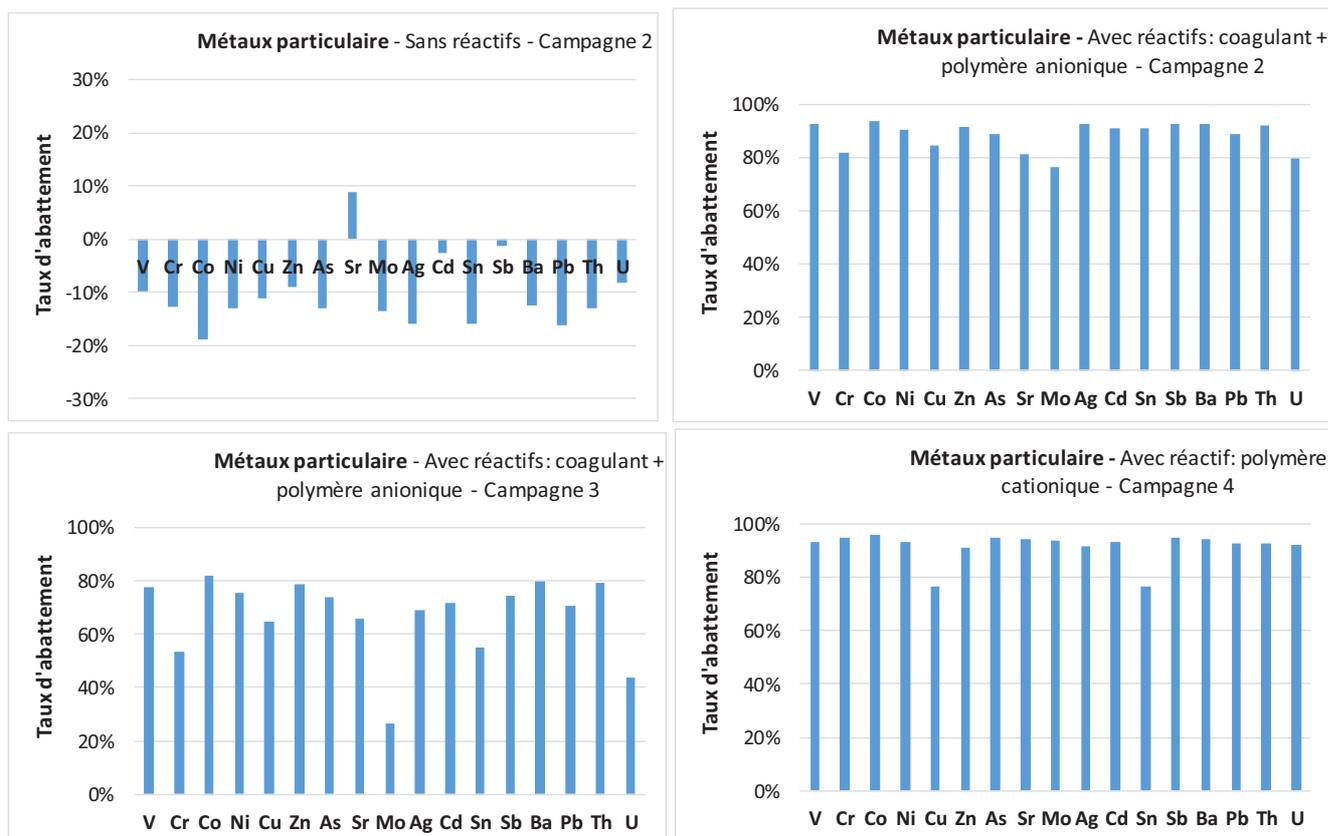


Figure 38 : Abattement des éléments traces métalliques contenus dans les eaux pluviales pour les campagne 1 à 4 avec réactifs, (Campagnes 1 à 3 : coagulant + polymère anionique ; Campagne 4 : polymère cationique)

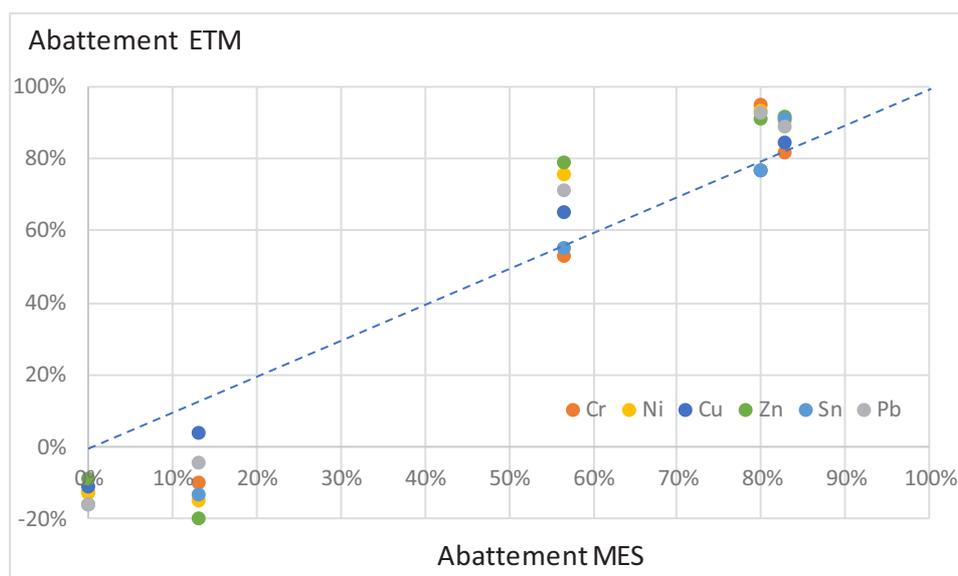


Figure 39 : Corrélation entre abattement éléments traces métalliques et abattement des MES

### 3.5.1 Etude écotoxicologique sur organismes aquatiques

Les résultats de cette étude sont présentés dans le livrable 414 associé.

#### *Accumulation des métaux*

Les deux campagnes montrent d'abord que les traitements ont un effet sur l'accumulation des métaux plus marqué dans la glande digestive (organe accumulateur) que dans les branchies (organe de transition). La qualité de l'eau en sortie du pilote montre que le traitement à base de polymère cationique EM 840 CT permet d'abaisser plus fortement les teneurs en métaux (Cd, Fe, Zn) dans les bivalves sur plusieurs jours. L'efficacité moindre du couple  $\text{FeCl}_3$  – Polymère anionique est vraisemblablement due à sa présence non souhaitée, avec les métaux associés, du fait d'un surdosage dans l'eau traitée. Dans ces conditions, il est donc difficile de donner des conclusions sur l'efficacité de ce traitement pour la campagne considérée.

#### *Expression des gènes cibles*

Les deux campagnes démontrent ensuite un effet sur l'expression de plusieurs gènes marqueurs de stress et plus particulièrement lors de la campagne avec coagulant et polymère anionique. Bien qu'après traitement des eaux pluviales l'atteinte du fonctionnement mitochondrial soit réduite, nous observons dans la plupart des cas, quel que soit l'organe, une augmentation des phénomènes d'autophagie et d'apoptose, ou mort cellulaire.

**Des effets néfastes** peuvent également être observés pour des gènes liés à l'immunité. L'augmentation de l'expression de gènes codant pour des cytochromes P450 suggère fortement une pollution organique dans l'eau traitée, potentiellement due à une absence de rinçage de la résine avant utilisation et pouvant relarguer du polymère. L'impact d'une pollution métallique est également envisageable pour expliquer la réponse génétique comme en témoignent les différences d'expression observées pour la métallothionéine.

Il faut bien noter, d'une part, que le **dosage réel des réactifs a été supérieur au dosage visé** dans toutes les campagnes. Cela a notamment été le cas dans la 1<sup>ère</sup> campagne couplant coagulant et polymère anionique avec une efficacité moindre dans l'élimination des micropolluants du fait d'un gâteau de filtration non homogène et donc la possibilité d'un passage d'une partie des réactifs dans les eaux traitées comme le suggèrent les résultats sur l'expression des gènes.

D'autre part **ce procédé ne pourra pas être dimensionné**, pour des raisons économiques, **pour traiter la totalité du débit des eaux pluviales** dans la majorité des cas. Par conséquent, un effet de dilution de l'effluent serait à prendre en compte.

Ces essais démontrent l'intérêt d'une approche écotoxicologique pour qualifier les performances du procédé. Comme perspective, il serait intéressant de **quantifier l'effet de la dilution des effluents** traités sur les organismes aquatiques par divers outils écotoxicologiques comme la bioaccumulation de métaux, les niveaux d'expression de gènes cibles, la quantification de protéines détoxifiantes (MTs), ...). Il pourrait être envisagé par exemple de procéder à des dilutions successives d'effluents pour déterminer à partir de quelle dilution aucun effet écotoxicologique ne peut être détecté.

Pour conclure de façon plus définitive, il faudra aussi s'assurer que le dosage des réactifs corresponde bien aux prescriptions.

## 4. Bilan

### 4.1 Elimination des micropolluants

Les 6 campagnes de temps de pluie effectuées au 1er trimestre 2018 ont permis d'évaluer l'efficacité d'élimination des micropolluants par filtration sur bande des eaux pluviales du Collecteur séparatif Rocade Nord. Un pilote de marque Salsnes a été à cet effet installé sur le site de Bois Gramond, en dérivation du dégrilleur / dessableur du site.

Ce traitement par filtration sur maille 210  $\mu\text{m}$  peut être précédé ou non d'une injection de réactifs chimiques (combinaison de coagulant (chlorure ferrique) et de polymère anionique ou polymère cationique seul) afin de permettre la formation d'un gâteau de filtration à travers lequel l'eau pluviale sera filtrée (cf. Figure 38).

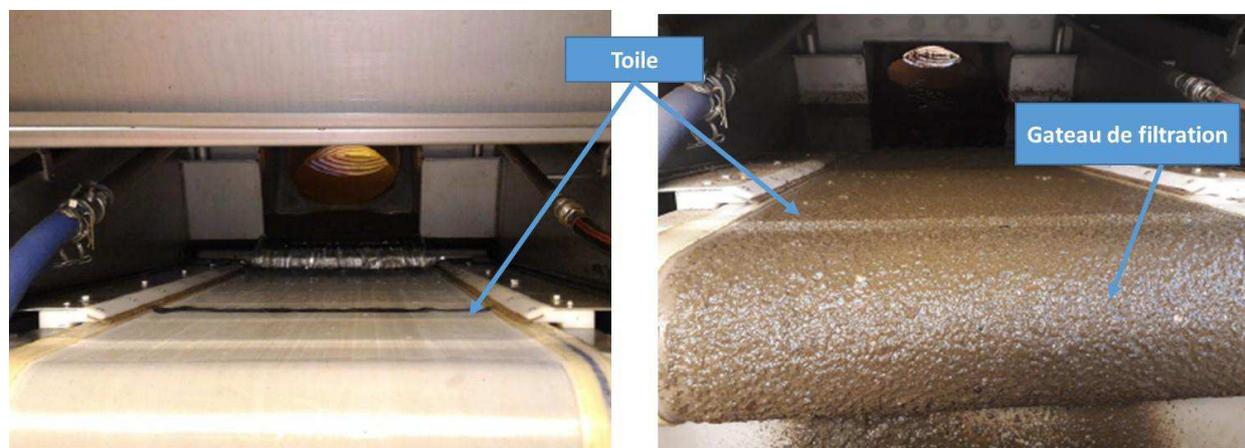


Figure 40 : Fonctionnement du filtre sans réactifs (gauche), avec réactifs (droite) de type coagulant et polymère.

Les conclusions à retenir de ces campagnes sont les suivantes :

- **Nécessité d'employer des réactifs (coagulant, floculant) pour le traitement** : en l'absence de réactifs, l'abattement des paramètres globaux (MES, DCO,..) et des micropolluants est faible, voire nul. Cela s'explique vraisemblablement par le fait qu'aucun gâteau de filtration n'est formé et que le procédé s'apparente dans ce cas à un tamisage à 210  $\mu\text{m}$ . La grande partie des matières en suspension traversent donc le filtre et se retrouvent dans l'eau de sortie.
- Les polluants sous forme particulaire : **MES, HAP et éléments trace métalliques** sont **bien éliminés** (cf. Tableau 8) **en présence de réactifs** - coagulation / floculation ou floculation seule préalable –
  - L'élimination de ces composés nécessite un dosage seuil des réactifs en lien avec la formation du gâteau de filtration.
  - Le pourcentage d'abattement devient plus faible dans le cas des eaux pluviales plus faiblement chargées en MES.
  - Le pourcentage d'élimination des HAP et des métaux est directement corrélé au pourcentage d'abattement des MES.

- Une efficacité équivalente a été obtenue en utilisant soit une combinaison de coagulant (chlorure ferrique à 16%) et polymère anionique SNF EM 630 à 1.6% soit le polymère cationique SNF EM 840 CT seul à 8%.
- Les micropolluants présents sous forme dissoute : **métaux, HAP et pesticides**, sauf glyphosate et AMPA, **ne sont pas ou sont peu éliminés des eaux même en présence de réactifs.**
  - Les métaux ne sont pas éliminés par le traitement. La concentration peut toutefois augmenter en sortie du pilote, comme pour le cobalt, le zinc et le nickel, probablement du fait d'impuretés apportées par le coagulant.
  - Il est en fait difficile de conclure sur l'efficacité d'élimination des HAP dissous : les tendances ne sont effectivement pas marquées avec des rendements assez variables.
  - Pour les pesticides, même si les rendements d'élimination restent faibles, l'utilisation d'un polymère cationique seul semble plus efficace que la combinaison coagulant et polymère anionique. La dose employée reste toutefois élevée. Les rendements peuvent atteindre 30 % pour la simazine et la carbendazime.
- Cas particulier du glyphosate et de l'AMPA :
  - Ils ne sont pas éliminés par ajout de polymère cationique
  - En revanche, **glyphosate et AMPA sont éliminés à plus de 60 % et jusqu'à 90 %** par ajout de coagulant et de polymère anionique.

Le Tableau 9 résume les meilleures performances obtenues sur l'unité pilote.

**Tableau 9 : Meilleures performances sur le pilote de traitement des eaux pluviales**

Polluant ou Micropolluant	Phase	Performance	
		Chlorure ferrique 16 % + polymère anionique SNF EM 630 à 1.6%	Polymère cationique SNF EM 840 CT à 8%
MES	Particulaire	80 %	80 %
HAP	Particulaire	50 – 55 %	55 – 60 %
HAP	Dissoute	Pas d'abattement	Pas d'abattement
Métaux	Particulaire	80 – 85 %	85 – 90 %
Métaux	Dissoute	Pas d'abattement	Pas d'abattement
Pesticides	Dissoute	0 - 20 %	0 - 30 %
Glyphosate, AMPA	Dissoute	90 %	Pas d'abattement

## 4.2 Éléments économiques

Le **dimensionnement** d'une installation pour traiter les eaux pluviales **dépend des objectifs fixés** sachant que :

- le débit et la fréquence des événements de temps de pluie sont variables
- d'un point de vue économique il ne sera pas possible de traiter le débit max. de temps pluie
- les contraintes foncières peuvent limiter la superficie disponible pour l'unité de traitement

Le dimensionnement doit donc faire l'objet d'un **compromis entre coût et bénéfices obtenus**, dépendant du site considéré et nécessitant une caractérisation hydraulique du site en amont de

l'établissement du cahier des charges. Au-delà des coûts de l'installation (CAPEX et OPEX) il faudrait aussi pouvoir monétariser les impacts environnementaux évités du fait d'un flux plus faible de micropolluants rejetés dans le milieu naturel.

Dans le cadre de cette étude, seule une **1<sup>ère</sup> évaluation technico-économique** a été réalisée sur la base :

- d'un débit à traiter
- du calcul des CAPEX associés et de l'emprise au sol
- d'une estimation des OPEX

Les débits de rejets théoriques d'eaux pluviales à l'exutoire du Collecteur Rociade Nord (Bruges) ont été calculés dans une étude de Safège en 2012 :

Nom du collecteur	Débit en m <sup>3</sup> /h			
	Pluie 1 mm	Pluie 10 mm	Pluie de fréq. quinquennale	Pluie de fréq. décennale
Rociade (Bruges)	247	2 467	15 145	18 130

A noter que les calculs théoriques sous-estiment les débits car ils ne prennent pas en compte les apports de temps sec.

Les caractéristiques du filtre SF6000 Salsnes considéré sont les suivantes (base du dimensionnement):

- vitesse pour les eaux pluviales : 80 m/h
  - surface de toile : 2.2 m<sup>2</sup>
  - emprise au sol : 2.8 m (longueur) x 2.4 m (largeur)
- } → 180 m<sup>3</sup>/h

Un **exemple de design** sur la base de 3 filtres SF600 Salsnes **avec bâtiment** est donné dans le tableau 10.

**Tableau 10 : Exemple de design**

Coûts	3 filtres Salsnes avec bâtiment
Equipements (€ HT)	570 000 €
Génie civil (€ HT)	60 000 €
Total (€ HT)	630 000 €
Coagulant	0,03 € /m <sup>3</sup>
Autres	
Empreinte au sol	~ 50 m <sup>2</sup>
Débit traité	<b>540 m<sup>3</sup>/h</b>

Le poste « Equipements » comprend :

- l'ensemble des équipements nécessaires : filtre, surpresseur, réservoir d'eau chaude et panneau de pilotage
- ingénierie, installation (connexions, canalisations), électricité et mise en route

Ce débit traité correspond à :

- 100 % d'une pluie 2 mm
- 20 % d'une pluie 10 mm

La consommation en coagulant a été évaluée sur la base d'un dosage de  $\text{FeCl}_3$  à 5 % en g Fe/ g MES et de 200 mg/l en MES. Cette concentration en MES peut évoluer en cours du temps et le dosage devra être adapté.

Ces filtres pourraient être installés, par exemple, en dérivation sur l'ouvrage de Bois Gramond comme schématisé sur la figure 41.



Figure 41 : Exemple d'implantation d'une installation de traitement des eaux

### 4.3 Limites de l'étude

Pour ces essais sur site, il a fallu faire face aux problème / limitations suivantes :

- Des prévisions météorologiques locales pas toujours fiables : les sites de prévision météorologiques ne sont pas toujours précis surtout sur un périmètre géographique très local d'où difficulté de planning pour les essais et de prise de décision concernant le démarrage du pilote (avec contrainte de ressources, de préparation des réactifs...)

- Un nombre limité de campagnes de temps de pluie pertinentes (intensité de pluie, durée...) et donc de conditions expérimentales testées sur la période. Sachant que les eaux pluviales peuvent présenter de fortes variations en termes de concentrations d'un événement à l'autre, la fiabilité des conclusions peut s'en trouver réduite.
- Pas d'asservissement du dosage de réactifs à la turbidité en entrée du pilote d'où globalement un surdosage des réactifs au cours du temps dû au fait que les concentrations en matières en suspension et en polluants diminuent au cours du temps. Ce surdosage, outre le fait qu'il génère une augmentation des OPEX, pourrait entraîner le relargage de composés métalliques contenu dans le chlorure ferrique commercial.

Il serait souhaitable pour valider les tendances observées d'avoir d'autres jeux de données et de mieux maîtriser les conditions opératoires au cours du temps.

## 5. Conclusions

L'objectif de cette étude était la **mise en œuvre d'une technologie de traitement des micropolluants des eaux pluviales d'un réseau séparatif**, avant rejet en milieu naturel sensible, basée sur une filtration sur bande couplée à une injection de réactifs (coagulant / floculant).

- ➔ **Quelle est l'efficacité de traitement de la technologie sélectionnée vis-à-vis de micropolluants cibles pour les eaux pluviales ?**
  - En **l'absence de réactifs**, l'**abattement** des paramètres globaux (MES, DCO,..) et des micropolluants est **faible**, voire nul.
  - Les **polluants sous forme particulaire** : **MES, HAP et éléments trace métalliques** sont **bien éliminés** (cf. Tableau 8) **en présence de réactifs** - coagulation / floculation ou floculation seule préalable. Le pourcentage d'élimination est alors directement corrélé au pourcentage d'abattement des MES.
  - Les **micropolluants** présents **sous forme dissoute** : **métaux, HAP et pesticides**, sauf glyphosate et AMPA, **ne sont pas ou sont peu éliminés** des eaux **même en présence de réactifs**
    - Le **glyphosate et l'AMPA sont éliminés à plus de 60 % et jusqu'à 90 %** par ajout de coagulant et de polymère anionique. Le floculant cationique est inefficace

Les **meilleures performances** obtenues sur l'unité pilote sont les suivantes :

Polluant ou Micropolluant	Phase	Performance	
		Chlorure ferrique 16 % + polymère anionique SNF EM 630 à 1.6%	Polymère cationique SNF EM 840 CT à 8%
MES	Particulaire	80 %	80 %
HAP	Particulaire	50 – 55 %	55 – 60 %
HAP	Dissoute	-	-
Métaux	Particulaire	80 – 85 %	85 – 90 %
Métaux	Dissoute	-	-

<b>Pesticides</b>	Dissoute	0 - 20 %	0 - 30 %
<b>Glyphosate, AMPA</b>	Dissoute	90 %	-

- ➔ **Quelles sont les limites d'application de cette technologie pour le traitement des eaux pluviales en réseau séparatif ?**

Cette technologie peut s'appliquer pour **diminuer de façon significative la charge de micropolluants** rejetées dans le milieu récepteur, notamment celle correspondant aux micropolluants sous forme particulaire tels que métaux et HAP dans une limite de débit qui doit correspondre à un compromis entre coûts (CAPEX et OPEX) et bénéfices. Un **ensemble de 3 filtres**, installés en dérivation de l'ouvrage, nécessitant une surface de de l'ordre de 50 m<sup>2</sup> **permettrait de traiter 550 m<sup>3</sup>/h**, soit une **pluie de 2 mm sur 24 h** pour l'exutoire du Collecteur Rcade Nord considéré dans l'étude.

**Les essais n'ont pas permis d'optimiser les doses de réactifs injectées**, optimisation nécessaire pour une étude technico-économique plus précise.

Il serait aussi souhaitable pour valider les tendances observées d'avoir d'autres jeux de données et de mieux maîtriser les conditions opératoires au cours du temps.

## 6. Remerciements

---

L'auteur tient à remercier tout particulièrement les équipes du LyRE (Marion-Justine Capdeville, Christophe Chauvin, Rémi Pico) pour la réalisation des campagnes de terrain et leur forte implication dans l'étude, les équipes des laboratoires EPOC (LPTC : Hélène Budzinski, TGM : Alexandra Coynel et Antoine Lerat) pour toutes les analyses effectuées et pour leur contribution à la préparation de ce rapport ainsi qu'Ywann Penru de la DIE de Suez.

## 7. Références

---

### LIVRES ET AUTRES MONOGRAPHIES

Mémento Degremont. Estimation de la pollution des eaux de temps sec.  
<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-urbains/estimation-de-la-pollution-des-eaux-de-temps-sec>

Chocat B. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Hermès-Lavoisier. 2007.

# ANNEXES

---

## Annexe 1 : Sélection du flocculant cationique

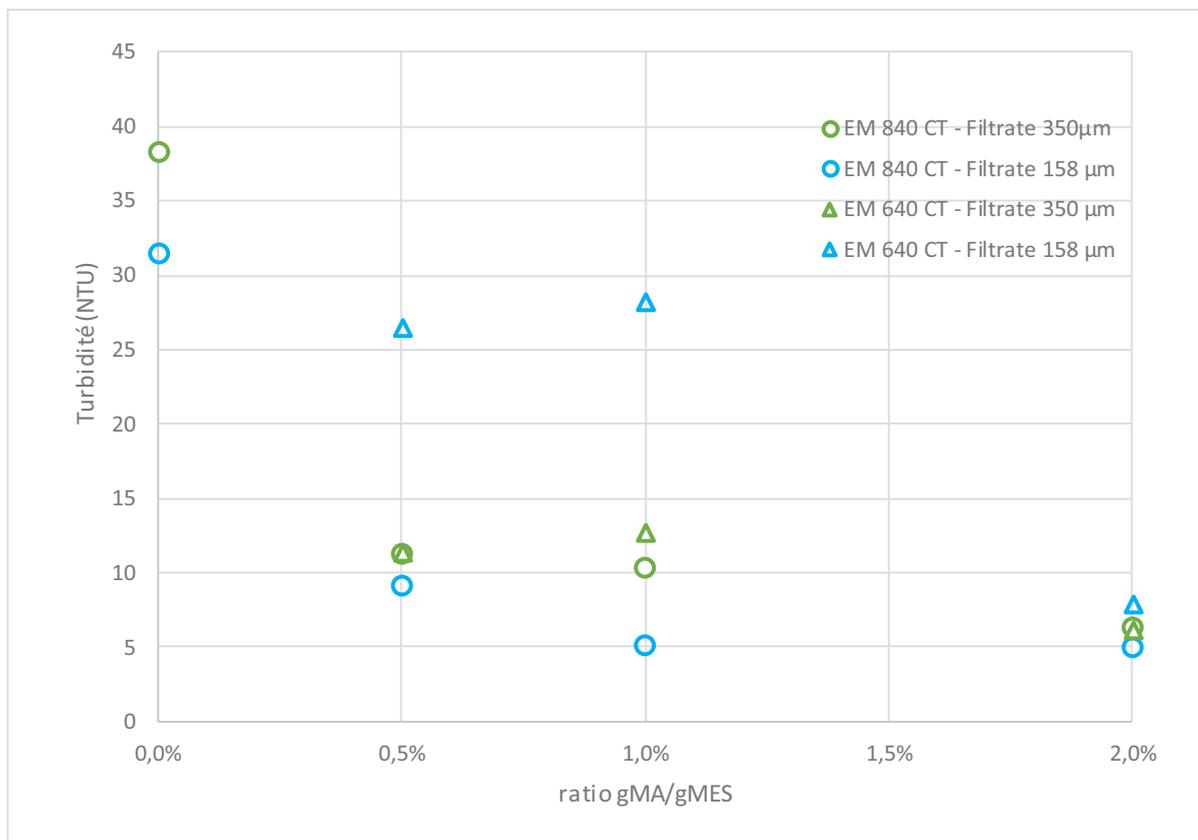


Figure A1 – 1 : Evolution de la turbidité (échantillon eau Bois Gramond) en fonction du polymère cationique, de la dose utilisée et de la maille de filtration.



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



# REGARD

*REduction et Gestion des micropolluants sur la métropole borDelaise*

## **LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION DES MICROPOLLUANTS SUR LE TERRAIN**

### TACHE 3.2 - ACTIONS SUR LA SOURCE DOMESTIQUE

**Livrable n°322 : Rapport sur les interventions auprès des ménages référents et  
les messages de sensibilisation testés**

**L'accompagnement au changement de pratiques :  
Présentation de l'expérimentation citoyenne « Famille Eau Défi »**

**Version finale  
Novembre 2019**

Auteurs : Sandrine Gombert-Courvoisier & Sarah-Jane Krieger

Contributeurs au livrable (par ordre alphabétique) : Hélène Budzinski, Alexandra Coynel, Annabelle Dominique, Marie-Line Félonneau

Contributeurs de la démarche « Familles EAU Défi » : Julia Barrault, Marion-Justine Capdeville, Elsa Causse, Christophe Chauvin, Florian Delerue, Céline Domenc, Cédric Mérand, Rémy Pico





# Synthèse opérationnelle

## Quelles hypothèses pour quels objectifs ?

Si les micropolluants peuvent être d'origine naturelle, ils sont majoritairement émis par les activités anthropiques comme l'industrie, l'agriculture, les transports mais également par les citoyens au travers de leurs pratiques domestiques ou intimes (entretien de la maison, hygiène corporelle, médication...). Ni l'innovation technologique, ni la réglementation ne pourront solutionner rapidement et à un coût raisonnable l'enjeu lié aux micropolluants. Ainsi, l'implication des citoyens est vue comme une nécessité pour contribuer à réduire les émissions et les risques environnementaux et sanitaires associés. Néanmoins, la littérature montre que les changements de comportements se heurtent à de nombreux freins autant aux niveaux individuels (cognitifs, psychosociaux, économiques...) que collectifs (technologies existantes, offre disponible, outils réglementaires...), d'où la difficulté de passer de la seule sensibilisation à une conscientisation environnementale propre à modifier les pratiques.

Par rapport à l'enjeu des micropolluants dont l'objectif est la diminution des émissions à la source, nous formulons deux hypothèses : le changement peut être engendré, d'une part, par l'appropriation individuelle des enjeux environnementaux, d'autre part, par un accompagnement du groupe ; ces deux hypothèses pouvant être liées à savoir que l'accompagnement peut renforcer l'appropriation individuelle.

Ces hypothèses sont testées dans le cadre d'une démarche de participation citoyenne que nous avons intitulé « Familles Eau Défi ». Cette démarche concerne l'évaluation de solutions de réduction de l'émission de micropolluants mises en œuvre au niveau de la source domestique suite à : i) l'analyse des perceptions et représentations issues du Living Lab et de l'enquête populationnelle (cf. livrable 1.2 – source domestique du projet REGARD) ; ii) la 1<sup>ère</sup> phase de caractérisation chimique de la source domestique à partir de plusieurs îlots de logements comprenant entre 50 et 250 ménages (cf. livrable n° 1.3.2). Cette caractérisation a mis en évidence la présence de micropolluants dans les eaux usées domestiques (notamment triclosan ; oxybenzone et octocrylène ; fipronil et imidaclopride : paracétamol et ibuprofène) pouvant être associés à certaines pratiques domestiques (hygiène corporelle et bucco-dentaire, entretien de la maison et du linge, prise de médicaments, traitement des animaux domestiques, etc.) ; iii) la sélection des actions pertinentes à mettre en œuvre (cf. livrable 2.2.1 concernant les fiches-action synthétiques).

## Quelle méthodologie ?

Cette démarche « Familles Eau Défi » se veut à la fois interdisciplinaire entre les sciences humaines et sociales et les sciences de l'environnement et participative avec les habitants du territoire. Elle vise à évaluer l'appropriation des enjeux environnementaux par les citoyens et leur capacité à mettre en œuvre des changements de pratiques pour diminuer l'émission de micropolluants à la source. En effet, l'objectif de cette démarche est, *in fine*, de préconiser des leviers d'action à l'échelle du ménage pour réduire les émissions domestiques de micropolluants. Son intérêt majeur est de mettre en perspective deux types de données : d'une part des données auto-rapportées à l'aide d'entretiens et de questionnaires, et d'autre part des données observées, mesurées et donc objectivables à partir du remplissage d'un outil numérique<sup>1</sup>, des photographies des produits utilisés, et d'un suivi chimique

---

<sup>1</sup> Outil développé par Cap Sciences.

pour certaines familles. Cette double méthodologie, relativement peu usitée dans les recherches, a l'avantage de permettre de neutraliser le décalage entre ce que les gens disent et ce qu'ils font !

La démarche « Familles Eau Défi » se décline en plusieurs phases qui se sont déroulées au cours de l'année 2017 (Figure 2).

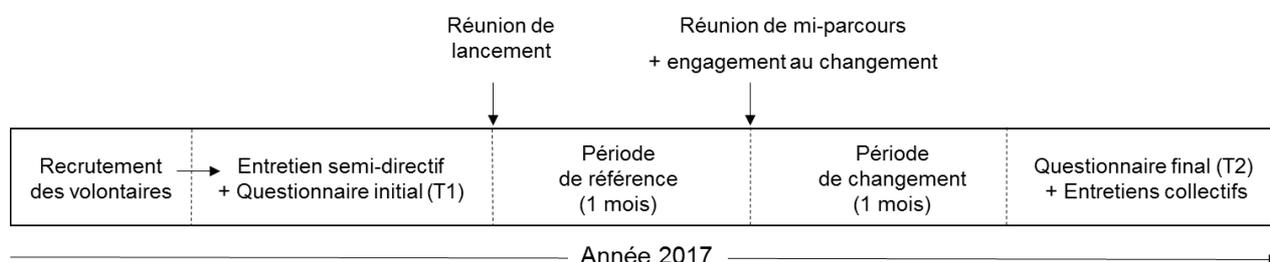


Figure 1. Représentation schématique du déroulé de la démarche « Familles Eau Défi »

Après le recrutement de volontaires<sup>2</sup> (après diffusion d'une annonce au travers de réseaux administratifs, professionnels et associatifs), un entretien semi-directif a été réalisé avec chaque volontaire<sup>3</sup> afin de caractériser, entre autres, leur rapport à l'environnement. Ce recueil de données a été conçu à partir d'une double approche, sociologique et psychosociale. L'entretien était en effet composé à la fois de questions ouvertes, relevant d'une démarche qualitative permettant d'accéder à la spontanéité du discours et à la réalité de l'interlocuteur, et à la fois de questions fermées (questionnaire initial au temps T1), issues d'échelles psychosociologiques standardisées permettant une démarche quantitative et l'obtention de scores (sensibilité écologique et engagement vert). Cet entretien « hybride » permet à la fois de replacer les enjeux des micropolluants, de l'eau et de l'environnement au sein des préoccupations de chacune de ces familles et de comparer l'intérêt pour ces enjeux entre les familles.

Suite à cet entretien, et à la suite de la réunion de lancement, une expérimentation de deux fois un mois a été menée. Pour la première période dite « de référence », les familles volontaires ont recensé l'ensemble de leurs produits liés à l'entretien de la maison (vaisselle, lessive, nettoyage des sols et surfaces) et à l'hygiène corporelle (lavage des cheveux, corps et visage, hygiène buccodentaire, hydratation du visage, rasage et épilation, protection solaire), et ont renseigné quotidiennement leurs usages *via* un outil numérique dédié. Pour la deuxième période, dite « de changement », les familles se sont engagées sur un ou plusieurs changements de produits ou d'usages (par ex. une substitution de produit ou une réduction de dose ou de fréquence d'usage) lors de la réunion de mi-parcours. Cette seconde période s'est déroulée de la même manière que lors de la première période, à savoir un renseignement quotidien des produits et des usages mis en œuvre, dont le(s) changement(s) opéré(s).

À la fin de l'expérimentation, un questionnaire numérique final (T2) reprenant les mêmes échelles psychosociologiques que le questionnaire initial a été proposé afin de mesurer l'évolution des attitudes et des pratiques environnementales déclarées. Enfin, des entretiens collectifs ont permis d'identifier les freins et moteurs aux changements de pratiques et de mettre en évidence des liens entre expérimentation, appropriation environnementale, écologisation de pratiques et transition écologique.

<sup>2</sup> 97 familles intéressées.

<sup>3</sup> 78 entretiens réalisés.

Le changement de pratiques de la démarche « Familles Eau Défi » repose sur la théorie de l'engagement<sup>4</sup> qui part du postulat que les gens sont plus impliqués par leurs actes que par leurs paroles. Dans notre démarche, l'engagement a nécessité : i) une escalade d'engagements (d'abord la réponse à l'appel à volontaires, puis l'entretien initial, ensuite la réunion de présentation de la démarche et enfin la participation à la période de référence), ii) le caractère public et irrévocable de l'acte (engagement photographié lors de la réunion de mi-parcours), iii) basé sur des raisons internes (la participants se sont engagés sur un ou plusieurs changements de leur propre choix et non proposés par l'équipe de recherche).

## Quels résultats ?

### 1. Caractérisation initiale des familles

Une quarantaine de participants a mené l'expérimentation dans sa totalité : en renseignant quotidiennement l'outil numérique lors des périodes de référence et de changement (n=40) et en répondant à l'ensemble des questions relatives aux attitudes et pratiques environnementales (sensibilité écologique et engagement vert) en début (T1) puis en fin (T2) d'expérimentation (n=43). Ces participants habitent la métropole bordelaise, vivent en famille (2 parents et au moins un enfant) pour 79% d'entre eux, en maison individuelle (81%) et exercent des professions intermédiaires (42%) ou supérieures (47%).

### 2. Une sensibilisation aux enjeux environnementaux

*Des données qualitatives montrant une sensibilisation à l'environnement...*

L'analyse des entretiens a montré que les familles interrogées ont des préoccupations relativement classiques (les enfants, le travail, la maison avec la tentative de concilier leurs aspirations avec les contraintes du quotidien) ... mais montrent une certaine sensibilisation aux enjeux environnementaux.

*... à l'eau et aux micropolluants ?*

Les répondants connaissent assez mal le petit cycle de l'eau aussi bien en termes de prélèvement que de rejet. Lorsqu'on interroge ces familles sur leurs usages de l'eau, elles n'hésitent pas à poser des questions, partager leurs états d'âme et indiquer leurs bonnes pratiques en la matière. Les thématiques qui en ressortent concernent l'eau consommée, l'eau polluée et l'eau protégée. En ce qui concerne l'enjeu de la qualité de l'eau, il ressort que certaines de ces familles ont déjà mis en place des pratiques alternatives ou au moins en ont testées avec plus ou moins de succès. Par rapport à l'enjeu spécifique des micropolluants, s'ils sont rares ceux qui en ont entendu parler, et encore plus rares ceux qui peuvent définir ce terme, nos interlocuteurs ont connaissance des effets endocriniens et mutagènes des substances sur la faune aquatique. Constat qui peut les amener à s'interroger sur les effets de ces substances sur la santé humaine et à suspecter d'autres produits. Ainsi, les familles interrogées se disent en attente de propositions d'alternatives, d'informations sur les impacts sur la santé et l'environnement et d'explications sur les labels et insistent sur l'importance de la caution scientifique de toutes ces informations.

### 3. Une sensibilité écologique et un engagement vert

*Des données quantitatives...*

---

<sup>4</sup> Kiesler (1971), Academic Press, New-York

Joule et al. (2007). Social and Personality Psychology Compass, 1, 493-505.

Plusieurs échelles psychosociales ont été utilisées dans les questionnaires pour mesurer d'une part, la sensibilité écologique à partir du NEP (Nouveau Paradigme Environnemental) proposé dans sa version française validée<sup>5</sup> et de l'échelle de représentation et de connexion à la nature (CNS) basée sur la sous-échelle « Enjoyment of Nature »<sup>6</sup> et pour mesurer d'autre part, l'engagement vert à partir de l'échelle des écogestes<sup>7</sup>. Ces échelles fournissent des données quantitatives (scores) que l'on peut comparer avant l'expérimentation (T1) et après celle-ci (T2) pour mesurer l'impact de la démarche d'accompagnement des familles.

*... montrant un effet de l'expérimentation sur la sensibilité écologique et l'engagement vert*

Les résultats montrent une évolution de la sensibilité écologique et de l'engagement vert entre le début et la fin de l'expérimentation. En effet, le score global du NEP augmente significativement ( $p=0,050$ ) entre T1 et T2, de même que le score global des écogestes déclarés ( $p<0,1$ ). Une augmentation significative est aussi mise en évidence pour 5 écogestes spécifiques, dont trois écogestes plus spécifiquement liés à l'eau et à l'utilisation de produits moins nocifs (« Je pense à ne pas utiliser de détergents ménagers susceptibles d'être nocifs pour l'environnement », « Je surveille attentivement ma consommation d'eau », « Je veille à consommer des produits ne contenant pas de substances potentiellement dangereuses pour l'environnement »).

#### **4. Un engagement à changer un ou plusieurs comportements**

Au début de l'expérimentation, nous n'avions aucune idée du nombre de produits utilisés par une famille pour l'entretien de sa maison (vaisselle, lessive, nettoyage des surfaces, etc.) et pour son hygiène corporelle (dentifrice, shampoing, gel douche, savons, crème hydratante, etc.). Au total, ce sont 1254 produits qui ont été utilisés tout au long de l'expérimentation par 40 familles, soit 493 produits d'entretien de la maison (39%) et 761 produits d'hygiène corporelle (61%). Parmi l'ensemble de ces produits, il n'y a pas de produits ou de marques qui se distinguent des autres. En effet, d'après les observations effectuées, il existe une telle diversité de produits, qu'il est impossible d'identifier un produit ou une marque majoritairement utilisés par un grand nombre de familles.

*Un engagement au changement...*

Une augmentation significative du nombre déclaré de changements est observée en fonction du temps. En effet, le nombre d'engagements évolue de 2,6 changements par famille lors de l'engagement public à 3,6 après une semaine et à 5,0 changements après un mois de période de changement. En fin de période cela représente un total de 210 changements pour 42 familles. Parmi ces changements, 53% portent sur l'entretien de la maison et 47% sur l'hygiène corporelle. Par ailleurs, 68 % de ces changements concernent une substitution de produits (vers des produits « écolabellisés » ou « naturels/faits maison ») et 32 % concernent une réduction (des doses, des fréquences ou du nombre de produits pour un même usage). On constate donc qu'il paraît plus facile de substituer que de réduire, que cela concerne autant des pratiques liées à l'hygiène corporelle qu'à l'entretien de la maison.

*... se traduisant par une diminution effective du nombre de produits utilisés...*

Les résultats montrent une diminution significative du nombre moyen de produits utilisés par famille, entre la période de référence et la période de changement passant de 32,9 à 30,7 produits. Il est

---

<sup>5</sup> Schleyer-Lindenmann *et al.* (2016). *Psychologie Française*, 61, 2, 83-102

<sup>6</sup> Milfont et Duckitt (2010). *Journal of Environmental Psychology*, 30, 80-94

<sup>7</sup> Félonneau et Becker (2008). *Revue Internationale de Psychologie Sociale*, 21(4), 25-53.

intéressant de noter que cette diminution s'observe autant pour les produits d'hygiène corporelle (passage de 7,5 à 7,3 produits en moyenne par personne) que pour les produits d'entretien de la maison (passage de 12,4 à 11,2 produits en moyenne par famille). Par ailleurs, cette diminution globale de produits se traduit par une diminution significative du nombre de produits « classiques » en faveur d'une augmentation significative du nombre de produits « naturels ou faits maison ». L'augmentation du nombre de produits « écolabellisés » entre les deux périodes n'est quant à elle que tendancielle.

*... une évolution des pratiques...*

Globalement, pour l'hygiène corporelle, le nombre d'utilisations (nombre d'utilisations / jour / personne) ne varie pas entre la période de référence et la période de changement. Par contre, entre ces deux périodes, on observe une diminution significative de l'utilisation des produits « classiques » en faveur d'une augmentation significative de l'utilisation des produits « écolabellisés » et « naturels/faits maison ».

Pour les pratiques liées à l'entretien de la maison, le nombre d'utilisations (nombre d'utilisations / jour / famille) ne varie pas non plus entre les deux périodes. On observe également une diminution de l'usage de produits « classiques » et une augmentation de l'usage de produits « naturels/faits maison », bien que ces différences ne soient pas toutes significatives.

*... et une satisfaction globale des changements opérés*

Les participants semblent globalement satisfaits, voire très satisfaits des changements mis en œuvre. En additionnant les quatre scores de praticité, d'efficacité, de prix et de confort, variant de 1 (non satisfait) à 3 (satisfait), l'indicateur global de satisfaction globale varie de  $10,5 \pm 1,8$  en moyenne pour l'hygiène corporelle à  $11,1 \pm 1,4$  en moyenne pour l'entretien de la maison sur une échelle variant de 4 à 12.

## **5. Les participants : des acteurs du changement ?**

L'expérimentation a renforcé un sentiment d'appartenance au groupe « Familles Eau Défi ». Par ailleurs, elle leur a également permis de relativiser leur écologisme au vu des problématiques environnementales ou de leur impact individuel dont ils avaient peu conscience en début d'expérimentation. Il en ressort un nouveau rapport à la consommation où l'attitude écologique se trouve totalement normalisée. Certains volontaires vont jusqu'à parler « d'acceptation sociale », rendant les enjeux écologiques, dont la problématique des micropolluants, non discutables – et ce, malgré les incertitudes scientifiques dont nous leur avons fait part, tout au long de la démarche. Si les participants ne se qualifient pas « d'experts » à la fin de l'expérimentation, ils soulignent néanmoins l'importance des connaissances et compétences qu'ils ont pu acquérir. Ces dernières légitiment des attitudes voire des pratiques antérieures qui permettent aux familles d'amorcer d'autres changements.

Ces participants, responsabilisés du fait de leurs connaissances et compétences, se découvrent ou s'affirment comme « acteurs du changement » et pour certains endossent alors pleinement le rôle d'ambassadeurs. Essaimage qui commence par l'entourage proche avec l'éducation des enfants et les discussions au sein de la famille et des groupes d'amis et collègues. Se pose alors la question de la diffusion au grand public : celui-ci étant perçu, de fait, comme moins concerné par les questions d'environnement mais aussi moins sachant car n'ayant pas participé à l'expérimentation, il s'agit de trouver d'autres arguments que le bon état écologique des milieux aquatiques. Les pistes avancées

sont du domaine de la santé (effets des produits sur la santé humaine) et de l'économie (gain économique en réduisant sa consommation de produits ou en passant à des produits basiques moins chers).

## **Quelles préconisations de leviers d'action peut-on tirer de cette démarche ?**

La finalité de la démarche « Familles Eau Défi » est de préconiser des leviers permettant de réduire les émissions de micropolluants dans les eaux usées domestiques et si possible généralisables à une collectivité. Les données de l'outil numérique, des questionnaires et des entretiens nous permettent d'en préconiser certains, listés ci-dessous.

- Le nombre et la nature des changements ne doivent pas être imposés mais doivent être laissés au libre-arbitre des gens, en fonction de leur sensibilité écologique, de leur mode de vie et de leur compréhension des enjeux environnementaux, afin d'augmenter leur sentiment de contrôle (cela permet effectivement que les gens se les approprient et les mettent effectivement en place).
- Les familles ont déclaré, à la fin de l'expérimentation, avoir envie de plus agir. Ainsi, un accompagnement des familles par des actions de sensibilisation, d'information et de conseil peuvent être un premier levier d'action. Attention cependant à ne pas donner de messages trop alarmistes qui peuvent entraîner des effets opposés à ceux souhaités par un phénomène de réactance d'une partie de la population, ou engendrer une éco-anxiété pour une autre partie de la population très impliquée dans la cause environnementale.
- La substitution est le changement le plus plébiscité. La substitution des produits classiques par des produits écolabellisés semblait *a priori* la plus facile à mettre en œuvre. Cependant, nos résultats montrent que les familles se sont principalement engagées sur une substitution par des produits « naturels/faits maison » dans le cas des produits d'entretien de la maison, comme des produits d'hygiène corporelle. Il serait alors intéressant de favoriser le déploiement d'ateliers « faire soi-même », proposés par des acteurs du territoire (micro-entreprises et associations partenaires de la collectivité), pour accompagner les citoyens dans ces changements de pratiques. Cela sensibiliserait les familles tout en leur proposant des solutions d'actions efficaces. En lien avec les résultats du projet LUMIEAU-STRA, on peut donc préconiser de substituer les produits d'entretien de la maison par des produits naturels ou faits maison, « bons pour l'environnement, les finances et la santé ». Sans forcément indiquer quels sont les « bons » produits à utiliser, l'information sur quelques produits de base (vinaigre, savon noir, bicarbonate...) et les recettes faciles à fabriquer soi-même peuvent permettre à certaines personnes de « mettre le pied à l'étrier » du changement en testant ces produits et pratiques. La substitution des produits cosmétiques semble plus délicate, comme l'indiquent les résultats du projet COSMET'EAU qui montrent que l'écotoxicité de certains produits cosmétiques labellisés « sans parabènes » ou « bio » peut être équivalente aux formulations d'origine.
- En se basant sur le principe de précaution, la réduction, de dose ou de fréquence de pratiques, semble une solution à privilégier quelle que soit la pratique, pour réduire les rejets de micropolluants d'origine domestique.
- Pour inciter les personnes les moins sensibilisées aux problématiques environnementales à agir, il s'agit de trouver d'autres arguments que le bon état écologique des milieux aquatiques. Les pistes avancées sont du domaine de la santé (effets des produits sur la santé humaine) et de l'économie (gain économique en réduisant sa consommation de produits ou en passant à

des produits basiques moins chers). Ces deux dimensions peuvent être associées à des pratiques de « care » au sens de « prendre soin » de ses proches en choisissant des produits moins polluants ou en les fabriquant soi-même, à l'image de l'alimentation faite « maison », qui s'articuleraient alors avec le souci environnemental. En outre, il semble important de mettre à disposition des citoyens moins sensibilisés de la collectivité les retours des participants de la démarche quant à leur satisfaction des changements testés, en termes de facilité, de coût, de confort et de praticité. Ces retours d'expériences permettraient aux familles peu sensibilisées ou sceptiques de s'identifier à des gens « comme eux » influençant ainsi leur envie d'essayer de changer certaines de leurs pratiques.

- Durant les entretiens collectifs, les familles ont souligné le fait de se sentir valorisées en participant à une démarche collective de recherche. De ce fait, il serait intéressant de favoriser la mise en place de démarches similaires portées par la collectivité et accompagnées par des chercheurs. Cela permettrait l'essaimage des pratiques tout en permettant l'acquisition de données nécessaires pour la recherche.
- En lien avec le dilemme spatial, qui montre qu'on choisit plutôt un changement qui concourt à un bénéfice local plutôt qu'un bénéfice global, il est primordial de personnaliser et relocaliser la question de la pollution aquatique en apportant des connaissances territorialisées. Les connaissances peuvent porter, bien-sûr sur les micropolluants identifiés sur le territoire à l'issue du diagnostic, mais également sur les milieux et espèces à enjeux sur le territoire, sensibles aux pollutions de toutes natures. Cette sensibilisation peut passer par une reconnexion à l'environnement par l'intermédiaire d'activités en lien avec la nature.
- Pour lutter contre les micropolluants d'origine domestique, l'action publique ne doit pas rester en marge. D'une part, comme le montre le livrable n° 4.2.1 concernant l'évaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants d'origine domestique, les citoyens sont en demande d'une action forte des collectivités associées aux gestionnaires de l'eau pour mettre en œuvre les solutions techniques les plus efficaces pour améliorer le traitement des eaux usées malgré une augmentation probable du montant de la facture. D'autre part, la réglementation a un rôle central à jouer : obliger les fabricants et les distributeurs à mettre en place un étiquetage environnemental de leurs produits (même si cela nécessite une bonne compréhension des étiquettes de la part des consommateurs), et contrôler la commercialisation de certains produits contenant des substances à enjeux (au risque de restreindre le choix des consommateurs).

## **Pour conclure sur la démarche « Familles Eau Défi »**

La démarche « Familles Eau Défi » a permis de créer une dynamique de groupe favorable aux changements comportementaux. Si certains participants, s'auto-qualifiant « d'écolos », avaient déjà le souci d'agir et de transmettre, cette expérimentation leur a fourni les outils et les compétences nécessaires.

Cette démarche a permis de valider nos hypothèses basées sur le fait qu'une participation à une démarche citoyenne comme « Familles Eau Défi » pouvait favoriser l'appropriation des enjeux environnementaux complexes indispensable pour amorcer un changement des comportements, et ainsi de générer un sentiment d'appartenance favorable à l'essaimage des bonnes pratiques, caractérisant une implication dans un processus de transition écologique.

Cependant, pour que ces changements participent à une véritable transition écologique, la question de la permanence des changements initiés reste à vérifier. Cette expérimentation s'est déroulée sur

un temps court de quelques mois ne pouvant aborder que de manière superficielle les modalités du changement, bien qu'il ait été effectif sur cette période. Une évaluation de la durabilité du changement serait nécessaire à moyen terme pour mesurer à quel point une démarche ponctuelle d'accompagnement peut générer une dynamique propre et autonome de changements.

Aussi mobilisés soient-ils, nos interlocuteurs restent cependant conscients des limites de l'action individuelle et risquent de voir s'épuiser le fragile sentiment de contrôle qu'ils éprouvent. La prolifération des messages de sensibilisation et des injonctions omniprésentes à adopter un comportement pro-environnemental peut parfois laisser penser que l'on cible les individus comme principaux responsables de la dégradation environnementale : cette façon de poser le problème est non seulement erronée mais aussi contre-productive. En matière de protection de l'environnement, l'ampleur de la tâche à accomplir est telle qu'elle risque de générer un sentiment d'impuissance et de démotivation qui, dans ses formes les plus graves, peuvent se transformer en éco-anxiété ou pour reprendre le néologisme de Albretch (2007) en solastalgie.

En outre, ce recours à la responsabilisation individuelle fait émerger une nouvelle activité (nouveau rôle pour le chercheur ou nouvel acteur ?) : accompagner les citoyens dans l'appropriation des enjeux environnementaux. En effet, cette prise de responsabilité par les citoyens interroge sur les moyens qu'ils ont ou qu'il peut leur être donné pour ce faire. Tous n'ayant pas le même accès aux connaissances scientifiques sur la pollution de l'eau, techniques de lecture d'étiquettes ou aux compétences nécessaires pour la fabrication de produits d'hygiène ou d'entretien par exemple, ni même aux réseaux qui proposent ces activités, il s'agit pour l'action publique de se donner les moyens de cette responsabilisation individuelle qui dépasse les campagnes de sensibilisation.

Enfin, cette responsabilisation du citoyen n'a pas à exonérer les politiques publiques d'une action forte pour réglementer l'offre des produits domestiques sur le marché et pour proposer des cadres législatifs stricts visant à définir la nocivité pour l'environnement et la santé.

# Sommaire

<b>Synthèse opérationnelle .....</b>	<b>3</b>
<b>Sommaire.....</b>	<b>11</b>
<b>Préambule.....</b>	<b>14</b>
<b>Partie1. Introduction.....</b>	<b>15</b>
1. De l'environnement comme enjeu sociétal à forte responsabilisation individuelle.....	15
2. Aux micropolluants comme problématique pour les sciences humaines et sociales ?.....	16
3. Vers la construction d'une démarche citoyenne et interdisciplinaire... ..	18
<b>Partie 2 – Déroulement de la démarche.....</b>	<b>21</b>
1. Le recrutement pour participer à la démarche.....	21
2. Les deux périodes de la démarche .....	22
2.1. La période de référence.....	22
2.2. La période de changement .....	23
3. Les réunions : des moments d'échanges et de partage d'expériences .....	24
3.1. La réunion de lancement : pour présenter la démarche et apprendre à se connaître	24
3.2. La réunion de mi-parcours : l'occasion de s'engager sur un ou plusieurs changements	25
3.3. Les réunions finales : l'occasion de débriefer sur la démarche et d'avoir un retour d'expériences .....	26
3.4. L'évènement de clôture : une soirée de remerciements aux participants de la démarche « Familles Eau défi » et de présentation des résultats .....	26
4. Le suivi chimique .....	27
<b>Partie 3. Méthodologies et outils.....</b>	<b>28</b>
1. La caractérisation des familles à partir de l'entretien individuel et du questionnaire initial	28
2. La mesure des attitudes environnementales et de l'engagement vert.....	29
2.1. De la sensibilité écologique .....	29
2.2. ... À l'engagement vert .....	32
2.3. Quel rapport à l'eau ? .....	34
3. Le suivi des pratiques .....	34
3.1. Une application numérique au service de l'auto-diagnostic des pratiques.....	34
3.2. Des typologies effectuées pour les familles, les produits et les pratiques .....	35
3.3. Comment évaluer le niveau de satisfaction des changements mis en œuvre ? .....	38

4.	Le suivi des rejets (suivi chimique).....	38
4.1.	Cinq familles éligibles au suivi chimique .....	38
4.2.	Un matériel adapté .....	39
4.3.	... Pour un dispositif expérimental innovant .....	40
4.4.	... et un échantillon composite représentatif de la semaine .....	41
<b>Partie 4.</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>42</b>
1.	Caractérisation initiale des « Familles Eau Défi » .....	42
1.1	Des familles aux occupations et préoccupations ordinaires... ..	42
1.2.	... Mais sensibles, sensibilisées et conscientisées à l'environnement .....	43
1.3.	... Alors quel rapport à l'eau ?.....	46
2.	Évolution de la relation à l'environnement des « Familles Eau Défi » avant et après l'expérimentation.....	49
2.1.	La sensibilité écologique .....	49
2.2.	La conscientisation par l'engagement vert (échelle des écogestes).....	51
3.	Des changements de pratiques mesurables ? .....	52
3.1.	Une évolution du nombre de produits utilisés .....	52
3.2.	Une évolution des pratiques ? .....	55
3.3.	Quels engagements aux changements ?.....	59
3.4.	Pour quelle satisfaction ?.....	65
4.	L'évolution des rejets .....	66
4.1.	Les changements déclarés .....	66
4.2.	Correspondance entre la composition des produits utilisés et les substances analysées.....	68
4.3.	Comparaison entre les familles.....	69
<b>Partie 5.</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>75</b>
1.	Comment agir sur les cognitions et les comportements ? .....	75
1.1.	De la théorie conceptuelle... ..	75
1.2.	... À la réalité du terrain.....	76
1.3.	... Quelles réponses aux hypothèses initiales ?.....	77
2.	Le cas particulier du suivi chimique.....	79
2.1.	Les substances et les pratiques suivies .....	79
2.2.	Qu'aurait-on pu faire de plus dans ce suivi chimique ? .....	80
3.	Préconisation de leviers d'action.....	81
<b>Conclusion.....</b>	<b>83</b>	
<b>Bibliographie .....</b>	<b>85</b>	

<b>Table des figures</b> .....	<b>88</b>
<b>Table des tableaux</b> .....	<b>90</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>91</b>
Annexe 1 - Guide d'entretien ménages référents – avant expérimentation .....	91
Annexe 2 - Formulaire de consentement – Première rencontre : entretien.....	97
Annexe 3 - Formulaire de consentement – Expérimentation .....	98
Annexe 4 – Tutoriel d'accompagnement pour l'application numérique.....	99
Annexe 5 – Questionnaire de satisfaction au changement.....	106
Annexe 6 – Site Internet REGARD .....	107
Annexe 7 - Organisation de l'entretien collectif .....	110
Annexe 8 (en complément du Tableau 8) - Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores des 15 items du NEP aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2.....	112
Annexe 9 (en complément du Tableau 10) - Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores d'écogestes déclarés par items aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2.....	113
Annexe 10 - Changements de pratiques déclarées.....	114

## Préambule

« Mutation sexuelle des poissons de nos rivières », les micropolluants commencent à se faire connaître du grand public par leurs effets sur la faune aquatique. En effet, alors que le terme reste méconnu en dehors de la sphère scientifique et gestionnaire, on entend parler dans la presse des substances indésirables présentes dans les produits domestiques aux effets négatifs : allergènes, cancérogènes, perturbateurs endocriniens... Et certaines substances sont alors décriées : parabènes, bisphénols ou encore triclosan pour citer les plus médiatisées.

Le projet REGARD, porté par la métropole de Bordeaux, coordonné par le LyRE et associant un consortium de neuf équipes de recherche, est un projet interdisciplinaire et territorialisé visant la lutte contre les micropolluants. « Familles Eau Défi » est la démarche mise en œuvre pour la source domestique. Interdisciplinaire et collaboratif, ce dispositif a pour objectif d'évaluer l'appropriation des enjeux environnementaux par les citoyens et leur capacité à mettre en œuvre des changements pour réduire l'émission de micropolluants au sein de leur foyer.

Cette démarche a été pilotée et mise en œuvre par Sarah-Jane Krieger, sociologue, chargée de mission recrutée pendant 2 ans sur le projet REGARD. La réflexion sur les hypothèses de recherche en sciences humaines et sociales, les outils utilisés et le traitement des données a mobilisé en outre plusieurs chercheurs plus ou moins fortement impliqués dans le projet REGARD : Sandrine Gombert-Courvoisier (écologue et responsable du volet source domestique), Marie-Line Félonneau (psychosociologue), Julia Barrault (sociologue), Marion-Justine Capdeville (chimiste et coordinatrice du projet REGARD), Florian Delerue (écologue), Elsa Causse (psychosociologue), Annabelle Dominique (psychosociologue). Par ailleurs, le suivi chimique des eaux usées de 5 familles impliquées dans la démarche a également mobilisé l'équipe du LyRE pour l'échantillonnage, ainsi que les chercheurs impliqués dans la partie chimie de ce projet : Hélène Budzinski, Alexandra Coynel et leurs équipes.

## Partie1. Introduction

### 1. De l'environnement comme enjeu sociétal à forte responsabilisation individuelle...

Les politiques visant à préserver la qualité des eaux et la biodiversité répondent à plusieurs enjeux : environnementaux (toxicité de nombreuses substances dans les milieux), sanitaires (dégradation des ressources en eau destinées à la production d'eau potable), et économiques (augmentation des coûts de traitement des eaux usées). Parmi les substances chimiques ciblées, les micropolluants sont susceptibles d'avoir une action toxique sur les organismes vivants d'un milieu donné à des concentrations très faibles (de l'ordre du µg/l ou du ng/l dans l'eau). À l'heure actuelle, du fait de leur diversité, de leurs multiples sources et de leurs possibles combinaisons (effet cocktail), ces molécules représentent un enjeu majeur pour les milieux aquatiques. Cet enjeu est d'autant plus prégnant au niveau des grandes agglomérations où ces composés se retrouvent en quantités importantes dans les eaux usées et les eaux pluviales, puis dans les milieux aquatiques, lorsqu'ils ne sont pas retenus par les stations de traitement des eaux usées. Si ces molécules peuvent être d'origine naturelle, elles sont majoritairement émises par des activités anthropiques comme l'industrie, l'agriculture, les transports mais également par les citoyens au travers de leurs pratiques domestiques ou intimes (entretien de la maison, hygiène corporelle, médication...). Pour autant, ni l'innovation technologique ni la réglementation ne pourront solutionner rapidement et à un coût raisonnable l'enjeu lié aux micropolluants. Ainsi, l'implication des citoyens est vue comme une nécessité pour contribuer à réduire les émissions et les risques environnementaux et sanitaires associés.

Néanmoins, la littérature montre que les changements de comportements se heurtent à de nombreux freins autant aux niveaux individuels (cognitifs, psychosociaux, économiques...) que collectifs (technologies existantes, offre disponible, outils réglementaires...), d'où la difficulté de passer de la seule sensibilisation à une conscientisation environnementale propre à modifier les pratiques. En effet, faire coïncider ses valeurs citoyennes avec ses choix de pratiques de consommation n'est pas juste une affaire de prise de conscience (Zaccaï, 2009), l'adoption de gestes écologiques demandant vigilance et efforts pour concilier convictions et modes de vie de consommateurs urbains et actifs (Dobré, 2002). Juan (2009) parle en ce sens de « l'impossible cohérence absolue des pratiques ordinaires ». Les obstacles à l'écologisation ont également été analysés : Macnaghten (2003) les impute au caractère abstrait des problèmes environnementaux publicisés, déconnectés de la vie quotidienne et de la capacité d'agir individuelle ; Jollivet et Pavé (1993) à l'incertitude des liens entre un phénomène global et ses manifestations localisées ; Dobré (2002) à la « colonisation » de la sphère de la vie quotidienne « par l'extension spatio-temporelle » du système marchand...

Pour justement accompagner les changements auprès des citoyens, diverses actions sont menées depuis plusieurs années pour faire évoluer les comportements vers plus de durabilité des modes de vie (Ademe 2016; Bourg et al. 2016; CGDD 2017; Laigle 2015). Parmi les dispositifs d'accompagnement mis en œuvre par les collectivités et les associations auprès des citoyens, les enjeux liés aux déchets, à l'énergie et à l'eau sont particulièrement investis. Citons par exemple l'opération « Famille Zéro Déchet » (prévention des déchets) ou encore

les défis « Familles à Énergie Positive » (diminution des consommations d'énergie et d'eau). Les outils mobilisés dans ces démarches associent souvent : 1) une participation volontaire des ménages (recrutement par annonce présentant le défi ou au sein de réseaux associatifs), 2) un accompagnement de groupe ou individualisé, 3) un suivi des consommations ou des rejets (relevé de compteurs, pesée de déchets) participant à la prise de conscience et la montée en compétence, 4) un engagement à changer une ou plusieurs pratiques (signature d'une charte d'engagement), et 5) des défis ou des challenges associés à la participation et à l'effort d'investissement (comparaison des consommations énergétiques entre groupes ou dans le temps). Ces dispositifs testés depuis quelques années par plusieurs collectivités ont permis de montrer une réduction des consommations ou des déchets au sein des ménages participants.

Si les enjeux écologiques liés à la production de déchets et aux consommations d'eau et d'énergie sont relativement bien identifiés par les citoyens, l'appropriation des enjeux liés aux micropolluants est plus complexe. D'abord, du fait de leur invisibilité et de leur imperceptibilité, ce qui les rend impossibles à mesurer chez soi, à la différence des déchets domestiques produits (*via* les quantités produites) ou de l'eau consommée (*via* les relevés au compteur ou les factures). Ensuite, du fait de leur diversité (des milliers de composés différents peuvent être présents dans de très nombreux produits de consommation courante du dentifrice à la lessive). Enfin, du fait de l'incertitude des scientifiques à l'égard des risques encourus pour l'environnement et la santé (qui dépendent des doses, des types d'effets, des synergies entre composés, de leur rémanence dans l'environnement, etc.).

## **2. Aux micropolluants comme problématique pour les sciences humaines et sociales ?**

L'objectif général du projet étant la réduction à la source de l'émission des micropolluants, l'objectif assigné aux sciences humaines et sociales était d'identifier les leviers de l'acceptabilité sociale de changements proposés par les scientifiques permettant cette diminution. Cette mission jugée réductrice, nous avons préféré rompre avec cette idée d'acceptabilité sociale, trop normative, pour nous tourner vers celle d'appropriation, plus ouverte. En effet, cette dernière nous permet de replacer la question de la pollution de l'eau et des micropolluants dans le quotidien de ces usagers de l'eau et de voir comment ces citoyens peuvent s'approprier de tels enjeux.

Inspirés de la définition de M. Gléonnec (2003), nous entendons l'appropriation des enjeux environnementaux à la fois comme une intériorisation des normes environnementales définies et légitimées par des « entrepreneurs de morale » (Becker 1985) qui ont construit et publicisé ces enjeux, mais aussi comme une affirmation d'une expérience individuelle concentrant une position sociale, des usages et des choix (Krieger 2015). Donc étudier l'appropriation des enjeux environnementaux, c'est s'intéresser à la manière dont les individus traduisent les enjeux environnementaux pour les faire leurs et les adaptent en fonction de leurs usages. Il s'agit donc de comprendre comment ils reformulent ces enjeux définis par les scientifiques en fonction de leurs univers de sens. Le processus d'appropriation exprime ainsi la complexité en œuvre dans la réception de messages publics tels que ceux exposant les enjeux environnementaux. Et si « l'acceptabilité sociale » prônée par les gestionnaires est un de ses aspects, l'appropriation des enjeux environnementaux souligne le rôle dynamique joué par le citoyen, allant jusqu'à s'affranchir parfois à la manière d'une « résistance ordinaire » (Dobré

2002), à la fois des dimensions politique et normative véhiculées par le discours écologiste ou scientifique.

Par rapport à l'enjeu des micropolluants dont l'objectif est la diminution des émissions à la source, nous formulons deux hypothèses : le changement peut être engendré d'une part par l'appropriation individuelle des enjeux environnementaux, d'autre part par un accompagnement du groupe ; ces deux hypothèses pouvant être liées à savoir que l'accompagnement peut renforcer l'appropriation individuelle.

En outre, l'appropriation des enjeux environnementaux se décline en deux dimensions mesurables du rapport à l'environnement : la sensibilité écologique (affect, valeurs, rationalité) et l'engagement vert (pratiques écocitoyennes ou résistance ordinaire, engagement militant et participation politique) qui peuvent influencer cette appropriation.

La démarche présentée dans cette recherche se fonde alors sur deux hypothèses :

1. L'implication dans une expérimentation de participation citoyenne contribue à augmenter la sensibilité écologique et l'engagement vert, et donc à favoriser l'appropriation des enjeux environnementaux voire à développer une expertise en la matière.
2. Cette appropriation des enjeux environnementaux engendre une modification des pratiques pour des pratiques plus vertueuses et un engagement, conscient ou non, dans un processus de transition écologique.

Nous avons alors décliné ces hypothèses en variables traduites en questions sur les activités et préoccupations du quotidien, les usages liés à l'eau, les écogestes pratiqués, les idéologies et attitudes environnementales, les connaissances et représentations sur les enjeux de l'eau et les micropolluants, la proximité à la nature et les activités pratiquées en son sein.

Voici les questions qui ont guidé notre démarche :

- Quelles sont les préoccupations au quotidien de ces habitants ? Quelle place accordent-ils aux problèmes environnementaux ?
- Quels sont les problèmes environnementaux qui les interpellent ? Comment ces enjeux sont-ils hiérarchisés ?
- L'eau pose-t-elle problème ? Si oui, en quels termes ?
- La pollution de l'eau est-elle connue ? Pose-t-elle problème à ses usagers ? Et celle par les micropolluants ?
- Quelles représentations les usagers ont-ils de l'eau ?
- Quelle est la sensibilité de ces usagers à l'égard de l'environnement et de l'eau ?
- Quel est l'engagement de ces usagers vis-à-vis de l'environnement et de l'eau ?
- Peut-on identifier des leviers mais aussi connaître les freins à l'adoption de changements de pratique relatifs à l'usage de l'eau ?

### 3. Vers la construction d'une démarche citoyenne et interdisciplinaire...

Ces hypothèses sont testées dans le cadre d'une démarche de participation citoyenne que nous avons intitulé « Familles Eau Défi ». Cette démarche concerne l'évaluation de solutions de réduction de l'émission de micropolluants mises en œuvre au niveau de la source domestique suite à :

- l'analyse des perceptions et représentations issues du *Living Lab* et de l'enquête populationnelle (cf. livrable 1.2 du projet REGARD) ;
- la 1<sup>ère</sup> phase de caractérisation chimique de la source domestique à partir de plusieurs îlots de logements comprenant entre 50 et 250 ménages (cf. livrable n° 1.3.1). Cette caractérisation a mis en évidence la présence de micropolluants dans les eaux usées domestiques (notamment triclosan ; oxybenzone et octocrylène ; fipronil et imidaclopride : paracétamol et ibuprofène) pouvant être associés à certaines pratiques domestiques (hygiène corporelle et bucco-dentaire, entretien de la maison et du linge, prise de médicaments, traitement des animaux domestiques, *etc.*) ;
- la sélection des actions pertinentes à mettre en œuvre (cf. livrable 2.2.1 concernant les fiches-action synthétiques).

Cette démarche « Familles Eau Défi » vise à évaluer l'appropriation des enjeux environnementaux par les citoyens et leur capacité à mettre en œuvre des changements de pratiques pour diminuer l'émission de micropolluants à la source. En effet, l'objectif de cette démarche est, *in fine*, de préconiser des leviers d'action à l'échelle du ménage pour réduire les émissions domestiques de micropolluants.

La démarche « Familles Eau Défi » a été menée entre juin et décembre 2017 (Figure 2).

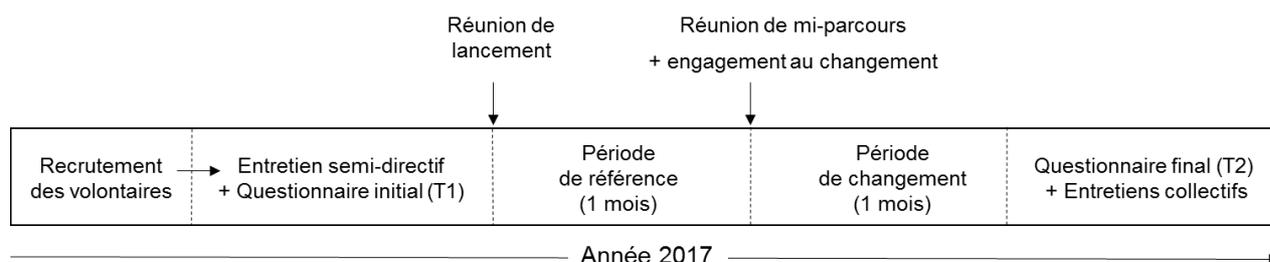


Figure 2. Représentation schématique du déroulé de la démarche « Familles Eau Défi »

Après le recrutement de volontaires<sup>8</sup> (après diffusion d'une annonce au travers de réseaux administratifs, professionnels et associatifs), un entretien semi-directif a été réalisé avec chaque volontaire<sup>9</sup> afin de caractériser, entre autres, leur rapport à l'environnement. Ce recueil de données a été conçu à partir d'une double approche, sociologique et psychosociale. L'entretien était en effet composé à la fois de questions ouvertes, relevant d'une démarche qualitative permettant d'accéder à la spontanéité du discours et à la réalité de l'interlocuteur, et à la fois de questions fermées (questionnaire initial au temps T1), issues d'échelles

<sup>8</sup> 97 familles intéressées

<sup>9</sup> 78 entretiens réalisés

psychosociologiques standardisées permettant une démarche quantitative et l'obtention de scores (sensibilité écologique et engagement vert). Cet entretien « hybride » permet à la fois de replacer les enjeux des micropolluants, de l'eau et de l'environnement au sein des préoccupations de chacune de ces familles et de comparer l'intérêt pour ces enjeux entre les familles.

Suite à cet entretien, et à la suite de la réunion de lancement, une expérimentation de deux fois un mois a été menée. Pour la première période dite « de référence », les familles volontaires ont recensé l'ensemble de leurs produits liés à l'entretien de la maison (vaisselle, lessive, nettoyage des sols et surfaces) et à l'hygiène corporelle (lavage des cheveux, corps et visage, hygiène buccodentaire, hydratation du visage, rasage et épilation, protection solaire), et ont renseigné quotidiennement leurs usages *via* un outil numérique dédié. Pour la deuxième période, dite « de changement », les familles se sont engagées sur un ou plusieurs changements de produits ou d'usages (par ex. une substitution de produit ou une réduction de dose ou de fréquence d'usage) lors de la réunion de mi-parcours. Cette seconde période s'est déroulée de la même manière que lors de la première période, à savoir un renseignement quotidien des produits et des usages mis en œuvre, dont le(s) changement(s) opéré(s). Durant cette expérimentation, un suivi chimique a été réalisé chez 5 familles parmi les participants. Ce dernier a consisté à suivre les rejets pendant la période de référence (une semaine de prélèvements) et pendant la période de changement (durant deux fois une semaine de prélèvements).

À la fin de l'expérimentation, un questionnaire numérique final (T2) reprenant les mêmes échelles psychosociologiques que le questionnaire initial a été proposé afin de mesurer l'évolution des attitudes et des pratiques environnementales déclarées. Enfin, des entretiens collectifs ont permis d'identifier les freins et moteurs aux changements de pratiques et de mettre en évidence des liens entre expérimentation, appropriation environnementale, écologisation de pratiques et transition écologique. Une quarantaine de ménages a mené l'expérimentation dans sa totalité (n=40) et a répondu à l'ensemble des questions relatives à la sensibilité écologique et à l'engagement vert en début (T1) puis en fin (T2) d'expérimentation (n=43).

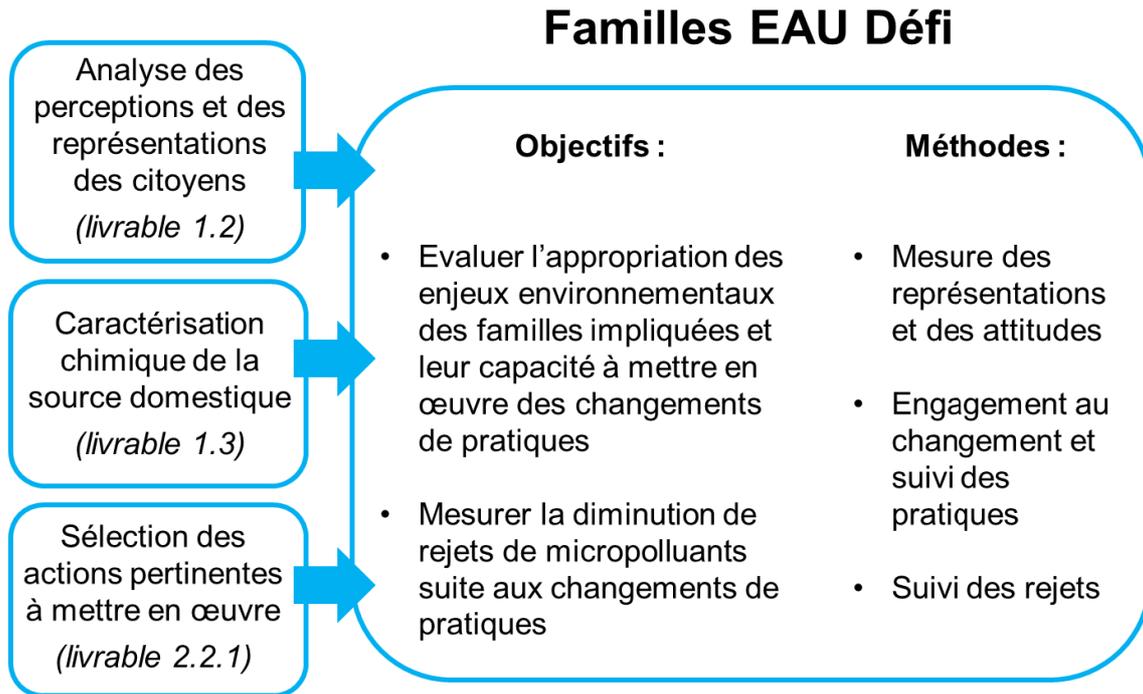


Figure 3. Objectifs et méthodes générales de la démarche « Familles Eau Défi »

## Partie 2 – Déroulement de la démarche

L'expérimentation « Familles Eau Défi » se décline en plusieurs phases qui se sont déroulées au cours de l'année 2017. Il s'agit d'une démarche interdisciplinaire entre les sciences humaines et sociales et les sciences de l'environnement, croisant méthodes, techniques et outils. Cette recherche présente deux caractéristiques innovantes. Comme le montre la composition de l'équipe de chercheurs, elle est fondée sur une interdisciplinarité forte, à savoir la mise en commun et l'articulation de cadres théoriques et méthodologiques spécifiques à l'écologie humaine, la sociologie et la psychologie sociale. Mais son intérêt majeur est surtout de mettre en perspective deux types de données : d'une part des données auto-rapportées à l'aide d'entretiens et de questionnaires, et d'autre part des données observées, mesurées et donc objectivables à partir du remplissage de l'outil numérique, des photographies des produits utilisés, et du suivi chimique pour certaines familles. Cette double méthodologie, relativement peu usitée dans les recherches, a l'avantage de permettre de neutraliser le décalage entre ce que les gens disent et ce qu'ils font !

### 1. Le recrutement pour participer à la démarche

Le recrutement s'est déroulé entre avril et mai 2017. 97 familles étaient intéressées suite à un appel à volontaires (Figure 4) diffusé *via* différents réseaux : administratif (Bordeaux métropole et ses communes, la Maison Écocitoyenne...), professionnel (Darwin, Université de Bordeaux, SUEZ...), en encore associatif (Surfrider, les Alternatives de Lilly, Terre d'Adèles...).

Sur les 97 personnes ayant répondu à l'appel à volontaires, ce sont au total 78 personnes qui ont accepté de nous recevoir pour un entretien individuel préalable. Il s'agissait de présenter la démarche. Au lieu d'une réunion collective, nous avons préféré rencontrer individuellement ces familles. Cette première rencontre, amorçant leur engagement dans l'expérimentation, fut l'occasion de réaliser un entretien sociologique afin de caractériser ces volontaires quant à leur profil socio-économique, mais également à leur rapport à l'environnement (sensibilité écologique et engagement vert) et aux enjeux associés à l'eau – thématiques issues de nos premières hypothèses. Ce sont donc 78 entretiens semi-directifs « hybrides » composés de questions ouvertes et fermées qui ont été réalisés entre juin et août 2017. Alors que les questions ouvertes nous permettent d'accéder à la spontanéité du discours et à la réalité de notre interlocuteur tout en nous offrant une finesse pour l'analyse, les questions fermées, en l'occurrence des échelles psychosociologiques, nous offrent la validation théorique et nous permettent de quantifier nos résultats, les comparer entre eux (entre familles et sur le temps de l'expérimentation) et à la littérature ; d'où ce recours au croisement des méthodes qualitative et quantitative.

# REGARD



CIPEL, 2012

## Recherche

### « Familles EAU Défi »

**Devenez un acteur de la qualité de l'environnement, rejoignez le projet REGARD !**

Dans le cadre de ce projet de recherche mené sur Bordeaux Métropole et porté par 9 équipes, nous recherchons des **familles volontaires** pour participer à une **expérimentation scientifique**.

Cette expérimentation 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. L'idée est de réfléchir et de tester de nouvelles solutions afin de diminuer ces rejets de substances et **améliorer la qualité des eaux**. Êtes-vous prêts à relever le défi du moindre impact ?!

L'étude se déroulera sur les communes de l'agglomération bordelaise à l'**automne 2017**, mais nous viendrons vous rencontrer avant l'été afin de vous présenter la démarche « Familles EAU Défi » à laquelle vous serez libre de participer.

Si vous habitez une des communes de la métropole de Bordeaux, si possible en logement individuel (ou collectif de 3-4 logements), et souhaitez participer à cette expérimentation scientifique, contactez-nous à l'adresse suivante, d'ici le **10 avril 2017** : [sarah-jane.krieger@cnrs.fr](mailto:sarah-jane.krieger@cnrs.fr).

Merci d'indiquer dans votre réponse **votre adresse postale** afin que nous puissions évaluer si votre logement est éligible au vu des contraintes techniques (réseau d'assainissement) inhérentes à ce projet de recherche.

Pour en savoir plus, consultez :

- Notre plaquette ci-jointe
- Notre page Web : <http://www.bordeaux-metropole.fr/Vivre-habiter/L-eau-de-Bordeaux-Metropole/Eau-industrielle-et-assainissement/REGARD-Pollution-des-milieux-aquatiques>
- Notre page Facebook : <https://www.facebook.com/regard2015/?pnref=story>

Figure 4. Recrutement des familles volontaires

## 2. Les deux périodes de la démarche

### 2.1. La période de référence

Le lundi suivant la réunion de lancement débutait pour un mois la période dite « de référence » (du 18/09 au 22/10), durant laquelle les volontaires ont recensé l'ensemble de leurs produits liés à l'entretien de la maison, à l'hygiène corporelle et à certains traitements spécifiques à partir des usages que nous avons ciblé en amont suite aux résultats des analyses chimiques des eaux usées par îlots (lavage corps, cheveux et visage, hygiène buccodentaire, hydratation visage, rasage/épilation, protection solaire ; vaisselle, lessive, nettoyage sols et surfaces ; prise de paracétamol/aspirine/ibuprofène, traitements des plantes d'intérieur et du jardin, traitements antiparasitaires des animaux domestiques). Il s'agissait alors pour les familles de prendre en photo et peser leurs produits au début de la période puis de renseigner quotidiennement, et ce pendant cinq semaines, leurs usages *via* l'outil numérique dédié

accessible à partir d'une page web pour lequel chaque famille avait un pseudonyme nous permettant de les identifier tout en leur garantissant l'anonymat. Ce suivi nous a permis de recueillir des données telles que la diversité de produits utilisés par ces familles, la fréquence de ces usages domestiques ainsi que la quantité de produits utilisée.

## 2.2. La période de changement

Suite à une prise d'engagement à changer de pratique/s (cf. paragraphe 3.2) s'en est suivie la période dite « de changement » (du 6/11 au 3/12). Elle s'est déroulée sur quatre semaines, de manière identique à la période de référence (photo, pesée et recueil quotidien) afin de mesurer le changement mis en œuvre. Toujours dans cette optique d'évaluation a été mis en place un questionnaire hebdomadaire afin que les volontaires puissent nous faire un retour sur leur satisfaction quant aux changements engagés et ce d'une part, en matière de praticité, efficacité, confort et prix et d'autre part, d'image d'eux-mêmes. Parallèlement à cette évaluation, nous avons mis en place un accompagnement de ces volontaires, réalisé par l'équipe du projet et par des acteurs du territoire, conformément à notre seconde hypothèse. Celui-ci s'est décliné en différentes activités offertes aux participants telles que la visite d'une station de traitement des eaux usées pour ouvrir la « boîte noire » du « tout-à-l'égout », une balade urbaine pour découvrir le circuit de l'eau en ville afin de montrer l'interdépendance de l'urbain et de la nature, des ateliers d'initiation à la lecture des étiquettes, pictogrammes et labels ornant les produits domestiques, ou de fabrication de produits « faits maison », des présentations sur le cycle de l'eau et sur les premiers résultats du projet REGARD afin d'apporter des connaissances sur les enjeux de l'eau et des micropolluants (Figure 5 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En outre, une page web sur le site de Bordeaux Métropole (<http://www.bordeaux-metropole.fr/Regard>, Annexe 6) permettait de diffuser des informations sur ces thématiques et un blog de Cap Sciences « Base camp » offrait en plus aux familles la possibilité d'échanger sur des alternatives pour limiter l'émission de ces micropolluants au sein de la sphère domestique.



*Photographie 1. Activités proposées pour « l'accompagnement » des participants : atelier de fabrication de cosmétiques, balade urbaine, visite de STEU*

**Activités proposées dans le cadre de Familles EAU Défi**

Ateliers « double » à la Maison de l'Eau (18h30 – 20h30)

- Intervention sur le cycle de l'eau par un animateur de la Maison de l'Eau : **Le cycle de l'eau**
- Fabrication d'un produit :
  - cosmétique : Pretty sens (07/11) **Fabrication d'un produit cosmétique**
  - ménager : 100% Gironde (20/11 ou 22/11) **Fabrication d'un produit ménager**

Ateliers « double » au CESEAU (18h30 – 20h30)

- Intervention sur les MP de la source domestique par MJC : **Les substances rejetées par la source domestique (1<sup>er</sup> résultats de REGARD)**
- Sensibilisation aux MP
  - apprendre à déchiffrer les étiquettes et les écolabels : CESEAU (17/11) : **Déchiffrage des étiquettes et écolabels pour diminuer les rejets de micropolluants**
  - réfléchir aux alternatives pour réduire son impact : Lilly (30/11) : **Démarche zéro déchet pour moins de micropolluants dans les eaux**

Visite de la STEU de Clos de Hilde (18/11 : 9h00-10h30 / 11h00-12h30) : **Visite d'une station d'épuration d'eaux usées**

Visite naturaliste : FFR (25/11 : 10h00-12h30) : **Visite urbaine autour du circuit de l'eau**

Figure 5. Exemple d'ateliers proposés durant la période de changement

### **3. Les réunions : des moments d'échanges et de partage d'expériences**

#### **3.1. La réunion de lancement : pour présenter la démarche et apprendre à se connaître**

En septembre 2017, a commencé l'expérimentation en tant que telle par une « réunion de lancement ». Celle-ci a été l'occasion de présenter le projet REGARD plus en détails, de rappeler la démarche « Familles Eau Défi » et d'exposer en particulier l'outil dédié au suivi des pratiques domestiques. Cette première réunion a permis de faire se rencontrer les chercheurs et les familles, et les familles entre elles.



Photographie 2. La réunion de lancement : présentation de la démarche

### 3.2. La réunion de mi-parcours : l'occasion de s'engager sur un ou plusieurs changements

Mi-octobre 2017, après la période de référence, a eu lieu « la réunion de mi-parcours » durant laquelle nous avons invité les familles à élaborer collectivement des solutions pour diminuer l'émission des micropolluants au sein des foyers pour les différents types d'usage. Après le partage de ces idées, les familles se sont engagées sur un ou plusieurs changement(s) de leur choix relatif à l'entretien de la maison ou à l'hygiène corporelle. Ce changement visait soit la substitution par un produit écolabellisé ou naturel/fait maison ou un traitement mécanique soit la réduction du nombre de produits, de la fréquence de l'usage, de la quantité utilisée voire l'arrêt complet de la pratique. Conformément à la théorie de l'engagement<sup>10</sup>, les familles se sont engagées publiquement et nous avons immortalisé le moment par la prise de photographies (pour rappel, l'engagement a été amorcé dès la réponse à l'annonce).



Photographie 3. La réunion de mi-parcours : réflexion en groupes pour élaborer collectivement des solutions pour réduire les émissions de micropolluants

<sup>10</sup> Le postulat de cette théorie est que les gens sont plus engagés par leurs actes que par leurs paroles. Pour amener les gens à réaliser un comportement, on amorce le changement par une répétition d'engagements dite « escalade de l'engagement ». En outre, un engagement public est plus incitant.



Photographie 4. Un engagement public pour changer une ou plusieurs de ses pratiques

### 3.3. Les réunions finales : l'occasion de débriefer sur la démarche et d'avoir un retour d'expériences

Cette expérimentation s'est terminée en décembre par les réunions finales menées sous forme d'entretiens collectifs, afin d'évaluer le changement de pratiques avec les 40 familles ayant suivi l'expérimentation jusqu'au bout. Ces échanges collectifs (groupes de moins de 10 personnes), basés sur leur retour d'expérience, ont permis de voir quels changements ont été choisis et pourquoi, lesquels ont fonctionné ou pas, en faisant directement discuter les participants entre eux sur leur vécu de l'expérimentation (Annexe 7). L'objectif était d'identifier les freins et moteurs aux changements de pratiques. En outre, faisant écho à l'entretien préalable, nous avons diffusé sous forme de questionnaires numériques les échelles psychosociologiques afin de mesurer l'évolution des représentations, attitudes et pratiques environnementales déclarées par les volontaires.



Photographie 5. Réunions finales : pour débriefer sur la démarche

### 3.4. L'évènement de clôture : une soirée de remerciements aux participants de la démarche « Familles Eau défi » et de présentation des résultats

Afin de clôturer cette aventure, une soirée de remerciements a eu lieu le 27 mars 2018. Les chercheurs de l'équipe ont présenté les premiers résultats à la fois sociologiques et chimiques de cette expérimentation et ont répondu aux questions des familles. Cet évènement s'est déroulé sur le site de la station de traitement des eaux usées Louis Fargue où les familles ont pu visiter « RAMSES » la tour de contrôle du système d'assainissement de Bordeaux Métropole. Cette soirée s'est terminée autour d'un cocktail permettant les échanges entre chercheurs et familles.

## 4. Le suivi chimique

Le protocole de prélèvements utilisé pour le suivi chimique des « Familles Eau Défi » est tout à fait novateur. L'objectif de ce suivi était de mettre en relation les changements de pratiques des familles avec les concentrations en micropolluants de leurs eaux usées, afin de vérifier si les actions concrètes de réduction d'émission des ménages pouvaient avoir un effet observable sur la qualité des eaux rejetées. Toutes les familles n'étant pas éligibles à ce suivi chimique<sup>11</sup>, seules cinq ont été suivies chimiquement. Ces cinq familles participant à l'expérimentation ont fait l'objet d'un suivi durant trois semaines complètes (une pendant la phase de référence et deux pendant la phase de changements de pratiques), durant lesquelles des échantillons ont été prélevés quotidiennement. Afin de prendre en compte l'ensemble des pratiques réalisées pendant la journée et durant la semaine (dont le week-end), l'échantillon analysé correspondait à un échantillon composite tenant compte des variations journalières des volumes d'eau rejetés.

---

<sup>11</sup> Maisons individuelles situées en « tête de réseau » d'un réseau dit « séparatif » pour lesquelles un échantillonneur pouvait être positionné dans la canalisation de collecte des eaux usées.

## Partie 3. Méthodologies et outils

Cette partie présente les méthodes, techniques et outils mis en œuvre pour l'expérimentation « Familles EAU Défi ». Cette démarche se veut à la fois interdisciplinaire entre les sciences humaines et sociales et les sciences de l'environnement et participative avec les habitants du territoire.

### 1. La caractérisation des familles à partir de l'entretien individuel et du questionnaire initial

Sur les 97 familles intéressées par l'expérimentation, 78 ont donné suite en acceptant de nous rencontrer pour un premier entretien. Celui-ci se faisait généralement avec un seul membre de la famille ce qui d'une part, est moins contraignant pour les familles et d'autre part, simplifie le recueil puis le traitement des données. Les entretiens ont été enregistrés intégralement afin d'une part, de minimiser la perturbation par la prise de note et d'autre part, d'avoir un fichier de secours. En effet, dans une logique d'efficacité, les réponses aux questions fermées étaient directement rentrées *via* le logiciel Lime Survey. Alors que les questions fermées ont bénéficié d'un traitement quantitatif permettant la comparaison dans le temps, au sein du corpus et avec la littérature, les questions ouvertes ont été traitées de manière qualitative soit pour elles-mêmes soit pour enrichir les réponses aux questions fermées. Les données qualitatives sont le fruit d'une analyse en deux temps : analyse individuelle de contenu, puis analyse transversale. L'analyse individuelle de contenu comprend deux aspects : d'une part, une analyse thématique pour cerner les « objets de pensée » de l'enquêté en réponse à notre questionnement afin de saisir le message qu'il a voulu nous faire passer et d'autre part, une analyse structurale pour retrouver la chaîne de signification d'un objet. Cette analyse individuelle de contenu permet de révéler les écarts entre les univers de pensée des enquêtés et nos questions de recherche. Ensuite l'analyse transversale consiste à reprendre les divers thèmes abordés dans tous les entretiens, en vue de cerner les oppositions et convergences de vue entre acteurs sur un même objet. Pour ce faire, à partir des analyses individuelles, nous fabriquons une grille d'analyse qui permet de croiser les différents points de vue sur un même objet en créant des catégories par exemple, la sensibilité à certains enjeux environnementaux, les représentations de l'eau ou encore le rapport à la nature.

En lien avec les objectifs et les hypothèses de recherche, le guide d'entretien est organisé de manière à appréhender les représentations et les préoccupations (questions ouvertes sur les enjeux liés à l'eau et la description du quotidien pour les personnes interrogées), les attitudes et les pratiques environnementales (questions fermées basées sur les échelles psychosociales des idéologies vertes, du rapport à la nature et de l'engagement vert complétées par des questions ouvertes visant à enrichir les réponses). Enfin, des informations complémentaires sur le foyer permettaient de caractériser les répondants et leurs familles par rapport à leur lieu de résidence, le nombre de personnes dans le ménage, leurs revenus, leurs activités ou encore la présence d'animaux domestiques. Le guide d'entretien est présenté dans l'Annexe 1. Avant l'entretien, un formulaire de consentement permettant d'informer les participants sur l'utilisation anonymisée des données issues de l'entretien et de leur possibilité de l'interrompre à tout moment était proposé pour signature (Annexe 2).

En ce qui concerne les données quantitatives, les résultats des échelles psychosociales étant représentés par des scores, des moyennes ont pu être établies pour caractériser l'échantillon

(n=43) à T1 (avant expérimentation) et T2 (après expérimentation). Pour la comparaison des échantillons entre ces deux temps, nous avons utilisé le test de Student pour échantillons appariés quand la distribution est normale (test de Shapiro-Wilk,  $p>0,1$ ) et le test non-paramétrique de Wilcoxon pour échantillons appariés si la distribution ne s'avère pas normale (test de Shapiro-Wilk,  $p<0,1$ ).

## 2. La mesure des attitudes environnementales et de l'engagement vert

### 2.1. De la sensibilité écologique ...

La sensibilité écologique recouvre plusieurs dimensions. Nous la définissons ici à partir des attitudes environnementales, des représentations des enjeux environnementaux et du rapport entretenu avec la nature.

#### 2.1.1. Le Nouveau Paradigme Environnemental (NEP)

L'attitude environnementale est mesurée dans les questionnaires initial et final par l'échelle du Nouveau Paradigme Environnemental ou NEP proposée en 1978 (Catton et Dunlap 1978 ; Dunlap et Van Liere, 1978) puis révisée en 2000 (Dunlap *et al.*, 2000) et validée dans sa version française en 2016 (Schleyer-Lindenmann *et al.*, 2016). L'intérêt de cette échelle de mesure des attitudes environnementales est qu'elle a été utilisée de nombreuses fois (Hawcroft et Milfont, 2010) et permet donc des comparaisons entre échantillons et études. Cette échelle est constituée de cinq dimensions renvoyant à cinq croyances (limites à la croissance ; équilibre de la nature ; anti-anthropocentrisme ; anti-exemptionnalisme humain et crise écologique)<sup>12</sup>, chacune d'entre elles étant caractérisée par trois items différents, soit 15 items au total. Suite à l'analyse de Schleyer-Lindenmann *et al.* (2016) suspectant un biais d'acquiescement, et conformément à leurs préconisations, chacun des 15 items a été doublé (le 1<sup>er</sup> item correspondant à la formulation initiale, le 2<sup>e</sup> item symétrique correspondant à sa formulation inversée), représentant un total de 30 items au total (Tableau 1). Les réponses sont données sur une échelle de Likert en six points dont les bornes varient de 1 : « pas du tout d'accord » à 6 : « tout à fait d'accord ». Le score de chaque item du NEP correspond à la moyenne des deux versions du même item. La moyenne des scores est effectuée sur les items variant dans le même sens, nécessitant donc un recodage pour les items formulés dans le sens opposé du NEP. Un score unique au NEP ainsi qu'un score par dimension sont ainsi calculés en moyennant les items correspondants.

---

<sup>12</sup> **limites à la croissance** : croyance dans l'existence de limites environnementales à la croissance de l'activité humaine ; **équilibre de la nature** : croyance dans l'importance de respecter les équilibres naturels ; **anti-anthropocentrisme** : croyance selon laquelle l'Homme n'est ni le centre ni le maître de la nature ; **anti-exemptionnalisme humain** : croyance selon laquelle la société industrielle moderne ne permet pas à l'Homme de s'affranchir des lois de la nature ; **crise écologique** : croyance selon laquelle l'humanité va au-devant de perturbations graves du fonctionnement de son environnement naturel (Schleyer-Lindenmann *et al.*, 2016).

Tableau 1. Mesure de la sensibilité environnementale : échelle du NEP (d'après Schleyer-Lindenmann et al., 2016)

	<b>Item original</b>	<b>Item symétrique</b>	<b>Dimension du NEP</b>
1	Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la terre peut nourrir.	Nous sommes encore loin du nombre limite de personnes que la terre peut nourrir.	Limites à la croissance
2	Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins.	Les besoins des êtres humains ne justifient pas toutes les modifications de l'environnement.	Anti-anthropocentrisme
3	Quand les êtres humains essayent de changer le cours de la nature cela produit souvent des conséquences désastreuses.	Quand les êtres humains essayent de changer le cours de la nature cela produit rarement des conséquences désastreuses.	Equilibre de la nature
4	L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons PAS la terre invivable.	L'ingéniosité humaine n'empêchera pas que la terre devienne invivable.	Anti-exemptionnalisme
5	Les êtres humains sont en train de sérieusement malmener l'environnement.	Dans l'ensemble, les êtres humains respectent l'environnement.	Crise écologique
6	La terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti.	L'ingéniosité humaine ne permettra pas de résoudre le problème de la limite des ressources naturelles.	Limites à la croissance
7	Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister.	Le droit à l'existence des humains prime sur celui des plantes et des animaux.	Anti-anthropocentrisme
8	L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes.	L'équilibre de la nature ne résistera pas à l'impact des nations industrielles modernes.	Equilibre de la nature
9	Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature.	Les aptitudes particulières de l'espèce humaine lui permettent de s'émanciper des lois de la nature.	Anti-exemptionnalisme
10	La prétendue « crise écologique » qui guette le genre humain a été largement exagérée.	Il n'est pas exagéré de dire que l'être humain est menacé d'une crise écologique.	Crise écologique
11	La terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités.	La terre est suffisamment vaste pour offrir des ressources illimitées.	Limites à la croissance
12	Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature	Les humains ne sont pas sur terre pour gouverner le reste de la nature.	Anti-anthropocentrisme
13	L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé.	Les déséquilibres et les perturbations de la nature ont toujours existé.	Equilibre de la nature
14	Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler.	Les connaissances humaines ne permettront jamais de contrôler le fonctionnement de la nature.	Anti-exemptionnalisme
15	Si les choses continuent au rythme actuel nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure.	Même si les choses continuent au rythme actuel, nous ne vivrons pas prochainement une catastrophe écologique majeure.	Crise écologique

À la suite des questions de l'échelle du NEP qui restaient très abstraites, nous engageons la discussion sur du concret afin de faire préciser à nos enquêtés quels sont les enjeux environnementaux qui les préoccupent et quelle importance leur accordent-ils par rapport d'une part, à d'autres enjeux en demandant de préciser lesquels (économiques, géopolitiques, sociaux...) et d'autre part, à leurs préoccupations quotidiennes en vue de pouvoir replacer ces problèmes environnementaux au sein de leur réalité.

### 2.1.2. Le rapport à la nature

La sensibilité écologique c'est aussi le sensible. C'est pourquoi en dernière partie d'entretien, nous ouvrons la discussion sur le rapport entretenu avec l'environnement naturel. Pour ce faire, nous avons eu recours à l'échelle de connexion à la nature et de représentation de la nature et de Soi (CNS), basée sur la sous-échelle « Enjoyment of Nature » de Milfont et Duckitt (2010) et au schéma d'inclusion avec la nature de Schultz (2002) à la suite desquels nous proposons à l'enquêté de parler plus librement de ses activités de nature en lui demandant de décrire ses pratiques ainsi que son dernier contact avec la nature. Au-delà d'une information sur les modalités de fréquentation des espaces naturels, cette seconde question nous permettait d'accéder au lien établi par les répondants entre leur « Soi » et la nature.

L'échelle CNS propose dix items relatifs à la représentation de la nature et de Soi à l'origine en anglais que nous avons traduits en français pour cette étude. Les réponses sont données sur une échelle de Likert en six points dont les bornes varient de 1 : « pas du tout d'accord » à 6 : « tout à fait d'accord ». Certains items varient dans le même sens, par exemple « J'aime vraiment les excursions à la campagne, par exemple en forêt ou dans les champs » ou « Être dans la nature est une bonne façon de réduire mon stress » ; d'autres items étant formulés dans le sens opposé, par exemple : « Je trouve très ennuyeux d'être dans les espaces de nature sauvage » ou « Je trouve plus intéressant d'être dans un centre commercial que dans une forêt à regarder des arbres et des oiseaux ». Ces items inversés nécessitent alors un recodage pour que les réponses varient dans le même sens du rapport à la nature (Tableau 2).

Tableau 2. Mesure du rapport à la nature : échelle de représentation de la nature et de Soi (modifié, d'après Milfont et Duckitt, 2010).

Item	
1	Je ne suis pas le genre de personne qui aime passer du temps dans les espaces de nature sauvage.
2	J'aime vraiment les excursions à la campagne, par exemple en forêt ou dans les champs.
3	Je trouve très ennuyeux d'être dans les espaces de nature sauvage.
4	Parfois quand je suis malheureux, je trouve du réconfort dans la nature.
5	Être dans la nature est une bonne façon de réduire mon stress.
6	Je préfère passer mes week-ends en ville que dans les espaces de nature sauvage.
7	J'adore passer du temps dans les espaces naturels juste pour profiter des bienfaits de la nature.
8	J'ai un sentiment de bien-être dans le silence de la nature.
9	Je trouve plus intéressant d'être dans un centre commercial que dans une forêt à regarder des arbres et des oiseaux.
10	Je pense que passer du temps dans la nature est ennuyeux

Dans le questionnaire, nous proposons aux répondants, en plus des questions fermées relatives au rapport à la nature, de choisir l'image décrivant le mieux leur relation avec l'environnement naturel, à partir du schéma d'inclusion avec la nature de Schultz (Figure 6). Pour l'analyse statistique, nous avons traité ces données comme une échelle de 1 : « Nature et Soi déconnectés » à 7 : « Nature et Soi tout à fait imbriqués ne faisant qu'un ».

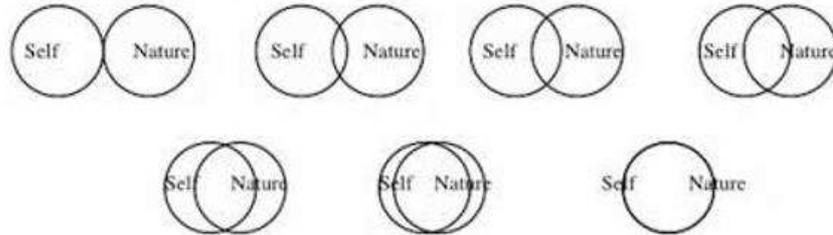


Figure 6. Types de relations avec l'environnement naturel (d'après Schultz, 2002)

## 2.2. ... À l'engagement vert

L'engagement vert est mesuré dans les questionnaires initial et final par l'échelle des écogestes proposée et mise en œuvre par Félonneau et Becker (2008).

Cette échelle est constituée de 18 écogestes (Tableau 3) que nous avons regroupé en cinq grandes thématiques : tri et réduction des déchets ; utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement ; diminution de la consommation d'eau ; diminution de la consommation électrique ; réduction des incivilités. La fréquence de pratique de chacun d'entre eux est mesurée sur une échelle de Likert en dix points dont les bornes varient de 1 : « jamais » à 10 : « systématiquement ». Grâce à la moyenne des items, un score unique d'engagement vert et des scores par thématique sont calculés.

Tableau 3. Mesure de l'engagement vert : l'échelle des écogestes (modifié, d'après Félonneau et Becker, 2008)

Item	Rattachement à une thématique environnementale
1 Dans la mesure du possible, je trie mes déchets.	Tri et réduction des déchets.
2 Je pense à ne pas utiliser de détergents ménagers susceptibles d'être nocifs pour l'environnement.	Utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement.
3 Je jette les piles usagées dans un endroit approprié.	Tri et réduction des déchets.
4 Je surveille attentivement ma consommation d'eau.	Diminution de la consommation d'eau.
5 Je veille scrupuleusement à ne laisser aucune trace d'incivilité (laisser tomber les papiers ou détrit, laisser les déjections canines...) dans mon environnement.	Réduction des incivilités.
6 Je veille à utiliser le moins souvent possible de sprays nocifs pour l'environnement.	Utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement.
7 Je suis très vigilant en ce qui concerne ma consommation d'électricité.	Diminution de la consommation électrique.
8 Lorsque j'ai des déchets encombrants, je prends les dispositions d'évacuation appropriées (recours au service de collecte spécialisée, déchetterie).	Tri et réduction des déchets.
9 Je veille à ne pas laisser mes appareils en veille ou en « pause ».	Diminution de la consommation électrique.
10 Je ramène les médicaments non utilisés à la pharmacie.	Utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement.
11 Je veille à ne pas laisser les lumières allumées chez moi.	Diminution de la consommation électrique.
12 Je m'efforce de diminuer ma production de déchets.	Tri et réduction des déchets.
13 Je veille à ne pas laisser les lumières allumées dans un lieu public (lieu de travail ou autres).	Diminution de la consommation électrique.
14 J'évite de laver ma voiture en période de sécheresse	Diminution de la consommation d'eau.
15 Je m'efforce de diminuer ma consommation de sacs en plastique lorsque je vais faire mes courses.	Tri et réduction des déchets.
16 Je veille à consommer des produits ne contenant pas de substances potentiellement dangereuses pour l'environnement.	Utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement.
17 Je privilégie les douches aux bains.	Diminution de la consommation d'eau.
18 Je veille à ce que mon véhicule ne soit pas polluant.	Utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement.

### 2.3. Quel rapport à l'eau ?

C'est à plusieurs reprises au cours de l'entretien, que nous avons interrogé nos interlocuteurs sur leur rapport à l'eau. D'abord dans la première partie, après nos questions sur leur quotidien, une question portait sur les usages domestiques de l'eau afin de connaître les usages et mésusages de ces familles mais aussi de leur en faire prendre conscience. Puis, suite aux questions sur les écogestes, nous leur demandions ce qu'ils seraient prêts à mettre en œuvre pour améliorer la qualité de l'eau rejetée puisque précisément leur participation allait concerner ces usages liés à l'eau. Enfin, nous avons une partie consacrée aux enjeux de l'eau : il s'agissait de connaître les questions qu'ils se posent sur l'eau, leurs représentations de l'eau consommée et rejetée, leurs perceptions de la pollution et des micropolluants, leurs connaissances de leur impact sur l'eau *via* les produits utilisés au sein du foyer. Ces questions sur l'eau étaient uniquement de type « ouvertes » afin de se distancier de nos questions de recherche pour mieux saisir les objets de pensée de nos interlocuteurs.

## 3. Le suivi des pratiques

### 3.1. Une application numérique au service de l'auto-diagnostic des pratiques

L'application développée par Cap Sciences requiert un enregistrement et un compte C-You. Une fois enregistrées, les familles pouvaient commencer à renseigner leurs produits et leurs pratiques (Figure 7, Figure 8). Nécessitant une connexion internet, l'application s'ouvre sur le calendrier avec la case du jour grisée et un lien vers les statistiques du foyer (par personne ou par famille). En cliquant sur cette case on arrive sur les groupes des produits : entretien de la maison, hygiène corporelle et autres pratiques. Les familles pouvaient alors ajouter un produit (identifié par une photo et un nom) et le peser (en début et en fin de période de référence, en début et en fin de période de changement<sup>13</sup>). Une fois le produit rentré dans l'application, les utilisateurs pouvaient le sélectionner et indiquer le nombre d'utilisations chaque jour. Au début de l'expérimentation, les familles ont rempli et signé un formulaire de consentement nous permettant d'utiliser ces données anonymisées et leur précisant qu'ils pouvaient arrêter l'expérimentation quand ils le souhaitaient et sans explication de leur part (Annexe 3). Le tutoriel d'accompagnement pour l'application numérique est présenté en Annexe 4.

---

<sup>13</sup> Les résultats concernant les mesures de pesées sont difficilement interprétables. Pour certaines familles, la pesée initiale est renseignée mais pas la pesée finale en fin de période (ou vice-versa), pour d'autres familles, les masses en fin de période sont supérieures à celles renseignées en début de période alors même que le produit a été utilisé et qu'un remplacement de produit fini n'a pas été signalé dans l'application numérique.

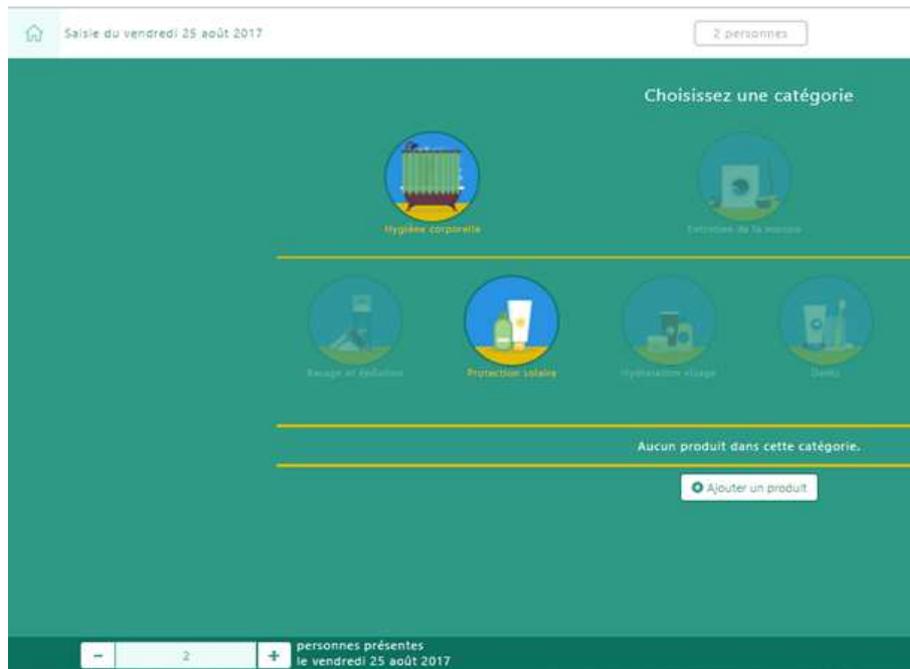


Figure 7. Interface de l'application pour choisir la catégorie de produits souhaitée



Figure 8. Interface de l'application pour la saisie des produits

## 3.2. Des typologies effectuées pour les familles, les produits et les pratiques

### 3.2.1. Typologie des familles

La démarche « Familles Eau Défi » s'est déroulée en plusieurs phases : phase d'entretiens/questionnaires ; phase de saisie dans l'application avant (période de référence) et après les engagements aux changements (période de changement) et participations aux réunions et ateliers. Dans l'objectif de distinguer les familles les plus engagées dans la démarche (c'est-à-dire celles ayant mené l'expérience jusqu'au bout) de celles ayant abandonné en cours d'expérimentation, une typologie a été effectuée : familles A ayant réalisé l'expérience dans sa totalité (n=40) ; familles B n'ayant réalisé que la période de référence (n=10) et familles C ayant arrêté après l'entretien ou en début de période de référence (n=28). De plus, des sous-groupes ont été établis selon si les familles avaient rempli en totalité (sous-groupe 1) ou non (sous-groupe 2) l'ensemble des questionnaires d'évaluation. Une Analyse Factorielle des Correspondances

(AFC) nous a permis de montrer que les variables socio-démographiques (localisation, revenus, nombres de personnes au sein du ménage, *etc.*) ne contribuaient pas à expliquer cette typologie (résultats non montrés dans le présent rapport). Le fait de n'avoir pas conduit l'expérimentation jusqu'à la fin ou de n'avoir pas renseigné l'ensemble des questionnaires fournis s'explique ainsi sans doute par la durée (six mois au total) et la rigueur de l'expérimentation (saisie quotidienne des pratiques, remplissage des questionnaires de satisfaction, participation aux réunions, *etc.*).

### 3.2.2. Typologie des pratiques et des produits

Afin de faciliter certains traitements, les pratiques ont été catégorisées en groupes et sous-groupes (Tableau 4).

Les produits recensés par les familles participantes ont donc été classés en fonction des pratiques, par groupe (ex : hygiène corporelle), et sous-groupe (ex : hydratation visage). Une photo (identifiée automatiquement par un numéro) permettait d'identifier le produit dans l'application numérique. Enfin, les produits ont également été caractérisés selon qu'ils étaient classiques, écolabellisés ou naturels ou faits maison.

Tableau 4. Typologie des pratiques

Groupes	Sous-groupes initiaux (renseignés par les familles dans l'application)	Regroupements effectués (effectués pour faciliter le traitement)	Typologie
Hygiène corporelle	Cheveux	Cheveux et corps/visage	Chev_CV
	Corps/visage		
	Dents	Dents	Dents
	Crème solaire	Crème solaire	SOLR
	Hydratation visage	Hydratation visage	Hydvis
	Rasage, Epilation	Rasage,épilation	Ras-epi
Entretien de la maison	Lessive main	Lessive	Lessive
	Lessive machine		
	Vaisselle main	Vaisselle	Vaiselle
	Vaisselle machine		
	Divers	Divers/sol	Div_sol
	Nettoyage sol		
Autre	Traitements plantes	Traitements plantes	PLT
	Traitements animaux	Traitements animaux	ANX
	Médicaments	Médicaents	MED

Dans l'application numérique, lors de l'ajout d'un nouveau produit, il fallait que les familles renseignent le nom du produit, sa photographie et sa catégorie, c'est-à-dire s'il s'agissait d'un produit classique, écolabellisé ou naturel/faits maison. Cette catégorisation des produits a pu être à l'origine d'erreurs de classification, bien que des documents informant sur les écolabels aient été partagés (blogs, site de Bordeaux Métropole concernant le projet REGARD, *etc.*). En effet, certaines familles ont renseigné des produits écolabellisés dans la catégorie classique et inversement des produits non écolabellisés dans cette même catégorie. D'autre part, les termes « classique » et « naturel » n'ont pas la même signification d'une personne à l'autre, de telle sorte

que ce que l'équipe de recherche classerait dans « naturel » peut se retrouver dans « classique » et inversement.

Dans notre analyse, nous avons considéré comme « naturels » les produits comme le vinaigre blanc, le bicarbonate de soude, les huiles essentielles, le savon de Marseille, le savon d'Alep, le savon noir, le savon de fiel. Pour les produits « écolabellisés », nous n'avons pas pris en considération les certifications relatives à la labellisation vegan et aux tests sur les animaux. De plus nous avons fait la distinction entre les labels (par ex. ecocert, cosmebio, label EU) et les marques (par ex. weleda).

*A posteriori*, il était donc intéressant de mesurer le pourcentage d'erreur de saisie concernant les catégories de produits, en corrigeant les « erreurs » de saisie par les participants et de comparer les données corrigées aux données « brutes » issues de l'application (Figure 9).

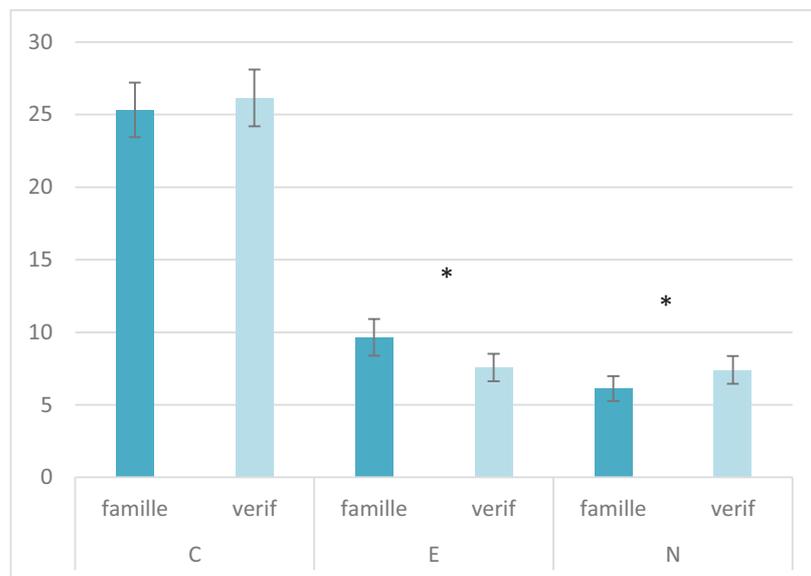


Figure 9. Concordance entre le nombre de produits renseignés par catégorie selon les familles et la vérification des catégories de produits C « classique », E « écolabellisé » et N « naturel ». Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

Sur la Figure 9, on peut voir qu'il y a une différence significative pour les produits écolabellisés et naturels/faits maisons entre ce qu'ont renseigné les familles et ce qui a été « vérifié ». Cette différence se traduit respectivement par une diminution et une augmentation. Il est toutefois important de noter ici que même si ces différences ont été recherchées afin d'aider à l'interprétation des résultats obtenus, aucune modification n'a été apportée à la base de données issue de l'application. Ainsi les résultats présentés dans les parties suivantes ne concernent que ce qui a été saisi par les familles. Néanmoins, si l'expérience devait être réitérée, il faudrait sans doute mieux expliquer les catégories de produits considérés comme écolabellisés et naturels en présentant aux familles une liste d'exemples associés.

### 3.2.3. Typologie des changements de pratiques

C'est lors de la réunion de mi-parcours que les participants ont pu réfléchir collectivement aux différents changements pouvant être mis en œuvre pour les pratiques concernant l'entretien de la maison, l'hygiène corporelle ou d'autres types de pratiques (telles que le traitement des plantes, des animaux domestiques ou la prise de médicaments classiques comme le paracétamol ou

l'ibuprofène). Suite à cet atelier de co-construction, il est ressorti que les changements de pratiques pouvaient être catégorisés en 2 grandes catégories : la substitution et la réduction (Tableau 5).

Tableau 5. Typologie des changements de pratiques

<b>Substitution (S)</b> de produits classiques	par des produits <b>écolabellisés</b> (Seco)
	par des produits <b>naturels ou faits maison</b> (Snat)
	par un <b>usage mécanique</b> (sans produit) (Smeca)
<b>Réduction (R)</b>	de la <b>dose</b> de produit (Rdose)
	de la <b>fréquence d'usage</b> (Rfreq) ou de la pratique, souvent synonyme d'arrêt (Rptq)
	du <b>nombre de produits</b> pour un même usage (Rprod)

### 3.3. Comment évaluer le niveau de satisfaction des changements mis en œuvre ?

Des questionnaires concernant la satisfaction sur les changements mis en œuvre pendant la période de changement ont été réalisés. Les familles ont rempli au total quatre questionnaires (un questionnaire à la fin de chaque semaine durant le mois de la période de changement). Dans ces questionnaires sont renseignés : les types de changements effectués, si ces changements ont été difficiles à mettre en œuvre, et le degré de satisfaction en termes de praticité, de confort, de prix et d'efficacité (Annexe 5).

## 4. Le suivi des rejets (suivi chimique)

### 4.1. Cinq familles éligibles au suivi chimique

À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à l'analyse de l'intégralité des eaux usées sortant d'une unique habitation. Certaines études se sont penchées sur l'analyse des eaux usées d'un groupement d'habitations, par des prélèvements dans le réseau d'assainissement, ou bien sur l'analyse des eaux grises spécifiques d'un poste de consommation (machine à laver, lave-vaisselle...). Mais la difficulté de l'instrumentation dans la canalisation d'évacuation d'une seule habitation limite l'analyse des eaux usées globales produites par un seul ménage. Le dispositif innovant mis en place a donc été pensé pour répondre aux contraintes techniques inhérentes aux objectifs de l'expérimentation « Familles Eau Défi ».

Afin que les familles participant à l'expérimentation puissent faire l'objet du suivi chimique, certaines conditions, notamment techniques, ont dû être respectées. En effet, les familles retenues devaient être premièrement volontaires et accepter ce suivi. Leur habitation devait également répondre aux contraintes techniques identifiées : réseau dit « séparatif » (les eaux pluviales ne se mêlent pas aux eaux usées), branchement unique (ce qui élimine les habitats collectifs), canalisation facilement instrumentable (profondeur de regard adéquate pour y dissimuler le préleveur, possibilité de créer une retenue d'eau...) ou encore emplacement sécurisé vis-à-vis de la circulation. Sur l'ensemble des familles ayant participé à l'expérimentation, seulement cinq familles (localisées sur les communes de Gradignan, Mérignac, Eysines, Blanquefort et Saint-Aubin de Médoc) ont pu réunir ces différentes conditions et donc être suivies. Le foyer de Saint-Aubin de Médoc n'a cependant pas pu être suivi lors de la semaine de référence pour cause d'absence des participants lors du 1<sup>er</sup> échantillonnage.

Dans un objectif d’anonymisation des résultats, les familles sont numérotées de A à E.

- Famille A → St Aubin du Médoc
- Famille B → Blanquefort
- Famille C → Eysines
- Famille D → Gradignan
- Famille E → Mérignac

Le Tableau 6 caractérise les cinq familles participant au suivi chimique. Comme cela était un des critères pour leur recrutement, ces cinq familles habitent sur Bordeaux Métropole, en maison individuelle (dont ils sont propriétaires) avec un jardin, et un réseau d’assainissement collectif. Les familles diffèrent en fonction du nombre de personnes et d’enfants ainsi que de la présence d’animaux domestiques.

Tableau 6. Caractérisation des 5 familles faisant l’objet d’un suivi chimique des rejets dans les eaux usées

	Famille A	Famille B	Famille C	Famille D	Famille E
<b>Commune</b>	St-Aubin Médoc	Blanquefort	Eysines	Gradignan	Mérignac
<b>Nombre de personnes / ménage</b>	1	2	3	4	5
<b>Age des enfants</b>	-	9 ans	13 ans	13 et 16 ans	6, 8 et 10 ans
<b>Profession des adultes</b>	Intellect. sup.	Intellect. sup.	Intellect. sup.	Intellect. sup.	Intellect. sup.
<b>Animaux domestiques</b>	(abeilles)	chat	lapin	Poules, (abeilles)	poissons

#### 4.2. Un matériel adapté ...

Les prélèvements ont été effectués à l’aide de préleveurs ISCO 3700 (Figure 10), équipés de tuyau en téflon de qualité nécessaire aux prélèvements de micropolluants. Dans l’idéal, afin d’avoir un échantillon composite représentatif, les prélèvements doivent être asservis au débit. Or, les débitmètres ne sont pas efficaces dans les canalisations instrumentées, principalement à cause des faibles débits pouvant être retrouvés. Pour pallier à ce problème, les préleveurs ont été reliés à des capteurs de surverse afin de déclencher les prélèvements lors du passage de l’eau (Figure 10). Les capteurs de surverse sont en général utilisés pour détecter la présence d’eau dans des bassins ou canaux, pour surveiller les déversoirs d’orages ou les réseaux d’assainissement, ou encore pour quantifier les temps de surverse des postes de refoulement.

Dans la pratique, le capteur est composé de 2 électrodes. Lorsque de l’eau passe sur le capteur, un contact est créé entre les 2 électrodes et la conductivité de l’eau permet au courant de passer. Un signal est alors envoyé pour déclencher le prélèvement. Si de l’eau coule en continu, ce qui peut être le cas lors de grandes consommations (douche, toilettes...), le capteur envoie un signal de prélèvement toutes les minutes jusqu’à arrêt de l’écoulement des eaux. Ainsi, les volumes de prélèvements sont proportionnels aux volumes consommés et permettent d’assurer une certaine représentativité de l’échantillon vis-à-vis de la consommation d’eau du ménage.

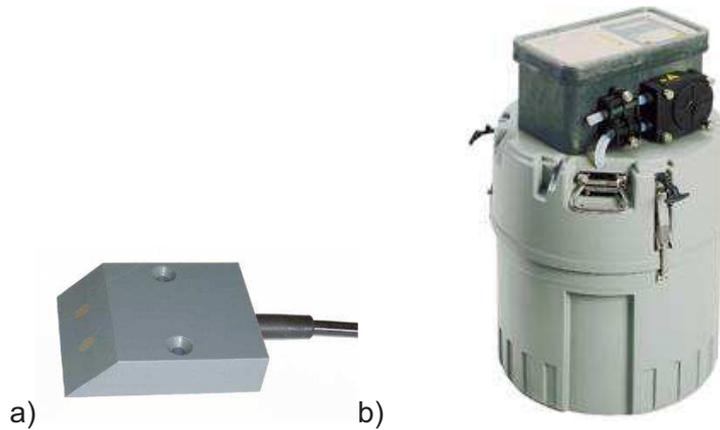


Figure 10. Capteur de surverse (a) et préleveur ISCO 3700 (b) utilisé pour l'expérimentation.

#### 4.3. ... Pour un dispositif expérimental innovant ...

Afin de pouvoir récupérer les eaux usées en sortie d'habitation, un barrage a été construit dans le but de créer une retenue d'eau dans laquelle a été positionné le tuyau de prélèvement (sur l'un des cinq sites, c'est un demi tuyau qui a joué ce rôle de réservoir, l'arrivée d'eau étant en chute). Le capteur de surverse a été placé après ce barrage (Figure 11). De cette manière, lorsque le foyer consomme de l'eau, celle-ci arrive au niveau du barrage et déborde en passant sur le capteur de surverse, ce qui a pour conséquence de déclencher le prélèvement de cette masse d'eau. Il est à noter que pour certaines habitations, la faible pente de la canalisation d'évacuation a eu pour conséquence un plus grand volume d'eau retenue. Ainsi, par effet de déplacement des masses, ce n'est pas l'eau consommée à l'instant-T qui est prélevée mais l'eau usée d'une consommation précédente qui a été retenue par le barrage. En revanche, ce biais s'équilibre sur toute la durée des prélèvements.



Figure 11. Dispositif expérimental mis en place dans le réseau d'assainissement

#### 4.4. ... et un échantillon composite représentatif de la semaine

Les prélèvements sont réalisés pendant sept jours consécutifs, avec une récupération quotidienne des échantillons dans des flacons adaptés. Le volume d'échantillon maximum pouvant être récupéré par le préleveur est de 12 litres, ainsi compte tenu du type de capteur utilisé, il est nécessaire de programmer un nombre maximum de prélèvements avec un volume adapté. Par exemple, pour un foyer dont la consommation est importante, le nombre de prélèvements maximum va être augmenté afin de prendre en compte le maximum de passage d'eau, avec un volume de prélèvement qui sera réduit. À l'inverse, pour un foyer dont la consommation sera plus réduite, le nombre de prélèvements sera plus faible mais avec un volume plus important afin d'obtenir un volume total suffisant. Un exemple est présenté dans le Tableau 7 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Tableau 7. Exemple de paramètres de prélèvements pour le suivi chimique lors de la semaine de référence

Lieu	Nombre d'évènements max.	Volume de prélèvement (mL)
Famille B	25	450
Famille C	35	340
Famille D	40	300
Famille E	40	200

\* La famille A était absente de son domicile lors de cette 1<sup>ère</sup> semaine de prélèvements

Les consommations des ménages ne sont pas connues à l'avance. De plus, une variabilité est observée suivant les jours de la semaine. Les paramètres ont dû être ajustés au fil de l'expérimentation afin de prendre en compte ces variations et s'assurer d'une bonne représentativité de l'échantillon quotidien.

Une fois la semaine de prélèvements terminée, un échantillon composite représentatif de la semaine est reconstitué à l'aide des sept échantillons quotidiens. Les analyses permettent donc d'obtenir des concentrations moyennes hebdomadaires pour les différents ménages.

Pour reconstituer l'échantillon composite, à défaut de pouvoir mesurer des débits, ce sont les consommations d'eau *via* les relevés de compteurs qui ont été utilisées. Ainsi, des relevés de compteurs ont été réalisés quotidiennement, en parallèle de la récupération des échantillons. À la fin de la semaine de prélèvements, la consommation d'eau pour chaque jour est rapportée à la consommation totale sur la semaine, et ces proportions sont gardées pour réaliser les échantillons composites à partir des échantillons quotidiens. De cette manière, l'échantillon composite est plus représentatif par rapport à des jours où la consommation d'eau a été plus importante (les week-ends par exemple).

L'échantillon est ensuite réparti dans les différents flacons pour analyses dans les laboratoires partenaires.

## Partie 4. Résultats

Cette quatrième partie présente les préoccupations des « Familles Eau Défi » et leurs représentations (données issues des entretiens), l'évolution de leur appropriation environnementale (via la comparaison des questionnaires, entre le début et la fin de l'expérimentation), les changements de pratiques mis en œuvre (informations issues de l'application numérique et des questionnaires de satisfaction aux changements) et l'évolution des rejets de cinq familles (via le suivi chimique des eaux usées).

### 1. Caractérisation initiale des « Familles Eau Défi »

78 familles ont répondu à l'appel à volontaires et une quarantaine de participants a mené l'expérimentation dans sa totalité : en renseignant quotidiennement l'application numérique lors des périodes de référence et de changement (n=40) et en répondant à l'ensemble des questions relatives aux attitudes et pratiques environnementales (sensibilité écologique et engagement vert) en début (T1) puis en fin (T2) d'expérimentation (n=43).

Ces participants habitent la métropole bordelaise, vivent en famille (2 parents et au moins un enfant) pour 79% d'entre eux, en maison individuelle (81%) et exercent des professions intermédiaires (42%) ou supérieures (47%).

Dans cette première partie, nous présentons les données qualitatives des entretiens menés au préalable de l'expérimentation qui nous permettent de caractériser nos familles de volontaires : leur style de vie, leur relation à l'environnement et leur rapport à l'eau.

#### 1.1 Des familles aux occupations et préoccupations ordinaires...

Afin de replacer nos questionnements scientifiques au sein de la réalité des usagers de l'eau mais aussi pour amorcer la discussion, l'entretien commençait par des questions très générales sur leurs préoccupations et occupations. Nous leur demandions ensuite de décrire une journée type en semaine puis un week-end type, questions qui permettaient de favoriser l'expression si celle-ci était un peu difficile au début mais également de connaître les usages quotidiens liés à l'eau (ménage, lessive, cuisine, hygiène...) et leur rythmicité afin d'affiner notre protocole de suivi chimique.

À notre question sur leurs préoccupations, soit nos interlocuteurs abordaient directement les enjeux environnementaux voire liés à l'eau, soit nous demandaient si justement la question portait là-dessus. De ce constat, on ne peut évidemment conclure que les enjeux environnementaux sont primordiaux pour ces enquêtés mais au moins qu'ils s'y intéressent et surtout qu'ils se sont mis dans la situation de l'entretien réalisé au préalable de l'expérimentation « Familles Eau Défi ». Sinon, les préoccupations de ces familles sont pour le moins classiques : les enfants, le travail, la maison avec la tentative de concilier leurs aspirations avec les contraintes du quotidien. Les journées-types de ces familles que ce soit en semaine ou le week-end sont également assez classiques : s'occuper des enfants et les véhiculer, faire les courses et préparer les repas, réaliser les tâches domestiques et entretenir la maison avec la gestion du temps que cela implique. En semaine, ces activités s'organisent autour de l'activité professionnelle avec un rythme soutenu pour gérer le quotidien. Durant le week-end, ces activités se font plus sereinement soit sur un temps précis, généralement une demi-journée afin de se libérer le reste du week-end pour les

activités de loisirs et de sociabilité soit se répartissent sur les deux jours en fonction des activités de loisirs, des invitations ou de la météo ! Justement pour ce qui est des loisirs, ces familles ont des activités variées qu'elles soient organisées (cours de musique, entraînement et matchs) ou non (course à pied, vélo, promenade, cinéma...). Ils y consacrent plus ou moins de temps, mais d'aucun n'a une activité de loisir de l'ordre de la passion qui occuperait la plupart du temps libre.

Nos familles volontaires pour cette démarche sont donc, par rapport à leur rythme de vie, des familles au profil à la fois similaire et ordinaire. Ainsi, il ne nous a pas été possible de faire de typologie des familles participantes en fonction de leur style de vie. Par contre, puisqu'elles étaient volontaires pour cette expérimentation à vocation environnementale, qu'en est-il de leur relation à l'environnement ?

## 1.2. ... Mais sensibles, sensibilisées et conscientisées à l'environnement

L'eau étant un élément de la nature, il nous semblait intéressant d'avoir connaissance du rapport général à l'environnement de nos familles de volontaires aussi bien en termes de sensibilité à la nature que de sensibilisation aux enjeux environnementaux que d'engagement envers ceux-ci, qualifié de conscientisation.

### 1.2.1. Un rapport sensible

En fin d'entretien, outre les échelles de connexion à la nature et d'activités (résultats présentés ci-après), nous avons des questions ouvertes sur les relations à l'environnement de nos enquêtés ; celles-ci nous permettant à la fois de connaître leurs activités de nature et de saisir la définition qu'elles attribuent à la nature.

En ce qui concerne les activités de nature de nos familles, elles sont à l'image de leurs activités en général : classiques. Nos enquêtés fréquentent la forêt et l'océan où ils pratiquent la promenade à pied ou à vélo, la contemplation et la baignade. Certains d'entre eux ont de temps à autre une activité qui sort de l'ordinaire ; en l'occurrence le canoë est cité à plusieurs reprises.

La question sur le dernier contact avec la nature montre l'ambivalence de ce terme qui balance entre ordinaire et extraordinaire. En effet, nos interlocuteurs parlent aussi bien de la cueillette de tomates la veille au soir que de l'escapade à l'océan le week-end d'avant. Pour les entretiens menés avec un couple, il était amusant d'être le témoin de cette divergence de signification et du débat que cela faisait naître au sein du couple amenant à de réelles réflexions philosophiques sur la nature et sur le rapport homme-nature et la place de l'homme dans la nature. Voici quelques citations sur ce rapport à la nature et la difficulté de le définir :

*Aller au bord de la mer, ça compte ? c'est vrai c'est pas trop la nature... On n'est pas seul face à l'élément naturel, il y a beaucoup de monde. Sinon, balades en forêt quand on va en Dordogne chez sa maman, on y va tout à l'heure, cueillir des champignons, des petits moments comme ça. [...] On va dans des trucs aménagés avec les petits. La vraie nature sauvage, les Pyrénées en rando, j'ai pas fait ça. On va au parc ornithologique, on va à la réserve de Bruges, regarder les oiseaux, des choses comme ça, oui, volontiers. (F, 43 ans, commercial, 2 enfants)<sup>14</sup>*

*La nature pour moi c'est pas que se retrouver au milieu de la forêt ou d'un champ, c'est dans le jardin... Hier, mon petit garçon a trouvé une fourmi, on a regardé d'où elle venait, on a trouvé la fourmilière, on a parlé de l'organisation de la fourmilière, à quoi elle servait, ça pour moi, c'est un contact avec la nature. (F, 35 ans, pharmacien, 2 enfants)*

<sup>14</sup> Notre interlocuteur est caractérisé entre parenthèses : son sexe (F/H), son âge au moment de l'enquête, sa profession ou son statut professionnel et le nombre d'enfants qui vit actuellement avec lui.

*Les balades en forêt c'est vraiment chouette ! En fait, moins il y a de monde, mieux c'est, je trouve. Car c'est oppressant la foule ! Et les gens qui courent partout, qui se dépêchent, et qui sont agressifs je trouve. Dans la nature, il y a un côté ralentissement qui vient soulager le quotidien. (F, 34 ans, médecin généraliste, 3 enfants)*

*La nature est partout, elle est en ville, c'est au quotidien. Après, il y a effectivement, les grands espaces de nature. Ce week-end, on a pique-niqué dans un parc en ville, on était en pleine nature, au calme, avec les oiseaux, c'est juste des fois se ressourcer. La nature c'est au quotidien, quand on ouvre ses volets, on a du vert dans son jardin. Donc le dernier contact c'était hier ! (F, 33 ans, cadre environnement collectivité, 1 enfant)*

*J'aime bien aller me promener dans la nature. Après je ne sais pas si vous considérez mon jardin comme la nature mais il a l'avantage d'être sauvage et pour moi d'être un brin de nature. (F, 61 ans, retraité / chef de projet informatique)*

*Je rentre de vacances... on aime bien la mer, mais on aime bien la montagne. Quand même la montagne, quand on est tout en haut d'un col, on peut faire un tour en perspectives, les grands espaces, pas trop de monde, le silence... (F, 41 ans, informaticien, 2 enfants)*

Quand on interroge, plus spécifiquement, les personnes sur les liens qu'ils ont avec la nature, la grande majorité répond en termes de bienfaits sur l'individu, la nature servant de cadre à des activités ludiques ou reposantes. En témoignent ces deux extraits d'entretiens réalisés avec des mères de famille : « *Le grand et moi, on fait du cheval, on profite du calme, et surtout de la communication qu'on peut avoir avec la nature.* » (F, 35 ans, pharmacien, 2 enfants) ; « *La nature c'est se ressourcer, le bien-être, le calme, pouvoir se promener, profiter du calme, la sérénité, ça apaise.* » (F, 33 ans, cadre environnement collectivité, 1 enfant).

Si certains parlent de liens avec la nature, en reprenant le terme de notre question, très peu parlent en termes d'impacts de l'individu sur la nature. Voici quelques citations extraites des entretiens :

*Tout appartient, tout est tiré de la nature donc il y a forcément un lien car tout est permis grâce à ce que fournit la terre. (H, 34 ans, enseignant secondaire, 2 enfants)*

*Oui, forcément, il y a un lien : si on se déplace, on peut utiliser un mode doux, si on cuisine, on va générer des déchets, au boulot, on va utiliser de l'électricité... il y aura toujours un lien... (F, 43 ans, cadre patrimoine collectivité, 2 enfants)*

*L'homme fait partie des animaux et on est dans la nature. Les autres animaux l'impactent aussi. On est un animal comme les autres. (H, 37 ans, ingénieur, 2 enfants)*

Ce rapport sensible à la nature dont témoignent nos enquêtés est, selon eux, la clef de leur intérêt pour la protection de la nature. Qu'en est-il alors de leurs connaissances des enjeux environnementaux ?

### 1.2.2. Un rapport sensibilisé

Les enjeux environnementaux cités par nos enquêtés sont les enjeux actuels dont parlent les médias qui sont d'ailleurs, réseaux sociaux compris, la source majoritaire de l'information et de la sensibilisation – même si cela passe aussi par la sphère professionnelle et associative. En premier lieu, le réchauffement climatique avec les perturbations environnementales ainsi que les enjeux humains qui en découlent reviennent fréquemment pour ne pas dire constamment. Est déploré son caractère global et quasi-inéluctable. Ensuite ce sont des enjeux plus spécifiques qui sont cités : la question de l'énergie entre les fossiles, le nucléaire et les renouvelables ou propres ; le gaspillage des ressources quelles qu'elles soient (déboisement, disparition des sols fertiles, perte de biodiversité) dont l'eau ; la pollution chimique diffuse des éléments eau, air, et terre.

D'ailleurs les enjeux quantité (gaspillage) et qualité (pollution) d'une ressource sont toujours vus de pair par nos interlocuteurs : la citation d'un enjeu amenant à parler de l'autre. Plus généralement, d'ailleurs, les enjeux environnementaux sont considérés comme imbriqués entre eux ; une sorte de vision écosystémique est partagée ainsi que l'explique notre interlocuteur :

*C'est difficile de hiérarchiser car tout est lié même si certains problèmes sont déjà concrets aujourd'hui pour certaines populations comme l'accès à l'eau et à la nourriture alors que le réchauffement climatique c'est plus abstrait. Certains problèmes sont à prendre à bras le corps dès aujourd'hui comme la pollution des rivières ou l'accès à l'eau, la pollution de l'air...* (F, 54 ans, chargé de mission environnement, 1 enfant).

Cette vision est, en fait, plus large, puisque nos interlocuteurs voient aussi l'imbrication avec les enjeux économiques et sociaux ; la philosophie du développement soutenable semble s'être imposée avec ses trois dimensions en interrelation dans sa définition la plus commune. Par contre, la différence se fait sur la place accordée à l'enjeu environnemental. Elle peut être première « car sans la nature on n'a rien, on n'est rien » donc les autres enjeux (économiques et sociaux) n'ont plus lieu d'être ou au contraire sont secondaires car l'enjeu environnemental fait intervenir le long terme alors que les deux autres ont un effet immédiat sur les conditions de vie actuelles. Quelques citations tirées des entretiens illustrent nos propos :

*L'écologie est un problème et l'autre c'est le chômage avec la retraite des jeunes... Ça va avec ! Si on développait les énergies douces, il y aurait peut-être du travail. Les jeunes en service civique à Terre d'Adèles me redonnent espoir car ils ont des projets de s'installer en agriculture et font attention à l'environnement.* (F, 68 ans, retraitée / assistante sociale)

*Au-dessus car les autres enjeux n'auront plus d'importance, les enjeux économiques et politiques. Si on ne peut plus respirer ou manger, les autres enjeux vont se résoudre tout seuls ! Il n'y en aura plus !* (F, 44 ans, directeur pôle administration, 2 enfants)

*L'environnement me paraît majeur sûrement encore plus depuis que j'ai des enfants, ça nous concerne tellement tous. C'est pas demain, c'est sûr mais je ne comprends pas l'immaturité de la politique et des industriels. J'ai l'impression que la société civile va plus vite que la politique... Je garde un peu d'espoir quand je vois des grosses boîtes qui arrêtent d'investir dans les énergies fossiles, je trouve ça chouette !* (F, 43 ans, commercial, 2 enfants)

*Pour l'avenir de nos enfants, c'est une préoccupation quotidienne, on a envie qu'ils puissent voir des papillons, des baleines, des choses surprenantes de la nature et dans l'idéal qu'ils vivent dans une société apaisée, ça c'est le 2<sup>e</sup> point.* (F, 32 ans, conseiller principal d'éducation, 2 enfants)

*Je ne voulais pas faire d'enfants à cause de l'état de la planète et du chômage, des différences de classes sociales... [...] Pour moi, c'est l'enjeu majeur, l'écologie. C'est un enjeu à long terme alors que l'économie, c'est à court terme.* (H, 41 ans, technicien eau collectivité, 2 enfants)

Par rapport aux préoccupations quotidiennes, alors que les problèmes environnementaux sont souvent perçus comme déconnectés de la vie courante, nos enquêtés se sentent une capacité d'agir qu'ils n'auraient pas disent-ils sur les deux autres enjeux qui relèvent de la sphère politique. L'environnement responsabilise les individus, particulièrement par rapport à leurs enfants ainsi que le préconise notre interlocutrice : « *Avoir des enfants fait prendre conscience de plein de choses car on veut les protéger de tout et leur donner le meilleur et leur transmettre les valeurs auxquelles on tient puis ils agissent par mimétisme donc il faut qu'on fasse d'abord.* » (F, 35 ans, pharmacien, 2 enfants).

Cette sensibilisation aux enjeux environnementaux engendre-t-elle une conscientisation de ces familles ? Autrement dit, quelles sont les attitudes pro-environnementales ou les écogestes que mettent en œuvre ces familles ?

### 1.2.3. Un rapport conscientisé

Après l'échelle des écogestes (résultats présentés ci-dessous), nous invitons nos interlocuteurs à nous parler plus librement de leurs actions en faveur de la protection de l'environnement. Plusieurs actions sont citées mais trois principaux champs d'action, hormis l'usage de l'eau dont nous traiterons ensuite, ressortent : l'alimentation et son corollaire les déchets ainsi que la mobilité. Par rapport à l'alimentation, nombre de ces familles favorisent l'achat biologique et local, en particulier les circuits courts dont les AMAP et le marché qui permettent en même temps de diminuer les déchets. Ils sont adeptes du « fait maison et de saison » qui comprend aussi la pousse des aromatiques ou des fruits et légumes arrivant même pour certains à cultiver dans leur appartement en plein cœur de Bordeaux. Aussi, bon nombre de ces enquêtés, même si ce n'est pas tous ceux qui ont un jardin, pratiquent le compost ou certains, le vermicompost. Plus généralement, par rapport aux déchets, tous déclarent pratiquer le tri, utiliser ses sacs de commissions voire acheter en vrac parfois avec ses propres contenants. D'ailleurs, bon nombre s'engagent dans une démarche « zéro déchet » *via* les dispositifs proposés par les collectivités ou bien par eux-mêmes. Enfin, pour ce qui est de la mobilité, nos enquêtés prêchent pour une mobilité douce : ils essaient de se déplacer en transports en commun et à vélo. En matière d'écogestes, nos familles en font sans doute donc plus que la moyenne des Français. Néanmoins, c'est à cela que s'arrête leur engagement vert. En effet, si l'un ou l'autre enquêté est sympathisant d'une association environnementale, d'aucun n'est un militant de la cause.

### 1.3. ... Alors quel rapport à l'eau ?

Il est à noter que lorsqu'on interroge ces familles sur leurs usages de l'eau, elles répondent, certes, sur leurs usages, mais n'hésitent pas à poser des questions, partager leurs états d'âme et indiquer leurs bonnes pratiques en la matière. D'ailleurs certaines de nos familles ont participé aux dispositifs Familles À Énergie Positive ou Pionniers du Climat<sup>15</sup> où elles ont été sensibilisées à la question des économies d'eau et ont appris certains gestes en la matière.

#### 1.3.1. L'eau consommée

Quand on demande à ces personnes si elles ont des questions sur l'eau, elles semblent dans un premier temps comme prises au dépourvu et ne savent pas trop quoi répondre. Puis, en y réfléchissant c'est l'enjeu ressource qui est cité : nos interlocuteurs s'inquiètent des quantités d'eau potable présentes et à venir et surtout du risque de manque pour certaines populations avec les conséquences géopolitiques que cela engendre. Elles s'interrogent aussi sur la pérennité de l'eau potable dans nos régions privilégiées. En témoigne cet extrait : « *Aura-t-on suffisamment de ressource en eau pour tous ? Les traitements sont de plus en plus chers donc le prix de l'eau va augmenter. Surtout avec les nouveaux polluants. Au-delà du prix, on aura une eau courante au robinet mais peut-être plus potable ?* » (F, 35 ans, pharmacien, 2 enfants). Pour autant, lors des entretiens, l'eau de boisson est loin d'être le premier usage cité même si quand nos interlocuteurs se rendent compte de leur oubli, ils insistent d'autant plus sur son importance.

En ce qui concerne la qualité, si certains enquêtés s'interrogent sur l'eau potable, la majorité déclare avoir tout de même confiance dans le système de distribution de l'eau. Et si parfois, il y

---

<sup>15</sup> Familles À Énergie Positive et Pionniers du Climat sont des dispositifs mis en place par les collectivités et soutenus par l'ADEME. Ces démarches visent – la première accès énergie et eau, la seconde au spectre plus large - à impliquer des citoyens volontaires dans le changement de pratiques en les informant sur des pratiques moins énergivores ou sur la gestion des déchets par exemple, en les accompagnant dans leur mise en place au sein de leur foyer et en motivant ces familles par des challenges.

avait hésitation entre eau du réseau et eau embouteillée, c'est l'écologie et la praticité qui ont décidé certaines familles à boire l'eau du robinet. Par contre, il peut tout de même lui être reproché la teneur en calcaire ou l'odeur de l'eau, parfois déplorée, le fameux « goût de chlore ». Pour autant, ce dernier en rassure certains, prouvant que l'eau est propre à la consommation car traitée. D'ailleurs, le petit cycle de l'eau n'est que très vaguement connu de nos enquêtés tout comme l'origine de l'eau prélevée. Le traitement en station d'épuration est connu mais confondu avec celui de potabilisation, certains de nos interlocuteurs pensant que l'eau circule en circuit fermé, résultats conformes à ce qui a été montré par l'enquête populationnelle de REGARD et dans le projet de recherche LUMIEAU (Soyer et Gauthey, 2018). Voici quelques extraits d'entretiens sur les représentations de l'eau consommée :

*Je la trouve trop calcaire, j'ai mes filtres type Brita. [...] J'en ai ras-le-bol de cette eau calcaire ! Quand j'achète c'est Volvic ou ce type-là de minéralisation car je le sens tout le temps. Quand on fait un thé, avec la bouilloire déjà pleine de calcaire, ça m'insupporte ! C'est pas que ça m'insupporte mais je le sens dans mon corps que ça ne va pas quoi ! Mais je prends pas le temps de chercher autre chose donc vive l'eau du robinet ! En attendant. C'est quelque chose qu'on a pas encore exploré mais je pense que c'est loin d'être neutre pour notre santé. Mais je n'ai pas la réponse ou je ne la donnerai pas ici... (F, 54 ans, chargé de mission environnement, 1 enfant).*

*J'ai confiance mais je me demande quand même, j'utilise sans trop savoir ce qui est fait avant d'arriver à mon robinet. (F, 44 ans, ingénieur de recherche, 2 enfants)*

*Qu'est-ce qu'il y a dans l'eau qui arrive à ma maison ? Quels ont été les tests de son innocuité à la boisson ? J'aimerais avoir plus d'informations sur ce qu'on a fait. Il y a un monopole de l'eau, je ne peux pas choisir un autre fournisseur d'eau, juste l'eau en bouteille. [Une eau] plus pure ou avec des éléments de garantie autres. Elle vient de captations mais je ne sais pas lesquelles, à quelle profondeur. Mais ça m'intéresse pas plus que ça. Elle pourrait venir de la Garonne est être toute aussi bonne. Ce qui m'intéresse c'est quel est le produit qui arrive. Il suffit qu'il y ait un contact avec l'environnement et avec toutes les fuites... J'ai l'impression de ne pas savoir ce que j'achète. (H, 37 ans, ingénieur, 2 enfants)*

*Je regarde le bilan de la qualité de l'eau qui accompagne la facture. J'ai plus confiance dans l'eau du robinet que celle embouteillée car je ne sais pas ce que relargue le plastique pendant des mois. Et elle est vendue par Nestlé donc ne me fait pas rêver... Je ne me pose pas vraiment de question, je m'en suis posée quand j'ai décidé pour l'eau de consommation mais depuis je ne m'en pose plus. (F, 42 ans, enseignant universitaire, 3 enfants)*

*Que du bien ! J'ai assez confiance dans les institutions en général et notamment en l'eau qu'on boit. [...] J'ai visité des stations d'épuration donc je fais assez confiance. Après il y a sûrement des choses à améliorer parce que ne peut pas tout sortir des eaux ce qu'on rejette. (F, 43 ans, commercial, 2 enfants)*

*On a fait le yoyo entre eau du robinet et eau minérale... On a opté pour l'eau du robinet mais pas convaincue par sa qualité mais c'est pour éviter les bouteilles en plastique. (F, 34 ans, médecin généraliste, 3 enfants)*

*J'ai entendu de tout mais je ne me suis pas renseignée. Pour moi, l'eau faut y faire attention mais je ne saurais pas dire si elle polluée. J'ai confiance dans l'eau que je bois, je consomme l'eau du robinet. Mais quand ma fille est née je lui ai donné de l'eau en bouteille pendant la première année car on a toujours un doute sur une pollution éventuelle. Mais l'eau en bouteille n'est pas exempte de toute question avec les plastiques qui migrent et les sources ne sont pas non plus mieux protégées des pollutions que les nôtres. Globalement c'est un aliment qui est très mesuré mais il y a tout un tas de micropolluants qu'on ne mesure pas. Évidemment qu'il faut boire de l'eau du robinet car les eaux minérales sont en bouteilles plastiques et c'est cher et l'eau du robinet est de bonne qualité. (F, 33 ans, cadre environnement collectivité, 1 enfant).*

### 1.3.2. L'eau polluée

En interrogeant ces familles sur la pollution, ce sont les pesticides agricoles, les marées noires et les médicaments qui sont les plus cités. En témoigne cet extrait : « *En Bretagne, on parle beaucoup de la pollution par le lisier de porc. Ici, c'est peut-être le traitement des vignes. [...] donc l'eau polluée va dans la nappe phréatique...* » (F, 61 ans, retraité / chef de projet informatique).

Et quand on questionne les familles sur leurs usages domestiques, elles citent l'eau de javel et les détergents ménagers pour lessive et vaisselle, les produits de bricolage (peintures et colles), les produits cosmétiques comme le shampoing et le dentifrice et les restes alimentaires dont la graisse. Si certains en ont entendu parler, rares sont nos enquêtés qui savent ce que sont les micropolluants<sup>16</sup> ; au vu du terme, ils les assimilent aux microbilles dont on entend beaucoup parler par rapport à la pollution des océans. Mais s'ils ne connaissent pas ce terme de micropolluants, ils en connaissent certaines catégories comme les hormones et les antibiotiques mais aussi certains effets car ils parlent de perturbateurs endocriniens et de féminisation des poissons. Et lorsqu'on leur demande de citer quelques produits utilisés au quotidien à leur domicile qui selon eux contiennent des micropolluants, ils citent les produits ménagers et cosmétiques énumérés précédemment. Donc même si nos interlocuteurs ne connaissent pas à proprement parler les micropolluants, ils se doutent de ce qu'ils sont et où ils se trouvent (produits lessive, vaisselle ; shampoing, dentifrice...). Ces citations illustrent notre analyse :

*Shampoing, gel douche, liquide vaisselle, tout ce qui est pétrochimie... tout pollue, enfin ! Quand on est 7 milliards, on a forcément un impact, tout ce qu'on rejette même l'organique. Ça bouleverse les milieux, globalement tout ce qu'on rejette a un impact !* (H, 41 ans, technicien eau collectivité, 2 enfants)

*Il y en partout ! Tous les cosmétiques, tous les produits ménagers, toutes les lessives donc c'est le truc facile à éliminer, il faut faire ses produits soi-même. Même pour le liniment, il y a des produits ajoutés pour le stabiliser alors qu'à la base c'est un produit tout simple huile d'olive et eau de chaux mais ça se déphase donc ils ajoutent 3-4 produits pour le stabiliser. Produit de base naturel pour bébé n'est plus ! On en trouve partout partout ! Même dans les aliments en sachet, j'imagine après que ça relargue dans l'eau de cuisson. Et puis les habits aussi avec tous les traitements pour que ça reste repassé, les insecticides aussi. Ça aussi c'est des micropolluants, il me semble.* (F, 34 ans, médecin généraliste, 3 enfants)

*J'ai pas étudié les étiquettes alors tous mes produits potentiellement, même si j'achète à Biocoop. Ça pollue moins mais ça pollue aussi un peu.* (F, 54 ans, chargé de mission environnement, 1 enfant).

### 1.3.3. L'eau protégée

Quand on interroge ces familles sur leurs usages de l'eau, elles y associent en même temps leurs bonnes pratiques en la matière. Les premiers usages cités sont souvent ceux qui relèvent de l'hygiène aussi bien corporelle que ménagère. Nos enquêtés précisent alors qu'ils privilégient les douches aux bains ; ces derniers sont réservés aux jeunes enfants ou à des moments de plaisir. En outre, ils confient leurs désaccords avec leurs adolescents avec lesquels ils redoublent d'ingéniosité pour qu'ils évitent de prendre des « bainches » (mot inventé par une mère : contraction des mots bain et douche qui signifie une douche qui consommerait autant d'eau qu'un bain). Par exemple, il y a la technique de la musique, la douche ne doit pas durer plus longtemps que deux chansons : la première pour se mouiller et se savonner, la seconde pour se rincer. Parfois pour la douche et la lessive mais très fréquemment pour les toilettes, la question du gaspillage de l'eau potable est avancée. Plusieurs familles souhaiteraient un double circuit d'eau

<sup>16</sup> Les seuls à connaître ce terme, le connaissent de par leur métier : domaine de la viticulture, de la santé et de l'eau ou de par leurs études en environnement.

afin d'utiliser soit l'eau de pluie pour l'hygiène corporelle ou au moins les tâches domestiques et les toilettes soit les eaux grises pour les toilettes. « *Ce qui serait bien, serait de pouvoir la récupérer pour lui donner une seconde vie au sein de mon habitation : eau de la machine à laver, de la vaisselle, de la douche pour les WC* » (H, 27 ans, conseiller pédagogique, sans enfant) demande notre interlocuteur. En attendant les installations qui le permettent, outre, l'usage classique de l'eau de pluie pour l'arrosage, quand celui-ci n'est pas déjà limité, plusieurs familles utilisent l'eau de vaisselle et de cuisson pour ce même usage. Il en est de même pour l'eau du bain des enfants ou de la douche faite couler en attente de l'eau chaude, récupérée dans une baignoire, qui sert pour l'arrosage ou la chasse d'eau. En fait, en plus des écogestes classiques – dont le célèbre éteindre le robinet quand on se brosse les dents, nombre de ces familles ont donc mis en place de manière informelle un second circuit de l'eau. En outre, deux de nos familles ont opté pour des toilettes sèches à leur domicile. Enfin, sont cités en dernier, souvent les usages « problématiques » comme le lavage de la voiture et la piscine. Alors que pour le premier, les solutions avancées sont l'utilisation de l'eau de pluie et le lavomatique mais surtout l'abstinence, le second fait naître un sentiment de culpabilité chez nos interlocuteurs qui s'interrogent alors sur la quantité d'eau mais également sur la qualité avec les produits de traitement utilisés.

En ce qui concerne l'enjeu qualité de l'eau, nos familles ont déjà mis en place des pratiques alternatives ou au moins en ont testées avec plus ou moins de succès. Nombre d'entre-elles utilisent des produits ménagers écolabellisés mais surtout naturels comme les produits stars que sont le vinaigre blanc et le bicarbonate de soude. Quelques familles fabriquent leurs produits ménagers en l'occurrence la lessive et le produit vaisselle mais n'en sont pas toujours satisfaites. Certaines se montrent même réticentes à ces produits alternatifs car avaient été très déçues par les noix de lavage. Par contre, pour l'hygiène corporelle, si le dentifrice ou le shampoing écolabellisés ont été testés, rares sont les familles qui les ont approuvés. Ce sont souvent les pères et les enfants qui préfèrent les produits industriels ; pour autant, nos interlocuteurs, souvent, les mères, se disent prêtes à retenter l'expérience. Ces familles se déclarent prêtes également à diminuer le nombre de produits et la quantité utilisée. Mais surtout elles se disent en attente de propositions d'alternatives qui à la fois fonctionnent et font la différence, d'informations sur les impacts sur la santé et l'environnement et d'explications sur les labels et insistent sur l'importance de la caution scientifique de toutes ces informations.

## **2. Évolution de la relation à l'environnement des « Familles Eau Défi » avant et après l'expérimentation**

### **2.1. La sensibilité écologique**

#### *2.1.1. Évolution des attitudes environnementales (échelle NEP)*

Les résultats statistiques sont présentés dans le Tableau 8 pour les cinq dimensions du NEP et dans l'Annexe 8 pour les 15 items spécifiques.

Au temps T1, c'est-à-dire avant la mise en place de la démarche d'accompagnement, les scores de la sensibilité écologique (NEP) varient de 4,236 en moyenne pour les items concernant les limites à la croissance à 5,496 en moyenne pour les items liés à l'anti-anthropocentrisme. Le score global du NEP (moyenne des cinq dimensions) est de  $4,847 \pm 0,318$ . Au temps T2, à la fin de l'expérimentation, les scores du NEP varient de 4,461 en moyenne pour les items concernant les limites à la croissance à 5,488 en moyenne pour les items liés à l'anti-anthropocentrisme, le score global étant de  $4,971 \pm 0,503$ . Les résultats montrent que le score général du NEP

augmente significativement ( $p=0,050$ ) entre le début et la fin de l'expérimentation, de même que la dimension « anti-exemptionnalisme » ( $p=0,015$ ). En revanche, les autres dimensions du NEP ne montrent pas d'évolution significative entre le début et la fin de l'expérimentation (Tableau 8). Enfin, certains items augmentent significativement entre le début et la fin de l'expérimentation : c'est le cas pour deux items sur les trois liés à l'anti-exemptionnalisme (items 9 et 14), ainsi qu'un item lié aux limites de la croissance (item 6) et à l'équilibre de la nature (item 13). En revanche, le score sur l'item 10 (crise écologique) est le seul qui diminue significativement entre le début et la fin de l'expérimentation (Tableau 1 et Annexe 8).

Tableau 8. Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores des cinq dimensions du NEP aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2. Une évolution significative des scores entre les temps T1 et T2 est indiquée en gras.

NEP	Dimensions	T1 (n=43)		T2 (n=43)		Comparaison T1 / T2 (n=43)		
		moyenne	Ecart-type	moyenne	Ecart-type	Normalité (Shapiro-Wilk)	Comparaison de moyenne	p
1	Limites à la croissance	4.236	0.675	4.461	1.066	0.043	Wilcoxon	0.152
2	Anti-anthropocentrisme	5.496	0.433	5.488	0.508	0.007	Wilcoxon	0.943
3	Équilibre de la nature	4.574	0.551	4.721	0.691	0.645	Student	0.175
4	Anti-exemptionnalisme	4.516	0.644	4.841	0.797	0.578	Student	<b>0.015</b>
5	Crise écologique	5.411	0.357	5.345	0.548	0.036	Wilcoxon	0.261
<i>Global</i>	<i>NEP Global</i>	<i>4.847</i>	<i>0.318</i>	<i>4.971</i>	<i>0.503</i>	<i>0.557</i>	<i>Student</i>	<b><i>0.050</i></b>

### 2.1.2. Évolution du rapport sensible à la nature

Le Tableau 9 indique les résultats du rapport à la nature, à partir des cercles plus ou moins imbriqués (RN cercles) et à partir de l'échelle de connexion à la nature et de représentation de la nature et de Soi (CNS global). Pour cette dernière, les scores relatifs à chacun des dix items présentés dans le Tableau 2 sont également indiqués.

Entre le début et la fin de l'expérimentation, les scores varient de  $4,605 \pm 1,198$  à  $4,744 \pm 1,071$  pour le RN cercles et de  $5,360 \pm 0,753$  à  $5,353 \pm 0,747$  pour la CNS globale (Tableau 9). Les scores concernant le rapport à la nature sont donc relativement élevés dans notre échantillon, que ce soit au temps T1 comme au temps T2. Cependant, on n'observe pas d'évolution significative de ces scores entre le début et la fin de l'expérimentation, ni pour le RN cercles, ni pour la CNS globale. Les items spécifiques de la CNS ne montrent pas non plus d'évolution significative de leurs scores, sauf pour deux items ayant trait aux vertus réparatrices de la nature : l'item 4 « *Parfois quand je suis malheureux, je trouve du réconfort dans la nature* » ( $p=0.093$ ) et l'item 5 « *Être dans la nature est une bonne façon de réduire mon stress* » ( $p=0.036$ ) qui montrent une augmentation significative ( $p<0,1$ ) entre T1 et T2.

Tableau 9. Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores des dix items de l'échelle CNS aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2. Une évolution significative des scores entre les temps T1 et T2 est indiquée en gras.

Items	T1 (n=43)		T2 (n=43)		Comparaison T1 / T2 (n=43)		
	moyenne	Ecart-type	moyenne	Ecart-type	Normalité (Shapiro-Wilk)	Comparaison de moyenne	
						p	Test
RN cercles	4.605	1.198	4.744	1.071	<0.001	Wilcoxon	0.476
CNS Globale	5.360	0.753	5.353	0.747	0.336	Student	0.912
Item 1 CNS	5.605	1.003	5.535	1.008	<0.001	Wilcoxon	0.416
Item 2 CNS	5.395	1.116	5.419	1.052	<0.001	Wilcoxon	1.000
Item 3 CNS	5.814	0.500	5.721	0.854	<0.001	Wilcoxon	0.407
Item 4 CNS	4.814	1.332	5.070	1.121	<0.001	Wilcoxon	<b>0.093</b>
Item 5 CNS	5.209	1.186	5.488	0.827	<0.001	Wilcoxon	<b>0.036</b>
Item 6 CNS	4.674	1.017	4.674	1.128	<0.001	Wilcoxon	1.000
Item 7 CNS	5.209	1.125	5.140	1.302	<0.001	Wilcoxon	1.000
Item 8 CNS	5.349	1.021	5.535	1.099	<0.001	Wilcoxon	0.888
Item 9 CNS	5.744	0.492	5.302	1.166	<0.001	Wilcoxon	0.275
Item 10 CNS	5.791	0.514	5.651	0.720	<0.001	Wilcoxon	0.116

## 2.2. La conscientisation par l'engagement vert (échelle des écogestes)

Les résultats statistiques concernant les cinq thématiques des écogestes déclarés sont présentés dans le Tableau 10 ; les résultats détaillés sont fournis dans l'Annexe 9.

Au temps T1, c'est-à-dire avant la mise en place de la démarche d'accompagnement, la pratique des écogestes varie de 7,823 en moyenne pour les écogestes liés à l'utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement à 9,837 en moyenne pour les écogestes concernant la diminution des incivilités ; le score global de pratiques d'écogestes étant de  $8,517 \pm 0,772$ . Au temps T2, à la fin de l'expérimentation, la pratique des écogestes varie de 8,242 en moyenne pour les écogestes liés à l'utilisation de produits moins nocifs pour l'environnement à 9,767 en moyenne pour les écogestes liés à la réduction des incivilités, avec un score moyen de pratiques d'écogestes de  $8,757 \pm 0,803$ . Une augmentation significative ( $p < 0,1$ ) des scores est mise en évidence pour le score global des écogestes déclarés, ainsi que pour trois des thématiques : utilisation de produits moins nocifs, diminution des consommations d'eau et d'électricité (Tableau 10). Cinq écogestes spécifiques, dont trois écogestes plus spécifiquement liés à l'eau et à l'utilisation de produits moins nocifs (items 2, 4 et 16) montrent également une augmentation de leurs scores entre le début et la fin de l'expérimentation (Tableau 3 et Annexe 9).

Tableau 10. Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores d'écogestes déclarés par thématique aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2. Une évolution significative des scores entre les temps T1 et T2 est indiquée en gras.

Items des écogestes	Thématiques	T1 (n=43)		T2 (n=43)		Comparaison T1 / T2 (n=43)		
		moyenne	Ecart-type	moyenne	Ecart-type	Normalité (Shapiro-Wilk)	Comparaison de moyenne	p
						p	Test	p
1	Tri / réduct. déchets	9.060	0.724	9.088	0.926	0.000	Wilcoxon	0.321
2	Prod. moins nocifs	7.823	1.267	8.242	1.031	0.007	Wilcoxon	<b>0.002</b>
3	Dim. conso eau	8.705	1.189	9.093	0.791	0.002	Wilcoxon	<b>0.093</b>
4	Réduct. incivilités	9.837	0.374	9.767	0.480	0.000	Wilcoxon	0.464
5	Dim. conso électr.	8.238	1.242	8.477	1.148	0.006	Wilcoxon	<b>0.070</b>
<i>Global</i>	<i>Pratiques écogestes</i>	<i>8.517</i>	<i>0.772</i>	<i>8.757</i>	<i>0.803</i>	<i>0.886</i>	<i>Student</i>	<b><i>0.008</i></b>

### 3. Des changements de pratiques mesurables ?

Les résultats présentés ci-après proviennent des données directement renseignées par les familles dans l'application numérique. Seuls les résultats concernant l'hygiène corporelle et l'entretien de la maison ont été traités. En effet, les données correspondant aux « autres pratiques », à savoir le traitement des plantes, des animaux domestiques ou la prise de médicaments (paracétamol/ibuprofène) sont trop peu nombreuses et disparates selon les familles et les périodes pour donner lieu à des analyses statistiques.

#### 3.1. Une évolution du nombre de produits utilisés

*Quel est le nombre moyen de produits utilisés par une famille ou par individu selon le groupe, le sous-groupe et la catégorie ?*

Au début de l'expérimentation, nous n'avions aucune idée du nombre de produits utilisés par une famille pour l'entretien de sa maison (vaisselle, lessive, nettoyage des surfaces, etc.) et pour son hygiène corporelle (dentifrice, shampoing, gel douche, savons, crème hydratante, etc.).

Sur l'ensemble des familles ayant démarré la démarche « Familles Eau Défi », 40 l'ont menée jusqu'au bout. 1254 produits au total ont été utilisés tout au long de l'expérimentation, soit 493 produits d'entretien de la maison (39%) et 761 produits d'hygiène corporelle (61%). Parmi l'ensemble de ces produits, il n'y a pas de produits ou de marques qui se distinguent des autres. En effet, d'après les observations effectuées, il existe une telle diversité de produits, qu'il est impossible d'identifier un produit ou une marque majoritairement utilisés par un grand nombre de familles.

Observe-t-on une évolution du nombre et du type de produits utilisés au cours de l'expérimentation ? Pour le mesurer, ces données sont comparées entre la période de référence et la période de changement.

### 3.1.1. Nombre moyen de produits

La Figure 12 montre une diminution significative du nombre moyen de produits par famille, entre la période de référence et la période de changement passant de 32,9 à 30,7 produits.

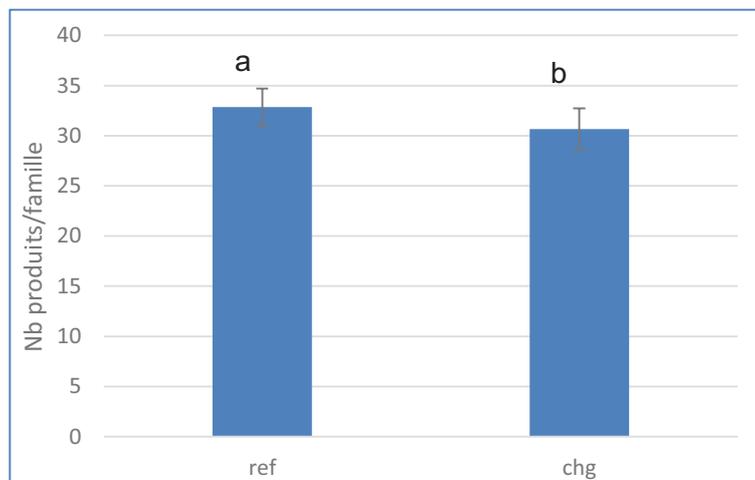


Figure 12. Nombre moyen de produits par famille (ref=période de référence, chg= période de changement). Les lettres a et b indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

### 3.1.2. Nombre moyen de produits selon la catégorie

La Figure 13 met en évidence une différence significative entre les périodes de référence et les périodes de changement dans le cas des produits classiques et des produits naturels ou faits maison. Il y a respectivement une diminution du nombre moyen des produits classiques en faveur d'une augmentation de la part des produits naturels ou faits maison au sein des familles. L'évolution du nombre de produits écolabellisés n'est quant à elle pas significative.

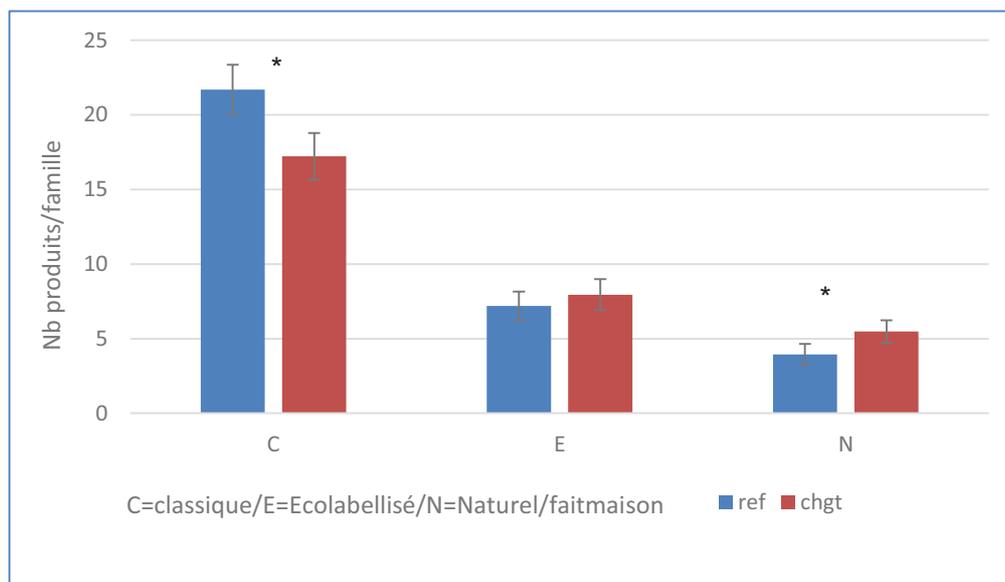


Figure 13. Nombre de produits par famille et par catégorie. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

On observe donc une diminution du nombre total moyen de produits (Figure 12) et une diminution des produits classiques ainsi qu'une augmentation des produits naturels (Figure 13). Par conséquent, la diminution globale de produits entre la période de référence et la période de changement se traduit effectivement par une diminution des produits classiques. Du fait de l'augmentation des produits naturels, on peut imaginer qu'une substitution s'est opérée depuis les produits classiques vers les produits naturels ou faits maison entre la période de référence et la période de changement.

### 3.1.3. Nombre moyen de produits selon le groupe

Les figures ci-après représentent l'évolution du nombre moyen de produits d'hygiène corporelle par individu (Figure 14) et du nombre moyen de produits d'entretien de la maison par famille (Figure 15) entre la période de référence et la période de changement. On observe une diminution significative du nombre de produits que ce soit pour les produits d'hygiène corporelle passant de 7,5 à 7,3 en moyenne par personne et pour les produits d'entretien de la maison passant de 12,4 à 11,2 produits en moyenne par famille.

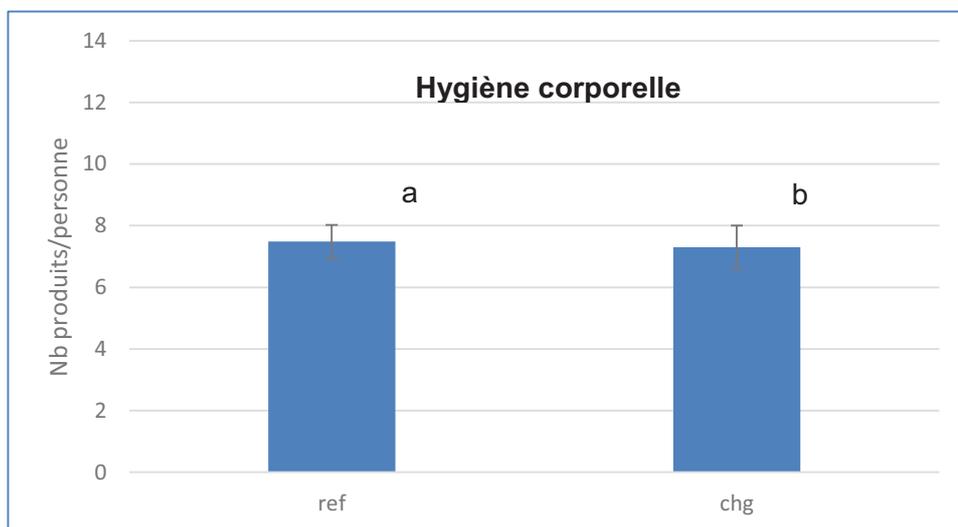


Figure 14. Nombre moyen de produits par individu pour le groupe Hygiène corporelle. Les lettres a et b indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreur indiquent l'erreur standard.

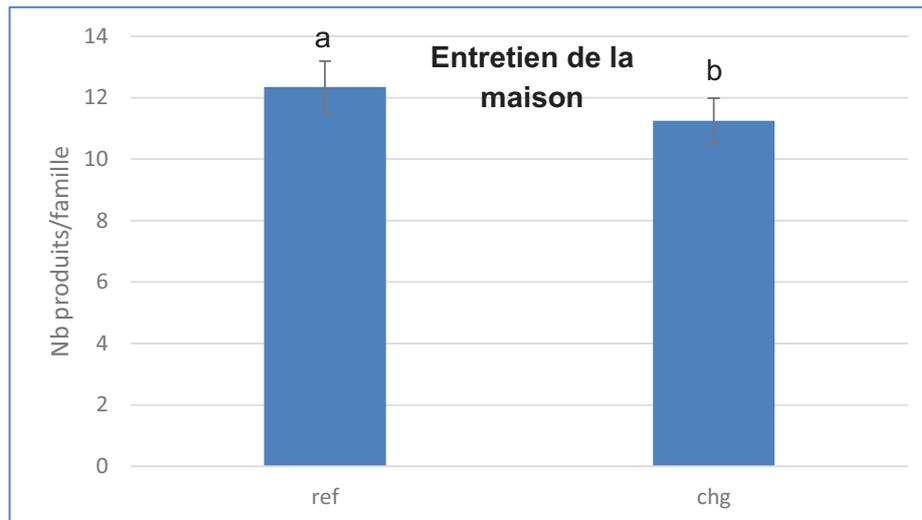


Figure 15. Nombre moyen de produits par famille pour le groupe Entretien de la maison. Les lettres a et b indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

Ainsi, la diminution du nombre moyen de produits entre les 2 périodes (Figure 12) s'observe autant pour le groupe « hygiène corporelle » (Figure 14) que pour le groupe « entretien de la maison » (Figure 15).

### 3.2. Une évolution des pratiques ?

*Quelle est l'utilisation journalière moyenne de produits par famille ou par individu ?*

Au-delà de l'évolution du nombre des produits (cf. paragraphes précédents), on cherche à savoir s'il y a une évolution des pratiques (c'est-à-dire d'utilisation des produits) entre la période de référence et la période de changement et si la fréquence des pratiques est modifiée suite à l'engagement au changement de pratiques de la part des familles.

#### 3.2.1. Hygiène corporelle

Le nombre d'utilisations journalières par personne est plus important pour le sous-groupe « cheveux/corps/visage » (en moyenne 3,2 usages/jour), puis pour les dents (en moyenne 1,5 usages/jour) et pour l'hydratation du visage (en moyenne 0,7 usages/jour). Les usages relatifs au rasage et à l'épilation ainsi qu'à la crème solaire sont faibles (<0,3 usages/jour).

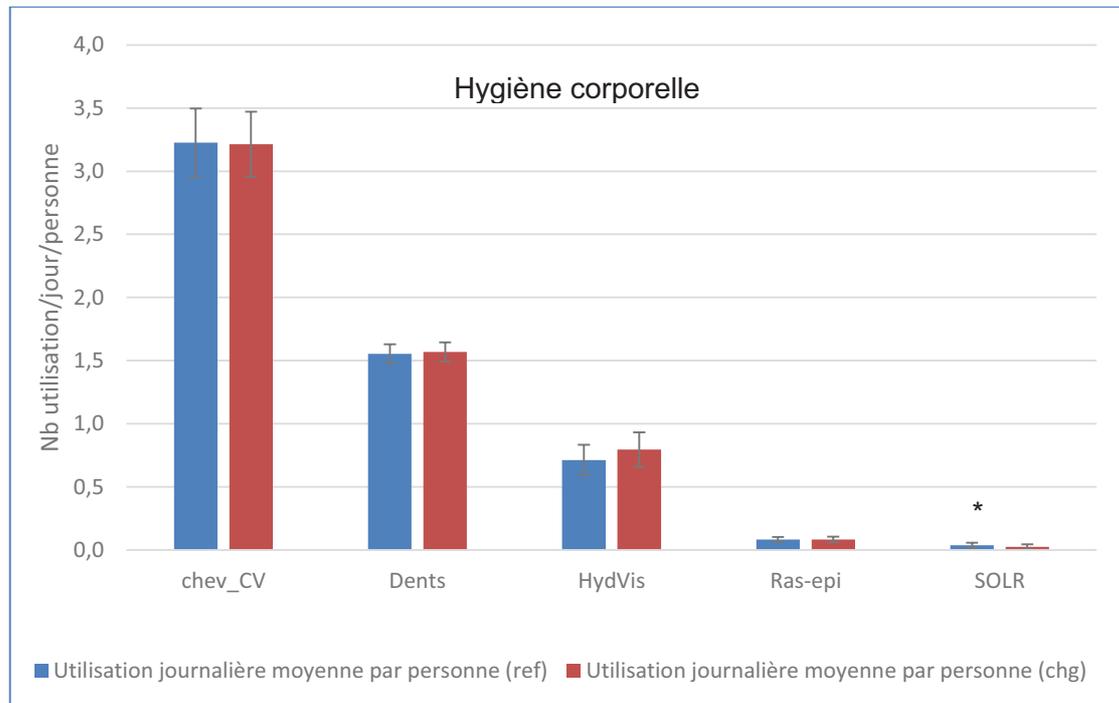


Figure 16. Utilisation journalière par personne des produits des sous-groupes relatif à l'Hygiène corporelle. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

La Figure 16 montre que le nombre d'usages moyens ne montre aucune évolution significative entre la période de référence et la période de changement, à l'exception faite des produits solaires où on observe une diminution significative entre les deux périodes<sup>17</sup>.

Pour aller plus loin dans l'analyse des évolutions entre les deux périodes de l'expérimentation, la Figure 17 représente les usages relatifs à l'hygiène corporelle selon les sous-groupes et les catégories.

<sup>17</sup> À noter cependant que pour ce sous-groupe,  $n=3$  (taille plus faible que pour les autres sous-groupes)

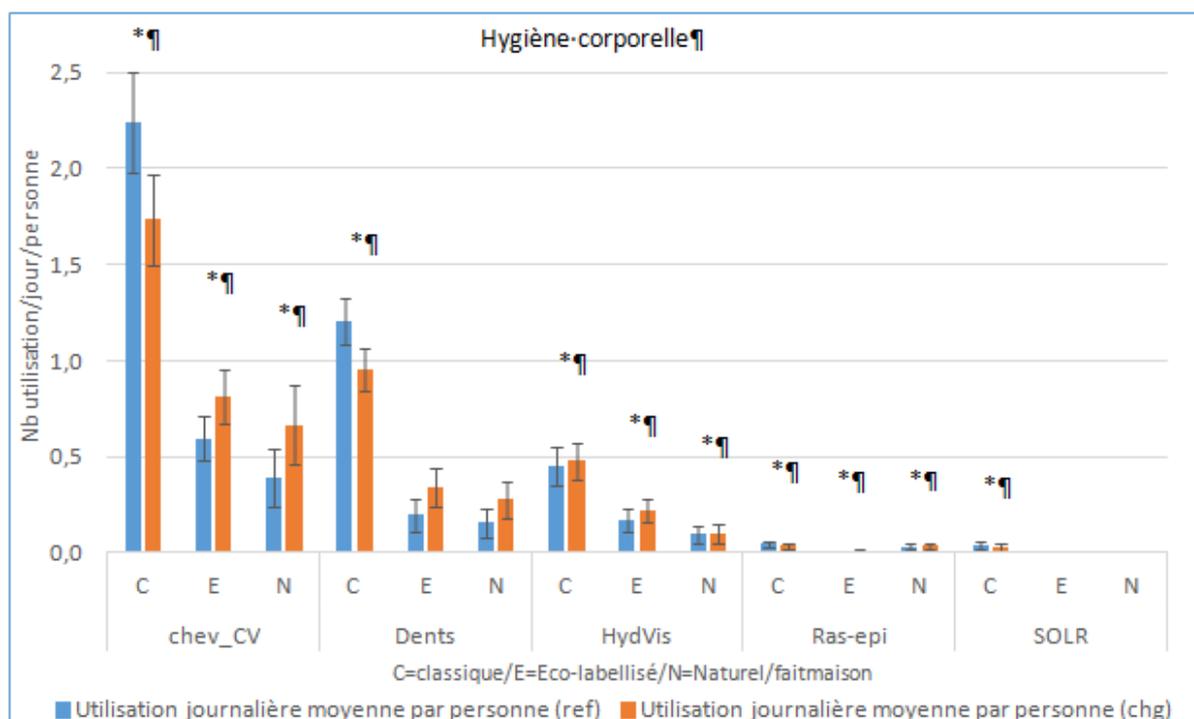


Figure 17. Utilisation journalière par personne des produits du groupe Hygiène corporelle, en fonction des sous-groupes et des catégories. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

Globalement, on observe une diminution significative de l'utilisation des produits classiques et une augmentation significative de l'utilisation des produits écolabellisés et naturels/faits maison quels que soient les sous-groupes (Figure 17). Cependant dans le cas des produits utilisés pour l'hygiène des dents (dentifrice, bain de bouche) seule la diminution de la catégorie classique est significative, l'augmentation des produits écolabellisés et naturels/faits maison n'étant que tendancielle (Wilcoxon,  $p < 0,1$ ). D'autre part, pour les produits d'hydratation du visage (« HydVis ») on observe une augmentation générale significative des trois catégories.

Compte tenu de ces informations, on constate que le nombre d'utilisations ne varie pas (Figure 16), mais qu'il y a globalement une substitution de l'utilisation des produits classiques par ceux écolabellisés et naturels/faits maison (Figure 17).

### 3.2.2. Entretien de la maison

Concernant les pratiques liées à l'entretien de la maison (Figure 18), comme pour les usages relatifs à l'hygiène corporelle, on n'observe aucune différence significative du nombre d'utilisations de produits entre la période de référence et celle de changement, les variations observées n'étant que tendancielle (Wilcoxon,  $p < 0,1$ ).

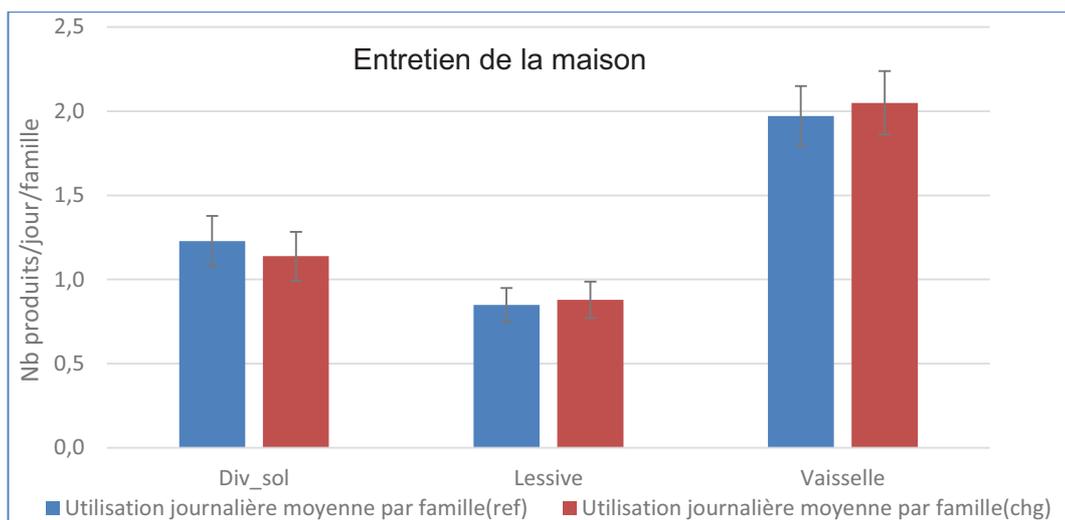


Figure 18. Utilisation journalière par famille des produits des sous-groupes relatifs à l'entretien de la maison. Les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

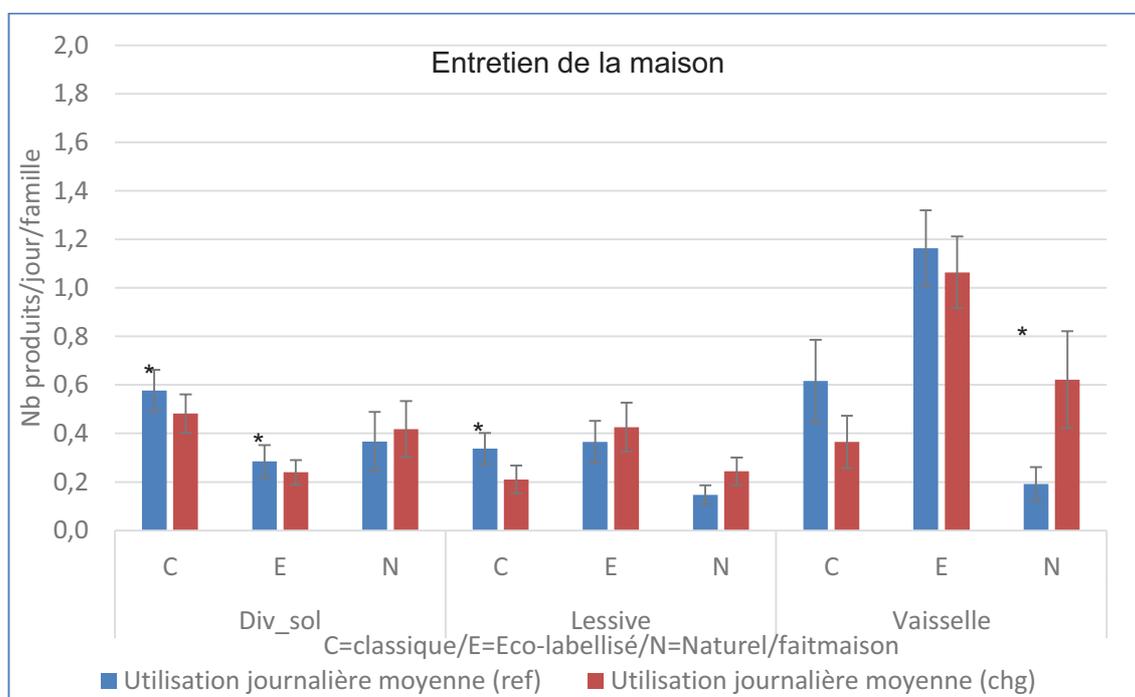


Figure 19. Utilisation journalière par famille des produits du groupe entretien de la maison, en fonction des sous-groupes et des catégories. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

Si on s'intéresse aux variations des usages selon la catégorie de produits, on observe globalement une diminution de l'usage de produits classiques et une augmentation de l'usage de produits naturels/faits maison, bien que ces différences ne soient pas toutes significatives (Figure 19). Ainsi, les figures ci-dessus montrent globalement que les usages concernant l'entretien de la maison ne varient pas entre les deux périodes et qu'il est difficile d'établir un lien entre une éventuelle diminution de l'utilisation de produits classiques à la faveur d'une éventuelle augmentation de l'utilisation de produits écolabellisés ou naturels/faits maison.

### 3.3. Quels engagements aux changements ?

Au démarrage de la période de changement (à partir du 6/11/17), les familles se sont engagées publiquement sur des changements de pratiques lors des réunions de mi-parcours (le 17 et 21/10/17). Puis au cours de la période de changement, quatre questionnaires ont été renseignés par les familles sur les changements mis en œuvre (Annexe 5). Les changements sur lesquels les familles ont pu s'engager sont soit des substitutions des produits classiques par d'autres produits plus écologiques (écolabellisés : Seco ou naturels/faits maison : Snat), soit des réductions (de dose : Rdose, de fréquence : Rfreq ou de produits : Rprod) soit l'arrêt de la pratique (Rptq) (Tableau 5).

#### 3.3.1. Évolution des engagements aux changements

Les résultats de la Figure 20 montrent qu'il y a une augmentation significative du nombre d'engagements aux changements de pratiques déclarés en fonction du temps. Le nombre d'engagement évolue de 2,6 engagements par famille avant le début de la période de changement (lors de l'engagement public), à 3,6 après une semaine de période de changement (S1) et à 5,0 engagements en fin de période (S4). En fin de période cela représente un total de 210 engagements au total pour l'ensemble des 42 familles ayant répondu à tous les questionnaires de la période de changement.

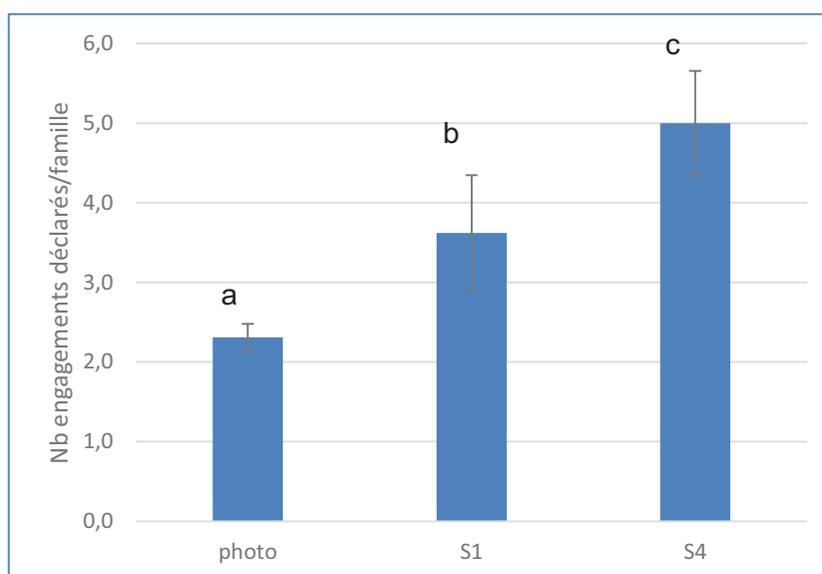


Figure 20. Évolution du nombre d'engagements déclarés par famille au cours de la période de changement (n=42 familles ayant répondu à tous les questionnaires en période de changement). Les lettres indiquent une différence significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.

#### 3.3.2. Les engagements déclarés

Les engagements déclarés proviennent des données renseignées dans le questionnaire en fin de période de changement (semaine 4). Durant cette 4<sup>ème</sup> semaine, 45 familles ont répondu au questionnaire et se sont engagées sur 96 changements au total. Parmi ces engagements, 52

portent sur l'hygiène corporelle (54% des comportements) et 44 sur l'entretien de la maison (46% des comportements) (Tableau 11 et Annexe 10<sup>18</sup>).

Tableau 11 Données sur l'engagement à des changements de pratiques

Entretien de la maison							
	Vaisselle	Lessive	Div_Sol	total Ent maiso	%		
Snat	11	10	7	28	54%		
Seco	4	6	0	10	19%		
Smeca	0	0	4	4	8%		
Rfreq	1	1	1	3	6%		
Rprod	0	0	1	1	2%		
Rdose	1	4	0	5	10%		
Rptq	0	1	0	1	2%		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>52</b>	<b>100%</b>		
						<b>Engagement total</b>	<b>96</b>
Hygiène corporelle							
	Chev_CV	Hyd_Vis	Dents	Ras_epi	SOLR	Total Hyg_corp	%
Snat	9	2	4	1	0	16	36%
Seco	9	2	5	0	0	16	36%
Smeca	0	0	1	0	1	2	5%
Rfreq	2	0	0	1	0	3	7%
Rprod	1	0	0	0	0	1	2%
Rdose	1	1	4	0	0	6	14%
Rptq	0	0	0	0	0	0	0%
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Afin de mettre en relation les changements déclarés (données issues des questionnaires) et les changements réellement effectués (données issues de l'application numérique), le nombre de familles pris en compte dans la suite de cette partie consacrée aux changements de comportements correspond au nombre de familles ayant participé à l'expérience jusqu'au bout, soit les 40 familles « A ».

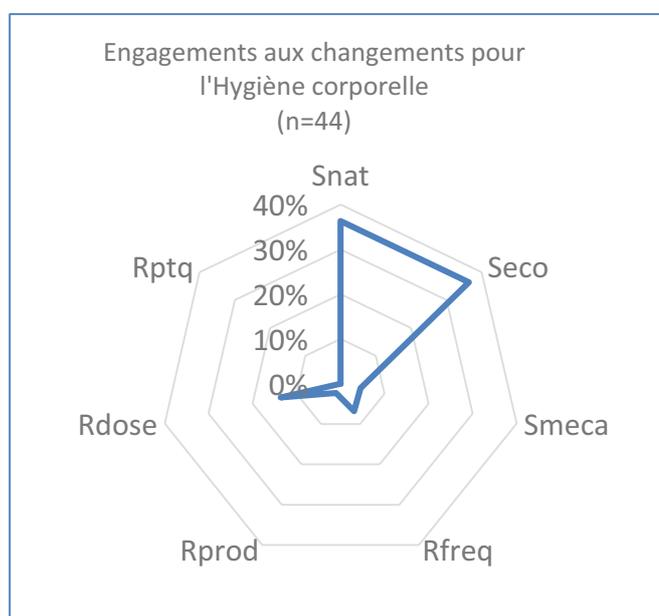
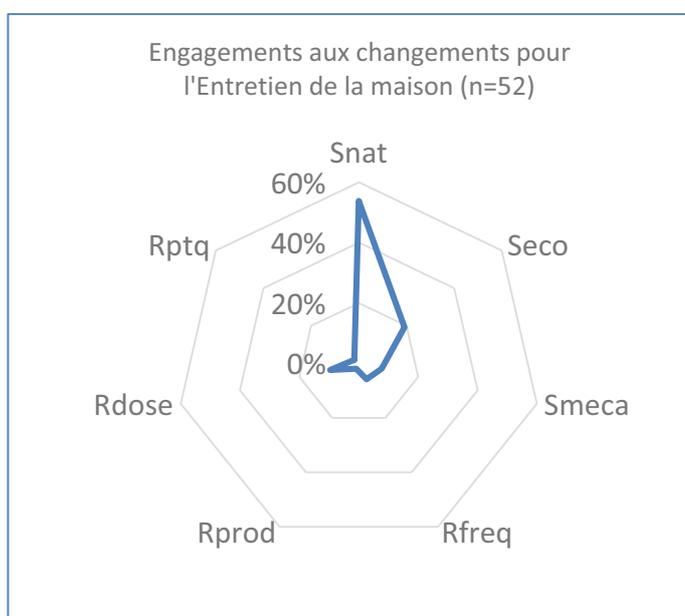


Figure 21. Engagements aux changements pour les pratiques d'entretien de la maison

Figure 22. Engagements aux changements pour les pratiques d'hygiène corporelle

<sup>18</sup> Le Tableau 11 et l'Annexe 10 présentent les mêmes données sur les changements, mais les changements indiqués dans le tableau 11 prennent en compte les regroupements des pratiques par sous-groupe.

Sur l'ensemble des engagements renseignés par ces 40 familles « A », la substitution des produits classiques par des produits naturels (Snat) est l'engagement le plus choisi, respectivement dans 54% des changements pour l'entretien de la maison (Figure 21) et 36% des changements pour l'hygiène corporelle (Figure 22). Dans le cas des produits d'hygiène corporelle, l'engagement pour une substitution des produits classiques par des produits écolabellisés (Seco) est aussi important que pour celui des produits naturels ou faits maison (soit 36 %). Les engagements aux autres changements de pratiques n'excèdent pas 15% que ce soit pour l'entretien de la maison et pour l'hygiène corporelle.

On constate donc que pour un ménage il paraît plus facile de substituer que de réduire. Dans le cas des produits d'hygiène corporelle, cette substitution se fait autant vers les produits naturels qu'écolabellisés. En revanche, pour l'entretien de la maison, la substitution est orientée vers les produits naturels. Cela pourrait s'expliquer par le fait que ces familles, déjà sensibilisées, utilisaient déjà des produits ménagers écolabellisés avant l'expérimentation, mais qu'elles ont choisi d'aller plus loin dans leur changement de pratiques en fabriquant leurs produits ménagers.

### 3.3.3. Zoom sur la substitution des pratiques

79% des engagements déclarés concernent la substitution des produits classiques par des produits écolabellisés ou naturels/faits maison, quel que soit le groupe (entretien de la maison ou hygiène corporelle) (Tableau 11).

L'engagement au changement de pratique par substitution de produits classiques par des produits naturels/faits maison (à laquelle on peut ajouter la substitution par traitement mécanique, c'est-à-dire sans produits) étant l'engagement le plus important dans les deux groupes, seuls les résultats concernant ce type de substitution sont présentés dans la Figure 23.

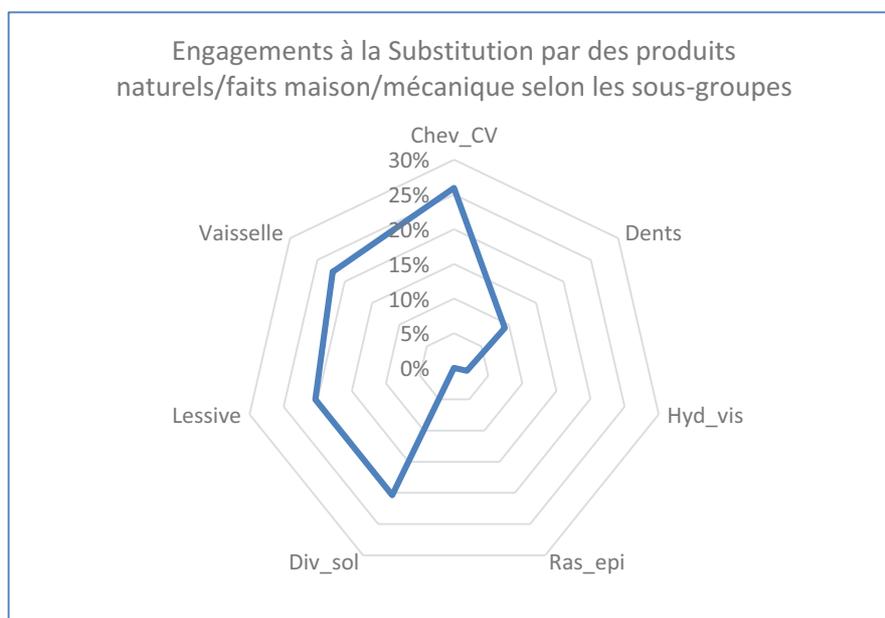


Figure 23. Engagement à la substitution de produits classiques par des produits naturels/faits maison ou par traitement mécanique (n=54 changements)

On constate que les familles s'engagent plus facilement vers une substitution des produits liés à l'entretien de la maison, ce qui représente un minimum de 20 % des engagements par sous-groupe (vaisselle, lessive, nettoyage divers et sol). Concernant l'hygiène corporelle, cet effort de

substitution se concentre essentiellement sur le sous-groupe lié aux soins des cheveux et du corps (« Chev\_CV ») et concerne 26% des engagements.

*Ces engagements déclarés ont-ils effectivement été mis en œuvre ?*

Pour le vérifier, on compare les changements déclarés dans le questionnaire de la 4<sup>ème</sup> semaine de la période de changement aux usages et produits renseignés dans l'application numérique pendant cette même période. Les informations concernent alors la catégorie de produits et le nombre d'utilisations.

Tableau 12. Comportements observés par rapport aux comportements déclarés

<b>R</b>	Changements déclarés effectivement réalisés
<b>R+</b>	Changements déclarés effectivement réalisés + d'autres changements mis en place
<b>NR</b>	Changements déclarés non réalisés
<b>NR+</b>	Changements déclarés non réalisés mais d'autres changements mis en place

Le Tableau 12 présente les comportements observés suite aux engagements déclarés. Quatre catégories sont ainsi définies : les changements « R » indiquent que les comportements déclarés ont effectivement été mis en œuvre ; les changements « R+ » indiquent que les comportements ont effectivement été réalisés mais avec un ou plusieurs changement(s) en plus ; les changements « NR » correspondent aux changements non réalisés et enfin les comportements « NR+ » indiquent que les changements déclarés n'ont pas été réalisés mais que d'autres changements ont été effectués à la place.

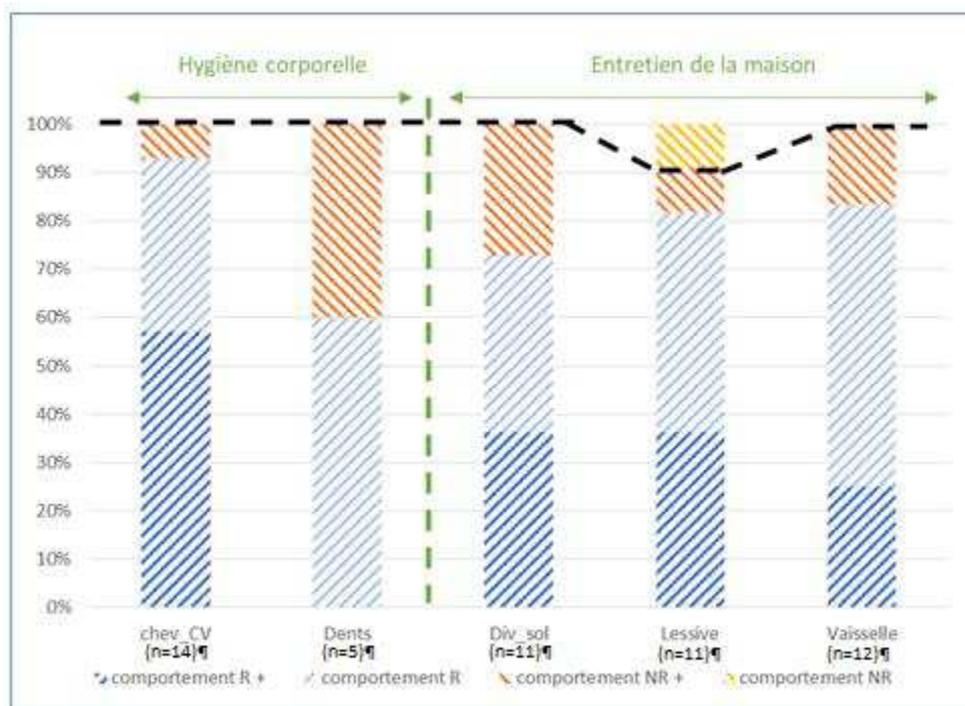


Figure 24. Pourcentage d'engagements réalisés pour la substitution par des produits naturels/faits maison et traitement mécanique par sous-groupes (n=54 comportements).

Les résultats concernant la comparaison « déclaré » / « effectué » pour les comportements relatifs à la substitution par des produits naturels sont relativement semblables pour l'ensemble des sous-groupes : entre 60% et 90 % des changements de pratiques déclarées sont effectivement réalisés (R et R+) (Figure 24). Le sous-groupe où les engagements ont été le plus réalisés correspond au sous-groupe « cheveux/corps/visage » (chev\_CV) où 90% des changements sont effectivement réalisés. Il n'y a que pour les produits lessiviers qu'il existe une part d'engagements non réalisés (10%) pour lesquels les pratiques n'ont pas changé. Pour les autres sous-groupes, bien que la substitution des produits classiques par des produits naturels/faits maison/action mécanique ne soit pas réalisée à 100 %, on observe que d'autres changements ont été réalisés à la place (NR+) qui concernent soit une réduction, soit une substitution par des produits écolabellisés (Figure 24).

#### 3.3.4. Zoom sur la réduction des pratiques

La réduction de la fréquence des pratiques peut être mesurée d'après les données renseignées dans l'application numérique par les familles à partir de la diminution du nombre d'utilisations. Sur les 11 familles engagées sur ce type de changement, on observe un total de 18 engagements déclarés.

Les engagements concernant la réduction de fréquence des pratiques concernent plus particulièrement les produits liés à l'entretien de la maison (lessive, nettoyage des surfaces et sol) et les pratiques relatives à l'hygiène corporelle notamment le sous-groupe « cheveux/corps/visage » (Figure 25).

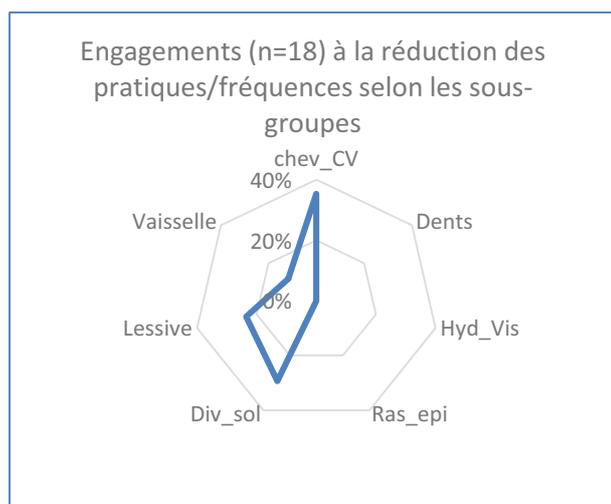


Figure 25. Radar de l'engagement à la réduction des pratiques/fréquences selon les pratiques.

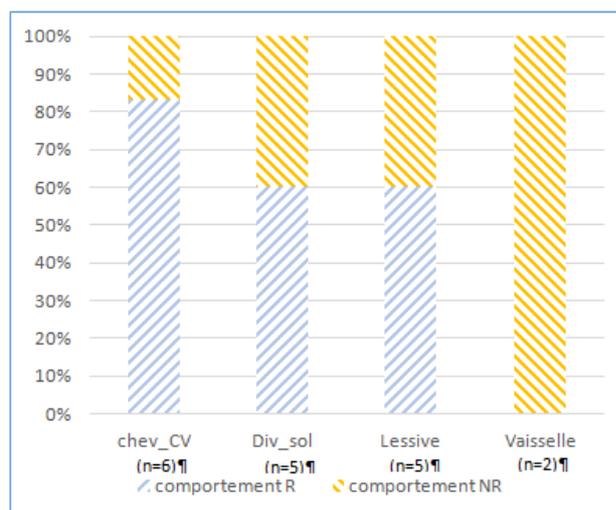


Figure 26. Pourcentage d'engagements réalisés pour la réduction des pratiques/fréquences par sous-groupe (n=18 comportements).

La Figure 26 représente la part des changements effectivement réalisés par rapport à ce qui a été déclaré. Seuls les comportements R et NR (Tableau 12) sont représentés sur cette figure<sup>19</sup>. Dans le cas des produits relatifs aux cheveux/corps/visage (« chev\_CV »), 80% des changements déclarés sont effectués. Pour les produits relatifs à l'entretien de la maison, 60 % des changements sont réalisés, à l'exception de la vaisselle (aucun changement observable, probablement en raison du peu d'engagements déclarés, n=2).

### 3.3.5. Zoom sur la réduction des doses

Concernant les 11 familles engagées sur un changement concernant une réduction de dose, un total de 22 engagements sont déclarés, soit environ deux par famille. Il est à noter que l'interprétation des résultats concernant les mesures de pesées sont difficilement interprétables pour l'ensemble des 40 familles ayant mené l'expérimentation jusqu'au bout<sup>20</sup>. Néanmoins, pour les 11 familles s'étant engagées sur une réduction de dose, les données de pesées renseignées dans l'application numérique ont pu être traitées.

Sur la Figure 27, on observe que les engagements pour la réduction de dose se font de manière à peu près équivalente pour les sous-groupes « Vaisselle », « Lessive », « Cheveux/corps/visage » et « Dents » (soit environ 18% des changements mis en œuvre).

<sup>19</sup> En effet, pour les comportements relatifs à la réduction de la fréquence d'usage/dose, il n'est pas possible de représenter les changements R+ et NR+ car il est impossible de les distinguer des R et NR dans les données renseignées.

<sup>20</sup> En effet, pour certaines familles, la pesée initiale est renseignée mais pas la pesée finale en fin de période (ou vice-versa), pour d'autres familles, les masses en fin de période sont supérieures à celles renseignées en début de période alors même que le produit a été utilisé et qu'aucun remplacement de produit fini n'a pas été signalé dans l'application numérique.

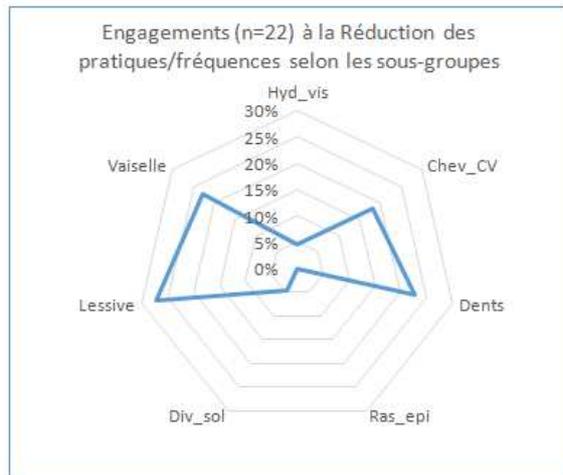


Figure 27. Engagements (n=22) à la réduction des doses selon les sous-groupes.

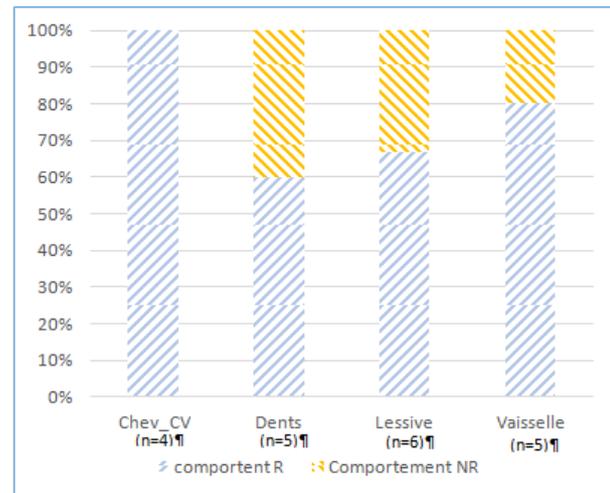


Figure 28. Histogramme empilé des engagements à la réduction des doses réalisés par sous-groupe (n=22 comportements).

Les résultats obtenus pour la Figure 28 sont obtenus en comparant les engagements déclarés (questionnaire S4) aux pesées (application numérique : 1 pesée par produit et par période). Les changements effectivement réalisés par rapport à ceux déclarés sont de 100% pour le sous-groupe « chev\_CV », alors qu'il varie entre 60 et 80 % pour les autres sous-groupes (Figure 28). Il apparaît ainsi que la part de changement réalisée est toujours proche de celle déclarée, même si la réduction de dose ne représente qu'une faible part des engagements au changement.

### 3.4. Pour quelle satisfaction ?

Dans les questionnaires distribués à la fin de chaque semaine de la période de changement, les familles devaient indiquer si :

- elles avaient pu mettre en œuvre le changement,
- elles en étaient satisfaites (en termes de praticité, efficacité, prix et confort),
- celui-ci était facile à mettre en place,
- cela leur donnait une bonne image d'elles-mêmes.

Les participants semblent globalement satisfaits, voire très satisfaits des changements mis en œuvre. En additionnant les 4 scores de praticité, d'efficacité, de prix et de confort, variant de 1 (non satisfait) à 3 (satisfait), l'indicateur global de satisfaction global varie de  $10,5 \pm 1,8$  en moyenne pour l'hygiène corporelle à  $11,1 \pm 1,4$  en moyenne pour l'entretien de la maison sur une échelle variant de 4 à 12 (Figure 29).

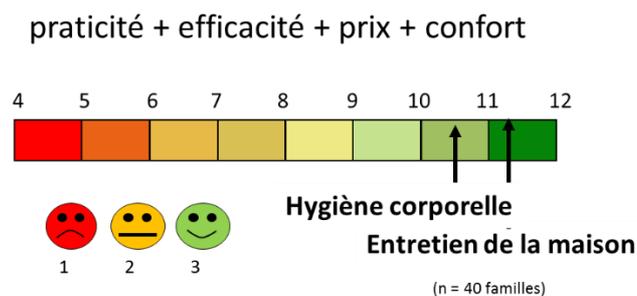


Figure 29. Indicateur de satisfaction des nouvelles pratiques mises en œuvre suite au changement.

## 4. L'évolution des rejets

### 4.1. Les changements déclarés

Comme pour les autres « Familles Eau Défi », celles qui ont bénéficié d'un suivi chimique se sont engagées sur un certain nombre de changements. Le Tableau 13 indique, pour chacune des cinq familles, le nombre de produits utilisés sur la durée de l'expérimentation et le nombre de changements de pratiques déclarés. Le nombre de produits est issu de l'application numérique. Les changements déclarés sont issus : 1) de l'engagement au changement lors de la réunion de mi-parcours avant le démarrage de la période de changement (engagement public photographié en semaine S0), 2) du questionnaire de satisfaction rempli une semaine après l'engagement (S1) et 3) du questionnaire de satisfaction renseigné à la fin de la période de changement, soit après 4 semaines (S4).

Tableau 13. Nombre de produits ménagers par famille, nombre de produits d'hygiène par individu et nombre de changements déclarés par les familles A à E lors de l'engagement (S0), après 1 semaine (S1) et à la fin (S4) de la période de changement. La moyenne pour l'ensemble des Familles Eau Défi est également indiquée à titre de comparaison.

	Nombre de produits ménagers par famille	Nombre de produits d'hygiène par individu	Nombre de changements déclarés		
	Sur toute la durée de l'expérimentation		S0	S1	S4
<b>Famille A</b>	12,5	16,5	1	2	7
<b>Famille B</b>	16,5	16,5	3	2	2
<b>Famille C</b>	16,5	7,5	2	6	6
<b>Famille D</b>	8,0	8,1	2	3	3
<b>Famille E</b>	14,0	4,9	3	4	3
<b>Familles Eau Défi (moyenne)</b>	12,3	7,5	2,6	3,6	5,0

#### Famille A :

La famille A utilise un nombre moyen de produits d'entretien similaire à la moyenne de l'ensemble des participants à la démarche « Familles Eau Défi », mais un nombre de produits d'hygiène corporelle plus important (ce qui peut être expliqué par le fait que ce ménage est composé d'une seule personne). La famille A s'est engagée sur un unique changement lors de l'engagement : « changer de dentifrice pour un produit écolabellisé ». Ce changement est effectivement mis en place en S1 : il est déclaré dans le questionnaire de satisfaction par la famille, et se vérifie dans l'application numérique (passage du dentifrice *Arthrodont* - produit classique - qui était utilisé à 100 % pendant la période de référence au dentifrice *Weleda Calendula* - produit écolabellisé – qui est utilisé à 100 % durant la période de changement). De plus, un changement supplémentaire est déclaré en S1 : « Utilisation du vinaigre blanc pour l'entretien de la maison ». Cependant, les produits renseignés dans l'application numérique nous indiquent que le vinaigre était déjà utilisé pendant la période de référence et toujours utilisé pendant la période de changement. À la fin de la période de changement, sept changements sont déclarés. Parmi ces derniers, on voit apparaître dans l'application numérique : une lessive à la cendre (faite maison) utilisée en alternance avec la lessive écolabellisée initialement utilisée (*Artisan savonnier*) et une huile de

coco pour le soin du corps et du visage (produit naturel) en plus des autres cosmétiques utilisés. Pour les changements déclarés tels que la substitution de l'assouplissant, du détachant et du produit WC par des produits naturels, nous ne sommes pas en mesure de vérifier leur mise en œuvre, ces produits ne rentrant pas dans les pratiques ciblées.

### **Famille B :**

La famille B est caractérisée par un nombre de produits plus important que la moyenne des « Familles Eau défi », que ce soit pour l'entretien de la maison comme pour l'hygiène corporelle. Lors de l'engagement, la Famille B s'est engagée sur 3 changements : « fabriquer sa lessive », « fabriquer son produit-vaisselle » et « le reste uniquement en produits écolabellisés ». L'application numérique et les changements déclarés en S1 et S4 nous indiquent que la famille B n'a finalement pas fabriqué sa lessive pendant la période de changement. Néanmoins, on observe un arrêt de l'utilisation systématique de l'anti-calcaire avec la lessive. Par ailleurs, on voit apparaître des produits naturels pour la vaisselle en machine comme le savon noir dilué à l'eau (lavage) et le vinaigre d'alcool (rinçage) et le test de nouveaux produits écolabellisés pour la vaisselle à la main. De plus, en lien avec le changement déclaré en S1 et S4 concernant le nettoyage du sol, on voit également apparaître le savon noir (produit naturel) et uniquement l'utilisation de l'eau chaude (substitution par un traitement mécanique) à la place du produit écolabellisé *Sanybio*. En S1, un autre changement est déclaré dans le questionnaire, qui concerne l'hygiène corporelle : l'utilisation d'un dentifrice fait maison. L'application numérique nous indique effectivement qu'un dentifrice fait maison est testé quelques jours (de mi-novembre à début décembre), en alternance avec les dentifrices écolabellisés utilisés pendant la période de référence. Cependant, à la fin de la période de changement, ce dentifrice fait maison est abandonné au profit de plusieurs autres dentifrices classiques.

### **Famille C :**

Pour la famille C, c'est le nombre de produits d'entretien de la maison qui est plus important que la moyenne des « Familles Eau Défi ». La famille C s'est engagée sur 2 changements : « changement de lessive (faite maison) » et « dentifrice maison ». L'application numérique nous confirme que cette famille a fortement réduit voire arrêté l'utilisation de plusieurs produits en relation avec le lavage du linge durant la période de changement : une seule utilisation de l'assouplissant *Soupline* durant la période de changement (contre sept utilisations pendant la période de référence), et arrêt complet de l'utilisation des lessives *Ariel Alpine*, *Ariel propre et frais*, *Woolite laine et soie*, et du *Sanytol désinfectant linge*. En revanche, deux nouvelles lessives « faites maison » font leur apparition, dont une à la cendre. En ce qui concerne les dents, la famille a arrêté d'utiliser tous ses dentifrices et produits de bouche (quatre au total pendant la période de référence) et les a remplacés par un dentifrice « maison ». Dès la première semaine de changement (S1), la famille C déclarait six changements au total, dont certains concernant des pratiques d'hygiène corporelle. On voit en effet apparaître dans l'application un déodorant fait maison en fin de période de changement (recette de *Pretty Sens*, mise en pratique dans les ateliers d'accompagnement) et un shampoing solide également fait maison.

### **Famille D :**

La famille D est caractérisée par un nombre de produits ménagers inférieur à la moyenne des « Familles Eau Défi ». Lors de l'engagement, deux changements étaient prévus, l'un concernant toute la famille : « dilution et flacon poussoir pour le liquide vaisselle » et l'autre ne concernant que l'adulte engagé dans la démarche « Familles Eau Défi », à titre personnel : « shampoing solide ou fait maison ». Après une semaine de changement (S1), ces deux changements étaient

toujours déclarés, avec l'apparition d'un troisième : « réduction du nombre de produits utilisés, notamment non certifiés », en lien avec le souhait de simplifier la saisie de tous les produits dans l'application numérique. L'application nous renseigne en effet sur le fait qu'un liquide vaisselle dilué à l'eau ainsi qu'un shampoing solide écolabellisé apparaissent bien durant la période de changement.

#### **Famille E :**

La famille E est caractérisée par un nombre de produits d'hygiène corporelle par individu inférieur à la moyenne des « Familles Eau défi » (ce qui peut être expliqué par le nombre de personnes dans le ménage : cinq). La famille E s'est engagée sur trois changements : « tester shampoing et tester après-shampoing écolabellisés pour les filles de la famille », « vinaigre blanc à la place du liquide rinçage du lave-vaisselle ». En effet, on voit apparaître dans l'application numérique le shampoing *SoBio Karité*, l'après-shampoing *SoBio au lait d'amande* et le masque nourrissant *Nature Moi* pour cheveux, et l'arrêt du démêlant *Revlon Equave Kids*. Le vinaigre d'alcool fait également son apparition comme liquide de rinçage du lave-vaisselle. Il est à noter qu'au temps S1, un nouveau changement était déclaré : « utilisation de produit écolabellisé pour le nettoyage des surfaces ». Ce changement n'est plus indiqué en S4, à la fin de la période de changement, et n'est pas non plus visible par l'apparition d'un nouveau produit dans l'application numérique.

#### **4.2. Correspondance entre la composition des produits utilisés et les substances analysées**

Sur l'ensemble des produits renseignés par les familles, 72% des compositions ont pu être clairement identifiées grâce à l'étiquetage. Le Tableau 14 compare les molécules organiques analysées dans les eaux usées avec le nombre d'utilisations de produits en contenant. On constate que les substances sont généralement retrouvées dans les eaux usées (dans au moins un prélèvement) alors qu'on ne les trouve pas forcément dans la composition des produits qui ont été utilisés pendant ces périodes et qui ont été renseignés dans l'application. Par conséquent, la composition des produits utilisés pendant ces trois semaines de prélèvement ne permet pas d'identifier les produits à l'origine des substances analysées dans les eaux urbaines.

Tableau 14. Substances organiques (notées par ordre alphabétique) mesurées chimiquement dans les rejets (Rej.) et présentes dans la composition des produits de consommation renseignés dans l'application numérique (Prod.) durant les 3 semaines de prélèvement.

	Famille A		Famille B		Famille C		Famille D		Famille E	
	Rej.	Prod.								
<b>Acide salicylique</b>	X		XX		XX	2	XX		XX	1
<b>AMPA</b>	X		X		XX		XX			
<b>Fipronil</b>	X		XX		XX		XX		XX	
<b>Glyphosate</b>	X		XX		XX		XX			
<b>Hydroxy-ibuprofène</b>	X		X		XX					
<b>Ibuprofène</b>	X		XX		XX		XX		XX	
<b>Imidaclopride</b>			XX		X		X		X	
<b>Oxybenzone</b>	X		X		XX				X	
<b>Octocrylène</b>	X		X		XX	1	X		XX	
<b>Paracétamol</b>	X		X		X		X	1	X	
<b>Triclosan</b>	X		X		X		X		XX	

\* Une croix (X) indique une substance mesurée dans 1 ou 2 prélèvements des 3 prélèvements hebdomadaires réalisés ; deux croix (XX) indiquent une substance mesurée dans les trois prélèvements hebdomadaires réalisés ; le chiffre indique la présence de la substance en question dans la composition chimique d'un produit utilisé pendant la période de prélèvement ; aucune valeur indique que la substance n'est pas retrouvée dans les rejets ni n'est indiquée dans la composition des produits utilisés.

### 4.3. Comparaison entre les familles

Les résultats du suivi chimique sont discutés en termes de flux, afin d'avoir une meilleure représentation de la réduction ou non des émissions. En effet, une famille consommant la même quantité d'un produit mais ayant une consommation d'eau plus élevée d'une semaine sur l'autre verra les concentrations dans les eaux de rejet diminuer. Discuter des résultats par l'approche des flux permet de constater les évolutions réelles dans les émissions.

#### 4.3.1. Suivi des substances organiques

Les dosages effectués nous indiquent en premier lieu que les rejets de ces familles semblent plus faibles par rapport à des familles classiques. Les dosages réalisés dans la phase de diagnostic à l'échelle du quartier montraient, par exemple, des rejets moyens de fipronil estimés à 6 µg de fipronil par jour et par habitant, ce qui est très proche des dosages en amont de station d'épuration (cf. livrable n° 1.3.1). Par contre, les rejets de fipronil sont estimés en moyenne à 0,2 µg par jour et par habitant pour les cinq familles suivies (Figure 30).

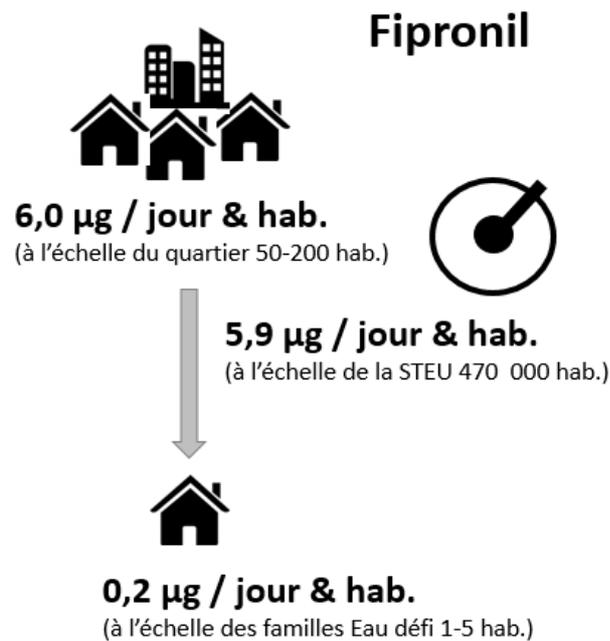


Figure 30. Comparaison des rejets de fipronil (en flux) à l'échelle du quartier, en amont de la station de traitement et à l'échelle des cinq « Familles Eau défi ».

Les résultats du suivi chimique montrent de plus qu'il n'y a pas de diminution avérée de rejets suite aux changements de pratiques. En effet, si on s'intéresse uniquement à deux molécules représentatives et bien documentées dans les autres parties du projet, le fipronil, utilisé comme biocide dans le traitement antiparasitaire des animaux domestiques, et le triclosan, utilisé dans des produits d'hygiène corporelle du fait de ses propriétés antibactériennes, on observe certes pour la famille B, une réduction du fipronil entre la semaine de référence et les deux semaines de la période de changement, mais par contre une augmentation pour la famille D et une augmentation puis une diminution du triclosan pour la famille E (Figure 31). Dans les deux cas, ces différences n'apparaissent pas significatives en raison des faibles concentrations observées et de la variabilité intrinsèque des analyses à ces niveaux de concentration dans des échantillons aussi complexes que des eaux usées brutes.

Le fait que les changements de pratiques ne s'accompagnent pas systématiquement d'un rejet moindre de micropolluants s'explique finalement assez aisément. En effet, les familles étaient libres de choisir leur changement, et cela sans connaître la qualité et la quantité de leurs rejets. Ainsi, pour une famille ayant des animaux domestiques mais ayant choisi de substituer sa lessive, le changement choisi n'a pas d'incidence sur la quantité de fipronil émise.

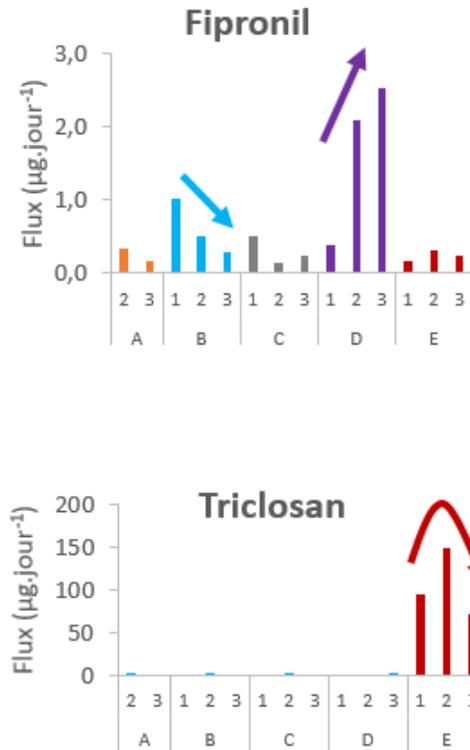


Figure 31. Exemples des rejets de fipronil et de triclosan pour les cinq familles suivies (A à E) lors des trois périodes d'échantillonnage (1 à 3).

Une autre hypothèse avancée pour expliquer ces très faibles variations dans les rejets concerne la sensibilité écologique supérieure à la moyenne des familles ayant participé à l'expérimentation. En effet, les dosages nous indiquent que les rejets de ces familles semblent beaucoup plus faibles par rapport à des familles classiques. Il est donc probablement plus difficile de réduire des rejets qui sont déjà très faibles, les familles étant plus vertueuses.

On observe néanmoins des différences marquées entre les familles. Si on traite l'ensemble des molécules dosées par une Analyse en Composantes Principales (ACP), on aboutit à une représentation de la proximité des familles en fonction des molécules rejetées sur le plan factoriel 1-2 représentant 44,5% de la variance. Ainsi, sur ce plan factoriel, les familles D et B sont proches car ces deux familles rejettent plus de fipronil et d'imidaclopride que les autres. La famille E se distingue elle des 4 autres car rejette plus de triclosan et d'octocrylène. Quant à la famille C, elle est se démarque par des flux plus importants d'oxybenzone (Figure 32).

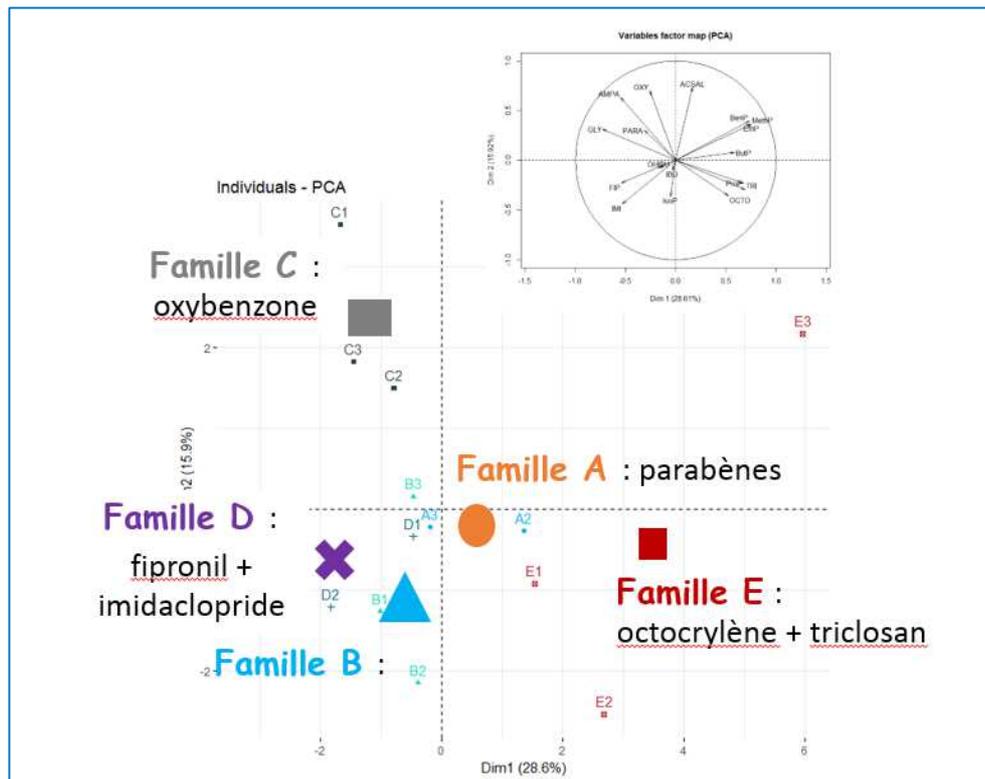


Figure 32. Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée pour les cinq familles (A à E) pour les différentes molécules chimiques organiques dosées.

#### 4.3.2. Suivi des substances inorganiques

En ce qui concerne les éléments métalliques, on observe également des différences selon les familles (Figure 33). L'ACP réalisée montre que les familles B, D et E présentent des similitudes avec de faibles flux spécifiques métalliques, contrairement à la famille A qui est marquée par les plus fortes valeurs pour tous les métaux sauf strontium (où les flux sont homogènes), antimoine (Sb), thorium (Th) et uranium (U). La famille C présente les plus forts flux spécifiques en Sb avec des valeurs pouvant atteindre  $0.055 \mu\text{g}/\text{j}/\text{hab}$  (~10 fois la valeur médiane) et plus modérément en Th. La famille D se distingue avec des rejets plus importants en uranium. Comme pour les contaminants organiques, les concentrations en éléments majeurs (Al, Fe) et métaux traces n'ont pas montré de différences significatives entre la campagne de référence et les deux campagnes après changements de pratique.

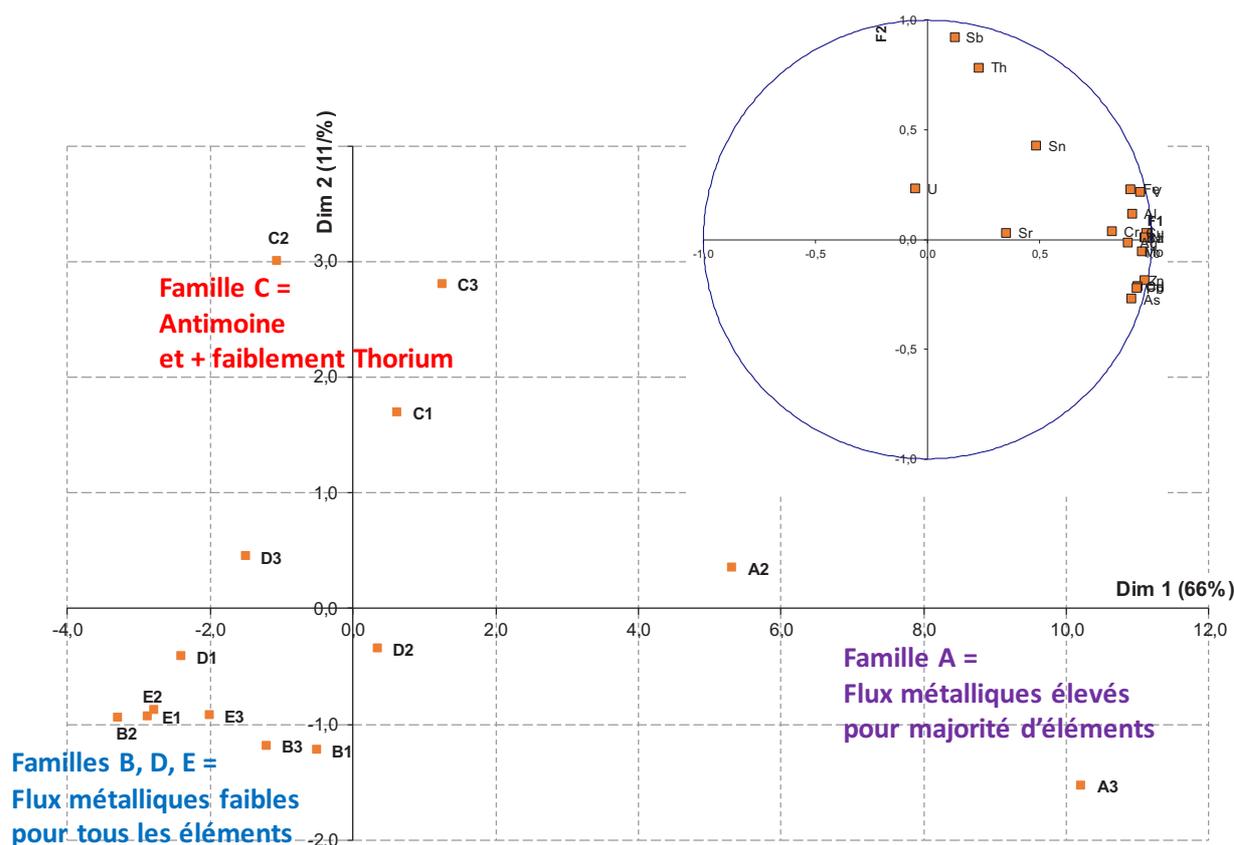


Figure 33 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée pour les cinq familles (A à E) pour les majeurs et métaux traces métalliques.

Les flux spécifiques ont été calculés pour les éléments majeurs (Al, Fe) et traces métalliques et sont représentés pour 6 éléments à titre d'exemples (Figure 34). Contrairement à certains composés organiques comme le Fipronil, les flux spécifiques métalliques des « Familles Eau Défi » sont supérieurs à ceux des familles classiques pour certains éléments. En effet, les flux en Cu et Zn (20,5 mg/hab/j et 25,7 mg/hab/j, respectivement) sont plus élevés que ceux obtenus à l'échelle de quartiers (10,4 mg/hab/j et 14,7 mg/hab/j, respectivement) et ceux en entrée de la STEU de Cantinolle (12,5 mg/hab/j et 21,8 mg/hab/j, respectivement). Cette observation peut s'expliquer par l'usage plus important de produits à base de minéraux contenant naturellement des métaux<sup>21</sup>. Pour d'autres éléments (ex. cadmium ; antimoine), le flux médian est plus faible qu'au niveau du quartier ou de la STEU tout en restant dans le même ordre de grandeur. Il est à noter que pour Sb, la famille C présentait un flux plus élevé, supérieur à celui du quartier et de la STEU. L'argent est considéré comme un excellent traceur urbain à l'échelle des hydrosystèmes, en particulier à l'échelle de l'agglomération bordelaise (Deycard *et al.*, 2016). Le flux spécifique médian en Ag des « Familles Eau Défi », identique à celui obtenu à l'échelle du quartier, est inférieur à celui déterminé à la STEU de Cantinolle.

<sup>21</sup> On peut notamment penser à l'utilisation de lessive à la cendre chez certaines de ces familles.

Figure 34. Comparaison des rejets métalliques à l'échelle du quartier, en entrée de la station de traitement de Cantinolle et à l'échelle des 5 « Familles Eau défi ».



## Partie 5. Discussion

Cette cinquième partie revient sur les concepts mobilisés dans la démarche, apporte des réponses aux hypothèses initiales et permet d'évaluer la démarche mise en œuvre. Ces différents éléments nous permettent de proposer des leviers d'action nous semblant pertinents pour réduire les émissions de micropolluants dans les eaux usées domestiques et généralisables à d'autres collectivités.

### 1. Comment agir sur les cognitions et les comportements ?

#### 1.1. De la théorie conceptuelle...

Nous l'avons vu en introduction, les changements d'attitudes n'engendrent pas forcément de changements de comportements. Ce décalage entre attitudes et comportements constitue en grande partie des freins à l'adoption de changements de pratiques. La démarche « Famille Eau Défi » se devait donc de mettre en œuvre des outils issus des modèles de psychologie sociale. Il existe en effet un certain nombre de biais cognitifs, c'est-à-dire des distorsions dans le traitement cognitif des informations ; le terme « biais » faisant référence à une déviation systématique de la pensée logique et rationnelle par rapport à la réalité. Il existe en effet de nombreux exemples de biais cognitifs : dilemmes spatial, temporel et social (par ex. je préfère me préoccuper des conséquences immédiates, dans mon environnement proche et qui m'arrangent plutôt que des conséquences futures et qui satisfont l'intérêt général) ; absence de contrôle perçu (par ex. je pense que mes actions ne sont qu'une goutte d'eau dans l'océan) ; influence sociale (par ex. j'agis de la même façon que les gens qui m'entourent) ; désirabilité sociale (par ex. j'agis de façon à être apprécié). Pour agir sur les cognitions, il faut ainsi :

- *Restaurer le sentiment de contrôle, montrer des exemples vertueux ayant des résultats efficaces.* C'est ce que nous avons fait dans la démarche « Familles Eau Défi » en fournissant aux participants un outil de diagnostic (l'application numérique) leur permettant de quantifier les produits utilisés et les pratiques réalisées quotidiennement. Nous leur avons également permis de monter en compétences en leur proposant des alternatives concrètes lors de l'accompagnement durant la période de changement : ateliers, visites de sites, présentation des résultats du projet de recherche, blog d'échanges, informations et adresses utiles sur le site de Bordeaux Métropole.
- *Faire coïncider désirabilité sociale et engagement pro-environnemental.* Le fait même de participer à un projet scientifique et de générer des données utiles à la recherche participe à la désirabilité sociale des participants. Par ailleurs, les réunions collectives, le blog d'échanges, les ateliers et visites au cours desquels certaines familles se retrouvaient ont contribué à générer un sentiment d'appartenance au groupe « Familles Eau Défi » et une certaine influence sociale au sein de ce groupe.
- *Agir sur les dilemmes spatial, temporel et social.* Si les volontaires ont une préoccupation forte des enjeux environnementaux (qui s'accroît au cours de l'expérimentation), et souhaitent agir pour l'environnement et le bien commun, ils agissent également pour en

retirer des bénéfices personnels en termes de santé et d'économies (utilisation de produits plus sains et moins chers).

Étant donné les limites de la persuasion utilisée seule, et partant de l'idée que les actes engagent plus que les paroles (Kiesler, 1971), les chercheurs en psychologie sociale ont développé le paradigme de l'engagement et notamment le modèle de la communication engageante (Joule *et al.*, 2007). Ainsi, le changement de pratiques de la démarche « Familles Eau Défi » repose sur la *théorie de l'engagement* et a nécessité : 1) une escalade d'engagements (d'abord la réponse à l'appel à volontaires, puis l'entretien initial, ensuite la réunion de présentation de la démarche et la période de référence) ; 2) le caractère public et irrévocable de l'acte (engagement photographié lors de la réunion de mi-parcours) ; 3) basé sur des raisons internes (les participants s'engageaient sur un ou plusieurs changements de leur propre choix et non pas proposés par l'équipe de recherche).

## 1.2. ... À la réalité du terrain...

Les entretiens individuels préalables montrent une certaine sensibilisation des participants à la démarche « Familles Eau Défi » aux enjeux environnementaux. Selon la typologie du Commissariat Général au Développement Durable, ils feraient partie du quart des Français très préoccupés et impliqués : les « éco-engagés »<sup>22</sup>. Pour autant, comme la moitié des Français, selon le baromètre de 2017 du Centre d'Information sur l'Eau, ils connaissent assez mal le petit cycle de l'eau aussi bien en termes de prélèvement que de rejet. Néanmoins, comme presque 60% des Français, ils sont conscients de leur impact sur l'eau et de leur rôle à jouer en la matière – ce dont ont conscience trois-quarts des Français.

Par rapport à l'enjeu spécifique des micropolluants, s'ils sont rares ceux qui en ont entendu parler, et encore plus rares ceux qui peuvent définir ce terme, nos interlocuteurs ont connaissance des effets endocriniens et mutagènes des substances sur la faune aquatique. Constat qui peut les amener à s'interroger sur les effets de ces substances sur la santé humaine et à suspecter d'autres produits. Si les participants ne se qualifient pas « d'experts » à la fin de l'expérimentation, ils soulignent néanmoins l'importance des connaissances et compétences aussi bien théoriques que pratiques qu'ils ont pu acquérir : impacts des produits domestiques, effets des micropolluants, composition des produits domestiques (labels, pictogrammes, ingrédients), fabrication de produits maison... Celles-ci légitiment des attitudes voire des pratiques antérieures qui permettent aux familles d'amorcer d'autres changements. Et ce avec d'autant plus de motivation que cet enjeu environnemental est territorialisé *i.e.* situé à l'échelle locale et étudié par une équipe scientifique identifiable. Les volontaires en saisissent mieux à la fois leur impact et leur capacité d'agir.

En effet, si ces familles s'autoqualifiaient – et ce dès leur recrutement – « d'écolos » et que nos données montrent effectivement un rapport à l'environnement très fort aussi bien en termes de sensibilité, de sensibilisation que de conscientisation, l'expérimentation a eu sur elles un double effet. D'une part, le sentiment d'appartenance développé a amplifié la distinction vis-à-vis des autres (*i.e.* « moins écolos ») mais sans pour autant les condamner. D'autre part, la participation à ce projet leur a fait relativiser leur écologisme au vu des problématiques environnementales ou de leur impact individuel dont ils n'avaient pas connaissance ou des pratiques réalisées par d'autres ou encore des changements qu'ils ont pu mettre en œuvre par cette démarche. Il en ressort un nouveau rapport à

<sup>22</sup> Selon le CGDD (2017, p.1), la sensibilité des consommateurs à l'environnement est globalement élevée mais diffère selon les personnes. Cinq groupes sont définis : les éco-engagés (24 % de la population), très préoccupés et impliqués ; les éco-sceptiques (14 %), dubitatifs ou indifférents ; les éco-indécis, semi-soucieux et semi-impliqués ; les éco-hypermétropes, plus inquiets pour la planète que pour leur environnement direct ; et les éco-spectateurs, préoccupés mais perplexes quant à leur capacité d'action.

la consommation qui se traduit par une diminution des achats, une baisse des exigences, la recherche d'alternatives et la lutte contre les paradigmes dominants quitte à s'en imposer d'autres (par exemple, en matière d'efficacité de certains produits ou du moins par rapport à ces critères). L'attitude écologique s'en trouve totalement normalisée. Certains volontaires vont jusqu'à parler « d'acceptation sociale », rendant les enjeux écologiques, dont la problématique des micropolluants, non discutables – et ce, malgré les incertitudes scientifiques dont nous leur avons fait part, tout au long de la démarche.

Ces volontaires, responsabilisés du fait de leurs connaissances et compétences, se découvrent ou s'affirment comme « acteurs du changement » et pour certains endossent alors pleinement le rôle d'ambassadeurs. Essaimage qui commence par l'entourage proche avec l'éducation des enfants et les discussions au sein de la famille et des groupes d'amis et collègues. Se pose alors la question de la diffusion au grand public : celui-ci étant perçu, de fait, comme moins concerné par les questions d'environnement mais aussi moins sachant car n'ayant pas participé à l'expérimentation, il s'agit de trouver d'autres arguments que le bon état écologique des milieux aquatiques. Les pistes avancées sont du domaine de la santé (effets des produits sur la santé humaine) et de l'économie (gain économique en réduisant sa consommation de produits ou en passant à des produits basiques moins chers).

### 1.3. ... Quelles réponses aux hypothèses initiales ?

L'augmentation de la sensibilité écologique (scores du NEP) et de l'engagement vert (scores de l'échelle des écogestes), en plus des éléments abordés sur les changements de pratiques et l'analyse des entretiens collectifs, nous permettent d'apporter des éléments de réponse à nos deux hypothèses initiales.

**1<sup>ère</sup> hypothèse :** *L'implication dans une expérimentation de participation citoyenne contribue à augmenter la sensibilité écologique et l'engagement vert, et donc à favoriser l'appropriation des enjeux environnementaux voire à développer une expertise en la matière.*

Les familles suivies étaient déjà sensibilisées à l'environnement, se disaient proches de la nature et déclaraient pratiquer un certain nombre d'écogestes en début d'expérimentation, comme le montrent les scores initiaux élevés respectivement à l'échelle du NEP (Tableau 8) de la CNS (Tableau 9) et des écogestes (Tableau 10). Une comparaison de moyennes des scores du NEP réalisée entre notre échantillon de départ et un échantillon représentatif de la population de la métropole de Bordeaux (n=429) sur la même période<sup>23</sup> (Pham, 2017) montre en effet que le score général du NEP est significativement supérieur dans notre échantillon. Cette sensibilité écologique initiale, plus importante que la moyenne, explique certainement, au moins en partie, l'engagement des familles dans cette démarche. En dépit de cette sensibilisation initiale forte, on observe néanmoins une augmentation significative des scores moyens du NEP en fin d'expérimentation (n=43). Cette augmentation concerne le score global, la dimension liée à l'anti-exemptionnalisme et quatre items spécifiques ; les autres dimensions et items ne montrant pas d'évolution entre le début et la fin de l'expérimentation. Ainsi, la participation à la démarche renforce la sensibilité écologique générale et plus particulièrement la croyance dans le fait que, malgré son ingéniosité et des aptitudes particulières, l'homme reste soumis aux lois de la nature. Les scores de la CNS, cependant, ne montrent pas d'évolution significative entre le début et la fin de l'expérimentation. En ce qui concerne l'engagement vert, ce sont, en plus du score global, les écogestes liés aux enjeux de l'eau dont la

<sup>23</sup> Résultats issus de l'enquête réalisée entre mai et juin 2017 par une compagnie de marketing OpinionWay et administrée à un échantillon représentatif des ménages de la métropole bordelaise (livrable n° 4.2.1 de REGARD ; Pham, 2017).

fréquence augmente, aussi bien sur la problématique de la quantité (item 4 : « Je surveille attentivement ma consommation d'eau. ») que de la qualité (item 2 : « Je pense à ne pas utiliser de détergents ménagers susceptibles d'être nocifs pour l'environnement. » ; item 16 : « Je veille à consommer des produits ne contenant pas de substances potentiellement dangereuses pour l'environnement. »). Cela montre aussi que la compréhension d'un enjeu se fait dans sa globalité par le lien établi entre quantité et qualité de l'eau.

Ces différents éléments nous permettent de valider notre première hypothèse selon laquelle l'accompagnement de citoyens renforce leur appropriation des enjeux environnementaux reposant sur certaines dimensions relatives aux attitudes environnementales (sensibilité écologique mesurée par le NEP) et aux pratiques environnementales (engagement vert mesuré par les écogestes déclarés). Cette hypothèse est confirmée par les retours des participants lors du débriefing final : même s'ils s'auto-qualifient « d'écologes » tout au long de la démarche, leur participation à ce projet leur a fait relativiser leur écologisme initial au vu des problématiques environnementales ou de leur impact individuel dont ils avaient finalement une connaissance partielle en début d'expérimentation.

**2<sup>ème</sup> hypothèse :** *Cette appropriation des enjeux environnementaux engendre une modification des pratiques pour des pratiques plus vertueuses et un engagement, conscient ou non, dans un processus de transition écologique.*

Sur l'ensemble des produits renseignés par les familles, il existe une diversité telle qu'il n'est pas possible d'identifier des produits « types » utilisés par une grande majorité de familles. En effet, en moyenne les familles possèdent une douzaine de produits pour l'entretien de la maison et environ huit produits d'hygiène corporelle par individu ; ce qui est moins que la moyenne française. En effet, selon Ficheux et ses collaborateurs (2015), les femmes enceintes utilisent en moyenne 18 produits cosmétiques par jour ; les femmes non enceintes, 16 ; les hommes, huit ; les filles, sept ; les garçons, cinq ; et six sont utilisés pour les bébés de moins de trois ans.

La plupart de ces produits sont des produits classiques, mais, suite à la démarche « Familles Eau Défi » et l'engagement au changement, les familles ont en moyenne réduit la quantité de produits possédés, tout en substituant une partie des produits classiques au profit des produits écolabellisés et naturels ou faits maison pour l'hygiène corporelle et pour l'entretien de la maison. Néanmoins, pour ces familles, quel que soit le type de produit, leur utilisation moyenne ne varie pas entre la période de référence et la période changement. Si les familles de volontaires se sont d'abord engagées sur deux changements, les changements déclarés ont continuellement augmenté durant la période de changement jusqu'à arriver à cinq changements en moyenne par famille à la fin de cette période. Par ailleurs, sur l'ensemble des changements de pratiques, les engagements les plus réalisés sont ceux relatifs au sous-groupe « cheveux/corps/visage » et le changement sur lequel les familles se sont le plus engagées concerne la substitution des produits classiques par des produits naturels. Les familles se sont engagées à changer leurs pratiques (54 % concernent l'entretien de la maison et 46% pour l'hygiène corporelle) principalement en substituant leurs produits par des produits naturels ou faits maison. Sur l'ensemble des changements de pratiques par substitutions déclaré, environ 60% de ces engagements ont été réellement mis en œuvre par l'apparition de nouveaux produits écolabellisés ou faits maison dans l'application numérique durant la période de changement.

Le suivi des pratiques *via* l'application numérique nous a donc permis de vérifier que les changements auto-déclarés ont effectivement été mis en œuvre (Figure 24 ; Figure 26). Ces résultats semblent ainsi confirmer que la participation à la démarche « Familles Eau Défi » a aidé au changement de pratiques. Selon Abric (1994), la mise en œuvre concrète de pratiques nouvelles

contribue à un remaniement des représentations initiales, ce qui va dans le sens d'un renforcement des attitudes et pratiques environnementales, tels que nos résultats le montrent. Cependant, on peut aussi imaginer que le fait que les individus s'inscrivent dans une modification active de leurs comportements leur confère également un sentiment de contrôle sur la situation (Bandura, 1997). Ce sentiment de contrôle perçu pourrait être une des explications au fait que l'item 10 du NEP lié à la crise écologique diminue au cours de l'expérimentation (la crise étant vue comme grave au temps T1, et moins grave au temps T2) : en agissant tous, il serait possible de diminuer la gravité de cette crise et en quelque sorte de la contrôler.

Les éléments issus des échelles psychosociales et des entretiens collectifs nous permettent ainsi de mettre en relation la conscientisation des participants vis-à-vis des impacts de leurs comportements domestiques et plus largement de leurs modes de vie avec un engagement dans des pratiques plus vertueuses, écologiquement parlant. De ce fait, ils s'engagent dans un processus de transition écologique, sans toutefois le nommer explicitement. L'approche psychosociale du développement durable peut éclairer le lien entre la modification des pratiques des ménages et leur engagement dans la transition écologique. On sait par exemple que l'adoption de nouvelles pratiques conduit le plus souvent, en vertu de ce qu'on appelle le processus d'engagement, à réaliser des comportements ultérieurs allant dans le sens des modifications initiales (Weiss et Girandola, 2010). Des recherches récentes révèlent également un effet de « spillover », c'est-à-dire la propagation de l'engagement environnemental d'un comportement à d'autres (Margetts & Kashima, 2017). Ces éléments nous permettent de confirmer notre seconde hypothèse.

## 2. Le cas particulier du suivi chimique

Le suivi chimique pour cinq familles n'a pas permis de mettre en évidence de lien entre produits utilisés par les familles et substances analysées dans les eaux usées, ni de diminution systématique des substances entre la période de référence et la période de changement. Néanmoins, ce suivi a tout de même permis de montrer que ces cinq familles présentent des différences entre elles, avec des flux de substances organiques moindres par rapport à des familles classiques, à l'inverse des flux spécifiques métalliques qui eux sont supérieurs à ceux des familles classiques notamment pour le cuivre et le zinc.

### 2.1. Les substances et les pratiques suivies

Les pratiques ciblées dans la démarche « Familles Eau Défi » ont porté sur l'entretien de la maison (lessive, vaisselle, lavage des surfaces), l'hygiène corporelle (soins du corps, visage, cheveux et dents, protection solaire et épilation/rasage) et les « autres pratiques » (prise d'anti-douleurs classiques, traitement des animaux et des plantes) parce que le mapping des substances organiques (cf. livrable n° 1.3.1) avait identifié comme substances traceurs de la source domestique : les pharmaceutiques (prise de paracétamol/ibuprofène/acide salicylique), les filtres UV tels qu'oxybenzone/octocrylène (crèmes solaires et soin du visage), le fipronil et l'imidaclopride (traitement des animaux domestiques), le glyphosate et l'AMPA (traitement des plantes, lessives), ou encore le triclosan (certains traitements en lien avec les dents et le rasage).

La priorisation des substances sur le territoire, intervenue après le démarrage de la démarche « Familles Eau Défi » (cf. livrable n° 2.1 sur la caractérisation et la hiérarchisation des risques) aurait pu nous orienter sur d'autres substances à enjeux et donc sur d'autres pratiques domestiques à cibler dans la démarche « Familles Eau Défi ». Cette priorisation indique dans le TOP 10 des substances liées à la source domestique : l'hydroxy-ibuprofène, la caféine, le paracétamol, l'acide salicylique, le kétoprofène, l'oxazepam, l'ibuprofène, le diclofénac, la cétirizine et le sotalol. En plus

des substances déjà prises en compte dans la démarche « Famille Eau Défi » (hydroxy-ibuprofène, paracétamol, acide salicylique et ibuprofène), nous aurions également pu cibler deux autres substances dans les « autres pratiques » : le diclofénac et le kétoprofène, anti-inflammatoires largement utilisés en tant que pommades en auto-médication. La caféine, bien que retrouvée dans de très nombreuses sources, dont la source pluviale, est bien abattue en STEU et n'est pas classée comme substance à enjeux pour le milieu naturel. Le suivi de cette substance caractérisée comme traqueur de vie humaine, et donc le suivi de la prise de café au sein des Familles Eau Défi ne nous aurait pas apporté d'éléments supplémentaires. Enfin, l'utilisation des autres substances pharmaceutiques (oxazepam : anxiolytique, cétirizine : anti-histaminique et sotalol : anti-arythmique), de par leur traitement spécifique, peuvent difficilement être réduites par les personnes en ayant besoin.

## 2.2. Qu'aurait-on pu faire de plus dans ce suivi chimique ?

Les résultats du suivi des substances organiques et inorganiques ont montré : i) qu'il n'y avait pas de lien entre les substances chimiques mesurées dans les eaux usées et la composition des produits utilisés pendant les périodes de prélèvement et renseignés dans l'application numérique<sup>24</sup> ; ii) qu'il n'y avait pas de réduction avérée des rejets suite aux changements de pratiques<sup>25</sup> ; iii) mais qu'il y avait des différences marquées entre les familles, pour les substances organiques comme pour les substances inorganiques. Ainsi, en raisonnant en relatif entre ces cinq familles, la famille A est marquée par les parabènes et les éléments métalliques, les familles B et D par le fipronil et l'imidaclopride, la famille C par l'oxybenzone, l'antimoine et le thorium et la famille E par l'octocrylène et le triclosan.

Afin de vérifier si l'arrêt de l'usage d'un produit se mesurait par une réduction des rejets, nous avons décidé de reconduire une campagne de mesures avec la famille E. Suite à la présentation des résultats aux « Familles Eau Défi » lors de la soirée de remerciements, nous avons proposé à la famille E de poursuivre l'aventure avec nous : cette famille a donc recherché l'ensemble des produits utilisés à domicile qui pouvaient contenir du triclosan et de l'octocrylène. Nous l'avons orientée vers des applications pour smartphone telles que INCY Beauty, Clean Beauty ou Que choisir pouvant l'aider à déceler ces substances d'un coup de "scan" sur le code barre des produits. Deux produits ont alors été identifiés : le gel à raser *No Bacter* contenant du triclosan et la crème solaire *La Roche-Posay Anthélios 50+* en spray contenant de l'octocrylène. L'objectif était de réaliser un suivi sur deux jours : durant le premier jour de prélèvement, la famille aurait eu à effectuer le plus de pratiques possibles (entretien de la maison et hygiène corporelle) et surtout en utilisant ces deux produits et le second jour, la famille aurait dû réaliser le moins d'usages possibles et surtout en n'utilisant pas ces produits. Cette comparaison nous aurait permis de vérifier si on pouvait effectivement mesurer chimiquement l'impact de l'arrêt de l'usage de certains produits. Cependant, le manque de crédits, de personnel et de temps pour réaliser ces nouveaux prélèvements, alors que la tâche concernant « Familles Eau Défi » était terminée, ne nous a pas permis de mener ce nouveau suivi à terme.

Pour de futurs suivis chimiques en lien avec des changements de pratiques domestiques, nous pouvons préconiser de faire un suivi à plus long terme des familles afin d'intégrer plusieurs usages.

<sup>24</sup> Attention, les produits renseignés dans l'application numérique ne concernaient que les pratiques suivies (entretien de la maison : vaisselle, lessives et lavage des surfaces ; hygiène corporelle : visage, corps, cheveux, dents, protection solaire, rasage et épilation ; autres pratiques : traitement des plantes et animaux domestiques, prise de paracétamol, ibuprofène/aspirine). La totalité des produits utilisés à domicile durant les semaines de prélèvement n'est donc pas connue.

<sup>25</sup> On rappelle que les changements de pratiques étaient libres et pouvaient ne pas concerner les substances suivies chimiquement.

### 3. Préconisation de leviers d'action

La finalité de la démarche « Familles Eau Défi » est de préconiser des leviers permettant de réduire les émissions de micropolluants dans les eaux usées domestiques et si possible généralisables à une collectivité. Les données de l'application numérique, des questionnaires et des entretiens nous permettent d'en préconiser certains, listés ci-dessous.

- Le nombre et la nature des changements ne doivent pas être imposés mais doivent être laissés au libre-arbitre des gens, en fonction de leur sensibilité écologique, de leur mode de vie et de leur compréhension des enjeux environnementaux, afin d'augmenter leur sentiment de contrôle (cela permet effectivement que les gens se les approprient et les mettent effectivement en place).
- Les familles ont déclaré, à la fin de l'expérimentation, avoir envie de plus agir. Ainsi, un accompagnement des familles par des actions de sensibilisation, d'information et de conseil peuvent être un premier levier d'action. Attention cependant à ne pas donner de messages trop alarmistes qui peuvent entraîner des effets opposés à ceux souhaités par un phénomène de réactance d'une partie de la population, ou engendrer une éco-anxiété pour une autre partie de la population très impliquée dans la cause environnementale.
- La substitution est le changement le plus plébiscité. La substitution des produits classiques par des produits écolabellisés semblait *a priori* la plus facile à mettre en œuvre. Cependant, nos résultats montrent que les familles se sont principalement engagées sur une substitution par des produits naturels/faits maison dans le cas des produits d'entretien de la maison, comme des produits d'hygiène corporelle. Il serait alors intéressant de favoriser le déploiement d'ateliers « faire soi-même », proposés par des acteurs du territoire (micro-entreprises et associations partenaires de la collectivité), pour accompagner les citoyens dans ces changements de pratiques. Cela sensibiliserait les familles tout en leur proposant des solutions d'actions efficaces. En lien avec les résultats du projet LUMIEAU-STRA, on peut donc préconiser de substituer les produits d'entretien de la maison par des produits naturels ou faits maison, « bons pour l'environnement, les finances et la santé ». Sans forcément indiquer quels sont les « bons » produits à utiliser, l'information sur quelques produits de base (vinaigre, savon noir, bicarbonate...) et les recettes faciles à fabriquer soi-même peuvent permettre à certaines personnes de se « mettre à l'étrier du changement » en testant ces produits et pratiques. La substitution des produits cosmétiques semble plus délicate, comme l'indiquent les résultats du projet COSMET'EAU qui montrent que l'écotoxicité de certains produits cosmétiques labellisés « sans parabènes » ou « bio » peut être équivalente aux formulations d'origine.
- En se basant sur le principe de précaution, la réduction, de dose ou de fréquence de pratiques, semble une solution à privilégier quelle que soit la pratique, pour réduire les rejets de micropolluants d'origine domestique.
- Pour inciter les personnes les moins sensibilisées aux problématiques environnementales à agir, il s'agit de trouver d'autres arguments que le bon état écologique des milieux aquatiques. Les pistes avancées sont du domaine de la santé (effets des produits sur la santé humaine) et de l'économie (gain économique en réduisant sa consommation de produits ou en passant à des produits basiques moins chers). Ces deux dimensions peuvent être associées à des pratiques de « care » au sens de « prendre soin » de ses proches en choisissant des produits moins polluants ou en les fabriquant soi-même, à l'image de l'alimentation faite « maison », qui s'articuleraient alors avec le souci environnemental. En outre, il semble important de mettre à

disposition des citoyens moins sensibilisés de la collectivité les retours des participants de la démarche quant à leur satisfaction des changements testés, en termes de facilité, de coût, de confort et de praticité. Ces retours d'expériences permettraient aux familles peu sensibilisées ou sceptiques de s'identifier à des gens « comme eux » influençant ainsi leur envie d'essayer de changer certaines de leurs pratiques.

- Durant les entretiens collectifs, les familles ont souligné le fait de se sentir valorisées en participant à une démarche collective de recherche. De ce fait, il serait intéressant de favoriser la mise en place de démarches similaires portées par la collectivité et accompagnées par des chercheurs. Cela permettrait l'essaimage des pratiques tout en permettant l'acquisition de données nécessaires pour la recherche.
- En lien avec le dilemme spatial, qui montre qu'on choisit plutôt un changement qui concourt à un bénéfice local plutôt qu'un bénéfice global, il est primordial de personnaliser et relocaliser la question de la pollution aquatique en apportant des connaissances territorialisées. Les connaissances peuvent porter, bien-sûr sur les micropolluants identifiés sur le territoire à l'issue du diagnostic, mais également sur les milieux et espèces à enjeux sur le territoire, sensibles aux pollutions de toutes natures. Cette sensibilisation peut passer par une reconnexion à l'environnement par l'intermédiaire d'activités en lien avec la nature.
- Pour lutter contre les micropolluants d'origine domestique, l'action publique ne doit pas rester en marge. D'une part, comme le montre le livrable n° 4.2.1 concernant l'évaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants d'origine domestique, les citoyens sont en demande d'une action forte des collectivités associées aux gestionnaires de l'eau pour mettre en œuvre les solutions techniques les plus efficaces pour améliorer le traitement des eaux usées malgré une augmentation probable du montant de la facture. D'autre part, la réglementation a un rôle central à jouer : obliger les fabricants et les distributeurs à mettre en place un étiquetage environnemental de leurs produits (même si cela nécessite une bonne compréhension des étiquettes de la part des consommateurs), et contrôler la commercialisation de certains produits contenant des substances à enjeux (au risque de restreindre le choix des consommateurs).

## Conclusion

La démarche « Familles Eau Défi » a permis de créer une dynamique de groupe favorable aux changements comportementaux. Si certains participants, s'auto-qualifiant « d'écolos », avaient déjà le souci d'agir et de transmettre, cette expérimentation leur a fourni les outils et les compétences nécessaires.

Cette démarche a permis de valider nos hypothèses basées sur le fait qu'une participation à une démarche citoyenne comme « Familles Eau Défi » pouvait favoriser l'appropriation des enjeux environnementaux complexes indispensable pour amorcer un changement des comportements, et ainsi de générer un sentiment d'appartenance favorable à l'essaiage des bonnes pratiques, caractérisant une implication dans un processus de transition écologique.

Cependant, pour que ces changements participent à une véritable transition écologique, la question de la permanence des changements initiés reste à vérifier. Cette expérimentation s'est déroulée sur un temps court de quelques mois ne pouvant aborder que de manière superficielle les modalités du changement, bien qu'il ait été effectif sur cette période. Une évaluation de la durabilité du changement serait nécessaire à moyen terme pour mesurer à quel point une démarche ponctuelle d'accompagnement peut générer une dynamique propre et autonome de changements.

La question de la diffusion de ces changements de pratiques à la population en général se pose également. Selon les participants de la démarche « Familles Eau Défi », il s'agit de trouver d'autres arguments que le bon état écologique des milieux aquatiques pour inciter la population à modifier ses pratiques, en insistant sur les bénéfices sanitaires (utilisation de produits moins nocifs) et économiques (réduction de la consommation de produits ou utilisation de produits basiques moins chers) que ces changements de pratiques peuvent apporter aux ménages.

Aussi mobilisés soient-ils, nos interlocuteurs restent cependant conscients des limites de l'action individuelle et risquent de voir s'épuiser le fragile sentiment de contrôle qu'ils éprouvent. La prolifération des messages de sensibilisation et des injonctions omniprésentes à adopter un comportement pro-environnemental peut parfois laisser penser que l'on cible les individus comme principaux responsables de la dégradation environnementale : cette façon de poser le problème est non seulement erronée mais aussi contre-productive. En matière de protection de l'environnement, l'ampleur de la tâche à accomplir est telle qu'elle risque de générer un sentiment d'impuissance et de démotivation qui, dans ses formes les plus graves, peuvent se transformer en éco-anxiété ou pour reprendre le néologisme de Albretch (2007) en solastalgie.

En outre, ce recours à la responsabilisation individuelle fait émerger une nouvelle activité (nouveau rôle pour le chercheur ou nouvel acteur ?) : accompagner les citoyens dans l'appropriation des enjeux environnementaux. En effet, cette prise de responsabilité par les citoyens interroge sur les moyens qu'ils ont ou qu'il peut leur être donné pour ce faire (Barrault, 2009 ; Salles, 2009). Tous n'ayant pas le même accès aux connaissances scientifiques sur la pollution de l'eau, techniques de lecture d'étiquettes ou aux compétences nécessaires pour la fabrication de produits d'hygiène ou d'entretien par exemple, ni même aux réseaux qui proposent ces activités, il s'agit pour l'action publique de se donner les moyens de cette responsabilisation individuelle qui dépasse les campagnes de sensibilisation.

Enfin, cette responsabilisation du citoyen n'a pas à exonérer les politiques publiques d'une action forte pour réglementer l'offre des produits domestiques sur le marché et pour proposer des cadres législatifs stricts visant à définir la nocivité pour l'environnement et la santé.

## 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. Ademe. <http://www.ademe.fr/changer-comportements-faire-evoluer-pratiques-sociales-vers-plus-durabilite>.
- Abric, J.C. 1994. Pratiques sociales et représentations. Presses Universitaires de France, Paris.
- Albretch, G. 2007. Solastalgia: The Distress Caused by Environmental Change. *Australasian psychiatry*, Vol 15, 95-97. Doi: 10.1080/10398560701701288.
- Bandura, A. 1997. Self-efficacy: the exercise of control. New-York. Freeman and Company.
- Barrault, J. 2009. « Responsabilité et environnement : questionner l'usage amateur des pesticides », VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Hors série 6 | novembre 2009.
- Becker, H.S. 1985. Outsiders. Etudes de sociologie de la déviance. Paris. Métailié.
- Bourg, D., Dartiguepeyrou, C. Gervais, C., et Perrin, O. (Eds). 2016. Les nouveaux modes de vie durables. S'engager autrement. Documents. Le Bord de l'eau.
- Catton, W. R. et Dunlap, R. E. 1978. "Environmental Sociology: A New Paradigm." *The American Sociologist*, 13, 41–49.
- Centre d'information sur l'eau. 2017. Les Français et l'eau. Baromètre, 21<sup>ème</sup> édition.
- CGDD. 2017. La transition, analyse d'un concept. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Théma%20-%20Transition%20-%20Analyse%20d'un%20concept.pdf>.
- Deycard et al., 2016
- Dobré, M. 2002. L'écologie au quotidien : éléments pour une théorie sociologique de la résistance ordinaire. Collection Sociologie et Environnement, Editions L'Harmattan.
- Dunlap, R.E et Van Liere, K.D. 1978. The New Environmental Paradigm. *Journal of Environmental Education*, 9, 10-19.
- Dunlap, R.E., Van Liere, K.D., Mertig, A.G. et Jones, R.E. 2000. Measuring endorsement of the New Ecological Paradigm: a revised scale. *Journal of Social Issues*, 56(3), 425-442.
- Felonneau, M.L. et Becker, M. 2008. Pro-environmental attitudes and behavior: revealing perceived social desirability. *Revue Internationale de Psychologie Sociale*, 21(4), 25–53.
- Ficheux, A. S., Wesolek, N., Chevillotte, G., & Roudot, A. C. (2015). Consumption of cosmetic products by the French population. First part: Frequency data. *Food and Chemical Toxicology*, 78, 159–169.
- Gléonnec, M. 2003. Communication et changement organisationnel : le concept de chaîne d'appropriation. In: X<sup>o</sup> Colloque Bilatéral Franco-Roumain, CIFSIC Université de Bucarest, 28 Juin – 3 Juillet 2003. Bucarest. [http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic\\_00000930](http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00000930).
- Hawcroft, L.J. et Milfont, T.L. 2010. The use (and abuse) of the New Environmental Paradigm scale over the past 30 years: a meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 30, 143-158.
- Jollivet, M. et Pavé, A., 1993. L'environnement, un champ de recherche en formation. *Nature Sciences Sociétés*, 1, 6–20.

- Joule, R.V., Girandola, F. et Bernard, F. 2007. How can people be induced to willingly change their behavior? The path from persuasive communication to binding communication. *Social and Personality Psychology Compass*, 1, 493-505.
- Juan, S. 2009. La relation modes de vie - environnement comme question sociologique, 5-12. In Dobré, M. et Salvador, J. (eds), *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, Collection Sociologie et Environnement, Editions L'Harmattan.
- Kiesler, C.A. 1971. *The psychology of commitment*, Academic Press, New-York.
- Krieger, S.J. 2015. *Ecologisation 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. 324p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01321264/document>.
- Laigle, L. 2015. De la résilience sociétale à la transition écologique. In: CGDD. *Société résiliente, transition écologique et cohésion sociale : études de quelques initiatives de transitions en France, premiers enseignements*. Etudes et documents 124.
- MacNaghten, P. 2003. Embodying the environment in everyday life practices. *The Sociological Review* 51 (1), 63–84.
- Margetts, E.A. et Khashima, Y. 2017. Spillover between pro-environmental behaviours. The role of resources and perceived similarity. *Journal of Environmental Psychology*, 49, 30-42.
- Milfont, T.L. et Duckitt, J. 2010. The environmental attitudes inventory: a valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *Journal of Environmental Psychology*, 30, 80-94.
- Pham, T. 2017. Livrable de la sous-tâche 4.2.1. du projet REGARD. Evaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants d'origine domestique. Version provisoire, octobre 2017, 57p.
- REGARD, livrable 1.2. Approche multi-source sur un territoire donné, analyse par source et leviers d'action par source. Livrable de synthèse de l'ensemble des 6 livrables de la tâche 1.2. Version finale, septembre 2018, 94 p.
- REGARD, livrables 2.1.1, 2.1.2 et 2.1.3. Hiérarchisation des risques, priorisation des substances et sélection des substances sentinelles à suivre dans les différents compartiments. Version finale, septembre 2018, 63 p.
- REGARD, livrable 4.2.1. Evaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants d'origine domestique. Version provisoire, octobre 2017, 57 p.
- REGARD, livrable 1.3.1. Substances organiques, regroupant le livrable 1.3.2. Mapping des substances organiques, flux et sources à l'échelle de la métropole et le livrable 1.3.5. Liste des substances traçeurs de sources. Version finale, août 2018, 335 p.
- Rolland A. et Tedjani T. 2017. Qui est prêt à payer plus pour un produit vert ? Commissariat général au Développement durable, janvier 2017.
- Salles, D. 2009. « Environnement : la gouvernance par la responsabilité ? », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors série 6 | novembre 2009, mis en ligne le 30 décembre 2009.
- Schleyer-Lindenmann, A., Dauvier, B., Ittner h. et Piolat, M. 2016. Mesure Des Attitudes Environnementales : Analyse Structurale D'une Version Française de La NEPS (Dunlap et Al., 2000). *Psychologie Française*, 61, 2, 83-102. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033298414000478?via%3Dihub>.

- Schultz, P. W. 2002. Inclusion with Nature: The Psychology Of Human-Nature Relations. Dans P. Schmuck et W. P. Schultz (dir.), *Psychology of sustainable development* (p. 61-78). Boston, Dordrecht, London : Kluwer Academic Publishers.
- Soyer, M. et Gauthey, J. 2018. Lutter contre les micropolluants dans les milieux aquatiques : quels enseignements des études en sciences humaines et sociales ? Agence Française pour la Biodiversité, Collection Comprendre pour agir, 20 p.
- Weiss, K. et Girandola, F. 2010. Pour une psychologie positive du développement durable : vers de nouveaux enjeux et développements, 277-282. In: Weiss, K. et Girandola, F (Dir.). *Psychologie et Développement durable*. Paris.
- Zaccaï, E. 2009. Contradictions de la consommation durable, 13-28. In Dobré, M. et Salvador, J. (eds), *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, Collection Sociologie et Environnement, Editions L'Harmattan.

## Table des figures

Figure 1. Représentation schématique du déroulé de la démarche « Familles Eau Défi »....	18
Figure 2. Objectifs et méthodes générales de la démarche « Familles Eau Défi ».....	20
Figure 3. Recrutement des familles volontaires .....	22
Figure 4. Exemple d'ateliers proposés durant la période de changement.....	24
Figure 5. Types de relations avec l'environnement naturel (d'après Schultz, 2002).....	32
Figure 6. Interface de l'application pour choisir la catégorie de produits souhaitée.....	35
Figure 7. Interface de l'application pour la saisie des produits .....	35
Figure 8. Concordance entre le nombre de produits renseignés par catégorie selon les familles et la vérification des catégories de produits C « classique », E « écolabellisé » et N « naturel ». Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard. ....	37
Figure 9. Capteur de surverse (a) et préleveur ISCO 3700 (b) utilisé pour l'expérimentation. ....	40
Figure 10. Dispositif expérimental mis en place dans le réseau d'assainissement.....	40
Figure 11. Nombre moyen de produits par famille (ref=période de référence, chg= période de changement). Les lettres a et b indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.....	53
Figure 12. Nombre de produits par famille et par catégorie. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard. ..	53
Figure 13. Nombre moyen de produits par individu pour le groupe Hygiène corporelle. Les lettres a et b indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreur indiquent l'erreur standard.....	54
Figure 14. Nombre moyen de produits par famille pour le groupe Entretien de la maison Les lettres a et b indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard .....	55
Figure 15. Utilisation journalière par personne des produits des sous-groupes relatif à l'Hygiène corporelle. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.....	56
Figure 16. Utilisation journalière par personne des produits du groupe Hygiène corporelle, en fonction des sous-groupes et des catégories. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.....	57
Figure 17. Utilisation journalière par famille des produits des sous-groupes relatifs à l'entretien de la maison. Les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard. ....	58
Figure 18. Utilisation journalière par famille des produits du groupe entretien de la maison, en fonction des sous-groupes et des catégories. Les étoiles indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard.....	58

Figure 19. Évolution du nombre d'engagements déclarés par famille au cours de la période de changement (n=42 familles ayant répondu à tous les questionnaires en période de changement). Les lettres indiquent une différence significative (test de Wilcoxon, $p < 0,05$ ) et les barres d'erreurs indiquent l'erreur standard. ....	59
Figure 20. Engagements aux changements pour les pratiques d'entretien de la maison .....	60
Figure 21. Engagements aux changements pour les pratiques d'hygiène corporelle .....	60
Figure 22. Engagement à la substitution de produits classiques par des produits naturels/faits maison ou par traitement mécanique (n=54 changements) .....	61
Figure 23. Pourcentage d'engagements réalisés pour la substitution par des produits naturels/faits maison et traitement mécanique par sous-groupes (n=54 comportements).....	63
Figure 24. Radar de l'engagement à la réduction des pratiques/fréquences selon les pratiques. ....	64
Figure 25. Pourcentage d'engagements réalisés pour la réduction des pratiques/fréquences par sous-groupe (n=18 comportements).....	64
Figure 26. Engagements (n=22) à la réduction des doses selon les sous-groupes. ....	65
Figure 27. Histogramme empilé des engagements à la réduction des doses réalisés par sous-groupe (n=22 comportements). ....	65
Figure 28. Indicateur de satisfaction des nouvelles pratiques mises en œuvre suite au changement. ....	65
Figure 29. Comparaison des rejets de fipronil (en flux) à l'échelle du quartier, en amont de la station de traitement et à l'échelle des cinq « Familles Eau défi ». ....	70
Figure 30. Exemples des rejets de fipronil et de triclosan pour les cinq familles suivies (A à E) lors des trois périodes d'échantillonnage (1 à 3).....	71
Figure 31. Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée pour les cinq familles (A à E) pour les différentes molécules chimiques organiques dosées. ....	72
Figure 32 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée pour les cinq familles (A à E) pour les majeurs et métaux traces métalliques. ....	73
Figure 33. Comparaison des rejets métalliques à l'échelle du quartier, en entrée de la station de traitement de Cantinolle et à l'échelle des 5 « Familles Eau défi ». ....	74

## Table des tableaux

Tableau 1. Mesure de la sensibilité environnementale : échelle du NEP (d'après Schleyer-Lindenmann et al., 2016).....	30
Tableau 2. Mesure du rapport à la nature : échelle de représentation de la nature et de Soi (modifié, d'après Milfont et Duckitt, 2010).....	31
Tableau 3. Mesure de l'engagement vert : l'échelle des écogestes (modifié, d'après Félonneau et Becker, 2008).....	33
Tableau 4. Typologie des pratiques.....	36
Tableau 5. Typologie des changements de pratiques.....	38
Tableau 6. Caractérisation des 5 familles faisant l'objet d'un suivi chimique des rejets dans les eaux usées.....	39
Tableau 7. Exemple de paramètres de prélèvements pour le suivi chimique lors de la semaine de référence.....	41
Tableau 8. Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores des cinq dimensions du NEP aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2. Une évolution significative des scores entre les temps T1 et T2 est indiquée en gras.....	50
Tableau 9. Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores des dix items de l'échelle CNS aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2. Une évolution significative des scores entre les temps T1 et T2 est indiquée en gras. ....	51
Tableau 10. Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores d'écogestes déclarés par thématique aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2. Une évolution significative des scores entre les temps T1 et T2 est indiquée en gras. ....	52
Tableau 11 Données sur l'engagement à des changements de pratiques.....	60
Tableau 12. Comportements observés par rapport aux comportements déclarés .....	62
Tableau 13. Nombre de produits ménagers par famille, nombre de produits d'hygiène par individu et nombre de changements déclarés par les familles A à E lors de l'engagement (S0), après 1 semaine (S1) et à la fin (S4) de la période de changement. La moyenne pour l'ensemble des Familles Eau Défi est également indiquée à titre de comparaison. ....	66
Tableau 14. Substances organiques (notées par ordre alphabétique) mesurées chimiquement dans les rejets (Rej.) et présentes dans la composition des produits de consommation renseignés dans l'application numérique (Prod.) durant les 3 semaines de prélèvement. ....	69

## Annexes

### Annexe 1 - Guide d'entretien ménages référents – avant expérimentation

*Nous vous remercions de l'intérêt porté au projet de recherche REGARD. L'entretien que nous allons réaliser aujourd'hui est une étape préalable à l'expérimentation scientifique pour laquelle vous avez manifesté votre intérêt. Je vous la présenterai en suivant afin de ne pas influencer vos réponses aux questions. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, c'est votre avis que nous souhaitons connaître.*

#### Description du quotidien

- Quelles sont vos préoccupations au quotidien ?
- Pouvez-vous me décrire une journée type en semaine puis un week-end type ?
- Pouvez-vous me décrire vos divers usages de l'eau (hygiène corps, entretien maison et jardin, traitement animaux domestiques) ?

#### Engagement vert

Je vais vous citer quelques gestes quotidiens en faveur de l'environnement pour chacun desquels vous m'indiquerez à quelle fréquence vous les pratiquez (de jamais à systématiquement) :

- Dans la mesure du possible, je trie mes déchets.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je pense à ne pas utiliser de détergents ménagers susceptibles d'être nocifs.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je jette les piles usagées dans un endroit approprié.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je surveille attentivement ma consommation d'eau.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je veille scrupuleusement à ne laisser aucune trace d'incivilité (laisser tomber des papiers ou détritrus, laisser les déjections canines...) dans mon environnement.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je veille à utiliser le moins souvent possible des sprays produisant des gaz à effet de serre.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Lorsque que j'ai des déchets encombrants, je prends les dispositions d'évacuation appropriées (recours au service de collecte spécialisée, déchetterie).  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je suis très vigilant en ce qui concerne ma consommation d'électricité.  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je veille à ne pas laisser mes appareils en veille ou en « pause ».  
*Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement*
- Je ramène les médicaments non utilisés à la pharmacie.

<p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je veille à ne pas laisser les lumières allumées chez moi.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je m'efforce de diminuer ma production de déchets.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je veille à ne pas laisser les lumières allumées dans un lieu public (lieu de travail ou autres).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ J'évite de faire laver ma voiture en période de sécheresse.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je m'efforce de diminuer ma consommation de sacs plastique lorsque je vais faire les courses.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je veille à consommer des produits ne contenant pas de substances potentiellement dangereuses.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je privilégie les douches aux bains.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je veille à ce que mon véhicule ne soit pas polluant.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Jamais 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 Systématiquement</i></p>
--

- Voulez-vous me parler plus précisément de l'un ou l'autre des gestes précités ?
- Pratiquez-vous d'autres gestes pour limiter votre impact sur l'environnement ou en faveur de la protection de celui-ci ? Lesquels ?
- Que seriez-vous prêt à faire pour l'enjeu spécifique de la qualité de l'eau ? Pensez-vous qu'un changement dans vos pratiques quotidiennes soit envisageable au sein de votre foyer ? Quel type de changement seriez-vous prêt à mettre en œuvre ?

### Idéologies vertes

- Par rapport aux questions environnementales, comment vous considérez-vous ?  
*Pas du tout concerné 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Très concerné*
- Par rapport aux questions environnementales, comment considérez-vous les gens en général ?

*Pas du tout concernés 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Très concernés*

Je vais vous citer quelques phrases concernant la relation entre les êtres humains et l'environnement pour chacune desquelles vous m'indiquerez votre opinion (de pas du tout d'accord à tout-à-fait d'accord) :

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la terre peut nourrir.<br/><i>Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord</i></li> <li>▪ Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins.<br/><i>Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord</i></li> </ul> |
|--|

- Quand les êtres humains essaient de changer le cours de la nature cela produit souvent des conséquences désastreuses.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons PAS la terre invivable.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Les êtres humains sont en train de sérieusement malmenager l'environnement.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- La terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- La prétendue « crise écologique » qui guette le genre humain a été largement exagérée.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- La terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Si les choses continuent au rythme actuel nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*

- Quels sont, selon vous, les problèmes environnementaux/écologiques actuels (à quelle échelle : internationale, nationale, régionale, locale) ? Vous est-il possible de les hiérarchiser par ordre d'importance ?
- Comment en avez-vous été informé ?
- Quelle importance leur accordez-vous par rapport à d'autres enjeux (lesquels) ou à vos préoccupations quotidiennes ?

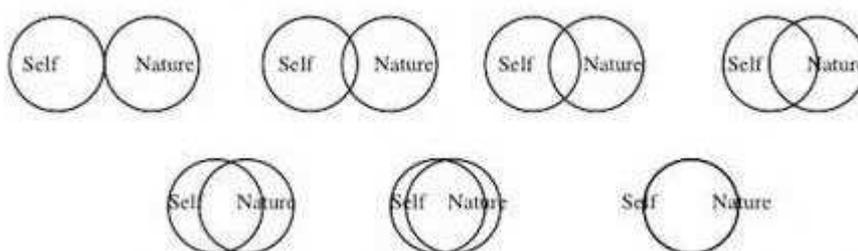
### Enjeux de l'eau

- Vous posez-vous des questions par rapport à l'eau ? En quels termes, le cas échéant ?
- Que pensez-vous de l'eau que vous consommez ? Savez-vous d'où vient-elle ?
- Que pensez-vous de l'eau que vous rejetez ? Savez-vous où va-t-elle ?

- Avez-vous entendu parler de la pollution de l'eau ? Si oui, en quels termes ? Et vous souvenez-vous à quand cela remonte ?
- Pouvez-vous me citer quelques produits utilisés au quotidien à votre domicile qui vous semblent polluer l'eau ?
- Avez-vous entendu parler de la pollution de l'eau par les micropolluants ? Si oui, pouvez-vous me dire ce que vous en savez ? Vous souvenez-vous quand et comment en avez-vous été informé ?
- Pouvez-vous me citer quelques produits utilisés au quotidien à votre domicile qui selon vous contiennent des micropolluants ?

### Rapport à la nature

- Parmi les images suivantes, choisissez celle qui décrit le mieux votre relation avec l'environnement naturel. Comment être-vous interconnecté avec la nature ?



Je vais vous citer quelques activités de nature, pour chacune desquelles vous m'indiquerez votre attitude (de pas du tout d'accord à tout-à-fait d'accord) :

- Je ne suis pas le genre de personne qui aime passer du temps dans les espaces de nature sauvage. (R)  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- J'aime vraiment les excursions à la campagne, par exemple en forêt ou dans les champs.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Je trouve très ennuyeux d'être dans les espaces de nature sauvage. (R)  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Parfois quand je suis malheureux, je trouve du réconfort dans la nature.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Être dans la nature est une bonne façon de réduire mon stress.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Je préfère passer mes week-ends en ville que dans les espaces de nature sauvage. (R)  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- J'adore passer du temps dans les espaces naturels juste pour profiter des bienfaits de la nature.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- J'ai un sentiment de bien-être dans le silence de la nature.  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*
- Je trouve plus intéressant d'être dans un centre commercial que dans une forêt à regarder des arbres et des oiseaux. (R)  
*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*

- Je pense que passer du temps dans la nature est ennuyeux.

*Pas du tout d'accord 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Tout-à-fait d'accord*

- Voulez-vous me parler plus précisément de l'une ou l'autre de ces activités ? Pratiquez-vous des activités nautiques ?
- Pouvez-vous me décrire votre dernier contact avec la nature ?
- Quel lien faites-vous entre vos diverses activités et la nature ?

### Informations complémentaires sur le foyer

- Genre (du répondant) : féminin / masculin
- Situation familiale : seul / en couple / autre
- Nombre de personnes dans le ménage (y compris le répondant) :
- Nombre d'enfants vivant au foyer :
- Nombre de personnes généralement présentes (ou organisation familiale à préciser le cas échéant) :
- Âge des membres de la famille (y compris le répondant) :
- L'un des membres de la famille suit-il un mode alimentaire particulier (riche en protéine – lesquelles ?, enrichi avec compléments alimentaires – lesquels ?, végétarisme/végétalisme,...) ?
- Niveau d'étude et profession / CSP des responsables du foyer :
  - Répondant :

Niveau d'étude	CSP / Profession :
Sans diplôme	Agriculteur
CAP/BEP	Profession libérale
Bac	Profession intellectuelle supérieure
Bac+2	Cadre supérieur, chef d'entreprise (PME et grandes entreprises)
Supérieur à Bac+2	Profession intermédiaire (ex. infirmière, technicien...)
Bac+5 et plus	Artisan, commerçant et chef d'entreprise (TPE)
	Ouvrier, employé
	Étudiant
	En recherche d'emploi (cochez également la dernière profession exercée)
	Retraité (idem)
	Sans emploi

- Partenaire :

Niveau d'étude	CSP / Profession :
Sans diplôme	Agriculteur
CAP/BEP	Profession libérale
Bac	Profession intellectuelle supérieure

Bac+2	Cadre supérieur, chef d'entreprise (PME et grandes entreprises)
Supérieur à Bac+2	Profession intermédiaire (ex. infirmière, technicien...)
Bac+5 et plus	Artisan, commerçant et chef d'entreprise (TPE)
	Ouvrier, employé
	Étudiant
	En recherche d'emploi (cochez également la dernière profession exercée)
	Retraité (idem)
	Sans emploi

- Ressources mensuelles du ménage (tout compris et en net) :
  - Inférieures à 1300 €
  - Entre 1300 et 2000 €
  - Entre 2000 et 3000 €
  - Entre 3000 et 4000 €
  - Entre 4000 et 5000 €
  - Supérieures à 5000 €
  - NSP
- Avez-vous des occupations extraprofessionnelles ? Précisez pour chacune d'elles :
  - Mandat électoral
  - Association de défense de consommateurs
  - Association environnementaliste ou naturaliste
  - Association de loisirs
- Plus largement, êtes-vous membre d'une association ? Si oui, laquelle ?
- Êtes-vous abonné ou lecteur régulier des revues de consommateurs (60 millions, Que choisir) ?
- Code postal de la commune :
- Type de logement : individuel / collectif
- Statut de résident : propriétaire / locataire / hébergé
- Présence d'un espace extérieur : jardin / terrasse / balcon
- Nombre d'animaux domestiques :
  - Chats :
  - Chiens :
  - Autres :
- Type de réseau d'assainissement : individuel / collectif / NSP

Notre entretien se termine, souhaitez-vous ajouter quelque chose ?

*Je vous remercie pour le temps que vous m'avez accordé. Je vais dès maintenant vous présenter le protocole de l'expérimentation scientifique à laquelle vous êtes libre de participer...*

## Annexe 2 - Formulaire de consentement – Première rencontre : entretien

### Objectifs de la recherche

*Le projet de recherche REGARD, porté par Bordeaux Métropole et mené par un consortium de chercheurs, vise d'une part, à caractériser les sources de micropolluants rejetés dans les eaux usées et d'autre part, à identifier et tester des leviers de réduction.*

### Participation à la recherche

*Vous avez été sollicité dans le cadre du suivi des usages domestiques liés à l'eau. Afin d'amorcer la démarche, nous vous rencontrons pour vous présenter le protocole de suivi mais également pour échanger avec vous afin de mieux vous connaître, vous et votre famille. Des questions vous seront posées dans le cadre d'un entretien à partir desquelles vous serez libre de vous exprimer. Votre participation à l'expérimentation sur le changement de pratiques vous sera seulement demandée à l'issue de l'entretien et après présentation du protocole de suivi.*

### Confidentialité, anonymat ou diffusion des informations

Les divers fichiers issus de ces données (anonymisées) seront conservés à long terme par l'équipe de recherche qui seule y aura accès.

### Droit de retrait et indemnité

Votre participation à cette première rencontre est entièrement volontaire. Vous êtes libre d'arrêter l'entretien à tout moment sans justification de votre part et sans préjudice pour vous-même. Dans un tel cas, les renseignements déjà recueillis seront détruits.

Aucune compensation financière ne sera versée pour votre participation à la présente recherche.

### CONSENTEMENT

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à cette première rencontre et en comprendre le but.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette recherche. Je sais que je peux me retirer à tout moment de l'entretien sans préjudice ni justification.

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Signature : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Je déclare avoir présenté le projet et expliqué son but et avoir répondu au mieux aux questions posées.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Signature : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Pour toute question relative à la recherche, ou pour vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer avec :

Sarah-Jane Krieger, chercheur CNRS – UMR 5319 Passages : [sarah-jane.krieger@cnrs.fr](mailto:sarah-jane.krieger@cnrs.fr)

Un exemplaire du présent formulaire signé doit être remis au participant

## Annexe 3 - Formulaire de consentement – Expérimentation

### Objectifs de la recherche

*Le projet de recherche REGARD, porté par Bordeaux Métropole et mené par un consortium de chercheurs, vise d'une part, à caractériser les sources de micropolluants rejetés dans les eaux usées et d'autre part, à identifier et tester des leviers de réduction.*

### Participation à la recherche

*Vous avez été sollicité dans le cadre du suivi des usages domestiques liés à l'eau. Suite à une première rencontre, vous nous avez fait part de votre souhait de participer à l'expérimentation « Familles EAU Défi » dont le protocole vous a été présenté oralement et par écrit.*

### Confidentialité, anonymat ou diffusion des informations

Les divers fichiers issus de ces données (anonymisées) seront conservés à long terme par l'équipe de recherche qui seule y aura accès.

### Droit de retrait et indemnité

Votre participation à cette expérimentation est entièrement volontaire. Vous êtes libre d'arrêter l'expérimentation à tout moment sans justification de votre part et sans préjudice pour vous-même. Dans un tel cas, les renseignements déjà recueillis seront détruits.

Aucune compensation financière ne sera versée pour votre participation à la présente recherche.

### CONSENTEMENT

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à cette expérimentation et en comprendre le but.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette recherche. Je sais que je peux me retirer à tout moment de l'expérimentation sans préjudice ni justification.

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Signature : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Je déclare avoir présenté le projet et expliqué son but et avoir répondu au mieux aux questions posées.

Nom du chercheur : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

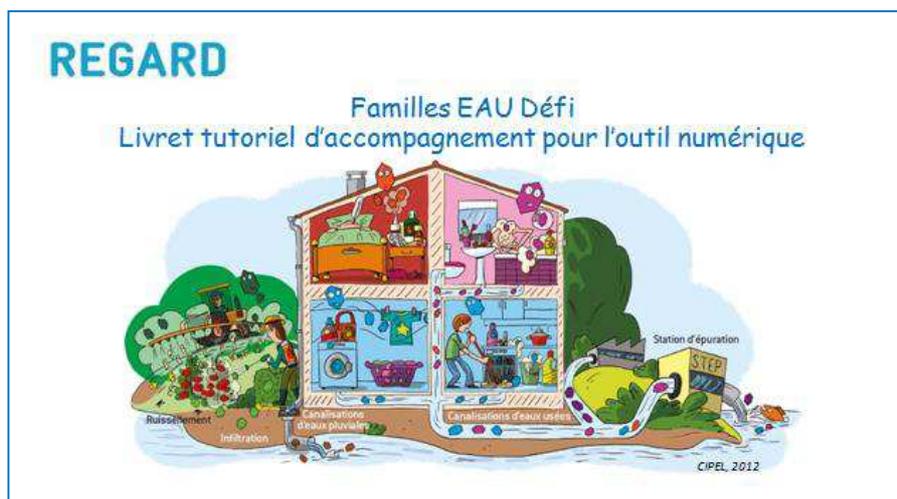
Signature : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Pour toute question relative à la recherche, ou pour vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer avec :

Sarah-Jane Krieger, chercheur CNRS – UMR 5319 Passages : [sarah-jane.krieger@cnr.fr](mailto:sarah-jane.krieger@cnr.fr)

Un exemplaire du présent formulaire signé doit être remis au participant.

## Annexe 4 – Tutoriel d'accompagnement pour l'application numérique

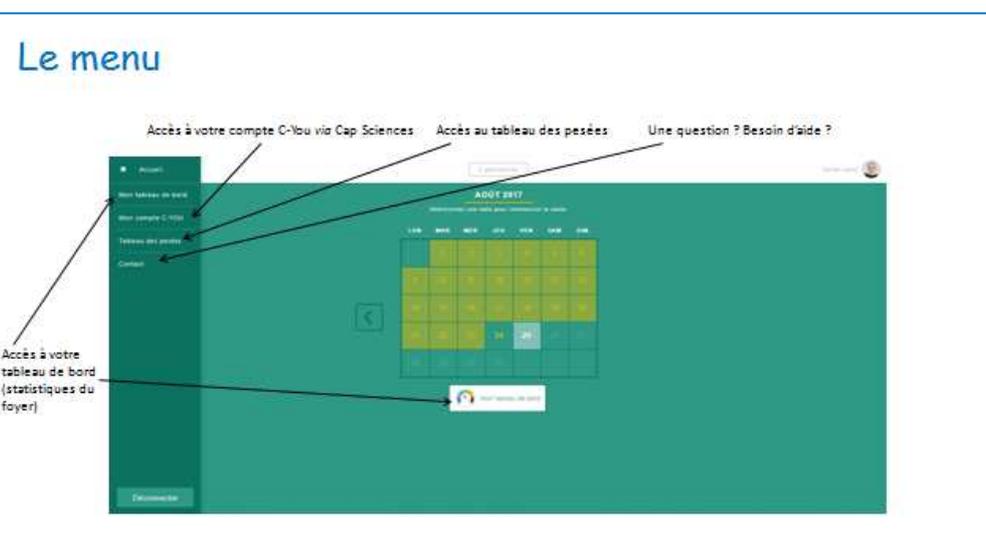
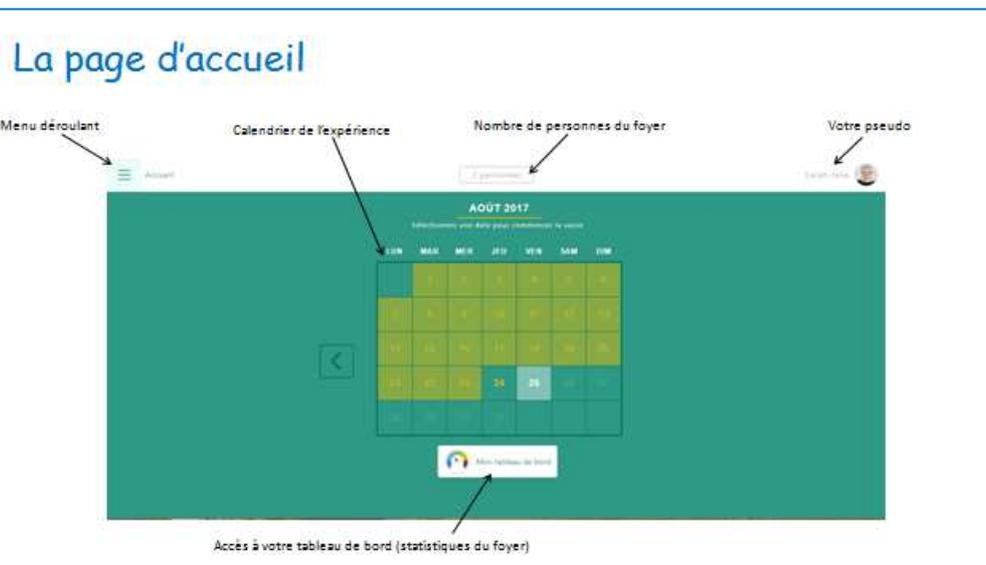


### Étapes préalables

- Accéder à l'outil dédié via la page : <https://evenements.cap-sciences.net/regard/>
- **Vous avez déjà un compte C-You** (compte Cap Sciences) : vous cliquez sur « se connecter avec mon compte » et vous entrez vos identifiants (pseudo et mot de passe) ;
- **Vous n'avez pas de compte C-You** : vous cliquez sur « créer un compte C-You » et vous renseignez vos coordonnées (pseudo, courriel, mot de passe, date de naissance, sexe, code postal). Pour valider la création de votre compte, vous recevrez un mail de confirmation.  
*Rem : un seul compte est nécessaire pour toute la famille ET vous vous connecterez toujours avec le même compte tout au long de l'expérimentation.*
- **Lors de votre première connexion**, vous devrez renseigner le nombre de personnes vivant dans votre foyer. Mais ce nombre pourra varier d'un jour à l'autre. Il vous suffira de le modifier au jour le jour si tel est le cas.



### Présentation générale



## La première fois

- Sélectionnez la date de lancement de l'expérimentation sur le calendrier ;
- Indiquez le nombre de personnes du foyer (cette information sera modifiable au jour le jour si besoin) ;
- Choisissez une catégorie d'usages puis une sous-catégorie (éventuellement une sous-sous-catégorie).

→ « Aucun produit dans cette catégorie »...  
Votre mission commence !

## Ajout d'un produit : la démarche

- Cliquez sur « ajouter un produit ».
- Prenez-le en photo directement avec votre appareil en autorisant l'accès de votre caméra à Cap Sciences ou importez une photo depuis un dossier en la faisant glisser dans le cadre. Puis enregistrez en cliquant sur « enregistrer la photo ».

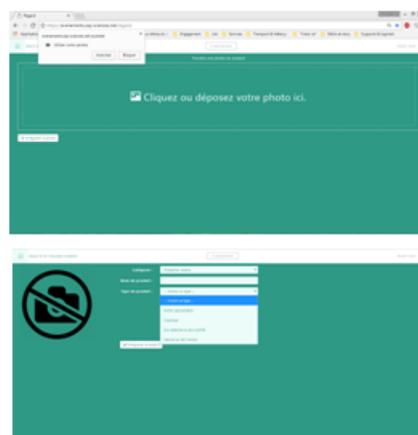
Rem 1 : la photo doit être de bonne qualité, le produit reconnaissable.

- Renseignez les informations demandées (nom précis du produit et type de produits ; la catégorie est définie par votre entrée) puis validez en cliquant sur « enregistrer le produit » (les différents champs doivent être complétés).

Rem 2 : renseignez le nom avec le plus de détails possibles afin de mieux les distinguer par la suite (ex : vinaigre ménager - salle de bain, qui pourra être différencié d'un second produit : vinaigre ménager - cuisine).

→ Enregistrez ainsi l'ensemble des produits que vous utilisez dans chacune des catégories.

Attention : en cas d'utilisation de recharge ou de produits faits maison, prenez en photo le produit utilisé (recharge ou recette) et non le façon - rempli donc avec autre chose.



## Ajout d'un produit : 2 options

Pour enregistrer vos produits, 2 options s'offrent à vous :

- Soit vous enregistrez vos produits en une seule fois et ensuite vous n'avez plus qu'à les sélectionner pour renseigner combien de fois ils ont été utilisés ;
- Soit vous enregistrez vos produits au fur et à mesure de vos usages.

Dans tous les cas, ils sont enregistrés dans votre base de données qui vous permettra de directement les sélectionner lors des usages suivants.

Pour plus de praticité, nous vous conseillons la première option car, même si cela semble fastidieux, vous aurez fait le tour de votre salle de bains et de votre cuisine en une heure environ et la majorité de vos produits seront enregistrés, tout en sachant que vous pouvez ajouter des produits tout au long de l'expérience (en cas de produits utilisés plus rarement ou d'oubli tout simplement).

Rem : Soyez patient, l'enregistrement du produit peut être plus ou moins lent selon votre connexion internet. Ne cliquez pas plusieurs fois sur « enregistrer », sinon, le produit sera enregistré autant de fois que de clic !

## Ajout d'un produit : la pesée

En plus de la photo et des caractéristiques du produit, sa pesée est indispensable.

- Pour renseigner la masse de vos produits, allez dans le menu et sélectionnez « tableau des pesées ».
- Choisissez le produit (enregistré au préalable) via le menu déroulant.
- Indiquez l'évènement (début/fin d'usage ; début/fin de flacon) puis renseignez la date et la masse en grammes (pesez avec une balance culinaire digitale plus précise) puis cliquez sur enregistrer.  
→ Le produit s'affiche dans le tableau dessous.

Rem 1 : vous ne pouvez renseigner la pesée d'un produit que lorsqu'il est déjà enregistré dans la base de données.

Rem 2 : pour chaque nouveau produit renseigné, une pop-up vous rappellera que vous devez le peser.

Rem 3 : lors d'une fin de façon d'un produit, si vous continuez à utiliser exactement le même produit, il n'est pas nécessaire de l'enregistrer une seconde fois (photo et caractéristiques identiques). Par contre, pensez à peser le flacon vide (que vous allez jeter ou remplir) puis le flacon plein (acheté ou rempli).

## Le calendrier

Le calendrier se colore différemment selon certaines conditions. Dans l'exemple ci-dessous :

- Nous sommes le 25 août, date de la connexion : la case de la date du jour est colorée en blanc et le chiffre est écrit en blanc.
- Les jours à venir sont indiqués en blanc sur fond vert (ici du 26 au 31).
- Les jours dont la date est passée (et pour lesquels vous n'avez pas fait de saisie) sont aussi écrits en blanc sur fond vert.
- Les jours pour lesquels vous avez renseigné des usages, mais pas encore validé définitivement les infos saisies, sont écrits en jaune (ici le 24).
- Les jours saisis et validés sont écrits en jaune avec la case jaunée (ici du 1<sup>er</sup> au 23).

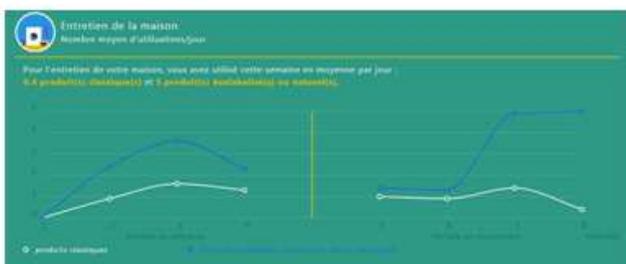


*Rem : On peut renseigner l'usage des produits le jour J ou les jours suivants (mais attention, il faut pouvoir se rappeler des usages réalisés et des produits utilisés !). Nous vous conseillons de le faire le jour J.*

## Tableau de bord : suivi de ses pratiques

- Afin de pouvoir suivre et évaluer vous-même vos usages de différents produits, consultez votre tableau de bord en cliquant sur le lien dans le menu ou sur votre page d'accueil.
- Vous trouverez le nombre moyen de produits utilisés par l'ensemble du foyer (par semaine si la semaine est terminée, moyenné au nombre de jours si la semaine est en cours).

→ Vous pourrez ainsi suivre l'usage de vos produits classiques (courbe blanche) ou de vos produits écobaléillés ou naturels (courbe bleue).



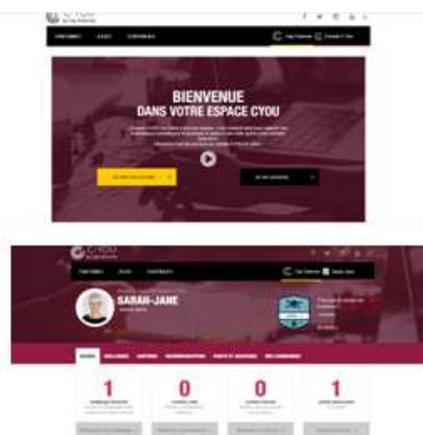
## Compte C-You : challenges pour le suivi

Dans « Familles EAU Défi », l'important pour le projet de recherche est que vous renseigniez le plus exactement possible l'ensemble des produits utilisés des différentes catégories et ce sur toute la durée de l'expérimentation.

Cet outil a été conçu pour vous accompagner dans le suivi et nous vous proposons quelques challenges pour garder votre motivation tout au long !

En participant à « Familles EAU Défi » vous remportez déjà votre premier challenge. Le prochain sera de renseigner l'application 3 jours consécutifs et peut-être remporterez-vous les suivants... À ces challenges correspondent un nombre de « points découverte » vous donnant accès à certains avantages sur le site de Cap Sciences.

En cliquant sur « mon compte C-You », vous êtes redirigé vers le site de Cap Sciences qui vous informe, entre autres, sur vos challenges relatifs à « Familles EAU Défi ».



## Contact

- Le lien « contact » vous permet de joindre l'équipe scientifique et technique en cas de difficultés liées à l'utilisation de cet outil ou pour toute question relative à ce suivi.
- Vous pouvez aussi nous contacter à l'adresse suivante : [familleseaudefi@gmail.com](mailto:familleseaudefi@gmail.com) ;
- Ou : [sarah-jane.krieger@cnr.fr](mailto:sarah-jane.krieger@cnr.fr).



## Déconnecter

En cliquant sur « déconnecter », vous vous déconnectez de la page web. N'oubliez pas d'enregistrer votre suivi avant ! En cliquant sur « valider » ou sur « enregistrer définitivement » selon si vous souhaitez ou non revenir sur les usages de la journée en question.



## Utilisation quotidienne

## Suivi quotidien : renseignements

- Accédez à la page web : <https://evenements.cap-sciences.net/regard/>
- Connectez-vous avec votre compte C-You.
- Sélectionnez une date.
- Précisez le nombre de personnes présentes ce jour si besoin.
- Allez dans chacune des catégories pour renseigner combien de fois, chaque produit a été utilisé dans la journée par l'ensemble de la famille.

*Rem : si vous avez utilisé un nouveau produit, cliquez sur « ajouter un produit » et suivez la démarche exactement comme vous l'avez fait la première fois.*



## Suivi quotidien : enregistrement

- Vous pouvez renseigner vos usages journaliers en une seule fois ou en plusieurs.
- Quand vous arrêtez ou vous vous déconnectez, pensez à « valider » votre suivi, il sera ainsi enregistré mais vous pourrez toujours le modifier.
- Quand vous savez qu'il n'y aura plus d'usages à enregistrer pour une journée (le lendemain par exemple), vous pouvez « enregistrer définitivement ». En cliquant, une pop-up vous présente alors la synthèse de vos usages de la journée que vous vérifiez et validez si conforme. Si non-conforme, cliquez sur « modifier » et vous serez alors renvoyé sur la page des catégories afin de faire les changements nécessaires.

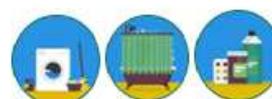


## Dates de l'expérimentation

## Dates de l'expérimentation

En vous engageant dans « Familles EAU Défi » vous allez devoir renseigner cette application en deux phases :

- Du **18 septembre au 22 octobre** pour la période dite « de référence » ;
- Du **6 novembre au 3 décembre** pour la période dite « de changement ».



Toute l'équipe de recherche  
vous remercie de votre implication



## Annexe 5 – Questionnaire de satisfaction au changement

I/ Indiquer le changement sur lequel vous vous êtes engagé :

.....

1/ Ce changement a-t-il été facile à mettre en œuvre ?

OUI / NON

2/ Êtes-vous satisfait de ce changement en termes de :

- Confort (odeur, texture...) :
- Praticité :
- Efficacité :
- Prix (€) :
- Estime de vous-même :



Ces 3 smileys seront en face de chaque critère (rouge = 1 ; orange = 2 ; vert = 3)

3/ D'autres personnes de votre famille ont-ils adopté votre changement ?

OUI / NON / NSP

Indiquer votre deuxième changement, le cas échéant :

... *Même déroulé de questions que précédemment*

Indiquer votre troisième changement, le cas échéant :

... *Même déroulé de questions que précédemment...*

II/ À l'issue de cette semaine avez-vous adopté un ou plusieurs changement(s) supplémentaire(s) :

OUI / NON

Si oui, le(s)quel(s) ?

- ...
- ...
- ...

## Annexe 6 – Site Internet REGARD

Information : les liens et sources cités dans les rubriques ci-dessous ne prétendent pas à l'exhaustivité.

### ÉCOLABELLISATION ET LOGOS

Les logos environnementaux sur les produits (ADEME) :  
<http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-logos-environnementaux-sur-les-produits.pdf>

Pictogrammes de dangers des produits chimiques (INERIS) :  
[http://clp-info.ineris.fr/sites/clp-info.gesreg.fr/files/Nouveaux\\_pictogrammes\\_clp.pdf](http://clp-info.ineris.fr/sites/clp-info.gesreg.fr/files/Nouveaux_pictogrammes_clp.pdf)

### MOLÉCULES TOXIQUES À ÉVITER

Déchets des ménages (projet LUMIEAU) :  
<http://www.strasbourg.eu/environnement-qualite-de-vie/eau-assainissement/projet-lumieau-stra>

Entretenir sa maison au naturel. 60 Millions de consommateurs. Hors-série n° 188. Avril-mai 2017. Dossier : *les toxiques invisibles*, pages 6-33.

Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/entretenir-sa-maison-au-naturel-2017>

Cosmétiques non toxiques. 60 millions de consommateurs. Hors-série n° 189. Juillet-Août 2017. Dossier : *Repérer les ingrédients sains et sûrs*, pages 6-17.

Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/cosmetiques-non-toxiques>

Produits cosmétiques : fiche des produits toxiques à éviter (Que choisir) :

Pour télécharger : <https://www.quechoisir.org/decryptage-produits-cosmetiques-les-fiches-des-molecules-toxiques-a-eviter-n2019/>

Carte repère des molécules toxiques dans les cosmétiques (Que choisir) :

Pour télécharger : <https://www.quechoisir.org/decryptage-produits-cosmetiques-telechargez-notre-carte-repere-des-molecules-toxiques-n11449/>

### POUR EN SAVOIR PLUS : les avancées de la recherche

REGARD : [www.bordeaux-metropole.fr/Regard](http://www.bordeaux-metropole.fr/Regard)  
 (Page Facebook) : [www.facebook.com/regard2015](http://www.facebook.com/regard2015)

AFB (ex-ONEMA) : <http://www.onema.fr/AAP-micropolluants-eaux-urbaines>

CESEAU : <http://www.ceseau.org/>

GRAIE : <http://www.graie.org/graie/index.htm>

Vidéos Méli-Mélo : <https://www.youtube.com/channel/UC1d7c7zKPDUOJak44TGNhvA>

Vidéos : les médicaments dans l'eau :

<https://www.youtube.com/watch?v=qVp03P-8Bs>

<https://www.youtube.com/watch?v=b-geGLMbUVE>

<https://www.youtube.com/watch?v=gXeD5ZXwmuU>

<https://www.youtube.com/watch?v=MsrlSXT63JM>

<http://www.graie.org/mediates/kit1.html#5>

CIPEL : <http://www.cipel.org/publications/expositions/>

## PRODUITS NATURELS ET RECETTES « MAISON »

### Entretien de la maison

Recettes de produits ménagers (CESEAU) :

<http://www.ceseau.org/recettes.php>

Ménage au naturel (projet LUMIEAU) :

<http://www.strasbourg.eu/environnement-qualite-de-vie/eau-assainissement/projet-lumieau-stra>

Entretenir sa maison au naturel. 60 Millions de consommateurs. Hors-série n° 188. Avril-mai 2017. *Dossier : les produits naturels*, pages 34-50.

*Dossier : 250 recettes brillantes*, pages 52-108.

Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/entretenir-sa-maison-au-naturel-2017>

Le grand ménage de Raffa : <http://raffa.grandmenage.info/>

La bible du tout propre (Louet, I. & Fabre, S.). 2016. Éditeur : Massin Charles, 192 p. ISBN : 2707209481

### Hygiène corporelle :

Recettes de cosmétiques (Génération cobaye) :

<http://www.generationscobayes.org/categorie/diy>

Cosmétiques non toxiques. 60 millions de consommateurs. Hors-série n° 189. Juillet 2017. *Dossier : le cahier de recettes beauté*, pages 94-107.

Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/cosmetiques-non-toxiques>

Beauté au naturel. 60 millions de consommateurs. Hors-série n° 120. Août 2016.

Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/beaute-au-naturel>

Slow cosmétique : <https://www.slow-cosmetique.org/>

Cosmétiques non toxiques (Fortin, S.). 2011. Éditeur : La Presse, 240 p. ISBN : 2923681975

### Santé :

Le magazine de la santé au naturel (Passeport santé) : <http://www.passeportsante.net/le-magazine-de-la-sante-au-naturel-l68>

Se soigner autrement. 60 millions de consommateurs. Hors-série - N° 185 - octobre 2016  
Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/se-soigner-autrement>

Se soigner sans ordonnance. 60 millions de consommateurs. Hors-série - N° 118 - janvier 2016

Pour commander le magazine : <http://www.60millions-mag.com/kiosque/se-soigner-sans-ordonnance>

La santé par les plantes. Faites vous-même vos remèdes naturels. (Wenzel, M.). 2015.  
Éditeur : Delachaux et Niestlé, 240 p. ISBN : 9782603021651

Se soigner toute l'année au naturel. Conseils d'un médecin pour toute la famille (Dr Charrié, JC & Clermont-Tonnerre, ML). 2012. Éditeur : Prat, 308 p. ISBN : 9782809503883

## POUR VOUS ACCOMPAGNER : les ateliers proposés sur Bordeaux Métropole

Maison Écocitoyenne de Bordeaux : <http://maisoneco.blog.bordeaux.fr/les-ateliers-pratiques-de-la-maison-ecocitoyenne.html>

CESEAU : <http://www.ceseau.org/>

100% Gironde : <http://100pour100gironde.fr/newsite/>

Pretty Sens : <https://www.prettysens.fr/>

Alternatives de Lilly (*Page Facebook*) : <https://fr-fr.facebook.com/LillyAlternatives/>

## Annexe 7 - Organisation de l'entretien collectif

### Logistique de la réunion :

Living Lab de Cap Sciences

Créneau 2 heures : 18h30-20h30 soirée semaine (3 soirées : mardi 12/12, mercredi 13/12, vendredi 15/12) et 10h30-12h30 samedi 16/12

Groupe restreint : env. 10-15 personnes

Réunion filmée par vidéo : caméra + micro en relais + dictaphone + appareil photo → matériel : Sandrine = 1 caméra avec pied, 1 appareil photo ; SJ = 1 dictaphone ; Céline = 1 caméra + 1 micro

2 animateurs par réunion parmi l'équipe SHS : Julia, Marie-Line, Sandrine et SJ

Mardi 12/12 : Julia, Sandrine, SJ

Mercredi 13/12 : Julia, SJ

Vendredi 15/12 : Sandrine, SJ

Samedi 16/12 : Sandrine, SJ

Matériel : papier (notes), grandes feuilles papyrus (schémas), stylos, marqueurs couleurs différentes + un carnet pour nos prises de notes

### Guide d'entretien collectif :

Présentation rapide des 3 temps de la réunion 5'

#### **- Temps 1 (45') -**

3 questions :

« Vous participez à une expérimentation depuis quelques mois, vous sentez-vous changé/e depuis notre première rencontre ? Qu'est-ce qui a changé pour vous dans votre quotidien et dans votre rapport à l'environnement et même dans votre façon de voir les choses ? » 15'

« Que retirez-vous de votre participation à ce projet REGARD – qui est un projet de recherche scientifique qui a pour objectif la diminution des micropolluants ? »  
*[si pas d'écho : avez-vous plus de connaissances (cognitif), plus de compétences (comportemental), vous sentez-vous plus expert (social) qu'avant ?]* 15'

« En quelques mots pourriez-vous décrire votre ressenti sur la démarche depuis le démarrage de celle-ci – avant l'été (mettre à disposition papier-stylo pour leurs notes) ? »  
*[si pas d'écho : l'annonce a été publiée au printemps puis la démarche a commencé au mois de juin avec l'entretien sociologique préliminaire, puis en automne : 2 périodes : référence et changements, outil numérique, accompagnement : activités, blog, infos...]* 15'

→ Pour chacune des questions, réponses volontaires pour commencer puis inviter les « plus discrets » en reformulant toujours les réponses.

### - Temps 2 (25') -

Présentation résultats synthétisés de l'analyse des questionnaires d'évaluation des changements (graphs synthétiques de Sandrine) 10' :

nombre moyen de changements,

changements les plus choisis,

changements pas du tout choisis,

appréciation générale tout changements confondus,

changements qui posent problème...

« Pourquoi avez-vous choisi ces changements ? » (impact écologique, praticité-facilité, raison économique...)

« Que vous a apporté l'accompagnement durant cette période de changements (suivi appli avec courbes, participation aux ateliers et blog...) ? »

C'est à ce moment qu'on leur dit pour l'influence sociale : *Des travaux en psychosociologie montrent qu'une seule phrase peut suffire à faire changer des comportements... on l'a testé sur certains d'entre vous...*

→ Échange sur cette évaluation et leurs perceptions des changements 15'

### - Temps 3 (45' *mais ajustement selon dynamique*) -

« Suite à l'expérience que vous venez de vivre, comment vous y prendriez-vous pour inciter la population de Bordeaux métropole aux changements de pratiques afin de diminuer l'émission de micropolluants provenant de la source domestique ? »

→ Échange oral libre 10-15'

→ Présentation de la « marguerite » : produits ou usages visés, population-cible, types d'action, temporalité d'action, territoire/échelle d'action, outils utilisés, partenaires mobilisés...

→ Scénario schématisé 20-25'

→ Restitution orale 5-10'

## Annexe 8 (en complément du Tableau 8) - Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores des 15 items du NEP aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2

NEP	Dimension	T1		T2		Comparaison T1 / T2		
		(n=43)		(n=43)		(n=43)		
		moyenne	Ecart-type	moyenne	Ecart-type	Normalité (Shapiro-Wilk)	Comparaison de moyenne	
						p	Test	p
1	Limites à la croissance	4.198	1.211	4.384	1.475	0.035	Wilcoxon	0.336
2	Anti-anthropocentrisme	5.314	0.682	5.244	0.819	<0.001	Wilcoxon	0.826
3	Equilibre de la nature	5.012	0.813	5.128	0.860	0.020	Wilcoxon	0.459
4	Anti-exemptionnalisme	3.860	1.177	4.209	1.211	0.013	Wilcoxon	0.270
5	Crise écologique	5.174	0.544	5.221	0.620	<0.001	Wilcoxon	0.580
6	Limites à la croissance	3.372	1.211	3.919	1.349	0.098	Wilcoxon	<b>0.013</b>
7	Anti-anthropocentrisme	5.430	0.799	5.570	0.696	<0.001	Wilcoxon	0.279
8	Equilibre de la nature	4.802	0.995	4.884	1.005	0.007	Wilcoxon	0.570
9	Anti-exemptionnalisme	5.047	0.830	5.302	0.733	0.049	Wilcoxon	<b>0.045</b>
10	Crise écologique	5.685	0.546	5.498	0.631	0.003	Wilcoxon	<b>0.038</b>
11	Limites à la croissance	5.140	0.915	5.081	1.107	0.076	Wilcoxon	0.773
12	Anti-anthropocentrisme	5.744	0.560	5.651	0.622	<0.001	Wilcoxon	0.433
13	Equilibre de la nature	3.907	1.059	4.151	1.015	0.378	Student	<b>0.094</b>
14	Anti-exemptionnalisme	4.640	0.941	5.012	1.055	0.430	Student	<b>0.039</b>
15	Crise écologique	5.372	0.599	5.326	0.844	0.001	Wilcoxon	0.643
<i>Item global</i>	<i>NEP Global</i>	<i>4.847</i>	<i>0.318</i>	<i>4.971</i>	<i>0.503</i>	<i>0.557</i>	<i>Student</i>	<b><i>0.050</i></b>

## Annexe 9 (en complément du Tableau 10) - Statistiques descriptives (moyenne et écart-type) des scores d'écogestes déclarés par items aux temps T1 et T2 et résultats de la comparaison de moyennes entre T1 et T2

Items des écogestes	Thématique	T1 (n=43)		T2 (n=43)		Comparaison T1 / T2 (n=43)		
		moyenne	Ecart-type	moyenne	Ecart-type	Normalité (Shapiro-Wilk)	Comparaison de moyenne	p
						p	Test	p
1	Tri / réduct. déchets	9.605	0.821	9.442	0.959	<0.001	Wilcoxon	0.176
2	Prod. moins nocifs	7.488	1.778	7.953	2.104	<0.001	Wilcoxon	<b>0.035</b>
3	Tri / réduct. déchets	9.791	0.638	9.535	1.437	<0.001	Wilcoxon	0.203
4	Dim. conso eau	7.419	2.061	8.047	1.479	<0.001	Wilcoxon	<b>0.055</b>
5	Réduct. incivilités	9.637	0.374	9.787	0.480	<0.001	Wilcoxon	0.464
6	Prod. moins nocifs	8.279	1.869	8.442	1.652	0.006	Wilcoxon	0.632
7	Dim. conso électr.	7.814	1.592	9.581	1.435	0.013	Wilcoxon	<b>0.023</b>
8	Tri / réduct. déchets	9.535	1.437	8.302	1.406	<0.001	Wilcoxon	0.759
9	Dim. conso électr.	7.000	2.545	7.279	2.250	0.054	Wilcoxon	0.415
10	Prod. moins nocifs	8.977	2.464	9.468	1.579	<0.001	Wilcoxon	0.138
11	Dim. conso électr.	9.209	1.489	9.140	1.207	<0.001	Wilcoxon	0.668
12	Tri / réduct. déchets	7.279	2.016	7.744	1.663	0.001	Wilcoxon	0.131
13	Dim. conso électr.	8.930	1.223	9.186	1.097	<0.001	Wilcoxon	0.190
14	Dim. conso eau	9.140	1.934	9.581	1.006	<0.001	Wilcoxon	0.144
15	Tri / réduct. déchets	9.093	1.428	9.140	1.014	<0.001	Wilcoxon	0.859
16	Prod. moins nocifs	7.698	1.958	8.256	1.217	<0.001	Wilcoxon	<b>0.078</b>
17	Dim. conso eau	9.558	0.825	9.651	0.613	<0.001	Wilcoxon	0.397
18	Prod. moins nocifs	6.674	2.275	7.070	2.154	0.009	Wilcoxon	<b>0.031</b>
<i>Item global</i>	<i>Pratiques écogestes</i>	<i>8.517</i>	<i>0.772</i>	<i>8.757</i>	<i>0.803</i>	<i>0.886</i>	<i>Student</i>	<b><i>0.008</i></b>

## Annexe 10 - Changements de pratiques déclarées

Données issues des questionnaires de satisfaction lors de la période de changement à T=1 semaine et T=4 semaines

Légende :	
<b>Substitution :</b>	
<b>Seco</b>	: substitution par produits écolabellisés
<b>Snat</b>	: substitution par produits naturels
<b>Smecca</b>	: substitution de produits par pratiques mécaniques
<b>Réduction :</b>	
<b>Rfreq</b>	: réduction de fréquence d'usage
<b>Rdose</b>	: réduction de dose de produit
<b>Rprod</b>	: réduction du nombre de produits pour un même usage
<b>Rptq</b>	: réduction de la pratique, souvent synonyme d'arrêt

Entretien maison - semaine 1										
		Seco	Snat	Smecca	Subs tot	Rfreq	Rdose	Rprod	Rptq	Red tot
Lessive machine	Lmach	5	8	0	13	0	2	1	0	3
Vaisselle mains	Vmains	3	5	0	8	0	3	1	0	4
Liquide rinçage vaisselle	Vliqrinc	1	7	0	8	1	1	0	0	2
Nettoyage surfaces	Surf	3	4	1	8	1	0	0	0	1
Vaisselle machine	Vmach	1	4	0	5					0
Nettoyage sol	Sol	0	4	1	5	0	2	0	0	2
Nettoyage WC	WC	1	4	0	5	1	0	1	0	2
Assouplissant lessive	Lassp	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Lessive machine	Ldet	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Lessive mains	Lmains	1	1	0	2	0	0	0	0	0
	Autre	0	2	0	2	0	0	0	0	0
					56					18
					76%					24%
										74
Hygiène corporelle - semaine 1										
		Seco	Snat	Smecca	Subs tot	Rfreq	Rdose	Rprod	Rptq	Red tot
Dents	Dents	4	8	0	12	0	2	0	0	2
Lavage cheveux	Chlav	5	4	1	10	3	3	1	0	7
lavage corps	Clav	3	3	1	7	0	2	2	0	4
deodorant	Deo	3	2	0	5	1	1	0	0	2
lavage visage	Vlav	1	1	1	3	0	1	1	0	2
soin visage	Vsoin	1	1	1	3	1	2	0	0	3
soin cheveux	Chsoin	2	0	1	3	0	2	0	0	2
savon	Sav	0	3	0	3	0	1	0	0	1
soin corps	Csoin	0	1	1	2	0	2	0	0	2
produits solaires	soiR	1	0	0	1	0	0	0	0	0
rasage / épilation	Rasepi	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Autre	0	1	0	1	0	0	0	0	0
					50					26
					66%					34%
										76
										Total S1
										150

<b>Entretien maison - semaine 4</b>										
	Seco	Snat	Smeqa	Subs tot	Rfreq	Rdose	Rprod	Rptq	Red tot	
Lmach	5	12	1	18	2	5	0	0	7	
Vmains	4	8	1	13	1	5	0	0	6	
Vliqrinc	1	4	1	6	1	0	0	0	1	
Surf	1	4	1	6	1	1	3	0	5	
Vmach	2	9	1	12	0	1	0	0	1	
Sol	0	5	4	9	3	1	1	0	5	
WC	1	3	0	4	3	0	1	0	4	
Lassp	0	2	1	3	0	0	0	2	2	
Ldet	1	1	1	3	0	2	0	3	5	
Lmains	0	2	0	2	0	0	0	0	0	
Autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				76					36	112
				68%					32%	
<b>Hygiène corporelle - semaine 4</b>										
	Seco	Snat	Smeqa	Subs tot	Rfreq	Rdose	Rprod	Rptq	Red tot	
Dents	4	5	1	10	0	5	0	0	5	
Chlav	9	3	1	13	4	2	2	0	8	
Clav	4	7	1	12	1	5	2	0	8	
Deo	3	5	1	9	2	0	0	0	2	
Vlav	1	3	0	4	2	0	0	0	2	
Vsoin	2	2	0	4	0	1	0	0	1	
Chsoin	3	0	1	4	1	1	0	0	2	
Sav	0	5	0	5	0	1	0	0	1	
Csoin	1	2	1	4	1	0	0	0	1	
soIR	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
Rasepi	0	1	0	1	1	0	0	0	1	
Autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				67					31	98
				68%					32%	
									Total 54	210



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



# REGARD

*REduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise*

**LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION DES MICROPOLLUANTS  
SUR LE TERRAIN**

**TACHE 3.1 ACTION SUR LA SOURCE PLUVIALE**

**Livrable n°311 : Observatoire des techniques alternatives**

**Version finale**  
Novembre 2019

Auteurs : Anne-Cécile Michaud, Marion-Justine Capdeville, Pierre del Cos, Kevin Flury, Nora Couderc, Ilyas Belghali, Hélène Budzinski, Rémy Pico, Alexandra Coynel, Antoine Lerat

université  
de BORDEAUX



Université  
BORDEAUX  
MONTAIGNE



suez  
le lyre



suez INERIS





## Observatoire des techniques alternatives

### Bordeaux Métropole

#### Rapport du projet

Convention R&D SGAC/LyRE

Projet REGARD

**Auteurs du document :**

**LyRE :** Anne-Cécile Michaud,  
Marion-Justine Capdeville,  
Pierre del Cos, Kevin Flury,  
Nora Couderc, Ilyas Belghali

**UMR EPOC-LPTC :** Hélène Budzinski, Rémy Pico

**UMR EPOC -TGM :** Alexandra Coynel, Antoine Lerat

**Mars 2019**

## Résumé

En 2015, un observatoire des Techniques Alternatives (TA) de gestion des eaux pluviales a été mis en place sur le territoire de Bordeaux Métropole puis intégré au projet REGARD (REduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise). L'Observatoire a pour objectif d'étudier sur 3 années de suivi les performances de cinq ouvrages, tant du point de vue hydraulique qu'en termes de rétention des micropolluants. Pour ce faire, les données hydrauliques des cinq sites sont suivies en continu et des prélèvements d'eau pluviale pour analyses de micropolluants sont réalisés en entrée et en sortie des TA.

Sur la partie suivi hydraulique, le traitement des données mesurées en continu a permis d'analyser les fonctionnements des ouvrages sur des centaines d'événements pluvieux. Dans un premier temps, chaque événement pluvieux a été analysé de manière individuelle dans une démarche de critique/validation qui a consisté à sélectionner les événements ne présentant aucune anomalie hydraulique (mauvais fonctionnement de capteur, indicateurs aberrants, etc.). Dans un second temps, le fonctionnement des ouvrages sur les événements sélectionnés a été comparé aux résultats attendus (surface active théorique, dimensionnement théorique des ouvrages). Enfin, des indicateurs de performance ont été étudiés. Par exemple, l'abattement volumique et l'écrêtement des débits de deux TA ont été évalués et montrent des performances satisfaisantes par rapport aux performances attendues.

Sur la partie suivi qualitatif, des campagnes de prélèvements ont permis d'analyser 22 échantillons de temps de pluie, 6 échantillons d'eaux de nappe et 15 échantillons de sols et plantes. Un protocole a été établi pour pouvoir analyser les micropolluants. Il impliquait notamment une estimation à chaque campagne, des calculs des volumes transportés par les ouvrages par rapport à la pluie pour programmer les préleveurs par rapport au débit transitant. L'analyse de ces données qualité a montré un abattement des MES en concentration et en flux dans la TA. Les concentrations en micropolluants sont sensiblement similaires entre entrée et sortie, exceptés pour les phases particulières. Cette diminution provient d'un abattement de la phase particulière ainsi qu'à une diminution du volume d'eau sortant de l'ouvrage. Il ne s'agit donc pas d'un abattement en tant que tel mais d'une rétention du flux. Les eaux de nappes ne sont pas impactées par les micropolluants identifiés dans les TA. Enfin, un léger transfert vers les plantes est possible, caractérisé par une localisation de certaines molécules dans les parties aériennes. Dans les sols, il est à noter une présence de micropolluants (traceurs routiers et HAP) en concentration importante sur le premier horizon en comparaison des horizons plus profonds, ce qui pourrait indiquer une rétention de la pollution à cet endroit.

**Mots-clés : techniques alternatives, eaux pluviales, mesure en continu, efficacité hydraulique, micropolluants, prélèvements de temps de pluie**

## Sommaire

Résumé .....	3
Liste des figures .....	6
Abréviations .....	9
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>10</b>
1) Contexte .....	10
2) Problématiques .....	10
3) Objectifs du projet.....	10
<b>A) CHOIX DES SITES .....</b>	<b>11</b>
<b>B) INSTRUMENTATION .....</b>	<b>14</b>
1) Gammes de débits attendus.....	14
2) Choix de l'instrumentation et gammes de débit revus .....	15
3) Travaux d'instrumentation .....	17
a. Bassin d'infiltration – Bois de Germignan.....	17
b. Bassin sur membrane et roseaux – RD1215 .....	19
c. Noues à alimentation diffuse – Parc d'activité Vert Castel .....	21
d. Noue à alimentation concentrée – Clos Lacaussade .....	22
e. Structure alvéolaire ultralégère infiltrante – La Boétie .....	24
<b>C) METROLOGIE .....</b>	<b>25</b>
1) Configuration des lois hauteur / débit.....	25
a. Déversoir rectangulaire à crête mince avec contraction latérale .....	25
b. Déversoir crête mince à échancrure triangulaire avec contraction latérale .....	27
c. Conduite circulaire avec capteur de mesure hauteur / vitesse .....	28
2) Vérification de l'exactitude des mesures .....	28
<b>D) SUIVI HYDRAULIQUE DES OUVRAGES .....</b>	<b>33</b>
1) Opérationnalité des sites pendant la durée du projet .....	33
2) Méthodologie d'analyse des données.....	35
a. Données pluviométriques.....	35
b. Critique et validation des données .....	36
c. Traitement des données.....	36
3) Indicateurs calculés .....	37
<b>E) RESULTATS DE L'ETUDE HYDRAULIQUE .....</b>	<b>39</b>
1) Suivi des mesures .....	39
a. Bilan sur la métrologie choisie.....	39
b. Sélection des évènements étudiés .....	40
2) Analyse des données : résultats et discussions .....	42
a. Calcul des surfaces actives.....	42
b. Performance de l'ouvrage – approche évènementielle .....	44
c. Performance de l'ouvrage – approche saisonnière .....	47
d. Performance de l'ouvrage – approche par groupe de pluie.....	49
e. Conclusions sur l'analyse des données.....	54
<b>F) SUIVI QUALITE DES OUVRAGES .....</b>	<b>55</b>
1) Campagnes prévues et réalisées .....	55
2) Protocole de prélèvement.....	57
a. Protocole de prélèvement des eaux pluviales.....	57
b. Protocole de prélèvement des eaux de nappes .....	59
c. Protocole de prélèvement des sols .....	61
d. Protocole de prélèvement des plantes et racines .....	63
<b>G) RESULTATS DE L'ETUDE QUALITE .....</b>	<b>67</b>

1)	Traitement des résultats des campagnes qualité .....	67
2)	Résultats des campagnes de prélèvements d'eaux pluviales .....	68
a.	Caractéristiques des campagnes réalisées .....	68
b.	Résultats d'analyse des échantillons d'eaux pluviales – polluants majeurs .....	72
c.	Résultats d'analyse des échantillons d'eaux pluviales - ETM .....	75
d.	Résultats d'analyse des échantillons d'eaux pluviales – micropolluants organiques.....	84
3)	Résultats des analyses des échantillons de nappes.....	92
a.	Polluants majeurs .....	93
b.	ETM.....	94
c.	Micropolluants organiques.....	96
4)	Résultats des analyses des échantillons de sols et plantes .....	97
a.	Résultats d'analyse des échantillons de sols au Bois de Germignan .....	97
b.	Résultats d'analyse des échantillons de plantes à RD1215 .....	101
<b>G)</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>104</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>105</b>
	<b>Annexes.....</b>	<b>106</b>
1)	Graphes d'analyse hydraulique du site RD1215 .....	106
2)	Graphes d'analyse hydraulique du site Germignan.....	111
3)	Protocole de prélèvement des eaux pluviales pour l'observatoire des Techniques Alternatives.....	113
4)	Mesures de conductivité sur les piézomètres P29 et P30 .....	121
5)	Descriptif des sondages réalisés sur le bassin de Germignan .....	122
6)	Liste des micropolluants recherchés .....	126
7)	Hydrogrammes et points de prélèvement obtenus pour les campagnes d'analyse des eaux pluviales .....	128

## Liste des figures

Figure 1 - Méthodologie utilisée pour la sélection des ouvrages.....	12
Figure 2 - Carte de localisation des ouvrages proposés pour l’observatoire des techniques alternatives .....	13
Figure 3 - Récapitulatif des débits attendus pour chaque site .....	16
Figure 4 - Vue en perspective d’un déversoir rectangulaire avec contraction latérale (CETMEF, 2005).....	25
Figure 5 - Abaque de $K_I$ (mm) en fonction du rapport L/B. (CETMEF, 2005) .....	26
Figure 6 - Abaque de $\phi$ et $\psi$ en fonction du rapport L/B. (CETMEF, 2005).....	26
Figure 7 - Vue en perspective d’un déversoir triangulaire (CETMEF, 2005).....	27
Figure 8 - Valeurs de $K_h$ (mm) avec $\alpha$ quelconque (CETMEF, 2005) .....	27
Figure 9 - Traçage par injection instantané .....	30
Figure 10 - Traçage par injection à débit constant .....	30
Figure 11 - Schéma d’un traçage (Onema contrôle-débit, 2011).....	30
Figure 12 - Germignan amont : Boite déversoir à échancrure rectangulaire.....	30
Figure 13 - Lacaussade amont : déversoir triangulaire .....	30
Figure 14 - Préparation des solutions étalons en laboratoire .....	31
Figure 15 - Préparation des solutions mère en laboratoire .....	32
Figure 16 - Hydrocureuse sur site.....	32
Figure 17 - Exemple de résultat obtenu pour le traçage sur le site de Lacaussade amont.....	33
Figure 18 - Exemple de dysfonctionnement de la mesure de hauteur d’eau sur le site de Germignan.....	36
Figure 19 - Exemple de graphique avec la répartition événementielle des hydrogrammes amont et aval d’un site .....	37
Figure 20 - Evènements totaux et évènements sélectionnés pour l'approche événementielle sur le site de Lacaussade.....	40
Figure 21 - Surface active et cumul 5 jours antérieurs à l’évènement sur le site Lacaussade, classés par ordre croissant du cumul de l’évènement .....	42
Figure 22 - Volume amont et cumul 5 jours antérieurs à l’évènement sur le site Clos de Lacaussade classés par ordre croissant du cumul de l’évènement .....	43
Figure 23 - Volume d’abattement et cumul 5 jours antérieurs à l’évènement sur le site de Lacaussade classés par ordre croissant du cumul de l’évènement .....	44
Figure 24 - Pourcentage d’abattement et cumul des 5 jours antérieurs à l’évènement sur le site Clos de Lacaussade classés par ordre croissant du cumul de l’évènement.....	44
Figure 25 - Ecrêtement de débit, débit maximal amont et cumul de l’évènement classés par ordre croissant de l’intensité maximale événementielle au pas de temps de 10min.....	45
Figure 26 - Pourcentage d’ecrêtement (%) et cumul de l’évènement en mm classés par ordre croissant de l’intensité maximale événementielle au pas de temps de 10min.....	46
Figure 27 - Cumuls enregistrés selon la saison sur le site de Clos de Lacaussade.....	47
Figure 28 - Volume amont (bleu) volume abattu (orange) et pourcentage d’abattement du site Lacaussade selon la saison.....	48
Figure 29 - Débit max amont(bleu) Débit écrêté (orange) et Pourcentage d’ecrêtement de débit selon la saison .....	48
Figure 30 - Caractéristiques des groupes d’évènements, en abscisse les noms des groupes et le nombre d’évènements de chaque groupe entre parenthèses .....	50
Figure 31 - Moyenne, minimum, maximum et médiane des trois variables de classification pour chaque groupe de pluie .....	51
Figure 32 - Evolution du pourcentage d’abattement (trait gris), volume amont (bleu) et volume abattu (jaune) en fonction du groupe d’évènements .....	52

Figure 33 - Evolution du pourcentage d'écrêtement, du débit maximal amont et débit écrêté sur le site de Lacaussade en fonction des groupes d'évènements, le nombre d'évènements de chaque groupe est entre parenthèses.....	53
Figure 34 - Principe du protocole de prélèvement proportionnel au débit.....	58
Figure 35 - Exemple de calcul de surface active à partir des données enregistrées.....	58
Figure 36 - Exemple de répartition des points de prélèvement sur un hydrogramme. Ici Lacaussade amont lors de la campagne du 5 novembre 2016.....	59
Figure 37 - Localisation des piézomètres en amont et en aval du bassin. Source : Infoterre.....	60
Figure 38 - Positionnement des sondages "test" et des sondages ayant servi aux prélèvements.....	62
Figure 39 - Positionnement des sondages dans le bassin d'infiltration.....	62
Figure 40 - Points de prélèvement identifiés lors d'une visite de terrain.....	64
Figure 41 - Roseaux prélevés lors d'une visite de terrain.....	64
Figure 42 - Stratégie d'échantillonnage pour les parties aériennes des plantes.....	66
Figure 43 - Volumes ayant transités pendant les campagnes au niveau des sites : Germignan (noté DORE), Lacaussade amont (noté lacaussadeE), Lacaussade aval (noté lacaussadeS) et la Boétie amont (noté SAUL-BoetieE) – Nota : le volume de LacaussadeS-1 est manquant à cause d'une perte de données.....	69
Figure 44 - Volumes ayant transités pendant les campagnes au niveau des sites : RD1215 amont (noté depollutionRD1215E) et RD1215 aval (noté depollutionRD1215S).....	70
Figure 45 - Exemple de représentativité de l'échantillon qualifiée de « bonne ».....	71
Figure 46 - Exemple de représentativité de l'échantillon qualifiée de « moyenne ».....	71
Figure 47 - Résultats obtenus sur les paramètres MES, DCO et DBO5 dans les échantillons d'eaux pluviales.....	72
Figure 48 - Résultats obtenus sur les autres polluants majeurs dans les échantillons d'eaux pluviales.....	72
Figure 49 - Résultats obtenus sur les flux de polluants majeurs pour RD1215.....	73
Figure 50 - Résultats obtenus sur les flux des paramètres MES, DCO et DBO5 dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadeS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume).....	74
Figure 51 - Résultats obtenus sur les flux des autres polluants majeurs dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadeS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume).....	74
Figure 52 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales.....	75
Figure 53 - Résultats obtenus sur les niveaux d'enrichissement en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales Normalisation par les concentrations obtenues sur l'échantillon de nappe P30-1, hors ETM majeurs (fer, strontium, aluminium, baryum).....	76
Figure 54 - Résultats obtenus sur les niveaux d'enrichissement en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales Normalisation par les concentrations obtenues sur l'échantillon de nappe P30-1, hors ETM majeurs (fer, strontium, aluminium, baryum, cuivre).....	76
Figure 55 - Résultats obtenus sur les flux en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadeS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume).....	77
Figure 56 - Résultats obtenus sur les flux en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales de RD1215.....	77
Figure 57 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales.....	78
Figure 58 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales normalisées par la concentration en MES = concentrations exprimées en mg/kg.....	80
Figure 59 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales normalisées par la concentration en MES sans Aluminium, Fer et Zinc.....	81
Figure 60 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales normalisées par la concentration en MES sans Cuivre, Aluminium, Fer et Zinc.....	81
Figure 61 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadeS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume).....	82

Figure 62 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales, hors ETM fer, strontium, aluminium, baryum, cuivre et zinc.....	82
Figure 63 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales de RD1215 .....	82
Figure 64 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales de RD1215 hors ETM fer, strontium, aluminium, baryum, cuivre et zinc.....	83
Figure 65 - Concentrations cumulées des différentes familles de micropolluants sur les ouvrages étudiés ...	84
Figure 66 - Proportions des différentes familles de micropolluants dans les échantillons.....	85
Figure 67 - Concentration totale en micropolluants dans les eaux d'arrivées du bassin d'infiltration du bois de Germignan en fonction de la période de temps sec précédent l'évènement pluvieux considéré .....	85
Figure 68 - Concentrations cumulées en composés pharmaceutiques pour les échantillons de : a) bassin d'infiltration du bois de Germignan, b) bassin de dépollution RD1215 et c) bassin d'infiltration de Lacaussade et SAUL Boétie .....	87
Figure 69 - Concentrations cumulées en pesticides pour les échantillons de : a) bassin d'infiltration du bois de Germignan, b) bassin de dépollution RD1215 et c) bassin d'infiltration de Lacaussade et SAUL Boétie .....	88
Figure 70 - Concentrations cumulées en HAP pour les différents sites étudiés .....	89
Figure 71 - Concentrations cumulées en PFAS pour les différents sites étudiés .....	90
Figure 72 - Concentrations en HAP sur la fraction particulaire (ng/L) sur les différents ouvrages.....	90
Figure 73 - Flux des différentes familles de micropolluants (mg/évènement pluvieux) pour a) le bassin du bois de Germignan, b) le bassin d'infiltration de Lacaussade et c) le bassin de dépollution de la RD1215. ....	92
Figure 74 - Localisation des piézomètres en amont et en aval du bassin. Source : Infoterre .....	92
Figure 75 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour MES, DCO et DBO <sub>5</sub> .....	93
Figure 76 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour les autres polluants majeurs analysés.....	93
Figure 77 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM dissous .....	94
Figure 78 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM dissous hors Fer, Strontium, Aluminium Baryum .....	94
Figure 79 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM particulières.....	95
Figure 80 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM particulières hors Fer, Strontium, Aluminium, Baryum .....	95
Figure 81 - Concentrations cumulées des différentes familles de micropolluants et b) concentrations cumulées en pharmaceutiques dans les eaux de nappes.....	96
Figure 82 - Résultats d'analyse des échantillons pour les ETM sur les sols de Germignan, en mg/kg.....	97
Figure 83 - Résultats d'analyse des ETM sur les sols de Germignan, normalisation par le Thorium .....	98
Figure 84 - Résultats d'analyse des ETM sur les sols de Germignan, normalisation par le Thorium et l'échantillon le moins concentré (horizon 2 du témoin S4) .....	99
Figure 85 - Concentrations cumulées des familles de micropolluants dans différents points et différents horizons de sols du bassin de Germignan .....	99
Figure 86 - Concentrations cumulées en a) HAP et b) pesticides dans différents points et différents horizons de sols du bassin de Germignan .....	100
Figure 87 - Résultats d'analyse des ETM sur les plantes de RD1215.....	101
Figure 88 - Résultats d'analyse des ETM sur les plantes de RD1215, hors Fer, Aluminium, Cuivre et Zinc ....	101
Figure 89 - a) Concentrations cumulées en pesticides et HAP et b) concentrations cumulées des différents composés dans les plantes du bassin RD1215 .....	102

## Abréviations

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

DBO<sub>5</sub> : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EP : Eau pluviale

EPOC : Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux

ETM : Eléments Traces Métalliques

GSM : Global System for Mobile communication

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

LQ : Limite de quantification

LPTC : Laboratoire de Physico et Toxico-Chimie de l'environnement

LyRE : Centre de recherche et d'innovation Suez

MES : Matières En Suspension

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

PFAS : PerFluoroAlkyl and PolyFluoroAlkyl Substances

REGARD : REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole borDelaise

SAUL : Structure Alvéolaire Ultra Légère

SGAC : Société de Gestion de l'Assainissement de Bordeaux Métropole

TA : Technique Alternative de gestion des eaux pluviales

UMR : Unité Mixte de Recherche

## INTRODUCTION

### 1) Contexte

Face à l'urbanisation croissante, Bordeaux Métropole préconise la gestion des eaux pluviales par des ouvrages nommés « techniques alternatives » (TA) ou « solutions compensatoires » permettant de privilégier l'infiltration et la gestion des eaux pluviales à la source.

Leur fonction première est quantitative par l'écrêtement des débits de pointe et l'infiltration des eaux pluviales vers les sols. L'utilisation d'ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source génère également d'autres bénéfices secondaires. Notamment, ils permettent de limiter les transferts de polluants vers le milieu récepteur, en limitant l'effet de concentration des polluants induit par le tout tuyau.

### 2) Problématiques

Sur l'aspect quantitatif, des études de modélisation à l'échelle des systèmes d'assainissement montrent que la mise en place de techniques alternatives à l'amont d'un système d'assainissement permet de réduire les apports vers les réseaux publics d'assainissement et ainsi, les risques de débordements des réseaux et de déversements vers les milieux naturels. En revanche, peu d'études permettent de suivre précisément et en continu le fonctionnement d'ouvrages, notamment d'infiltration, au fur et à mesure des pluies successives. Cette connaissance permettra de vérifier d'une part, que leur dimensionnement est adéquat, et d'autre part, leur impact sur les réductions des apports vers les réseaux publics et le milieu récepteur, dans un contexte pluviométrique local donné.

Sur l'aspect qualitatif, des études sur les techniques alternatives ont montré des bénéfices en termes de réduction des transferts de polluants vers l'aval. En revanche les études sur les micropolluants restent encore limitées. Ces micropolluants sont présents dans les eaux pluviales par leur contact avec l'atmosphère (fumées d'échappement, gaz d'usines, etc.) ou par leur ruissellement (voiries, toitures, etc.). Certains composés peuvent avoir des effets indésirables sur le milieu naturel même à des faibles concentrations (perturbateurs endocriniens par exemple).

### 3) Objectifs du projet

Dans ce cadre, un observatoire expérimental de 5 techniques alternatives a été monté sur le territoire de Bordeaux Métropole. Cet observatoire a pour principaux objectifs :

- d'identifier les évolutions du fonctionnement et des performances hydrauliques avec un suivi pluriannuel
- d'évaluer l'impact de la gestion à la source sur le devenir des micropolluants sur trois ans de pluie sur le territoire de Bordeaux Métropole (travail fait en collaboration avec un laboratoire de recherche pour les analyses et l'expertise sur les micropolluants organiques et métalliques : l'UMR EPOC dans le cadre du projet le programme de recherche REGARD, issu de l'appel à projet ONEMA, porté par Bordeaux Métropole et le LyRE comme coordinateur scientifique et

réalisé en partenariat avec de multiples acteurs et laboratoires universitaires du territoire bordelais).

Le projet a débuté en 2015 avec l'étude d'instrumentation qui a conduit à équiper 5 ouvrages à la fin 2015, il s'est achevé le 26 novembre 2018 avec la restitution du projet et des résultats portant sur le suivi quantitatif à Bordeaux Métropole ; les résultats portant sur le suivi qualitatif ayant été intégrés au projet REGARD.

## A) CHOIX DES SITES

Une étude préalable a été réalisée en 2015 pour sélectionner les 5 sites de l'observatoire. Les principales étapes de cette étude sont résumées ci-dessous :

- Une première partie « **Etat de l'art et revue bibliographique** » a été réalisée pour s'assurer notamment de la pertinence scientifique du choix des ouvrages et recenser les méthodes de mesures – hydraulique et qualité – qui peuvent être envisagées sur ce type d'ouvrage. Les techniques de métrologie sont souvent des prototypes expérimentaux, du fait de la structure des TA (ouvrages à ciel ouvert, peu profonds, à alimentation diffuse, etc.), des petits débits transitant par ces ouvrages et des temps de ressuyage longs. L'instrumentation d'une TA nécessite donc généralement une étude spécifique et des équipements « sur-mesure » bien adaptés à l'ouvrage considéré.
- Les **ouvrages présents sur le territoire de Bordeaux Métropole** ont également été recensés à partir des données disponibles : SIG, plans de récolement, interviews (personnels de Bordeaux Métropole, de la SGAC, de la DT Ouest, etc.). Les ouvrages situés sous domaine privé ont été difficile à recenser (travail en cours par les services de Bordeaux Métropole), une attention particulière a donc été portée sur les ouvrages situés sous domaine public : les ouvrages enterrés (structures alvéolaires infiltrantes par exemple), les ouvrages clos (bassins à sec, etc.), les ouvrages accessibles au public (noues, etc.). Les bassins régulés et canalisations surdimensionnées n'ont pas été prises en compte du fait de la proximité du fonctionnement de ces ouvrages avec les techniques classiques type « tout tuyau ».
- Une **revue des ouvrages** a ensuite permis de pré-sélectionner une cinquantaine d'ouvrages à étudier. Les critères retenus pour cette première sélection étaient la recherche d'une typologie variée des ouvrages, le type de bassin versant raccordé en amont (surface active, usages, charges polluantes estimatives, etc.), les caractéristiques techniques des ouvrages (matériaux de construction, dimensions, etc.) et le fonctionnement hydraulique des ouvrages (en série, en parallèle, etc.).
- Cette première sélection a été affinée par une **analyse multicritère** de 21 sites, grâce notamment à des visites terrain (évaluation des possibilités d'instrumentation, accessibilité des ouvrages, etc.) et des analyses des documents disponibles aux archives (plans, études, etc.). Les possibilités d'instrumentation se sont révélées être la principale limitation dans le choix des sites. En effet, l'instrumentation classique utilisée en assainissement est adaptée aux tuyaux et canalisations mais peu aux ouvrages enherbés transportant de faibles débits.
- Finalement, une **étude d'instrumentation spécifique** (dont les principaux résultats sont présentés ci-après) a permis de sélectionner les 5 ouvrages proposés à Bordeaux Métropole pour l'observatoire.

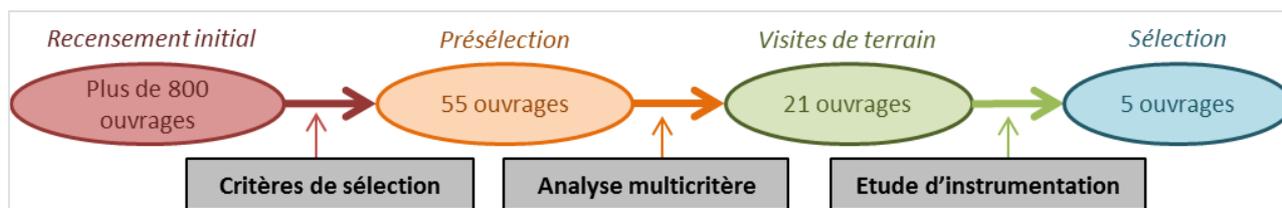


Figure 1 - Méthodologie utilisée pour la sélection des ouvrages

Enfin, le projet et l'instrumentation prévue ont été présentés pour avis à plusieurs scientifiques reconnus sur le sujet, aux experts métrologie de Suez et de la SGAC.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques des sites sélectionnés :

Nom	Type de TA	Type de bassin versant	Surface du bassin versant (ha)	Fonctionnement	Volume de stockage (m <sup>3</sup> )	Date de création	Surface active <sup>1</sup> théorique (ha)	Débit de fuite (L/s)
<b>Germignan</b>	Bassin d'infiltration	résidentiel	6,4	infiltration	364	1985	2,7	-
<b>RD 1215</b>	Bassin sur membrane et roseaux	voirie (route départementale)	33	Dépollution (?) et infiltration	-	années 80	31,3	-
<b>Vert Castel</b>	2 noues à alimentation diffuse	parc d'activité (rue d'accès)	0,54	Infiltration-régulation	74m <sup>3</sup> chacune	2011	0,5	7,5
<b>Lacaussade</b>	Noue à redans à alimentation concentrée	résidentiel	3,8	Infiltration-régulation	333	1989	2,2	18
<b>Boétie</b>	SAUL	voirie (avenue passante)	0,05	Infiltration-régulation	34	2015	0,05	2

<sup>1</sup> Surface active : surface imperméabilisée équivalente ou somme des surfaces aménagées pondérées par les coefficients d'imperméabilisation des différents matériaux employés (voirie, parking, bâtiment...)

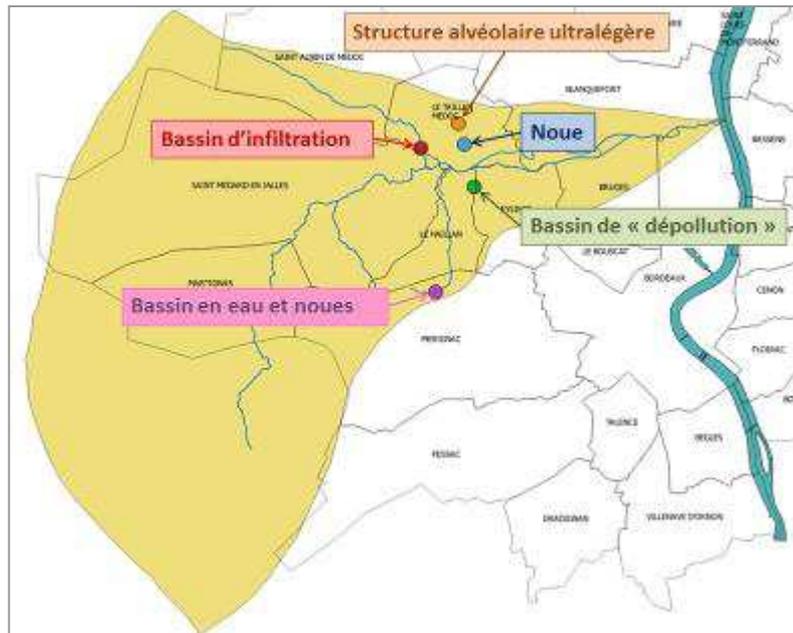


Figure 2 - Carte de localisation des ouvrages proposés pour l'observatoire des techniques alternatives

## B) INSTRUMENTATION

### 1) Gammes de débits attendus

Pour orienter le choix de l'instrument de mesure du débit adapté sur chaque site il était nécessaire d'avoir **un ordre de grandeur des gammes des débits attendus**. A l'aval de certaines techniques alternatives, le débit est régulé afin de ne pas saturer le réseau et de stocker temporairement les eaux pluviales. Le débit attendu a donc été calculé en fonction du dimensionnement des régulateurs en place (ajutage, etc.). Pour les points de mesure où le débit n'est pas régulé, celui-ci a été estimé avec la méthode rationnelle et la méthode du réservoir linéaire. Ces méthodes hydrauliques permettent de connaître l'ordre de grandeur des débits attendus à l'exutoire d'un bassin versant avec un nombre limité de données (il est à noter cependant que les résultats peuvent être éloignés des gammes de débits réels. La différence des résultats entre les méthodes rationnelles et du réservoir linéaire illustre cette incertitude). Les gammes de débits attendus ont été calculées pour des pluies avec une période de retour inférieure ou égale à **6 mois** correspondant aux modes de fonctionnement les plus fréquents et les plus pertinents pour l'étude. La limite inférieure de la gamme de débits idéale est de 0 L/s, permettant ainsi de bien mesurer les débuts et les fins de chaque pluie.

Le tableau ci-dessous donne les résultats théoriques des gammes de débit attendus pour les sites à débit non régulé, puis à débit régulé :

	1. Bois de Germignan	2. RD-1215 Amont    Aval	4. Lacaussade amont	5. Avenue de la Boétie amont
Surface théorique du bassin versant (ha)	6,4	33,0	3,8	0,05
Temps de concentration théorique (min)	9	22	9	2
Diamètre canalisation (mm)	400	1000    800	400	300
<b>Gamme de débits (L/s)</b> <b>T = 1 semaine - 6 mois</b> <i>méthode rationnelle</i>	50 - 300	280 - 2240	10 - 250	2 - 20
<b>Gamme de débits (L/s)</b> <b>T = 1 mois - 6 mois</b> <i>méthode du réservoir linéaire</i>	60 - 180	350 - 2420	60 - 180	2 - 7
<b>Gamme de débits théoriques (L/s)</b> <u>débit non régulé</u>	0 - 300	0 - 2500	0 - 250	0 - 25

	3. Vert Castel	4. Lacaussade (aval)	5. Avenue de la Boétie (aval)
<b>Dispositif de régulation</b>	Orifice $\emptyset$	Orifice $\emptyset$ 100	Orifice $\emptyset$ 32
Débit de régulation nominal (L/s)	7,5	18	2
Débit de régulation maximal (L/s)	12	27	3
<b>Gamme de débits théoriques (L/s) débit régulé</b>	0 - 20	0 - 40	0 - 5

## 2) Choix de l'instrumentation et gammes de débit revus

Une fois que les gammes de débits attendus ont été estimées, il a été possible d'orienter le choix des instruments de mesure. Ce choix s'est effectué en fonction des contraintes techniques (méthodes de mesure adaptées aux débits à mesurer), des contraintes de chaque site (espace disponible, fonctionnement hydraulique...), des contraintes économiques (budget prévu pour le projet) et des contraintes liées à l'exploitation des points de mesure. Les choix réalisés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Site	Instrumentation amont	Instrumentation aval
Bois de Germignan – bassin d'infiltration	Mesure de hauteur par US et boîte déversoirs rectangulaires	Mesure de hauteur par piézomètre en fond de bassin
RD1215 – Bassin sur membrane et roseaux	Débit par mesure hauteur / vitesse quand $h \geq 2,5$ cm, loi H/Q sinon	Mesure de hauteur par piézomètre et lame déversante rectangulaire
Vert Castel - Noue à alimentation diffuse	Aucune (alimentation diffuse)	Mesure de hauteur par US et lame déversante triangulaire
Lacaussade - Noue à alimentation concentrée	Mesure de hauteur par US et lame déversante triangulaire	Mesure de hauteur par US et lame déversante triangulaire
La Boétie - SAUL infiltrante	Mesure de hauteur par US et lame déversante triangulaire	Mesure de hauteur par US et lame déversante triangulaire

La hauteur des lames déversantes a été déterminée en fonction de plusieurs paramètres : la gamme de débits attendus, l'encombrement sur le terrain et les risques de montée en charge à l'amont. En effet, la mise en place des lames ne doit pas augmenter le risque de débordement au niveau des ouvrages. Aussi, il était nécessaire de s'assurer que la surverse prévue permettrait le passage du débit capable pour chaque site. Ces choix ont parfois restreint la gamme de mesure théorique (Germignan, RD1215 aval, Lacaussade amont) ou ont parfois permis de l'étendre (La Boétie amont et aval). Le tableau suivant résume les débits ainsi revus pour chacun des sites de l'observatoire :

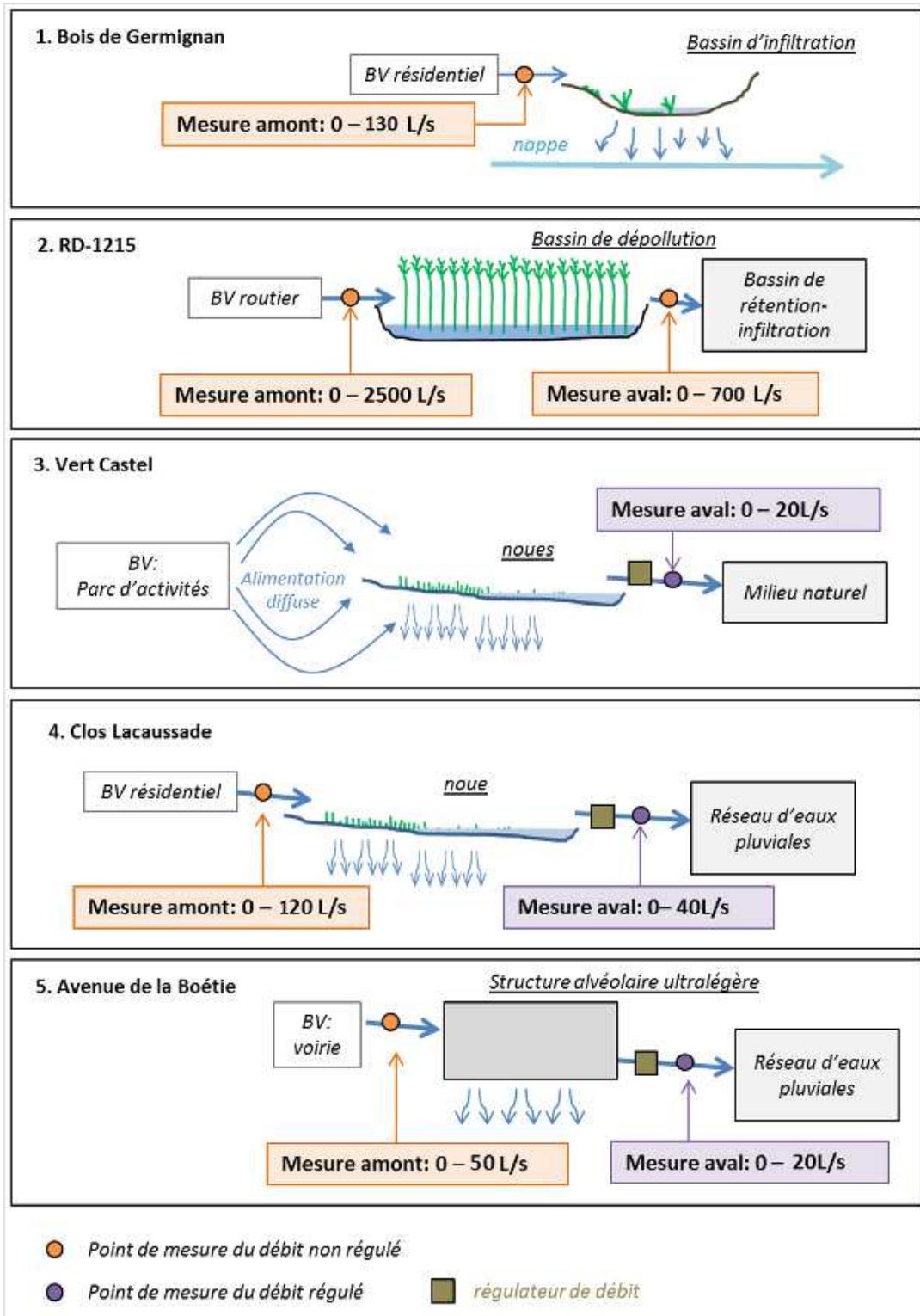


Figure 3 - Récapitulatif des débits attendus pour chaque site

### 3) Travaux d'instrumentation

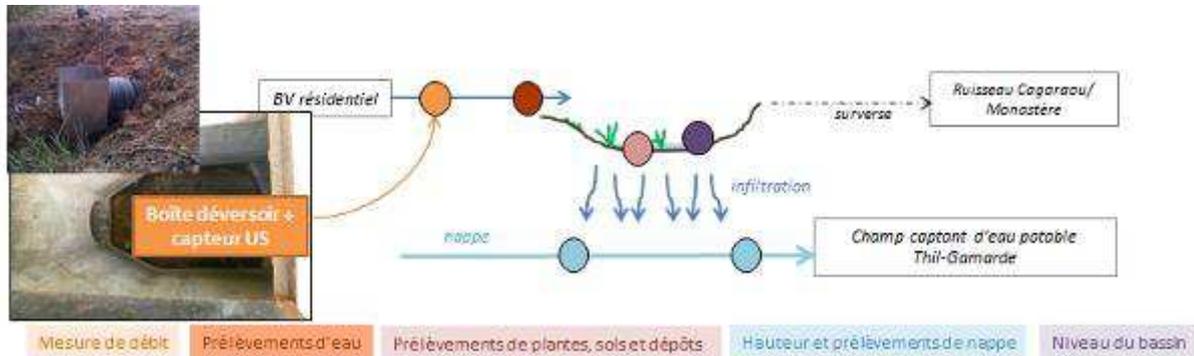
Les solutions retenues pour instrumenter les sites sélectionnés ont été proposées par un groupe de travail composé du LyRE et de CNS instrumentation. Les choix techniques ont été revus et adaptés suite à des échanges avec la DTS et la SGAC. Le détail par site est présenté ci-dessous.

#### a. Bassin d'infiltration – Bois de Germignan

##### Localisation et photo du site – Rue Gustave Doré – Le Taillan-Médoc



##### Instrumentation

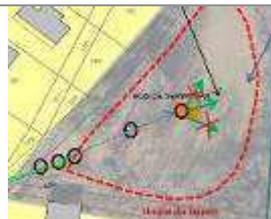


##### Spécificités

- Ouvrage d'infiltration en amont du champ captant du Thil
- Bassin versant résidentiel

##### Travaux réalisés

- 1) Bouchage des 2 arrivées (qui étaient inutilisées) de manière à ne pas dévier le flux en entrée



**2) Installation d'une boîte déversoir avec capteur de hauteur IJINUS et lame déversante.**

- La boîte a été solidement enfoncée dans la canalisation de manière à éviter un risque de vol.
- Les IJINUS ont été étalonnés avec un socle et un lasermètre certifiés COFRAC
- La bonne cohérence entre le lasermètre et les valeurs remontées a été vérifiée en lien RAMSES



**3) Installation d'un piézomètre de manière à mesurer le marnage du bassin (pour les fortes pluies car il semble avoir sinon de bonnes capacités d'infiltration)**

- Le piézomètre a été protégé par un tube PVC vissé à un socle enfoncé dans le sol.
- Le piézomètre est autonome sur pile et relié au transmetteur GSM via liaison radio.

Nota : ce piézomètre a finalement été déposé mi-2016 car il a été constaté que les capacités d'infiltration du bassin étaient telles que celui-ci ne se met jamais en charge, même pour des fortes pluies.

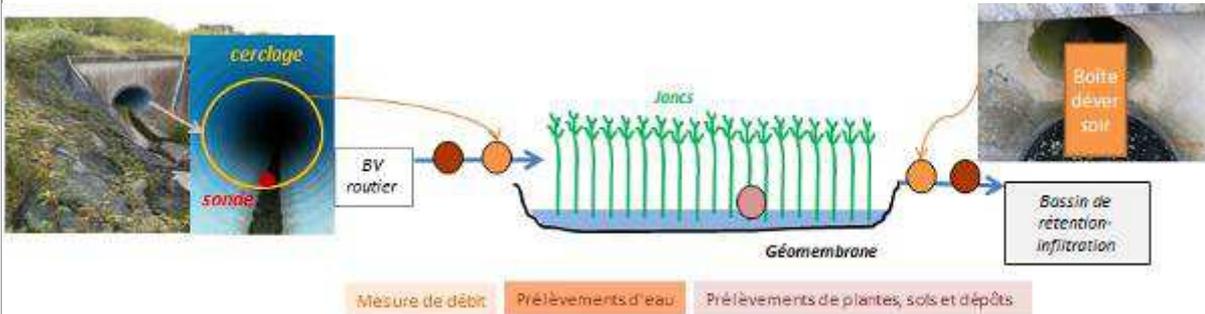


b. Bassin sur membrane et roseaux – RD1215

Localisation et photo du site – Chemin de Jallepont – Le Haillan



Instrumentation



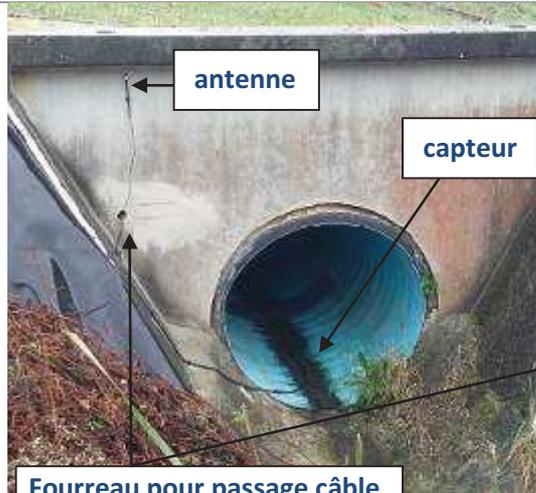
Spécificités

- Bassin versant routier
- Système voulu de « dépollution » (dénomination SIG) avec décantation sur membrane et roseaux

Travaux réalisés

1) **Mise en place d'un capteur hauteur-vitesse en amont**

- La valise énergie a été placée dans le regard cachette qui a été créé pour installer le préleveur
- Un fourreau permet le passage des câbles reliant le préleveur au capteur hauteur-vitesse pour asservir le prélèvement au débit



antenne

capteur

Fourreau pour passage câble préleveur et alimentation

2) **Réalisation d'un regard cachette pour placer le préleveur à proximité du point d'instrumentation amont**

- Le préleveur est placé à proximité du point d'instrumentation amont



3) **Mise en place d'une lame déversante et d'un capteur piezo à l'aval**



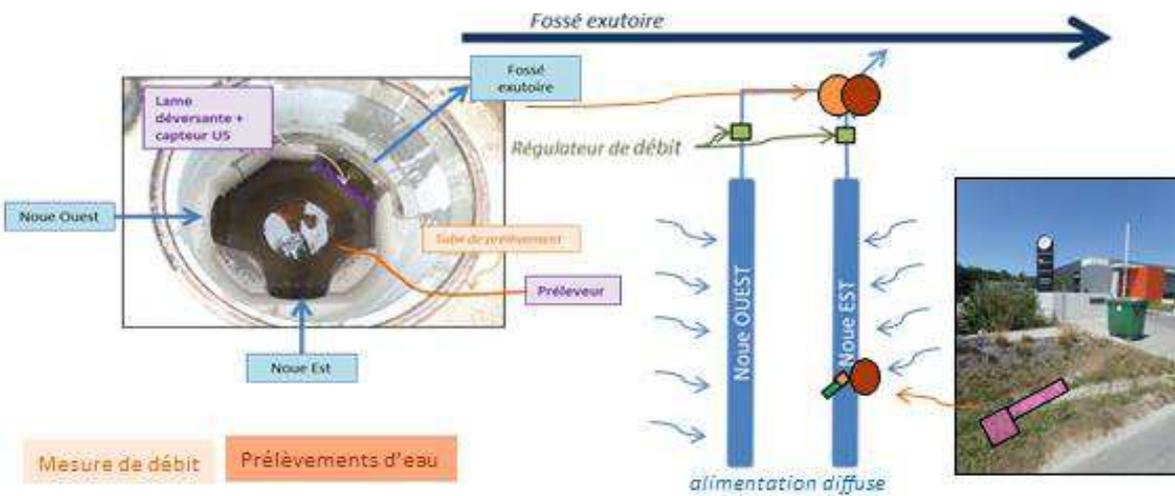
Vanne de régulation

c. Noues à alimentation diffuse – Parc d'activité Vert Castel

Localisation et photo du site – Rue Vert Castel – Mérignac



Instrumentation



Spécificités

- Bassin versant industriel (ZAC)
- Noues végétales à alimentation diffuse (« 0 tuyau »)

Travaux réalisés

1) **Mise en place d'un capteur IJINUS avec lame déversante en aval**



**Fourreau pour passage câble préleveur et alimentation**

2) **Réalisation d'un regard cachette pour placer le préleveur à proximité du point d'instrumentation aval**



3) **Installation d'un capteur de hauteur piezométrique** dans le canal à l'aval du site (capteur déposé du bassin de Germignan mi-année 2016). Cette mesure supplémentaire avait pour but de reconstituer les débits même dans les cas où l'écoulement est noyé (montée en charge du canal aval en période hivernales de fortes pluies et de nappes hautes). Cependant, ce capteur a ensuite été déposé car les conditions de pose n'étaient pas optimales et ne permettait pas d'obtenir une mesure fiable (manque de place par rapport à la lame déversante).

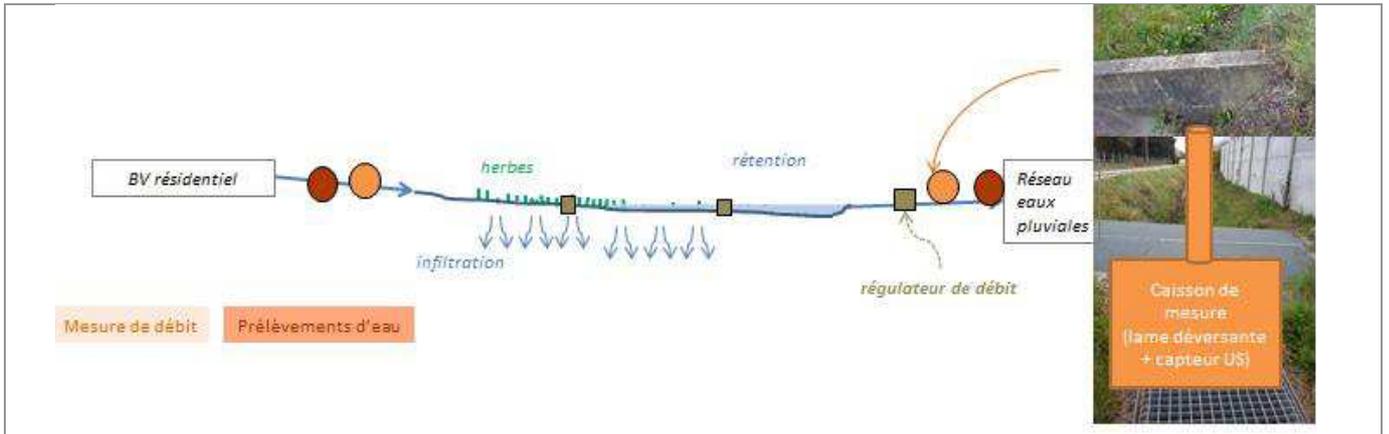
**Nota :** Ce site avait été choisi car, malgré les difficultés d'instrumentation liées au caractère intégré de l'ouvrage (arrivée diffuse et connexion immédiate à un ruisseau urbain) il était tout à fait intéressant de suivre un quartier en « zéro tuyau ». Cependant, l'année 2015 qui a conduit au choix de l'ouvrage s'est avérée différente en terme de pluviométrie et n'avait pas permis d'anticiper ce fonctionnement.

*d. Noue à alimentation concentrée – Clos Lacaussade*

**Localisation et photo du site – Allée Clos Lacaussade – Le Taillan-Médoc**



**Instrumentation**



### Spécificités

- Bassin versant résidentiel
- Noue à redent à alimentation canalisée

### Travaux réalisés

1) Mise en place d'un capteur de hauteur IJINUS avec lame déversante en aval



2) Réalisation d'un regard cachette pour placer le préleveur à proximité du point d'instrumentation amont



Fourreau pour passage câble préleveur et alimentation

3) Mise en place d'un capteur IJINUS avec lame déversante en amont



e. *Structure alvéolaire ultralégère infiltrante – La Boétie*

**Localisation et photo du site – Avenue de la Boétie (angle rue Bois des Ormes) – Le Taillan-Médoc**



**Spécificités**

- Gestion au plus près de la source (bassin versant très localisé)
- Ouvrage neuf et dans l'air du temps (permet de combiner pistes cyclables et régulation des eaux pluviales)

**Travaux réalisés**

- 1) **Mise en place d'un capteur de hauteur IJINUS avec lame déversante en amont**  
 Une gouttière en inox sur-mesure a également été installée de manière à récupérer et canaliser les eaux issues des deux arrivées dans la cheminée du regard.



- 2) **Mise en place d'une boîte déversoir avec capteur de hauteur IJINUS et lame déversante en aval**



**Nota :** Cet ouvrage était neuf et dès la réception des travaux en 2015, il a été constaté que le site ne prenait pas l'eau et était bypassé, même lors de fortes pluies. Par la suite, les avaloirs ont été modifiés pour assurer une arrivée de l'eau dans l'ouvrage, mais même après ces travaux, les débits arrivant dans l'ouvrage étaient très inférieurs aux débits théoriques. Ce fonctionnement inattendu de l'ouvrage a rendu son étude impossible, du fait que les capteurs mis en place avaient été choisis en fonction des débits théoriques notifiés dans la note de calcul du bureau d'étude en charge du dimensionnement de l'ouvrage.

## C) METROLOGIE

### 1) Configuration des lois hauteur / débit

Les lois hauteur / débit ont été configurées dans le logiciel Aquacalc à partir des équations explicitées ci-dessous et adaptées à chaque site.

#### a. Déversoir rectangulaire à crête mince avec contraction latérale

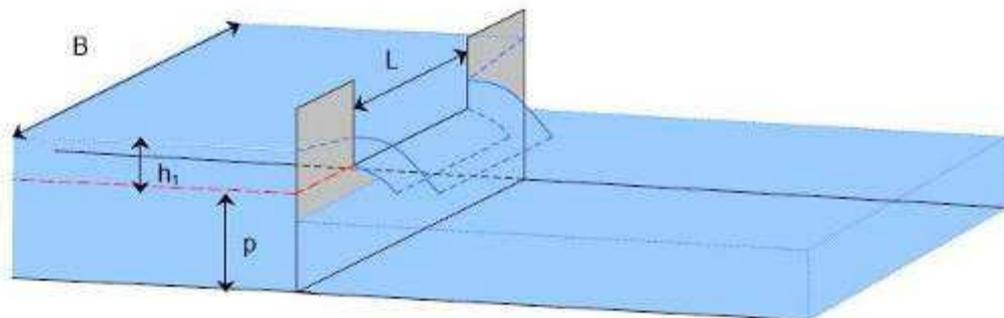


Figure 4 - Vue en perspective d'un déversoir rectangulaire avec contraction latérale (CETMEF, 2005)

Pour les sites de Germignan et RD1215 aval, l'équation retenue est la formule de Kindsvater et Carter pour les déversoirs rectangulaires, comme préconisé par la norme NF X 10-311 :

$$Q = \mu C_v L_e (h_e)^{3/2} \sqrt{2g}$$

Avec :

Q le débit en m<sup>3</sup>/s

$\mu$  le coefficient de débit

$h_e$  la hauteur effective tel que :  $h_e = h_1 + Kh = h_1 + 0.001$  ( $Kh \sim 1$  mm)

$L_e$  la largeur effective telle que :  $L_e = L + K_l$  avec  $K_l$  donné par l'abaque ci-dessous

$g$  la constante gravitationnelle

En pratique, le coefficient  $C_v$  est négligé (égal à 1) pour les déversoirs à crête mince car les vitesses d'approche sont généralement faibles (CETMEF, 2005).

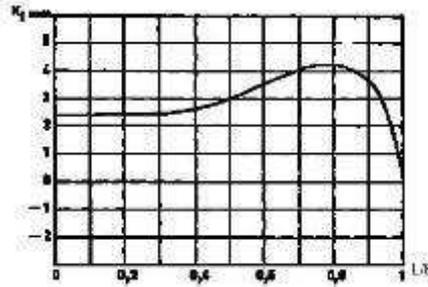


Figure 5 - Abaque de  $K_l$  (mm) en fonction du rapport  $L/B$ . (CETMEF, 2005)

Expression du coefficient de débit :

$$\mu = \frac{2}{3} \left( \varphi + \psi \frac{h_1}{p} \right)$$

Les valeurs de  $\varphi$  et  $\psi$  sont données par l'abaque de la Figure ci-dessous.

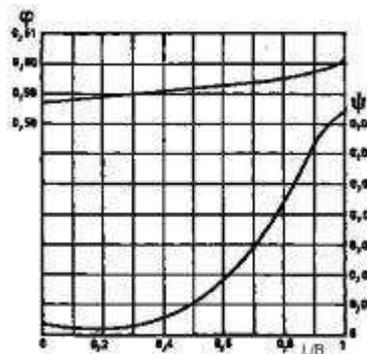


Figure 6 - Abaque de  $\varphi$  et  $\psi$  en fonction du rapport  $L/B$ . (CETMEF, 2005)

b. Déversoir crête mince à échancrure triangulaire avec contraction latérale

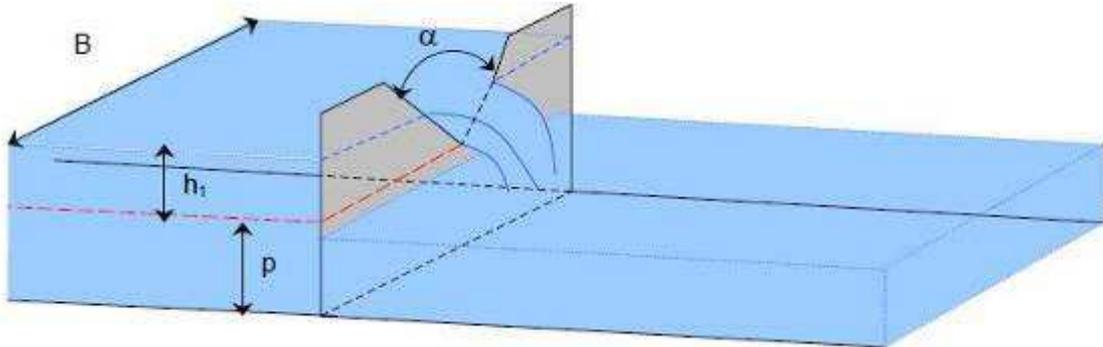


Figure 7 - Vue en perspective d'un déversoir triangulaire (CETMEF, 2005)

Pour les sites de Lacaussade, La Boétie et Vert Castel, et RD1215 aval, l'équation retenue est la formule de Kindsvater et Carter pour les déversoirs triangulaires, comme préconisé par la norme NF X 10-311 :

$$Q = \frac{8}{15} \mu C_v \sqrt{2g} (h_1 + K_h)^{5/2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

avec  
 $K_h$  longueur définie par l'abaque ci-dessous

Avec :

Q le débit en  $\text{m}^3/\text{s}$

$\alpha$  l'angle du déversoir

$\mu$  le coefficient de débit

g la constante gravitationnelle

$C_v$  : coefficient négligeable due à la faible vitesse d'approche pour les déversoirs à crête mince

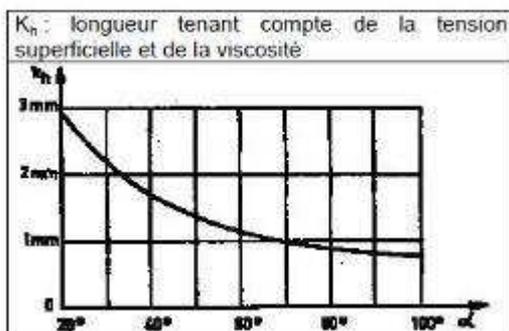


Figure 8 - Valeurs de  $K_h$  (mm) avec  $\alpha$  quelconque (CETMEF, 2005)

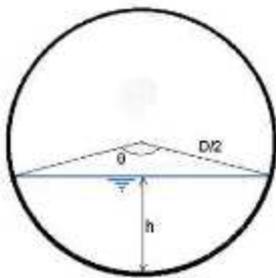
### c. Conduite circulaire avec capteur de mesure hauteur / vitesse

Le site RD1215 amont est le site pour lequel la gamme de mesure des débits entrants est la plus étendue, les débits pouvant être de l'ordre du m<sup>3</sup>/s. Il a donc été équipé d'un capteur hauteur/vitesse type doppler fournissant directement une mesure de débit suivant la formule :

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = S_m \text{ (m}^2\text{)} * \text{Vitesse (m/s)}$$

Avec  $S_m$  : section mouillée de la conduite, calculée suivant l'expression suivante :

$$S_m = (\theta - \sin \theta) \frac{D^2}{8} \text{ et } P_m = \frac{D\theta}{2} \text{ avec } \theta = 2 \arccos \left( \frac{\frac{D}{2} - h}{\frac{D}{2}} \right)$$



Caractéristiques de la conduite :	
Conduite circulaire	
Diamètre mm	1000
Matériau	Polyéthylène
Distance m	63,26
Z Aval m	14,28
Z Amont m	16,16
Pente i	0,0297
K Strickler	134

En revanche, le capteur ne fournit une mesure de vitesse que pour des hauteurs  $\geq 2,5$  cm. En-dessous de ces valeurs, la formule de Manning Strickler sera utilisée pour mesurer le débit à partir de la seule donnée de hauteur d'eau :

$$Q = K \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Avec Q : Débit en m<sup>3</sup>/s

i : pente de la canalisation en m/m

$S_{mouillée}$  : Surface mouillée en m<sup>2</sup>

$R_{hydraulique}$  : Rayon hydraulique en m

$K_{Strickler}$  : Coefficient de Strickler en m<sup>1/3</sup>/s pris égal à 134 de manière à assurer la continuité entre les deux formules de débit à h = 2,5 cm

## 2) Vérification de l'exactitude des mesures

Les ouvrages ont été instrumentés avec des méthodes utilisées classiquement en assainissement. Or, la particularité des TA est l'absence totale ou partielle de canalisation et le fait les débits sont plus faibles que dans un réseau classique. La vérification de l'exactitude des mesures consiste à utiliser une méthode différente de métrologie pour s'assurer de la cohérence avec la mesure mise en place sur le terrain.

Différentes méthodes existent pour vérifier l'exactitude des mesures, notamment :

- les mesures par empotement
- les mesures par micromoulinet
- les mesures par traçage au sel ou colorimétrie

Cette dernière étant la plus fiable, elle a été testée en 2016. Les résultats obtenus sont décrits ci-après.

### Principe du traçage

Le traçage consiste à injecter un traceur à l'amont d'un écoulement et de mesurer l'évolution de sa concentration à l'aval afin d'en déduire un débit. La validité du calcul de débit est basée sur 4 conditions :

- la masse de traceur est répartie de façon homogène au point de mesure : une distance suffisante entre le point d'injection et la mesure est requise pour assurer un bon mélange
- la masse injectée est conservée (aucune perte ou rétention entre le point d'injection et le point de mesure) : pas de zone stagnante, d'infiltration ou de rétention d'eau entre le point d'injection et la mesure
- le débit à évaluer ne varie pas dans le temps : nécessité d'être en période de temps sec, d'injecter de l'eau à débit constant et s'assurer qu'il n'y ait aucun barrage ou autre ouvrage à l'aval qui pourrait influencer le débit
- la masse de traceur injecté est suffisante pour que le pic de concentration engendré par l'injection du traceur puisse se démarquer du bruit de fond

Une fois ces conditions respectées, on distingue 2 types de traçage :

- le traçage à **injection instantanée** basé sur la conservation de la masse du traceur :  $M_1=M_2 \Rightarrow C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$  et  $Q = \frac{V_2}{T} = \frac{V_1 \times C_1}{T \times C_{2moy}}$

Avec Q (l/s) le débit moyen à mesurer (Inconnu)

C1 (g/l) la concentration mère du traceur (Connu)

V1(l) le volume de traceur injecté (Connu)

C<sub>2moy</sub> (g/l) la moyenne des concentrations au point de mesure (à mesurer)

T(s) la durée de l'enregistrement (à mesurer)

- le traçage à **injection constante** basé également sur la conservation de la masse du traceur, tout au long de l'expérimentation  $M_1=M_2 \Rightarrow C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$  et

$$q = \frac{V_1}{dt} \text{ et } Q = \frac{V_2}{dt} \Rightarrow C_1 * q = C_2 * Q \Rightarrow Q = q * \frac{C_1}{C_2}$$

Avec :

Q (l/s) le débit à mesurer (Inconnu)

q (l/s) le débit constant d'injection du traceur (Connu)

C1 (g/l) la concentration mère du traceur (Connu)

C2 (g/l) la concentration au point de mesure (A mesurer)

Cette seconde méthode est plus précise d'un point de vue statistique car on moyenne une valeur fixe.

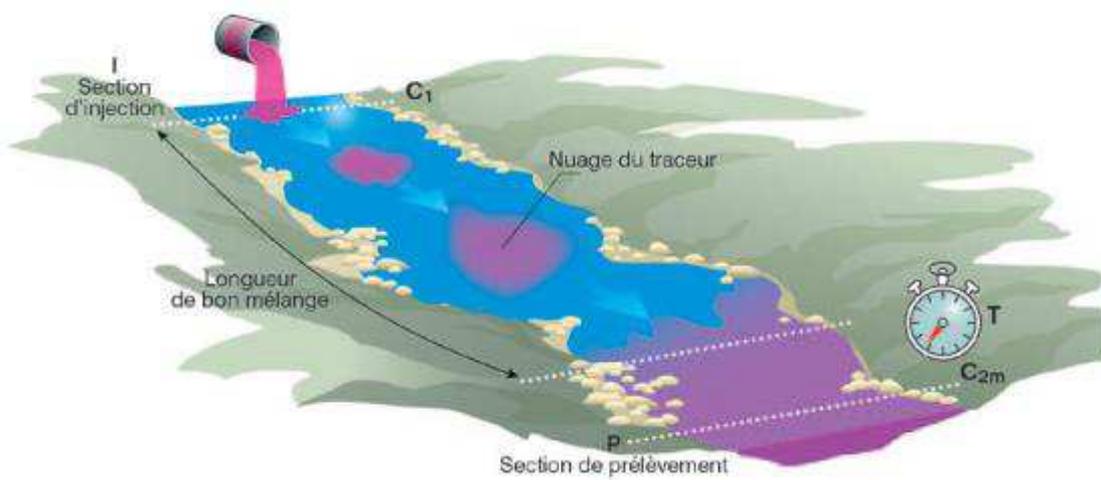
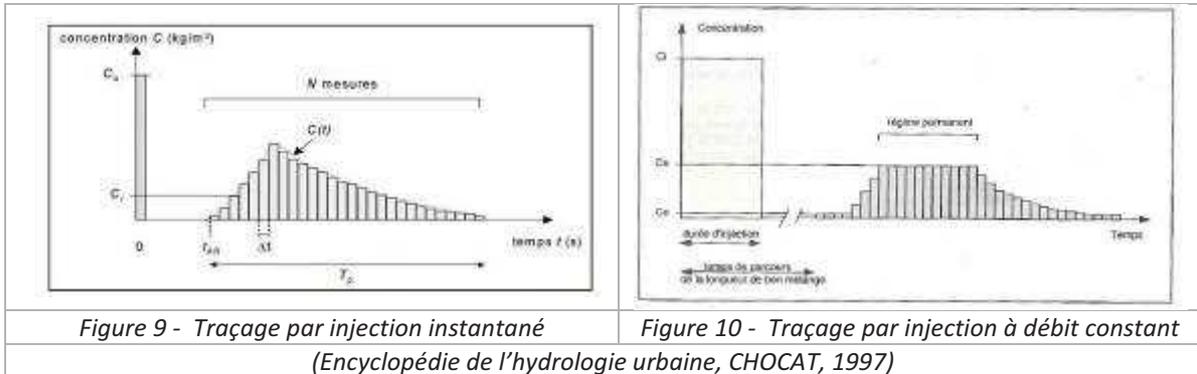


Figure 11 - Schéma d'un traçage (Onema contrôle-débit, 2011)

**Sites testés**

Les conditions d'application de la méthode ont conduit au choix des sites suivants :

- amont Lacaussade
- amont Germignan



Figure 12 - Germignan amont : Boite déversoir à échancrure rectangulaire



Figure 13 - Lacaussade amont : déversoir triangulaire

### Déroulement des tests

Avant la mise en œuvre des tests, il a été nécessaire de préparer des gammes de solutions étalons à concentration connues. Le traceur choisit a été le NaCl du fait de son faible cout dans le commerce et de la simplicité d'utilisation du détecteur (conductimètre). Le but de l'étalonnage est de trouver le ratio conductivité/concentration pour chaque conductimètre, appelé aussi courbe d'étalonnage.



Il a également été nécessaire de préparer en amont les solutions mères à injecter sur le terrain. A l'aide de la formule de calcul des débits pour un traçage continu, il a été estimé qu'il fallait une concentration mère C1 de 40 g/L pour avoir une concentration C2 de 1g/l au point de mesure pour un débit Q de 3L/s (débit approximatif de l'hydrocreuse utilisée pour injecter l'eau). Le temps d'injection est limité par le volume de solution préparé. Pour pouvoir répéter une fois le test sur site, il était nécessaire de préparer un volume de 9L de par test, ce qui revient à un temps d'injection de 2min environ.



Figure 15 - Préparation des solutions mère en laboratoire

Les tests ont été réalisés à l'aide :

- d'une hydrocureuse pour nettoyer les réseaux avant les tests et alimenter les ouvrages en eaux
- d'un préleveur automatique utilisé pour s'assurer d'une injection à débit constant et connu (pompe péristaltique)



Figure 16 - Hydrocureuse sur site

### Résultats

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Site	Instrumentation	Gamme de débits (l/s)	Type de test	Débit moyen mesuré (l/s)	Débit moyen test (l/s)	Différence (%)
Germignan	hauteur par US et lame déversante rectangulaire	0 - 130 L/s	2 tests injection continue + 1 test injection instantanée	2,37	2,72	15

Lacaussade amont	hauteur par US et lame déversante triangulaire	0 - 80 L/s	2 tests injection continue + 1 test injection instantanée	5,13	4,50	12
------------------	--	------------	---	------	------	----

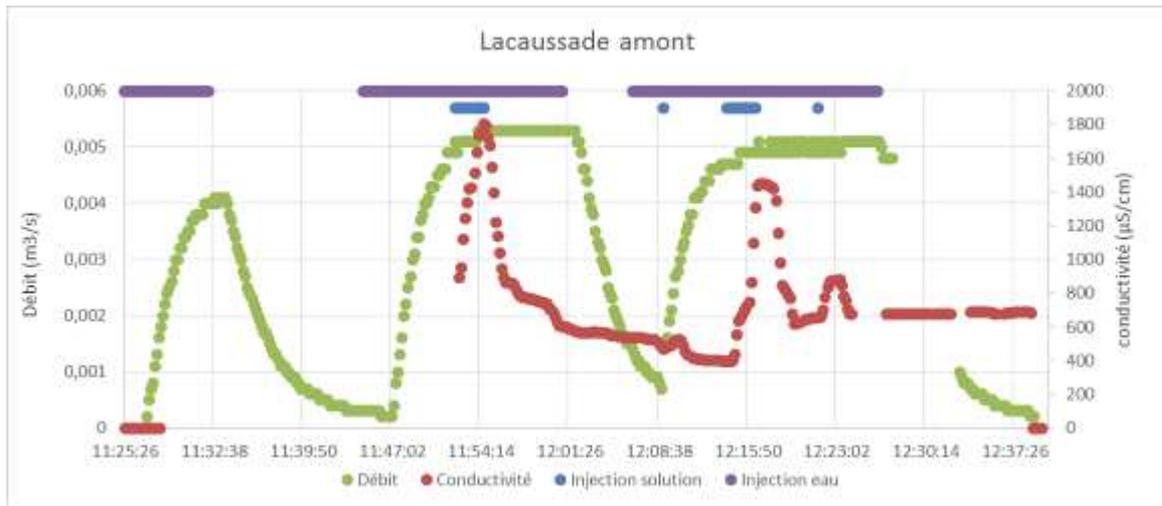


Figure 17 - Exemple de résultat obtenu pour le traçage sur le site de Lacaussade amont

Les conclusions sont les suivantes :

- Les ordres de grandeur mesure et traçage sont les mêmes sur les 2 sites
- Principale difficulté sur le terrain : alimenter le site en eau avec un débit constant. Une hydrocureuse a été utilisée mais elle ne permettait d'injecter que de faibles débits.

**Les résultats obtenus sont satisfaisants** avec comme principale limite que **seuls les faibles débits** (correspondant aux pluies les plus courantes mais à la fourchette basse de la gamme de mesure) ont été vérifiés.

## D) SUIVI HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

### 1) Opérationnalité des sites pendant la durée du projet

Un suivi de l'opérationnalité des sites est réalisé régulièrement par la SGAC qui remonte les informations au LyRE. Ce suivi consiste à vérifier le **bon fonctionnement des capteurs et du site** de manière générale. Il permet d'organiser les opérations de **maintenance préventive** (étalonnage, nettoyage, etc.), de **maintenance corrective** (remplacement ou réparation des capteurs), ainsi que **d'alerter les différents acteurs** sur des dysfonctionnements divers (curage de l'ouvrage nécessaire, problème de remplissage ou de vidange, etc.). Un résumé des principales défaillances des sites pendant la durée du projet est donné ci-dessous.

#### Noüe Lacaussade

Ce site a globalement bien fonctionné. Les principales défaillances de ce site provenaient soit d'une panne de capteur, soit d'un problème de coordination des équipes chargées de l'entretien de l'espace vert et les équipes chargées de l'entretien du régulateur de débit. En effet, lors de la tonte de cette noue, le retrait des déchets verts était indispensable au risque d'entraîner un bouchage du régulateur de débit.

#### **Bassin d'infiltration Germignan**

Ce site a globalement bien fonctionné. L'intégralité des eaux arrivant dans le bassin est infiltrée, sans mise en charge de celui-ci.

#### **Noues Vert Castel**

Ce site a été soumis à une influence issue de la rivière urbaine en aval pendant la quasi-totalité du projet, conduisant à une impossibilité de bien mesurer l'écoulement. Contrairement à ce qui avait été observé en 2015, la rivière située à l'aval des noues est restée en charge une bonne partie de l'année. Les fortes pluies hivernales et les niveaux hauts de nappes permettent d'expliquer cette situation. En revanche, l'instrumentation prévue ne permettait pas de mesurer les débits en cas de périodes d'influence aval aussi longue (écoulement noyé).

#### **Bassin de la RD1215**

Des problèmes de batteries et de capteurs ont fait perdre plusieurs mois de données sur la durée du projet. Un échange régulier avec le fournisseur IJINUS par la SGAC a permis de rétablir la situation à plusieurs reprises. Un colmatage de la gaine de protection du piézomètre aval a également entraîné une forte indisponibilité. En effet, ce dysfonctionnement a été long à analyser du fait du renvoi des données par le capteur en temps de pluie. L'incohérence des résultats et les différentes enquêtes réalisées sur le terrain ont permis de comprendre que le problème venait du colmatage de la gaine de protection. Celle-ci a été modifiée par la SGAC ce qui a permis de rétablir l'opérationnalité du site.

#### **SAUL infiltrante La Boétie**

Ce site n'a été pas été opérationnel en 2016 à cause d'un problème lié à la réception des travaux de l'ouvrage (ouvrage neuf mis en place en 2015). En effet, le suivi métrologique du site a permis de détecter qu'il ne prenait pas d'eau, même en cas de fortes pluies. De nombreux diagnostics ont été réalisés au bureau et sur le terrain par le LyRE et la SGAC (vérification des dossiers et calculs d'avant-projet, interviews des personnes ayant suivi les travaux, tests avec bombonnes remplies d'eau sur le terrain, déplacements pour visualiser l'ouvrage en temps de pluie, etc.). Cette forte implication a permis de faire remonter le problème de manière réactive à la DETE, maitre d'ouvrage des travaux, juste avant la date de fin de réception de l'ouvrage. Les équipements en amont de l'ouvrage ont été repris par l'entreprise qui avait réalisé les travaux :

- les bouches avaloirs ont été modifiées : la configuration initiale ne permettait pas de dévier les eaux vers l'entrée du bassin qui était alors totalement bypassé,

- le regard siphonoïde en entrée de l'ouvrage a été étanchéifié pour permettre le remplissage de l'ouvrage tout en retenant les flottants en amont.

Ces travaux ont permis de rétablir en partie le fonctionnement du site. Cependant, l'arrivée d'eau dans l'ouvrage n'est toujours pas optimale et ne correspond pas aux débits attendus. Ce problème semble lié à la pente de l'impluvium entraînant une forte vitesse de l'écoulement en temps de pluie, ne permettant pas l'entrée des eaux pluviales dans l'avaloir.

<p><i>Problème initial d'engouffrement et de chemin hydraulique dans la noue pour amener les eaux vers l'ouvrage (équipement modifié en mi-année 2016)</i></p>	<p><i>Les eaux stagnantes dans la BE n'atteignaient pas l'ouvrage d'infiltration et régulation (équipement modifié en mi-année 2016)</i></p>
<p><i>Les eaux non interceptées arrivaient directement à l'aval, ce qui avait pour effet de bypasser l'ouvrage d'infiltration et régulation</i></p>	<p><i>Reprise de l'avaloir par l'entreprise chargée des travaux</i></p>

## 2) Méthodologie d'analyse des données

### a. Données pluviométriques

Les données pluviométriques sont récupérées directement depuis l'outil Aquacalc dans lequel sont gérées les données de la SGAC. La SGAC se charge de la critique / validation de ces données qui ont ensuite été utilisées dans le cadre de cette étude (principalement les cumuls 5 min). Les pluviomètres utilisés sont ceux étant les plus proches des sites d'étude soit :

		Pluviomètre		
		Cantinolle	Phare	Lamothe
Site	RD1215	X		X

	<b>Lacaussade</b>	X		
	<b>Germignan</b>	X		
	<b>Boetie</b>	X		
	<b>Vert Castel</b>		X	

### b. Critique et validation des données

Il s'agit d'une étape préliminaire indispensable à l'exploitation des données obtenues depuis le terrain. Les données provenant des capteurs sont suivies par le personnel de la SGAC et du LyRE. Plusieurs fois par semaine, le contrôle des données reçues au niveau d'Aquacalc est fait. En cas d'absence de données prolongée ou de données incohérentes, des visites de terrain sont organisées. Ce travail a permis de détecter des défauts de transmission du capteur de la Boétie amont, la perturbation des mesures de hauteur d'eau due à la végétation sur le site de Germignan, des batteries vides, etc. Par exemple, sur le site de Lacaussade, la noue végétalisée est régulièrement tondue et la tonte est parfois laissée sur place par le prestataire en charge. L'obstruction des orifices des cloisons de la noue est un problème détectable sur Aquacalc grâce aux mesures de hauteur d'eau en aval de l'ouvrage. La figure suivante illustre un dysfonctionnement dans la mesure de hauteur d'eau (en vert) sur le site de Germignan, avec des valeurs élevées et incohérentes par rapport à la pluviométrie (en bleu). Ces valeurs étaient dues à la pousse de la végétation sur le site ; elles ont été invalidées manuellement. L'utilisateur peut tout de même les afficher et des points rouges (sous l'axe des abscisses) signalent l'invalidation.



Figure 18 - Exemple de dysfonctionnement de la mesure de hauteur d'eau sur le site de Germignan

### c. Traitement des données

Des rapports automatiques sous Excel ont été créés et sont exportables à partir du logiciel Aquacalc. Ils permettent un traitement mensuel automatisé de la donnée préalablement critiquée et validée.

Ces rapports mensuels permettent pour chaque site de :

- afficher des graphiques préparamétrés combinant hyétogramme et hydrogramme

- calculer les caractéristiques et périodes de retour des évènements pluvieux
- proposer des règles d'autocontrôle des calculs
- calculer des indicateurs à l'échelle d'un évènement pluvieux en associant automatiquement :
  - un évènement pluvieux à un hydrogramme
  - un hydrogramme amont avec un hydrogramme aval

Le guide « La Ville et son Assainissement » (Certu, 2003,) rappelle la définition d'un évènement pluvieux en hydraulique urbaine : « deux évènements pluvieux seront considérés comme distincts dès lors que la durée les séparant excède la durée de leurs effets ». Deux évènements pluvieux seront donc fusionnés dès que le second commence avant que les effets du premier ne soient terminés. Ces associations hydrogramme amont, aval et évènement pluvieux ont été systématiquement vérifiées et ajustées lors du traitement des données.

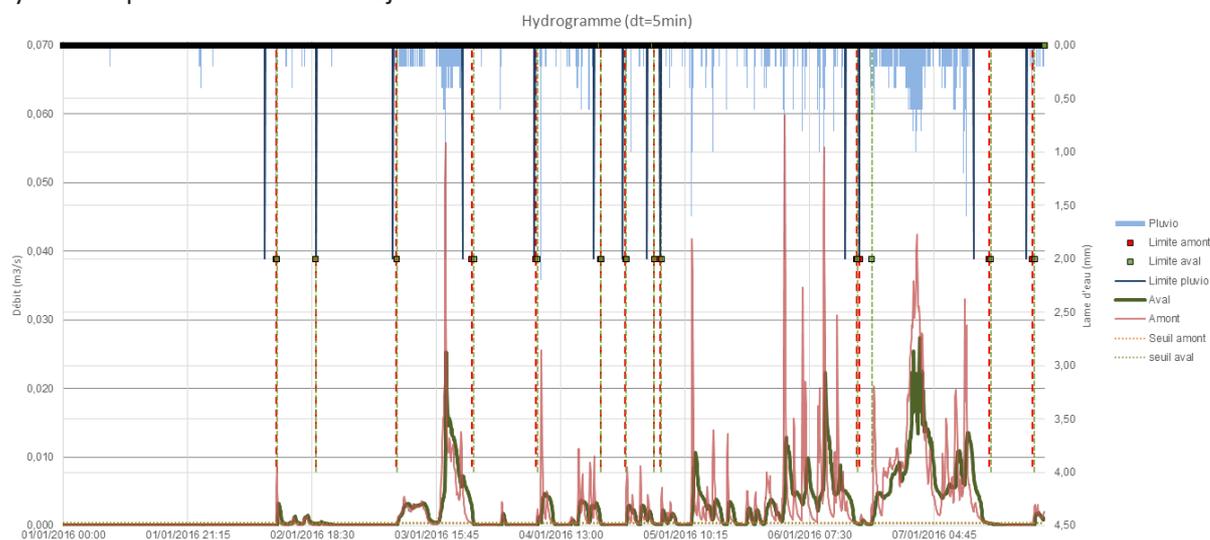


Figure 19 - Exemple de graphique avec la répartition évènementielle des hydrogrammes amont et aval d'un site

Seuls les évènements pluvieux pour lesquels aucun problème n'a été constaté ont été conservés. Les évènements pour lesquels des dysfonctionnements de mesure ont été constatés sur l'amont ou l'aval ont été retirés, ainsi que les évènements dont certains indicateurs donnaient des résultats difficiles à interpréter comme un écrêtement ou un abattement négatif.

### 3) Indicateurs calculés

Les principaux indicateurs calculés et suivis dans le cadre de ce projet sont les suivants :

	Indicateurs	Informations
Pluvio métré	Début et fin de l'évènement pluvieux	Horodatage des évènements après découpage des données pluviométriques

	Indicateurs	Informations
	Durée totale de l'événement	Différence entre la fin de l'événement pluvieux et le début
	Cumul de pluie (mm)	Cumul total de pluie, pendant la période considérée
	Durée de temps sec antérieure	Durée entre la fin du dernier événement pluvieux et le début de l'événement pluvieux considéré
	Intensité maximale 10 min (mm/h)	Intensité maximale de pluie sur une période de 10 minutes (glissante sur 5 minutes), rapportée à l'unité mm/h
	Intensité maximale 1h (mm/h)	Intensité maximale de pluie sur une période de 1h (glissante sur 5 minutes), rapportée à l'unité mm/h
	Période de retour (max sur un pas de temps 30 min)	Fréquence d'apparition d'un événement pluvieux caractérisé par le couple (hauteur, durée). Elle est déterminée en comparant ce couple aux courbes HDF (Hauteur, Durée, Fréquence) réalisées à partir des historiques de pluie sur le pluviomètre considéré.  Ici nous avons évalué la période de retour suivant différentes durées glissantes (10 min, 30 min, 1h, etc.) et affecté la période de retour maximale à l'évènement pluvieux.
<i>Informations relatives à l'ouvrage</i>	Volume par événement à l'amont (m <sup>3</sup> )	Volumes ayant transité durant l'événement pluvieux, en entrée et en sortie du site
	Volume par événement à l'aval (m <sup>3</sup> )	
	Abattement des volumes	= Volume amont - Volume aval. Il donne une idée de la capacité de l'ouvrage à réduire le volume d'eau entre l'amont et l'aval. Les mécanismes en jeu sont l'infiltration (pour la plus grande partie) et plus marginalement l'évaporation et la consommation d'eau par la végétation.
	% Abattement	= (Volume amont – Volume aval) / Volume amont
	Débit maximal amont (L/s)	Débit maximal sur un évènement pluvieux donné, calculé en amont et en aval de l'ouvrage
	Débit maximal aval (L/s)	
	% Ecrêtement	= (Débit max amont - Débit max aval) / Débit max amont. Il donne une idée de la capacité de l'ouvrage à réduire le débit maximal entre l'amont et l'aval.

	Indicateurs	Informations
	Surface active amont (m <sup>2</sup> )	Volume provenant de amont /Cumul de pluie
	Surface active aval (m <sup>2</sup> )	
	Nombre d'évènements hydrauliques pris en compte (%)	Nombre d'évènements pluvieux pour lesquels des données ont été enregistrées au niveau de l'ouvrage / Nombre d'évènements pluvieux ayant eu lieu durant le mois
	Taux de validité des débits sur le mois	Rend compte de la disponibilité de la donnée sur le mois
	Taux de validité des débits pendant les événements pluvieux	Rend compte de la disponibilité de la donnée sur les périodes d'intérêt que sont les événements pluvieux.

## E) RESULTATS DE L'ETUDE HYDRAULIQUE

### 1) Suivi des mesures

#### a. Bilan sur la métrologie choisie

L'instrumentation sélectionnée pour suivre ces TA était celle classiquement utilisée en hydraulique urbaine car elle est apparue comme étant la plus adaptée en termes de contraintes opérationnelles. Ce choix s'est révélé ici couteux pour des données dont la qualité est limitée. En effet, certains dysfonctionnements ne sont identifiés que lors des pluies, c'est-à-dire lorsque les capteurs sont en fonctionnement, ce qui entraîne une perte de données importante et des retards de maintenance. De plus, les dispositifs d'instrumentation mis en place n'étant pas normalisés pour des raisons de manque de place dans les parties canalisées des ouvrages, une campagne de traçage au NaCl a été réalisée pour vérifier l'exactitude de 2 dispositifs de mesure. Néanmoins, seule la gamme des faibles débits a pu être vérifiée, du fait de la nécessité d'injecter de l'eau en continu pour pouvoir faire les tests dans les conditions adéquates. Enfin, ces tests n'ont pas pu être généralisés à l'ensemble des capteurs mis en place, pour des raisons de faisabilité opérationnelle.

Cependant, le suivi métrologique a permis de constituer une base de données long terme sur ces TA, d'améliorer la compréhension du fonctionnement des ouvrages (paragraphe 2 : Analyse des données, résultats et discussions) ainsi que de détecter certains dysfonctionnements. Par exemple, lors de la tonte d'une des 2 noues, les déchets verts étaient laissés sur place par les équipes en charge de l'entretien peu sensibilisées à la fonction hydraulique de l'ouvrage. Les données ont permis d'identifier un dysfonctionnement du régulateur de débit qui était bouché et d'intervenir avant que celui-ci ne crée un débordement localisé. Le suivi métrologique de la Structure Alvéolaire Ultralégère infiltrante a également permis de détecter un problème d'alimentation de l'ouvrage. En effet, des malfaçons ont

été identifiées au niveau de l'avaloir récupérant les eaux de pluies, ainsi qu'au niveau de la noue assurant le transport des eaux de pluie depuis l'avaloir jusqu'à l'ouvrage. Cette détection a permis de lancer des travaux qui ont résolu une partie du problème.

### b. Sélection des évènements étudiés

A partir du traitement des données réalisé, un nombre fini d'évènements a été étudié pour chaque site. Les évènements conservés sont ceux pour lesquels :

- Les données étaient fiables (pas de panne de capteurs ou de problème induisant une erreur dans les données : présence d'herbes devant le capteur, influence aval sur Vert Castel, etc.)
- Les données étaient cohérentes : les évènements pour lesquels les débits ou volumes aval étaient supérieurs aux débits ou volumes amont n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

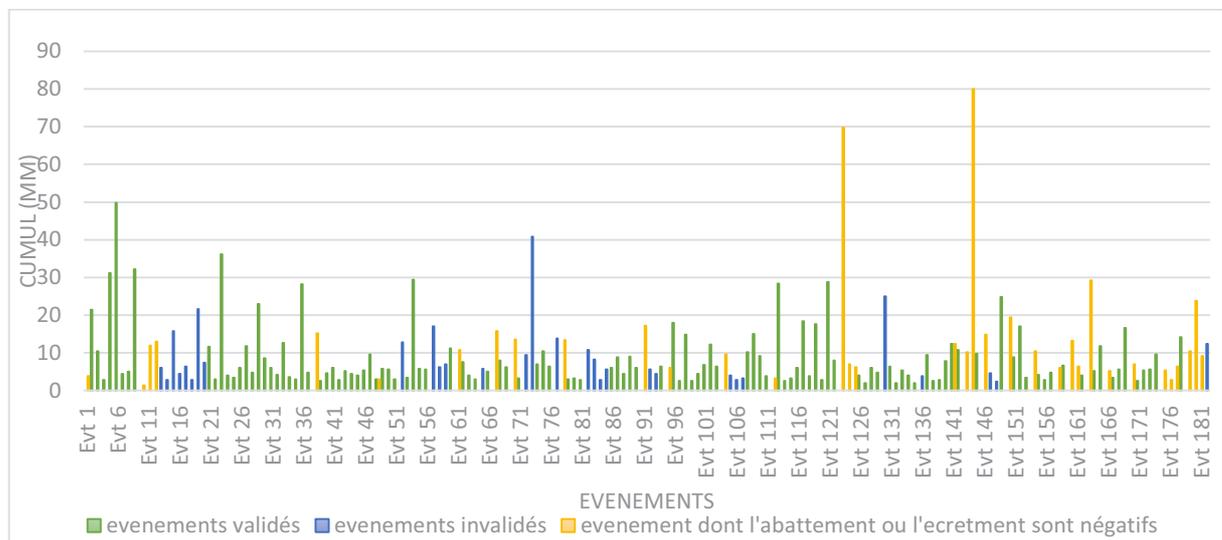
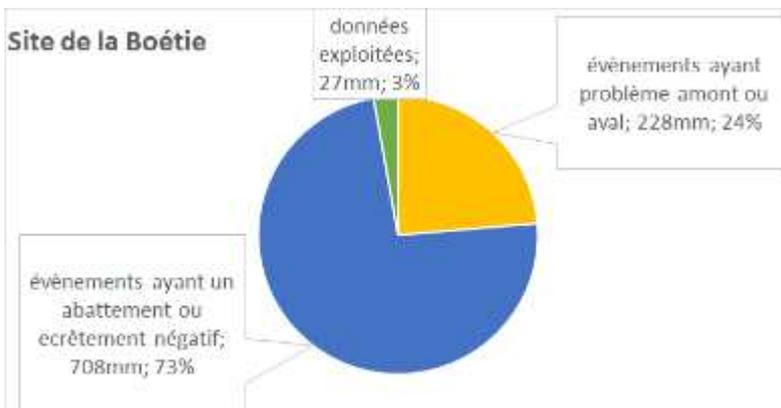
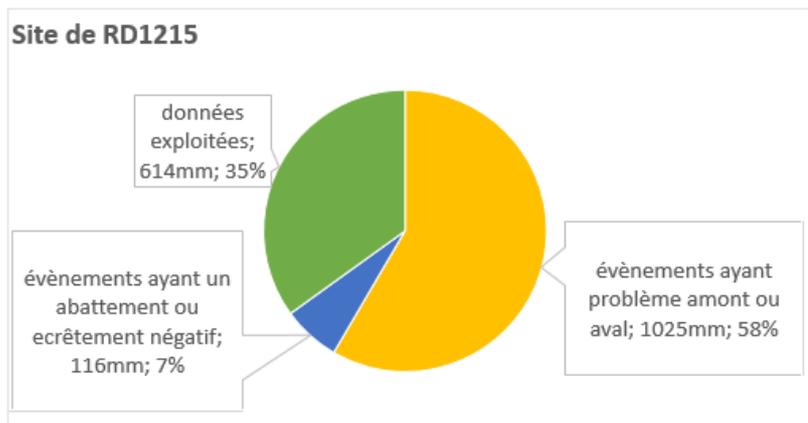
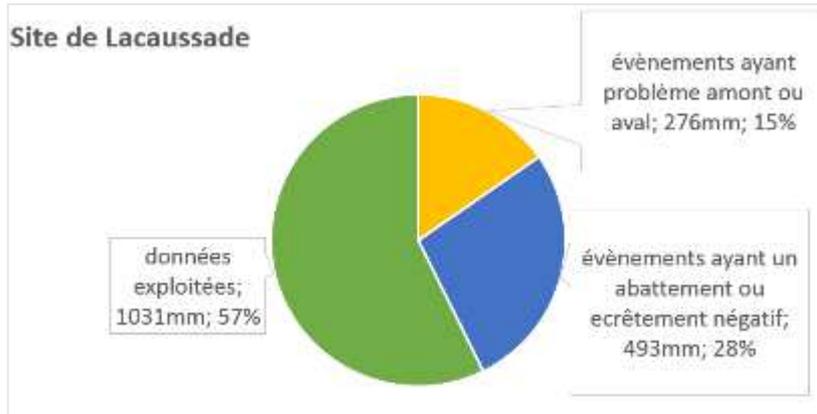


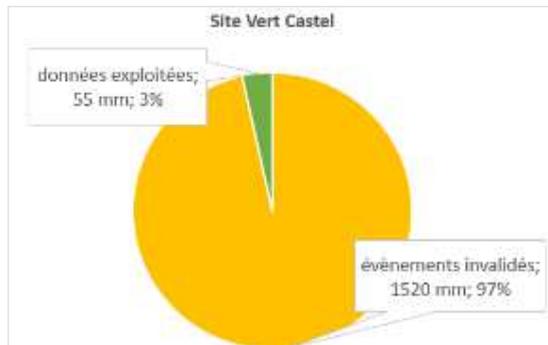
Figure 20 - Evènements totaux et évènements sélectionnés pour l'approche évènementielle sur le site de Lacaussade

Le tableau suivant récapitule le nombre d'évènements finalement sélectionnés pour chaque site :

	Nombre d'évènements total	Cumul de pluie total (mm)	Nombre d'évènements sélectionnés	Cumul de pluie correspondant (mm)
<b>Lacaussade</b>	183	1800	118	1031
<b>RD1215</b>	158	1756	84	1025
<b>La Boétie</b>	94	963	10	228
<b>Germignan</b>	191	1776	179	1605
<b>Vert Castel</b>	98	1520	7	55

Les graphiques ci-dessous donnent la proportion d'évènements exploitables site par site :





Cette étape de choix des évènements à étudier a permis d'utiliser pour l'analyse uniquement des données dont nous avons la maîtrise et la bonne compréhension.

## 2) Analyse des données : résultats et discussions

Les résultats sont explicités ci-dessous, avec un zoom sur Lacaussade. L'ensemble des résultats site par site est ensuite disponible en Annexes 1 et 2 du document, excepté pour La Boétie et Vert Castel compte tenu du faible nombre d'évènements retenus.

### a. Calcul des surfaces actives

L'évolution des surfaces actives calculées en fonction du cumul de pluie événementiel est présenté ci-dessous. Pour rappel, la surface active est calculée en faisant le rapport du volume mesuré en entrée de l'ouvrage pendant l'évènement pluvieux sur le cumul de pluie du même évènement.

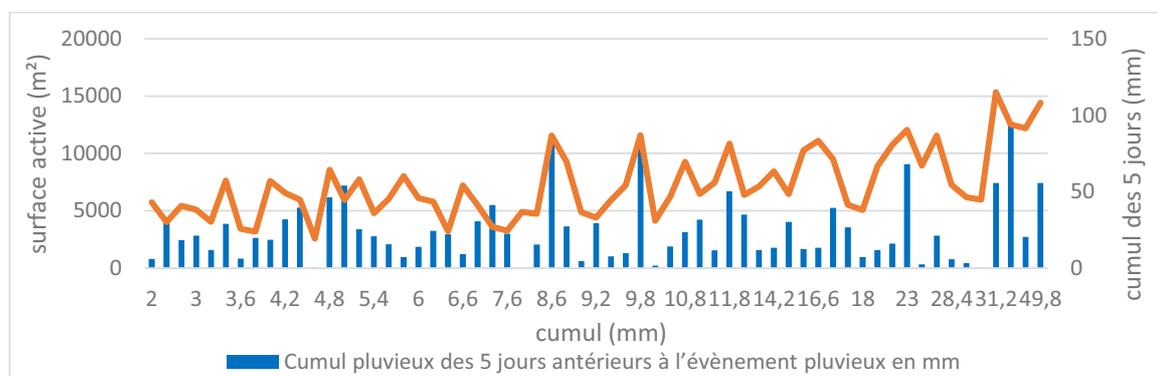


Figure 21 - Surface active et cumul 5 jours antérieurs à l'évènement sur le site Lacaussade, classés par ordre croissant du cumul de l'évènement

Nota : quand plusieurs évènements pluvieux avaient le même cumul, les résultats ont été agrégés puis moyennés.

### Résultats

On observe :

- de fortes fluctuations de la surface active par rapport au cumul de l'évènement pluvieux ;
- que la surface active calculée à partir des mesures de terrain reste très inférieure à la surface active théorique de 22 000 m<sup>2</sup> ;

- une tendance générale ascendante de la surface active en fonction du cumul de l'évènement ainsi que des pics de surface active corrélés aux pics des cumuls 5 jours.

### Discussion

Les deux premiers résultats montrent que la surface active n'est pas une constante, contrairement à l'approximation souvent réalisée lors du dimensionnement des ouvrages. De plus, les calculs théoriques d'estimation de surface active semblent surestimer ce paramètre.

L'augmentation générale de la surface active avec le cumul de pluie de l'évènement et la corrélation entre les pics de surface active et les pics du cumul 5 jours peuvent par ailleurs s'expliquer avec le fait que la saturation des sols provoque l'augmentation du ruissellement et donc de la surface active. Cette analyse semble se vérifier en observant directement l'évolution du volume amont :

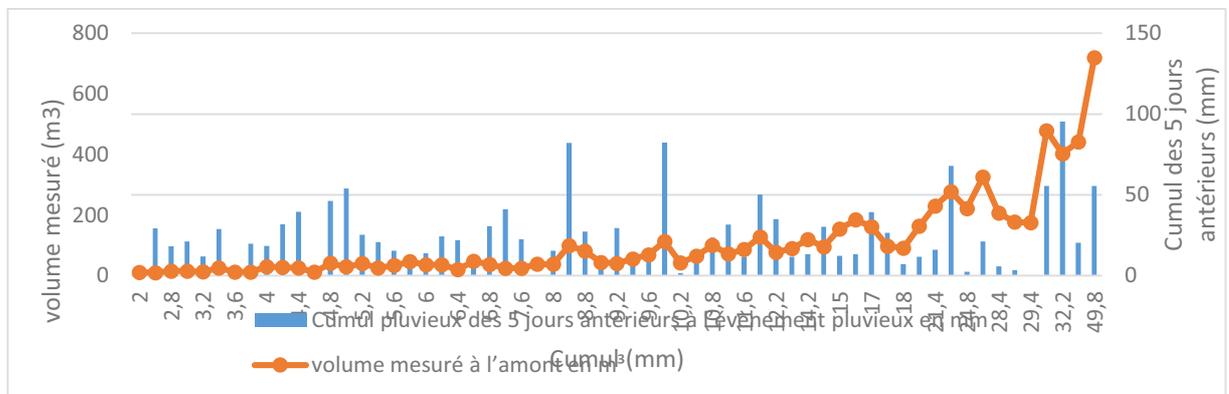


Figure 22 - Volume amont et cumul 5 jours antérieurs à l'évènement sur le site Clos de Lacaussade classés par ordre croissant du cumul de l'évènement

Nota : quand plusieurs évènements pluvieux avaient le même cumul, les résultats ont été agrégés puis moyennés.

Pour réaliser une analyse du suivi des performances des ouvrages, nous avons ensuite recherché quelles corrélations d'indicateurs hydrauliques pouvaient être pertinentes. Les différentes régressions linéaires réalisées (abattement en fonction du cumul de l'évènement en considérant la période de retour, pourcentage d'abattement en fonction du volume entrant dans la TA...) n'ont pas permis d'identifier de corrélations simples entre les différents indicateurs étudiés.

D'autres approches ont alors été étudiées :

- Une approche « par évènement » qui consiste à étudier les indicateurs hydrauliques des TA lors d'évènements de même cumul de pluie ou de même intensité maximale,
- Une approche saisonnière pour étudier les indicateurs par saison,
- Une approche par groupes de pluie qui consiste à classer les évènements pluvieux en groupes selon trois critères qui sont le cumul, l'intensité maximale et la durée des évènements. Puis étudier les indicateurs hydrauliques des TA dans ces différents groupes.

*b. Performance de l'ouvrage – approche évènementielle*

**i) Abatement des volumes entre l'amont et l'aval**

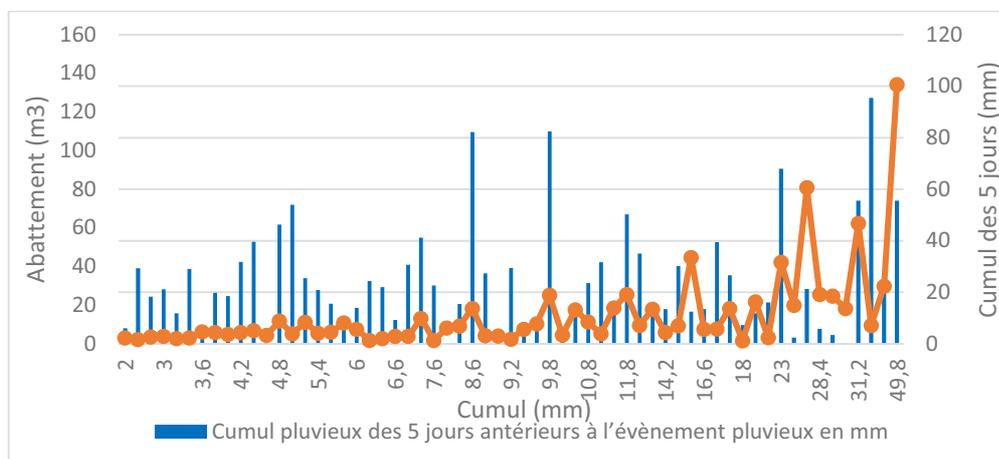


Figure 23 - Volume d'abattement et cumul 5 jours antérieurs à l'évènement sur le site de Lacaussade classés par ordre croissant du cumul de l'évènement

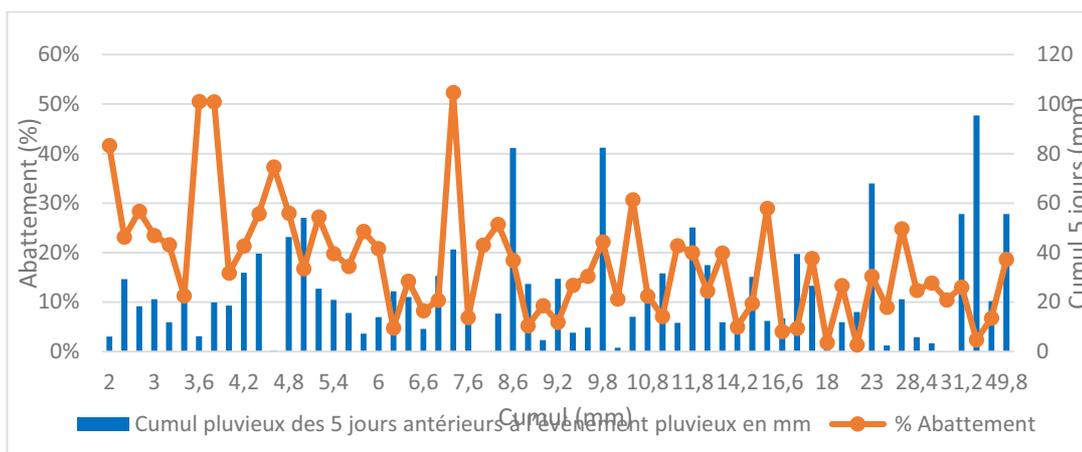


Figure 24 - Pourcentage d'abattement et cumul des 5 jours antérieurs à l'évènement sur le site Clos de Lacaussade classés par ordre croissant du cumul de l'évènement

Nota : quand plusieurs évènements pluvieux avaient le même cumul, les résultats ont été agrégés puis moyennés.

Tableau récapitulatif des résultats obtenus sur l'abattement des volumes amont et aval de Lacaussade (333 m<sup>3</sup> de stockage)

Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum
18%	20%	1%	80%
6 m <sup>3</sup>	11 m <sup>3</sup>	0,3 m <sup>3</sup>	134 m <sup>3</sup>

## Résultats

On observe :

- que le volume abattu est compris entre 0,3 et 134 m<sup>3</sup>, avec une moyenne de 11 m<sup>3</sup> qui représente 3% du volume total de l'ouvrage (333 m<sup>3</sup> de stockage) ; le taux d'abattement varie de 1 % à 80 %, avec une moyenne à 20 % ;
- que le volume abattu suit la même tendance et les mêmes fluctuations que celles observées précédemment sur le volume amont.
- une forte fluctuation du pourcentage d'abattement, fluctuation non corrélée au cumul de pluie 5 jours ;
- des pourcentages d'abattement légèrement plus élevés pour les cumuls de pluies faibles.

## Discussion

Le premier résultat montre de bonnes performances hydrauliques de l'ouvrage puisque les ouvrages sont dimensionnés pour des évènements exceptionnels et que les évènements enregistrés étaient des évènements courants. La capacité d'abattement varie cependant énormément selon l'évènement pluvieux.

Le second résultat montre que le volume abattu augmente avec le volume amont, ce qui peut s'expliquer par le fait que plus la noue est remplie, plus la surface de contact entre l'eau et les parois de l'ouvrage est élevée, ce qui entraîne probablement une augmentation des capacités d'infiltration de l'ouvrage. De plus, ce phénomène semble prépondérant par rapport à l'effet de saturation en eau de la TA car le volume abattu ne diminue pas lors des pics de cumuls 5 jours.

Les 2 derniers résultats sont difficiles à analyser. L'indicateur % d'abattement sera donc analysé par la suite avec 2 autres approches : une approche saisonnière et une approche par groupe de pluie.

### ii) Ecrêtement des débits entre l'amont et l'aval

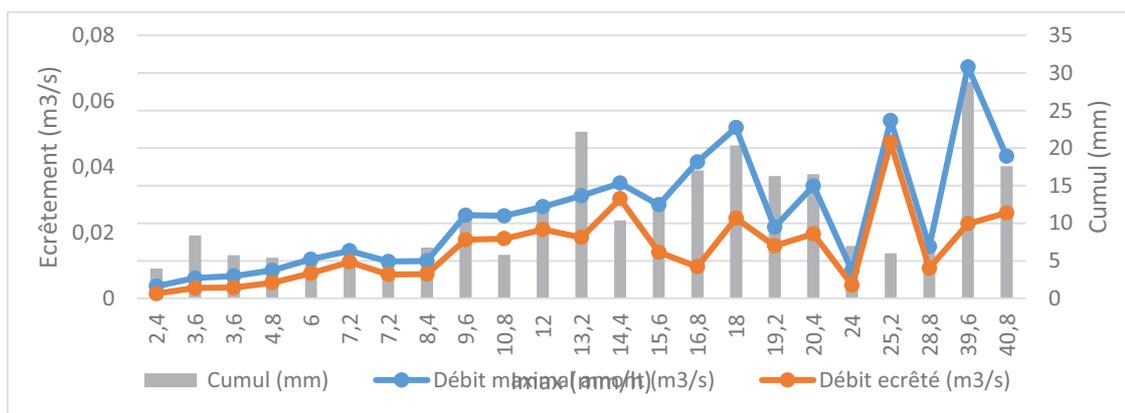


Figure 25 - Ecrêtement de débit, débit maximal amont et cumul de l'évènement classés par ordre croissant de l'intensité maximale événementielle au pas de temps de 10min

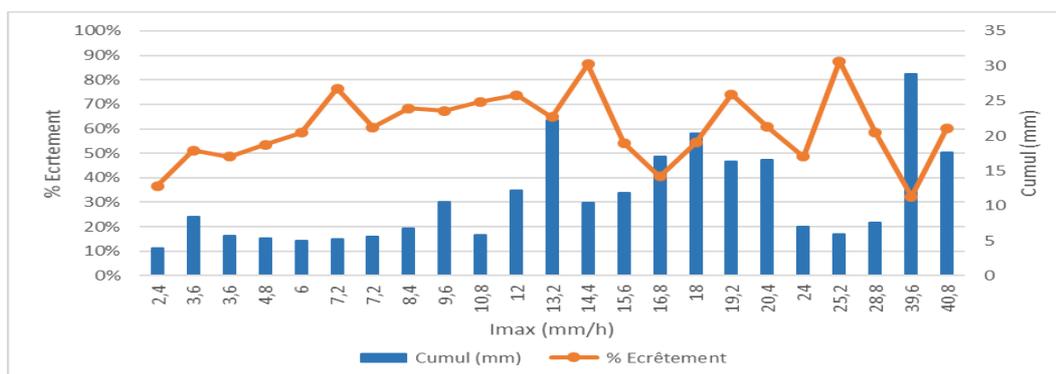


Figure 26 - Pourcentage d'écrêtement (%) et cumul de l'évènement en mm classés par ordre croissant de l'intensité maximale évènementielle au pas de temps de 10min

Nota : quand plusieurs évènements pluvieux avaient le même cumul, les résultats ont été agrégés puis moyennés.

Tableau récapitulatif des résultats obtenus sur l'écrêtement des débits amont et aval de Lacaussade (7,5 l/s de débit de fuite)

Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum
58%	56%	11%	92%
6,6 l/s	10,4 l/s	0,23 l/s	47,4 l/s

### Résultats

On observe :

- un Qmax écrêté qui varie de 0,23 à 47,4 l/s, avec une moyenne à 10,4 l/s, à comparer au débit de fuite de 7,5 l/s et aux débits max en entrée qui varient de 1 à 88 l/s, avec une moyenne à 18 l/s,
- un taux d'écrêtement qui varie de 11 et 92% avec une moyenne de 56%,
- une augmentation du Qmax écrêté et du pourcentage d'écrêtement jusqu'à un I<sub>max</sub> de 14,4 mm/h puis une forte fluctuation de ce paramètre.

### Discussion

L'efficacité d'écrêtement de la TA est vérifiée, même si les débits écrêtés dépassent le débit attendu par le limiteur de débit.

L'écrêtement varie énormément sans corrélation évidente avec l'intensité maximale de l'évènement pluvieux ou le cumul de l'évènement. Cependant on voit que l'écrêtement augmente jusqu'à l'I<sub>max</sub> de

14,4 mm/h puis a tendance à varier. Ceci peut s'expliquer par l'activation de la surverse pour des I<sub>max</sub> importants.

### c. Performance de l'ouvrage – approche saisonnière

Ce paragraphe présente les résultats des indicateurs hydrauliques en fonction de la saison. Les évènements pluvieux considérés ici sont les mêmes que dans le paragraphe précédent, cependant, les résultats ont été moyennés de la manière suivante :

- Hiver : évènements des mois de janvier, février, mars des années 2016, 2017 et 2018
- Printemps : mois d'avril, mai, juin des années 2016 et 2017
- Été : mois de juillet, août, septembre des années 2016 et 2017
- Automne : mois d'octobre, novembre et décembre des années 2016 et 2017

Ce regroupement a été effectué car la saison regroupe plusieurs caractéristiques pouvant impacter le fonctionnement des TA, caractéristiques non visibles avec l'approche événementielle précédente.

- La saison estivale est généralement caractérisée par des évènements pluvieux dispersés, températures élevées, une évapotranspiration importante, un assèchement rapide des sols et de la végétation et des nappes au plus bas
- Au contraire, la saison hivernale est généralement caractérisée par un cumul de pluie important, des températures basses, une évapotranspiration faible, des sols engorgés, une végétation dense et des nappes hautes

Les résultats sont présentés pour le site de Lacaussade. Les autres sites sont présentés en Annexes 1 et 2 du document.

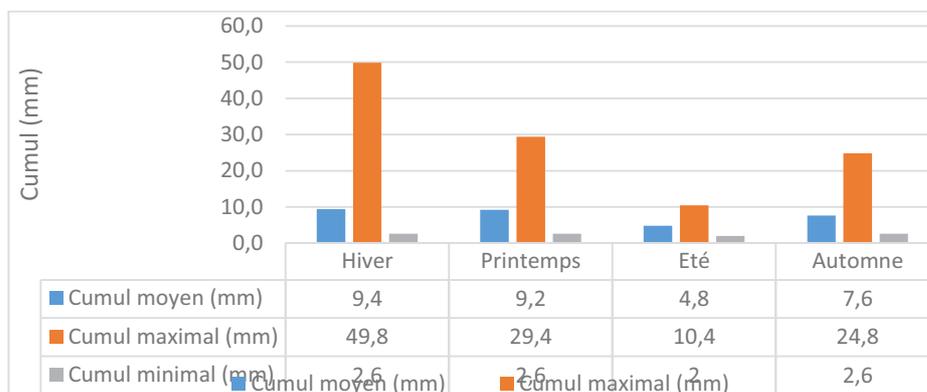


Figure 27 - Cumuls enregistrés selon la saison sur le site de Clos de Lacaussade

La figure suivante présente le volume amont, le volume abattu et le pourcentage d'abattement sur le site de Lacaussade suivant les saisons avec le découpage explicité précédemment :

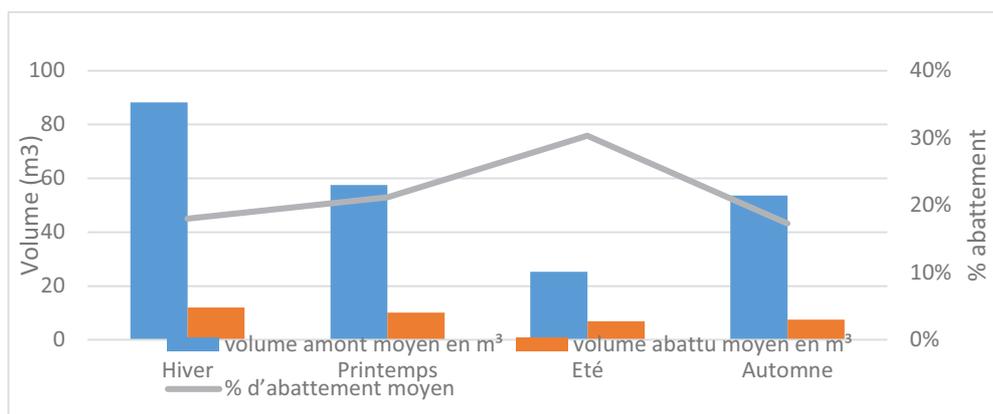


Figure 28 - Volume amont (bleu) volume abattu (orange) et pourcentage d'abattement du site Lacaussade selon la saison

La figure suivante présente le débit max mesuré à l'amont, le débit max écrêté et le pourcentage d'écrêtement sur le site de Lacaussade suivant les saisons avec le découpage explicité précédemment :

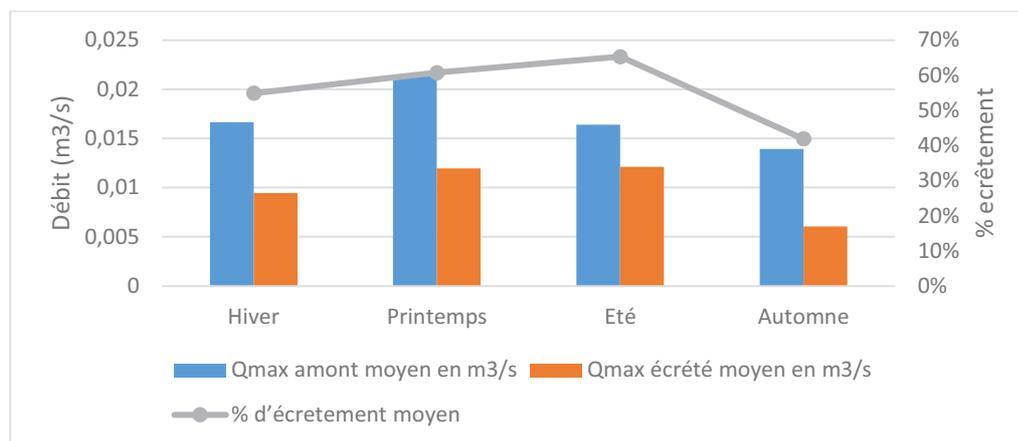


Figure 29 - Débit max amont(bleu) Débit écrêté (orange) et Pourcentage d'écrêtement de débit selon la saison

## Résultats

- La saison d'hiver, caractérisée par un important cumul de pluie moyen, connaît les volumes entrants dans la noue les plus élevés. Cette saison montre une performance d'abattement de volume assez faible (18%) et d'écrêtement de débits à 56% ;
- En été, et au vu des faibles événements pluvieux sauf quelques orages passagers de la saison, on observe des valeurs maximales d'abattement et d'écrêtement : 30% d'abattement et 65% d'écrêtement ;
- En ce qui concerne le printemps et automne, pour lesquels les événements pluvieux se ressemblent et sont comparables, une légère différence est observée au niveau de la performance de la noue, les capacités d'abattement et d'écrêtement durant le printemps (21% d'abattement et 61% d'écrêtement en printemps, contre et 17% d'abattement et 42% d'écrêtement en automne).

## Discussion

Mathématiquement, les variations sur les pourcentages d'abattement et d'écrêtement s'expliquent par le fait que les volumes abattus et les débits max écrêtés sont relativement constants au fil des saisons (même si on observe un minimum l'été), alors que les volumes amont et débits max amont varient en fonction de la saison.

Physiquement, cet effet de saturation du débit max écrêté et du volume abattu lors des périodes peut s'expliquer par le fait que :

- l'enchaînement des évènements pluvieux en périodes hivernales dépasse les capacités du site, qui en cette période est sûrement saturé en eau ;
- en été au contraire, on peut supposer que la noue joue pleinement son rôle par l'effet d'assèchement des sols qui augmente ses capacités d'infiltration et de vidange rapide après un évènement pluvieux ;
- la bonne performance d'abattement observée au printemps est probablement due à la végétation qui renforce le processus d'évapotranspiration.

### *d. Performance de l'ouvrage – approche par groupe de pluie*

Une dernière approche a été choisie pour interpréter les résultats consolidés à l'échelle des évènements pluvieux : le classement des évènements par groupes d'évènements similaires.

Un outil développé par le LyRE a permis d'automatiser ce regroupement.

Cet outil utilise comme données d'entrée le cumul, l'intensité maximale (selon un pas de temps de 10min) et la durée de l'évènement. Ces évènements sont, ensuite, soumis à une classification hiérarchique qui a permis d'obtenir plusieurs classes ayant des valeurs comparables de cumuls, d'intensités maximales et de durées. Une fréquence d'apparition de chaque groupe d'évènement est également calculée.

Les groupes d'évènements conservés pour l'analyse ont été choisis comme ayant une fréquence d'apparition minimale d'une apparition annuelle.

#### **i) Groupes de pluie obtenus**

Suivant la méthodologie décrite précédemment, les groupes de pluie obtenus sont présentés ci-dessous :

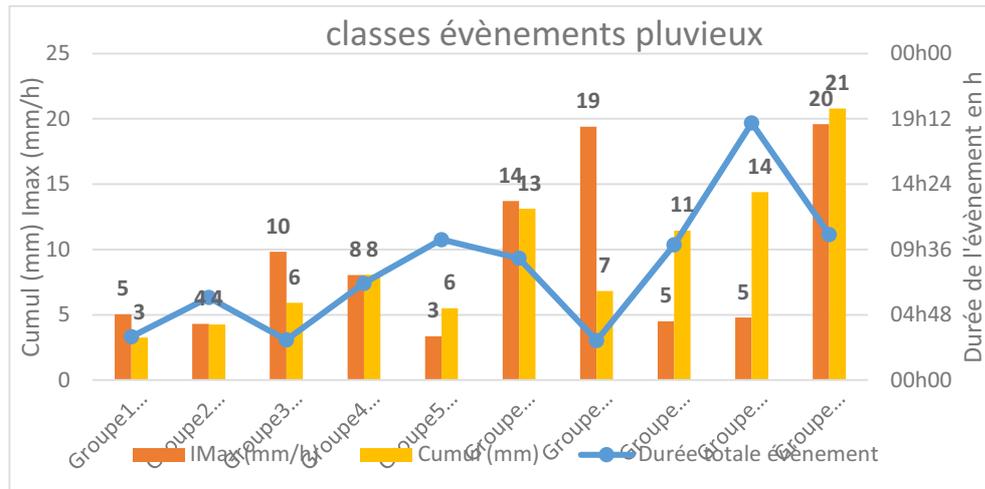


Figure 30 - Caractéristiques des groupes d'événements, en abscisse les noms des groupes et le nombre d'événements de chaque groupe entre parenthèses

Les groupes sont classés de la manière suivante :

- Groupes 1 à 4 (67 événements) : ces groupes représentent les événements les plus fréquents, caractérisés par les 3 paramètres faibles à moyens (cumul, I<sub>max</sub> et durée)
- Groupes 5 à 9 (31 événements) : ces groupes représentent les événements un peu plus rares, caractérisés par au moins un paramètre important
- Groupe 10 (3 événements) : ce groupe représente les pluies les plus rares, caractérisé par les 3 paramètres importants

La justesse de cette classification se vérifie en représentant les données moyennes de chaque groupe comparativement aux deux extrêmes : données minimales et données maximales, et ce pour chaque paramètre ayant été utilisé. Les figures suivantes présentent ces résultats :

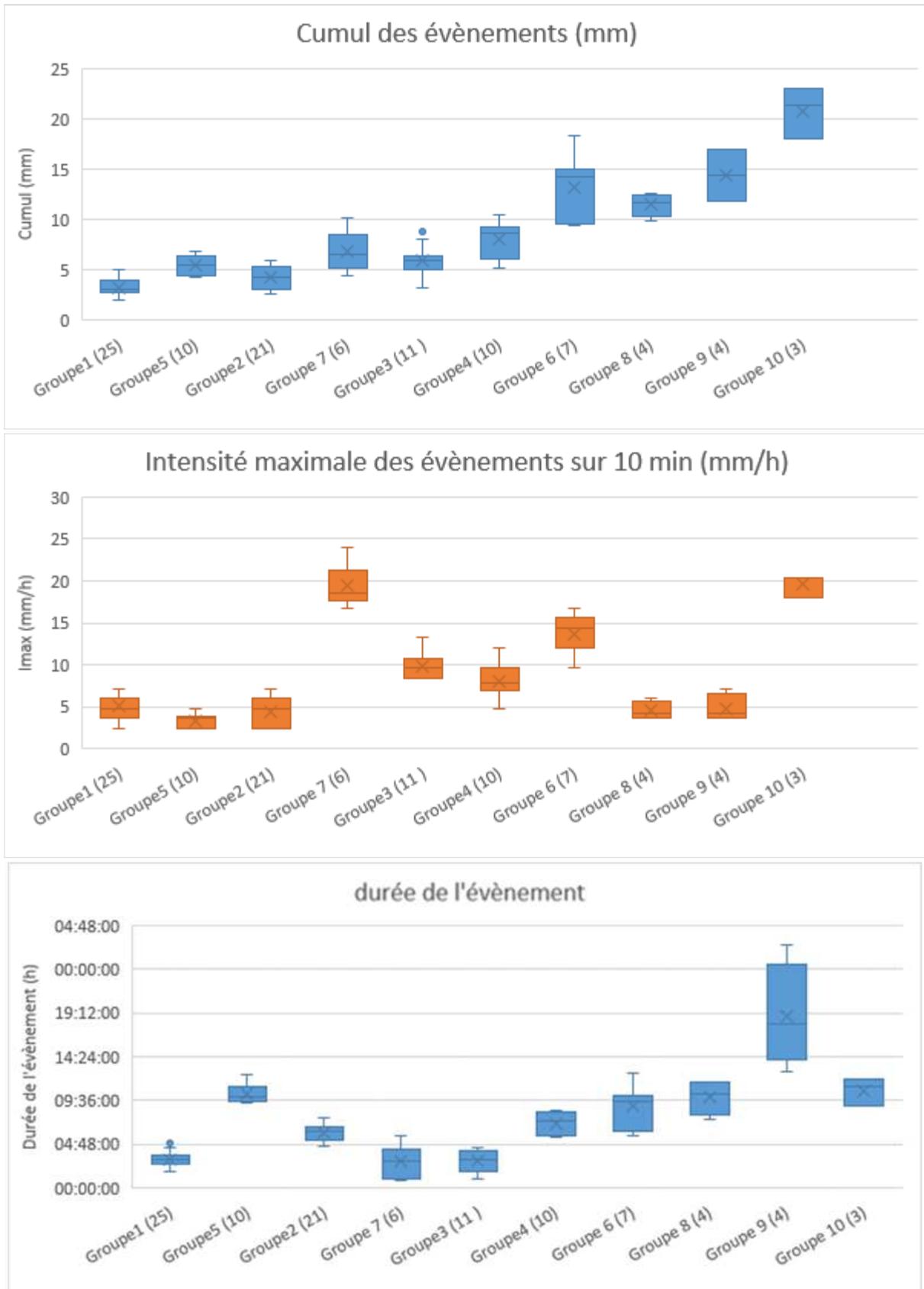


Figure 31 - Moyenne, min., max. et médiane des trois variables de classification pour chaque groupe de pluie

Les graphiques ci-dessus permettent de vérifier la qualité du regroupement. En effet, les groupes créés contiennent des évènements qui ont des caractéristiques semblables c'est pourquoi, on a supposé, que les moyennes seraient représentatives de chaque groupe.

Cette approche n'a pu être appliquée que pour les sites noue de Lacaussade et RD1215 car ce sont les seuls sites pour lesquels on avait suffisamment d'évènements valides à fin mars 2018. Les résultats présentés ici sont ceux du site Lacaussade. Les résultats du site RD1215 sont disponibles en Annexe 1 du document.

## ii) Analyse de l'abattement des volumes par groupe de pluie

La figure suivante représente le taux d'abattement, le volume abattu et le volume amont par groupe de pluie.

Nota : Les résultats sont calculés par évènement, puis moyennés à l'échelle de chaque groupe.

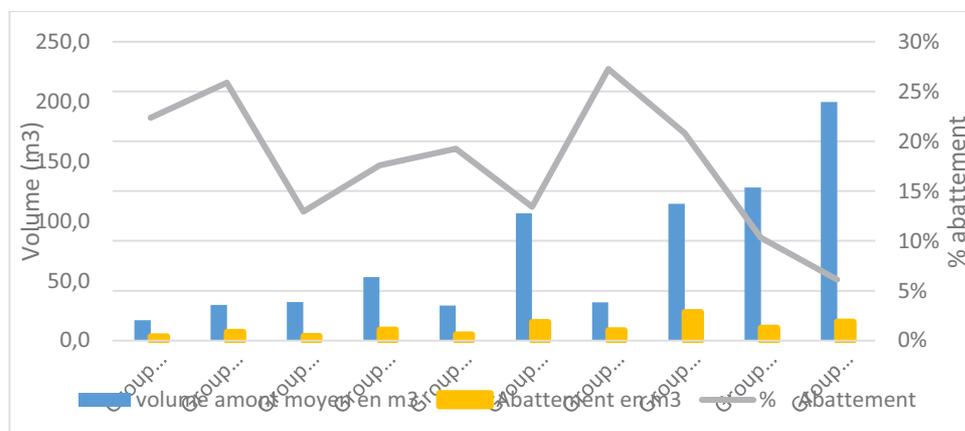


Figure 32 - Evolution du pourcentage d'abattement (trait gris), volume amont (bleu) et volume abattu (jaune) en fonction du groupe d'évènements

### Résultats

On observe :

- Des volumes abattus variant de 3,5 à 23,7 m<sup>3</sup>, les minimums étant observés pour les groupes 1, 3 et 5 et les maximums pour les groupes 6 et 8 ;
- Des pourcentages d'abattement variant de 6 à 27%, les minimums étant observés pour les groupes 9 et 10 et les maximums pour les groupes 2 et 7.

### Discussion

On peut noter que les évènements les plus rares ne sont pas ceux pour lesquels la performance de la TA en termes d'abattement est la plus élevée contrairement à l'esprit du dimensionnement initial de ces ouvrages (lutte contre les inondations dans le cas d'évènements exceptionnels). Cela pourrait s'expliquer par un effet de saturation de la TA entraînant l'activation de la surverse.

En revanche, on peut noter également que la noue joue un rôle d'abattement des eaux de ruissellement pour tous les évènements courants puisque le taux d'abattement varie de 13 à 27% entre les groupes 1 à 8. Considérant le fait que la TA n'a pas été réfléchi ni dimensionnée pour gérer les pluies courantes, cette performance est intéressante.

### iii) Analyse de l'écrêtement des débits par groupe de pluie

La figure suivante représente le taux d'écrêtement, le Qmax écrêté et le Qmax amont par groupe de pluie.

Nota : Les résultats sont calculés par évènement, puis moyennés à l'échelle de chaque groupe.

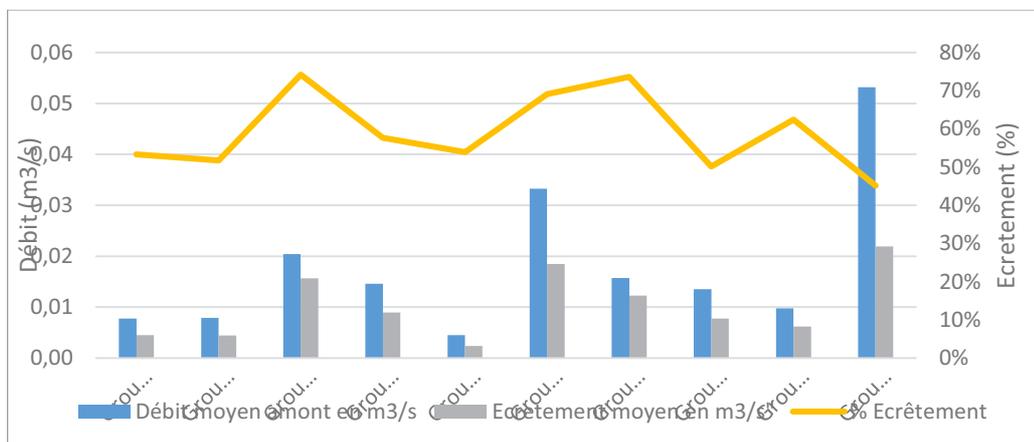


Figure 33 - Evolution du pourcentage d'écrêtement, du débit maximal amont et débit écrêté sur le site de Lacaussade en fonction des groupes d'évènements, le nombre d'évènements de chaque groupe est entre parenthèses

#### Résultats

On observe :

- Des débits écrêtés variant de 0,002 à 0,02 m<sup>3</sup>/s, les minimums étant observés pour les groupes 2 et 5 et les maximums pour les groupes 6 et 10 ;
- Des taux d'abattement variant de 45 à 74%, les minimums étant observés pour les groupes 8 et 10 et les maximums pour les groupes 3 et 7.

#### Discussion

En comparant ces résultats avec ceux obtenus précédemment, on constate des similitudes, notamment que :

- les évènements 5 et 6 font partie de ceux pour lesquels on obtient respectivement les volumes abattus et débit écrêtés minimum et maximum ;
- les évènements 10 et 7 font partie de ceux pour lesquels on obtient respectivement les taux d'abattement et taux d'écrêtement minimum et maximum.

Ceci peut s'expliquer par le fait que :

- les groupes 5 et 6 font partie de ceux ayant respectivement les couples (cumul, I<sub>max</sub>) min et max
- les performances les plus faibles pour le groupe 10, évènements les plus rares, s'expliquent par l'effet de saturation de la TA qui semble plafonner vers un volume abattu et un débit écrêté constant, même si le volume amont et le débit amont augmentent significativement par rapport aux autres évènements. La bonne performance du groupe 7 peut s'expliquer quant à elle par le fait que ce sont des évènements avec des cumuls moyens mais des pointes de débit

importantes. En effet, le rôle d'écêtement de la noue entraîne une accumulation de l'eau dans l'ouvrage, ce qui augmente la surface de contact et donc sa capacité d'infiltration et d'évapotranspiration. Cela entraîne une augmentation de l'abattement non « limitée » par un cumul important qui activerait la surverse.

Plus globalement, on peut constater que l'écêtement est tout à fait satisfaisant puisque toujours supérieur à 45% quel que soit le groupe d'évènement. Là aussi, le groupe 10 d'évènements plus rares n'est pas celui pour lequel on obtient la meilleure performance contrairement à ce dont nous aurions pu attendre. Le % d'écêtement semble par ailleurs être maximal quand le débit amont est important mais que le volume amont reste modéré (car des groupes 3 et 7) ce qui peut s'expliquer par la non-activation de la surverse pour ces évènements.

### *e. Conclusions sur l'analyse des données*

Les résultats - tous sites confondus - montrent une **grande variabilité des surfaces actives selon l'évènement pluvieux** ; la prise en compte d'historiques de pluies avec des jeux de surfaces actives, différentes en fonction de la pluie, paraît nécessaire pour le dimensionnement des ouvrages (la surface active étant souvent considérée comme un paramètre fixe lors des dimensionnements). De plus, les valeurs obtenues restent significativement inférieures aux calculs théoriques d'estimation de la surface active pour chacun des sites. Cependant, il convient de noter que seuls des évènements courants ont été suivis, la période de retour maximale des évènements pluvieux suivis étant de 2 ans alors que les ouvrages sont généralement dimensionnés pour des périodes de retour 10 ans.

Les indicateurs ont également permis de calculer et comparer les performances des ouvrages instrumentés en amont et en aval en termes d'abattement des volumes et d'écêtement des débits. Ils montrent des **performances très satisfaisantes pour les évènements courants**, bien qu'ils soient dimensionnés pour écêter les évènements exceptionnels. De plus, la performance obtenue sur l'écêtement (de l'ordre de 60% en moyenne sur les 2 ouvrages qui ont pu être suivis précisément) est supérieure à celle obtenue sur l'abattement (de l'ordre de 40% en moyenne sur les 2 ouvrages qui ont pu être suivis précisément), ce qui est cohérent avec le principe de dimensionnement appliqué (écêtement du débit de fuite en sortie des ouvrages plutôt que la limitation du volume ruisselé).

Enfin, le suivi métrologique de ce type d'ouvrage, bien que lourd à mettre en place et donc impossible à généraliser avec de tels équipements de mesure, s'est avéré très instructif sur le fonctionnement des TA et a permis de **détecter certaines malfaçons de conception des ouvrages**.

## F) SUIVI QUALITE DES OUVRAGES

Afin d'analyser les performances des TA pour l'abattement et le transfert des polluants et micropolluants, des prélèvements étaient prévus sur les cinq sites. Le nombre et la nature des échantillons prélevés ont été définis dès le début de l'Observatoire. Ces prélèvements sont réalisés selon des protocoles adaptés aux analyses des micropolluants.

### 1) Campagnes prévues et réalisées

Les campagnes prévues dans le cadre de l'Observatoire des TA sont présentées dans le tableau suivant. La nature des campagnes varie selon les sites. Les campagnes initialement prévues sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Sites	Prélèvements prévus en début de projet	
<b>Bois de Germignan</b>	7 prélèvements EP 6 prélèvements eau de nappe	18 prélèvements sol et plantes à répartir entre les deux sites
<b>RD1215</b>	7 prélèvements EP amont + 7 prélèvements EP aval	
<b>Clos Lacaussade</b>	7 prélèvements EP amont + 7 prélèvements EP aval	
<b>Vert Castel</b>	7 prélèvements EP amont + 7 prélèvements EP aval	
<b>La Boétie</b>	7 prélèvements EP amont + 7 prélèvements EP aval	

Les campagnes de prélèvements s'échelonnent en théorie sur toute la durée du projet. Cependant, diverses difficultés ont empêché d'effectuer la totalité de ces campagnes. Les problèmes rencontrés étaient :

- Contraintes liées au protocole : l'évènement pluvieux doit arriver après une période de temps sec, être d'un cumul suffisant, etc.
- Problèmes organisationnels : l'évènement se passe durant le week-end, contraintes de planning de la SGAC, ...
- Problèmes matériels : indisponibilités des capteurs sur sites, problème sur les préleveurs...
- Problèmes hydrauliques : mauvaises prévisions météorologiques (cumul de pluie insuffisant), la noue de Vert Castel en charge à cause de remontée de nappe, faible alimentation de la SAUL Boétie (voir paragraphe B.3).

Le tableau ci-dessous présente les campagnes qui ont finalement été réalisées tous types confondus (prélèvements d'eaux pluviales, prélèvements de sols, plantes, racines et prélèvements d'eaux de nappes) :

Sites	Prélèvements <u>réellement effectués</u>	
<b>Bois de Germignan</b>	6 prélèvements EP 6 prélèvements eau de nappe (3 sur P29 et 3 sur P30)	15 prélèvements sol et plantes (6 sur les plantes du bassin RD1215 et 9 sur le sol du bassin de Germignan)
<b>RD1215</b>	2 prélèvements EP amont + 2 prélèvements EP aval	
<b>Clos Lacaussade</b>	6 prélèvements EP amont + 5 prélèvements EP aval	
<b>Vert Castel</b>	0 prélèvement EP amont + 0 prélèvement EP aval	
<b>La Boétie</b>	1 prélèvement EP amont + 0 prélèvement EP aval	

Le tableau suivant précise les campagnes réalisées et le nombre d'échantillons obtenus pour les eaux pluviales :

Date de la campagne	Sites prélevés	Nombre d'échantillons
<b>07/11/2016</b>	Lacaussade (amont et aval), Germignan	3
<b>28/02/2017</b>	Lacaussade (amont et aval), Germignan, RD1215 (amont et aval)	5
<b>19/05/2017</b>	Lacaussade (amont et aval), Germignan, RD1215 (amont et aval)	5
<b>01/02/2018</b>	Germignan	1
<b>15/02/2018</b>	Germignan, Lacaussade (amont et aval)	3
<b>06/03/2018</b>	Lacaussade (amont et aval)	2
<b>07/04/2018</b>	Boétie amont, Lacaussade amont, Germignan	3
<b>7 campagnes au total</b>		<b>22 échantillons de temps de pluie</b>

Le tableau suivant précise les campagnes réalisées et le nombre d'échantillons obtenus pour les eaux de nappes :

Date de la campagne	Sites prélevés	Nombre d'échantillons
13/07/2017	Piézomètres P29 et P30	2
26/06/2018	Piézomètres P29 et P30	2
05/07/2018	Piézomètres P29 et P30	2
<b>3 campagnes au total</b>		<b>6 échantillons d'eaux de nappe</b>

Le tableau suivant précise les campagnes réalisées et le nombre d'échantillons obtenus pour les sols et plantes :

Date de la campagne	Sites prélevés	Nombre d'échantillons
21/07/2017	Sol du bassin de Germignan : Témoin S4, Point S5 et point S6 (3 horizons chacun)	9
05/09/2017	Bassin RD1215 : plantes-parties aériennes (3 répliqués), racines (3 répliqués)	6
<b>2 campagnes au total</b>		<b>15 échantillons de sols et plantes</b>

## 2) Protocole de prélèvement

### a. Protocole de prélèvement des eaux pluviales

Le protocole de prélèvement a été défini dans le cadre du projet REGARD. Il est disponible en Annexe 3 du document. Les principaux choix définis dans ce protocole sont présentés ci-dessous.

Des contraintes ont été définies sur le **type de pluie** déclenchant un prélèvement :

- après une période de temps sec de 3 jours minimum, le temps sec étant défini comme un cumul inférieur à 1 mm sur un pas de temps de 2 heures
- sur prévision de pluie dont le cumul est estimé à 10 mm minimum pour une période de 24h

Ainsi, une surveillance régulière et précise des prévisions de pluie est nécessaire avant de déclencher une campagne de prélèvement.

Les prélèvements sont réalisés **proportionnels au débit** de manière à ne pas avoir à reconstituer manuellement des échantillons moyens (induisant un biais trop important pour des analyses micropolluants) et d'avoir un échantillon représentatif de l'évènement.

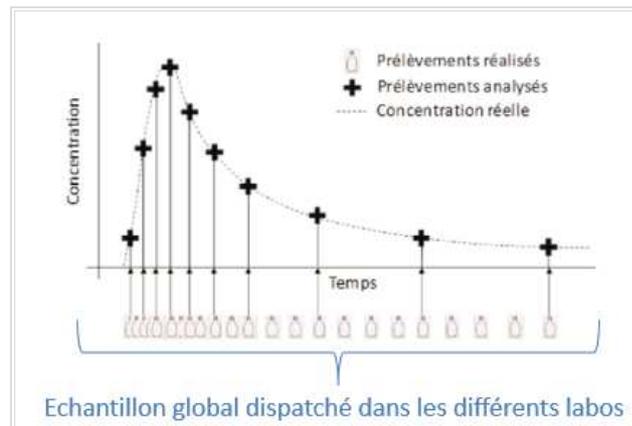


Figure 34 - Principe du protocole de prélèvement proportionnel au débit

Le principe consiste à prélever dans un flacon, une quantité fixe d'eau tous les  $x$  m<sup>3</sup>, avec un asservissement à un débitmètre (impulsions vers le préleveur). Elle est rapide mais il faut une mesure de débit fiable en temps réel et un pas de volume adapté et bien respecté. Elle permet d'avoir un échantillon à analyser sans manipulation dans un seul flacon (source : OTHU – Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine).

Pour déterminer les volumes à prélever, on calcule des surfaces actives de chaque site à partir des données hydrauliques enregistrées lors d'évènements pluvieux indépendants :

$$Sa = \frac{Volume}{h_{tot}}$$

Volume = volume enregistré pendant l'évènement pluvieux en m<sup>3</sup>

$h_{tot}$  = cumul de pluie enregistré pendant l'évènement pluvieux en m

Sa = Surface active en m<sup>2</sup>

Sa (m<sup>2</sup>) est obtenue à partir du coefficient directeur de la régression linéaire.

Le volume transitant dans l'ouvrage lors du prélèvement peut ainsi être anticipé en multipliant la surface active calculée par le cumul de précipitation prévu. Les prélèvements se feront ensuite tous les  $x$  m<sup>3</sup> avec  $x = \text{volume prélevé pour 1 prélèvement} \times \text{volume transitant} / \text{volume du préleveur}$ .

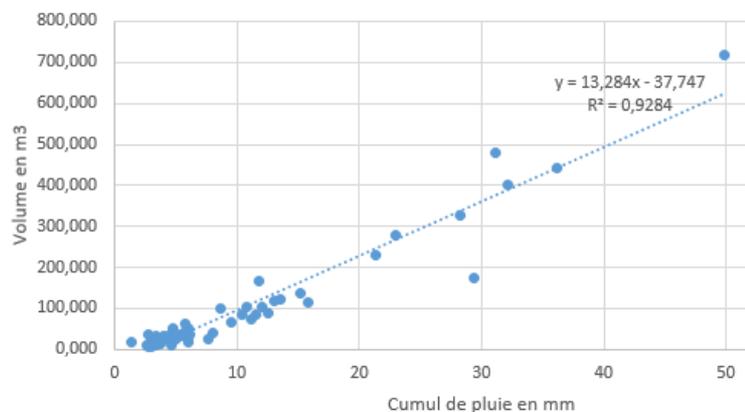


Figure 35 - Exemple de calcul de surface active à partir des données enregistrées

### Tests du protocole

Le protocole a été testé puis affiné avant d’être acté et mis en place de manière opérationnelle. Les différents tests ont permis de corriger les pas de temps d’acquisition des capteurs pendant la campagne et de détecter d’éventuels problèmes de matériels ou logistiques.

Dans la majorité des cas, ce protocole s’est avéré satisfaisant même si de nombreuses données historiques sont nécessaires pour avoir un coefficient de régression linéaire et donc une programmation fiable. La limite de cette méthode est la donnée de prévision de pluie qui est souvent approximative.

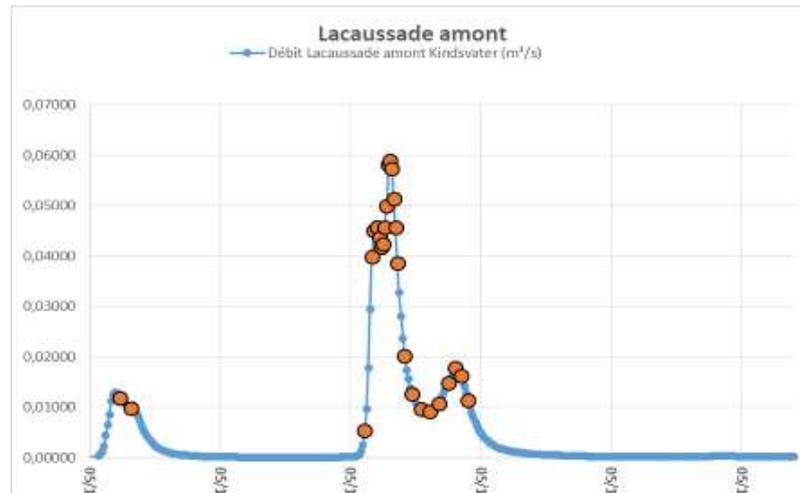


Figure 36 - Exemple de répartition des points de prélèvement sur un hydrogramme. Ici Lacaussade amont lors de la campagne du 5 novembre 2016

Sur la Figure précédente, on observe que les points de prélèvement sont bien répartis sur la totalité de l’évènement.

#### b. Protocole de prélèvement des eaux de nappes

Pour compléter l’étude du devenir des micropolluants présents dans les eaux pluviales au niveau du bassin d’infiltration du Bois de Germignan, trois campagnes de prélèvements de nappe ont été effectuées. En effet, sur ce site, la « sortie » des eaux pluviales est la nappe. Le sol au niveau du bassin étant sableux, il se pourrait que le temps d’infiltration des eaux soit court, augmentant le risque de contamination de la nappe.

En ce qui concerne les suivis de nappes au niveau des bassins d’infiltration, un plan d’expérimentation mené par l’OTHU a montré des modifications de conductivité, température, pH, oxygène dissous et potentiel d’oxydo-réduction suite à l’infiltration d’eaux pluviales. L’influence des bassins d’infiltration sur les nappes sous-jacentes peut donc être mise évidence. Cependant, très peu d’études décrivent les impacts de ces infiltrations sur la qualité (concentrations en polluants) des eaux souterraines et lorsqu’elles existent, ces études montrent des impacts plutôt limités, comme Barraud *et al* pour les ETM. Toutefois, peu d’études concernent les micropolluants organiques tels les pesticides ou les médicaments.

Les prélèvements d'eau de nappe se font au niveau de piézomètres, qui sont des forages non exploités permettant de mesurer le niveau de l'eau souterraine et donc de renseigner sur l'exploitation de la nappe. Chaque piézomètre est repéré par un code et enregistré dans le dossier « Banque du Sous-Sol » (BSS), consultable sur le site internet d'Infoterre.

Dans la zone du bassin de Germignan, des études ont montré que l'écoulement de la nappe se fait globalement du nord au sud. Initialement, des prélèvements d'eau de nappe avaient été envisagés en amont et en aval hydraulique du bassin d'infiltration. Cependant aucun piézomètre n'a été identifié comme suffisamment proche de l'amont du bassin pour pouvoir faire cette comparaison amont/aval. De plus, suite à des discussions avec des chercheurs de l'ENSEGID il est apparu difficile de connaître précisément la direction de l'écoulement de la nappe. D'autres projets de recherche menés dans le secteur se sont heurtés à cette difficulté. Pour cette raison, il a été décidé que **seule une caractérisation de la nappe serait faite sur les piézomètres disponibles situés le plus vraisemblablement à l'aval du bassin.**

Plusieurs piézomètres sont présents dans la zone du bassin de Germignan, comme le montre la figure suivante :

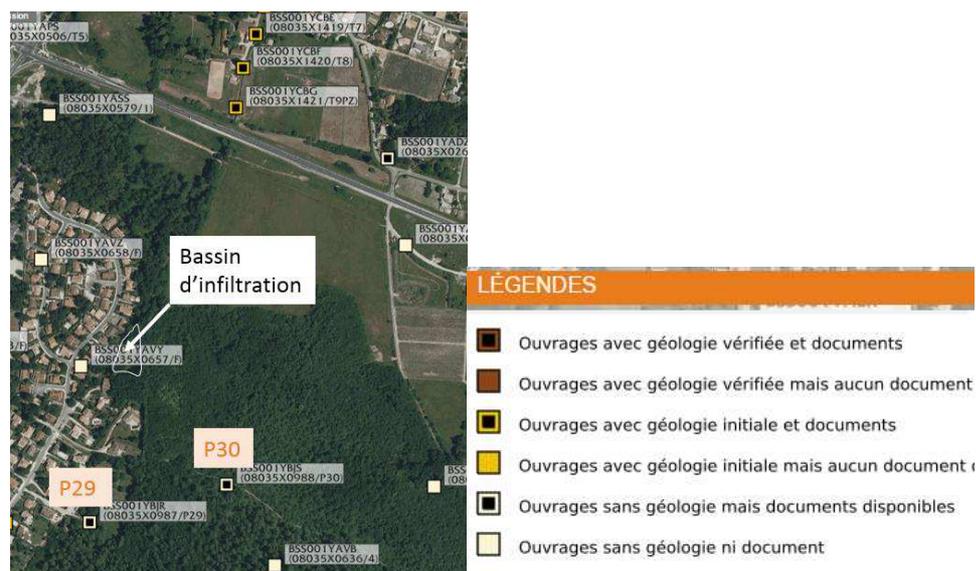


Figure 37 - Localisation des piézomètres en amont et en aval du bassin. Source : Infoterre

Les piézomètres choisis pour les campagnes de prélèvement sont ceux situés à l'aval hydraulique du bassin de Germignan (P29 : code BSS001YBJS, et P30 : BSS001YBJR, sur la figure ci-dessus).

Dans l'idéal, il aurait fallu prélever de l'eau de nappe suite à un événement pluvieux conséquent ayant donné lieu à une campagne d'échantillonnage d'eaux pluviales au niveau du bassin, afin de voir l'influence de l'infiltration des pluies arrivant dans le bassin sur la qualité de la nappe. Cela supposait de connaître le temps que mettent les eaux infiltrées à atteindre la nappe et à se retrouver au niveau. Cette durée s'appelle le temps de transfert. De la même manière, il aurait fallu, avant l'épisode pluvieux, prélever de l'eau de nappe afin de connaître sa concentration initiale en micropolluants.

Afin de confirmer la direction d'écoulement de la nappe et d'estimer le temps de transfert entre le bassin d'infiltration et les piézomètres aval, un traçage naturel a été mis en place. Ce type de traçage repose sur la différence de concentrations en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$  dans les eaux de pluie et dans les eaux souterraines. Les eaux pluviales, peu chargées en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$ , entraînent une chute de la conductivité mesurée dans la nappe. Une des difficultés est qu'en analysant la conductivité au niveau des piézomètres aval, on a aussi l'influence des eaux pluviales qui se sont infiltrées sur l'ensemble de la zone, et pas seulement dans le bassin. Cependant, compte tenu des volumes d'eau infiltrés dans le bassin lors des événements pluvieux (à titre d'exemple :  $101 \text{ m}^3$  pour l'épisode pluvieux du 18/05/17), il devait être possible d'identifier la chute dans la conductivité causée par l'infiltration au niveau du bassin. Dans cette optique, le 17/05/17, deux sondes conductimétriques ont été posées dans les piézomètres P29 et P30. Les données de conductivité ont été enregistrées en continu dans les piézomètres jusqu'au 13/07/17, date à laquelle elles ont été collectées. Cependant, ces données n'ont pas permis de déterminer le temps de transfert. Aucune tendance particulière n'a été observée pour la conductivité au niveau de P30. Pour P29, contrairement à ce qui était attendu, ce sont plutôt des pics dans la conductivité qui ont été observés. Les graphiques représentant l'évolution de la conductivité en fonction du temps pour les deux piézomètres, ainsi qu'un schéma représentant les résultats normalement attendus sont présentés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 4. L'hypothèse avancée pour expliquer les résultats en P29 est que suite à la période sèche, assez longue cette année, les précipitations ont mis en solution les ions de la zone non saturée et ainsi fait augmenter la conductivité électrique après chaque épisode pluvieux. Pour P30, aucune explication n'a été envisagée à ce jour, sauf peut-être une dérive du capteur.

**Face à ce constat il a été décidé de réaliser des prélèvements à une année d'intervalle, sans chercher à corrélér les dates avec des événements pluvieux spécifiques.** Ainsi, les 13/07/17, 26/06/2018 et 05/07/2018, des prélèvements d'eau de nappe ont donc été faits au niveau des piézomètres P29 et P30, après avoir vidangé trois fois ces derniers, afin de prélever réellement l'eau de nappe et non de l'eau stagnante. Les volumes d'eau de nappe suivants ont été livrés aux laboratoires : 250 ml/point pour les analyses sur les métaux ; 500 ml/point pour les analyses sur les polluants organiques. Les analyses se concentreront sur la phase dissoute. Des traceurs seront recherchés pour les médicaments, les pesticides et les HAP.

### *c. Protocole de prélèvement des sols*

Des analyses de sols (ou de dépôts sédimentaires) ont été réalisées en complément des analyses d'eaux pluviales sur le site du bassin d'infiltration de Germignan afin de préciser le devenir des micropolluants véhiculés par les eaux pluviales.

Le protocole d'échantillonnage de sol sur le bassin d'infiltration a été élaboré avec les partenaires de REGARD puis mis en pratique le 21/07/2017.

Afin d'explorer la rétention des micropolluants par le sol, il a été décidé de concentrer les prélèvements dans la zone fréquemment sollicitée, soit à proximité immédiate du sillon creusé par l'eau. Ce sillon s'étend jusqu'à un tube PVC, situé à une dizaine de mètres de la canalisation. Un échantillon témoin a également été prélevé dans une zone du bassin éloignée du point de rejet. Il a été décidé de tester

l'hypothèse d'une rétention différente des micropolluants selon les horizons du sol : chaque point de prélèvement devait être échantillonné à plusieurs profondeurs correspondant aux horizons. L'organisation du sol peut varier sur quelques mètres, surtout qu'il s'agit d'une zone sollicitée par les rejets d'eaux pluviales depuis les années 1980, ce qui a pu entraîner des modifications du sol. Dans un premier temps et afin de mettre en évidence les horizons de sol, trois sondages « tests » (sondages S1, S2 et S3 sur les figures suivantes), ont été réalisés à la tarière le long du sillon (du côté gauche).

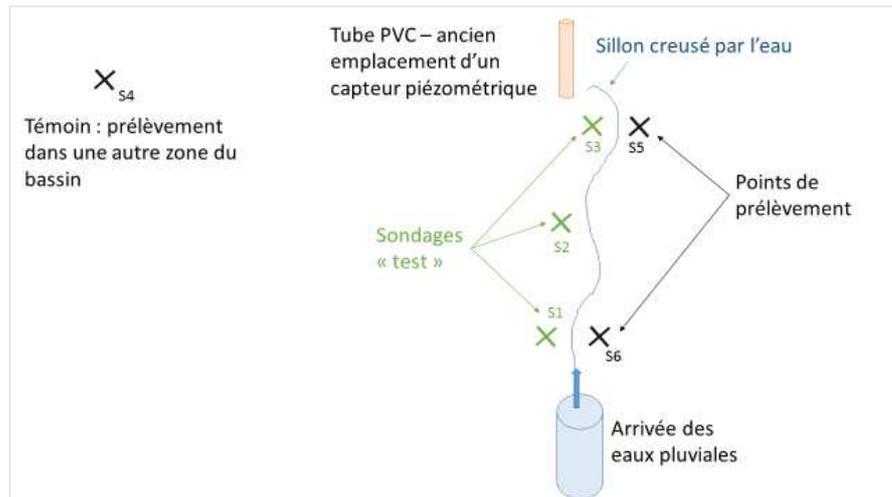


Figure 38 - Positionnement des sondages "test" et des sondages ayant servi aux prélèvements



Figure 39 - Positionnement des sondages dans le bassin d'infiltration

Ces trois sondages « test » ont révélé trois horizons de sol bien distincts décrits dans le tableau en Annexe 5.

Pour tous les échantillons et pour éviter tout risque de contamination, le sol en contact avec la tarière a, dans la mesure du possible, été exclu des échantillons. Ensuite, la méthode du quartage a été appliquée pour constituer les échantillons, dont les masses finales avaient été décidées avec les partenaires du projet REGARD : 50 g de sol pour l'analyse des polluants organiques ; 10 g de sol pour

l'analyse des métaux (des mesures granulométriques ont également été effectuées afin de définir la texture des sols collectés).

L'étape de quartage s'est faite sur une bâche en plastique recouverte de papier kraft et en utilisant des cuillères en inox. La tarière et le matériel utilisé lors du quartage ont été rincés à l'eau déminéralisée entre chaque prélèvement et le papier kraft renouvelé. Le flaconnage adapté a été fourni par les laboratoires : barquettes en aluminium pour les analyses sur les polluants organiques et sachets plastiques pour les analyses sur les métaux.

A la fin de la campagne d'échantillonnage, les sondages ont été rebouchés pour éviter de créer un écoulement préférentiel de l'eau à leur niveau.

Initialement, seuls six échantillons devaient être prélevés sur ce site, en trois points de prélèvements et à deux profondeurs différentes. Sur le terrain, les sondages « tests » ayant montré trois horizons bien distincts, il a été décidé de prélever dans ces trois horizons et d'augmenter le nombre d'analyses pour un total de neuf analyses récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Point de prélèvement	Nombre d'échantillons
Témoin S4	3 horizons
Point S5	3 horizons
Point S6	3 horizons
<b>TOTAL</b>	<b>9 échantillons</b>

#### *d. Protocole de prélèvement des plantes et racines*

Des analyses de plantes ont été réalisées en complément des analyses d'eaux pluviales sur le site du bassin de la RD1215 afin de préciser le devenir des micropolluants véhiculés par les eaux pluviales.

Le protocole d'échantillonnage de sol sur le bassin RD1215 a été élaboré avec les partenaires de REGARD puis mis en pratique le 05/09/2017.

Le bassin RD1215 est un bassin sur membrane et roseaux alimenté par des eaux de voirie et en surverse vers un bassin d'infiltration. Ce bassin semble avoir été conçu dans une optique de dépollution car c'est ainsi qu'il est dénommé sur le SIG, sans qu'une étude de dimensionnement permette de s'en assurer (bassin construit dans les années 80). L'enjeu de l'expérimentation sur ce site est d'évaluer la contribution des différents compartiments de ce bassin sur le devenir des micropolluants. Les « compartiments » font référence ici à tout ce qui se trouve au-dessus de la bâche qui imperméabilise le bassin, à savoir :

- le « sol » ou « dépôts sédimentaires » même s'il s'agirait plutôt d'un mélange entre ce qui a éventuellement été déposé au-dessus de la bâche lors de la construction du bassin dans les années 1980 et les dépôts qui se sont accumulés depuis (végétaux, particules...).
- Les plantes : la végétation du bassin de dépollution est largement monospécifique (genre *Phragmites* espèce *australis*).

En accord avec la littérature et 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), il a été décidé de distinguer les parties aériennes et parties souterraines des plantes. Une autre possibilité, évoquée en réunion de travail, aurait été de différencier la partie aérienne des plantes en plusieurs sous-parties (tiges, feuilles, fleurs). Cependant, si la dissociation entre partie aérienne et racinaire a un intérêt pour les préconisations d'entretien du bassin, découper la partie aérienne en sous-parties n'aurait pas pu aboutir à des préconisations d'entretien supplémentaires.

Les dépôts sédimentaires n'ont pas pu être prélevés. Les deux équipements testés n'ont pas permis d'aboutir à des échantillons satisfaisants. Le dépôt était trop liquide pour utiliser la tarière ou la pelle et il y avait trop de racine pour le faire avec un préleveur à vase.

Pour chaque compartiment, un échantillon moyen a été constitué à partir de cinq points de prélèvements identifiés lors d'une visite de terrain (Figure a ci-dessous), afin de réduire l'influence de l'hétérogénéité spatiale potentielle au sein du bassin.

En chaque point, ont été prélevés trois roseaux toujours au même stade de croissance et mesurant environ 1,80m (Figure b). Ainsi, en chaque point, ont été prélevés :

- les parties souterraines des trois plantes rincées à l'eau déminéralisée pour éviter de contaminer l'analyse par des fragments de sol
- les parties aériennes des trois mêmes plantes, elles aussi rincées à l'eau déminéralisée



*Figure 40 - Points de prélèvement identifiés lors d'une visite de terrain*



*Figure 41 - Roseaux prélevés lors d'une visite de terrain*

Après rinçage, les végétaux (l'ensemble des 15 roseaux) sont pesés et découpés en petits morceaux pour former les échantillons. Avec ce protocole, se pose la question de la constitution d'un échantillon représentatif de l'ensemble de la plante. Il a été décidé de reconstituer les échantillons « partie aérienne » au prorata de la masse des tiges et des feuilles par rapport à la masse des roseaux (Figure suivante « Stratégie d'échantillonnage pour les parties aériennes »). A titre d'exemple, si le poids des

15 roseaux est de 10kg, le poids des tiges de 8kg et celui des feuilles de 2kg et si l'on veut constituer un échantillon de 100g, alors cet échantillon sera constitué de 80g de tige et de 20g de feuilles.

De plus, il a été décidé avec les partenaires de REGARD de réaliser seulement une campagne, mais de multiplier le nombre d'échantillons prélevés dans chaque compartiment afin de s'assurer que les échantillons sont bien homogènes et que le protocole n'induit pas trop de variabilité. Ainsi, on prélèvera chaque échantillon constitué du mélange prélevé en 5 points du bassin sera divisé en 3 pour avoir un réplica des analyses :

Type de prélèvement	Nombre d'échantillons
Mélange des parties aériennes	3 réplicas
Mélange des parties souterraines	3 réplicas
<b>TOTAL</b>	<b>6 échantillons</b>

Pour les échantillons de dépôts, une étape de quartage a permis d'aboutir aux quantités suivantes : 50 g de dépôts pour l'analyse des polluants organiques ; 10 g de dépôts pour l'analyse des métaux. Le quartage s'est fait sur une bâche en plastique recouverte de papier kraft et en utilisant des cuillères en inox. Le matériel utilisé lors du quartage étaient rincés à l'eau déminéralisée entre chaque prélèvement et le papier kraft renouvelé.

Le flaconnage était fourni par les laboratoires : barquettes en aluminium pour les analyses sur les polluants organiques et sachets plastiques pour les analyses sur les métaux.

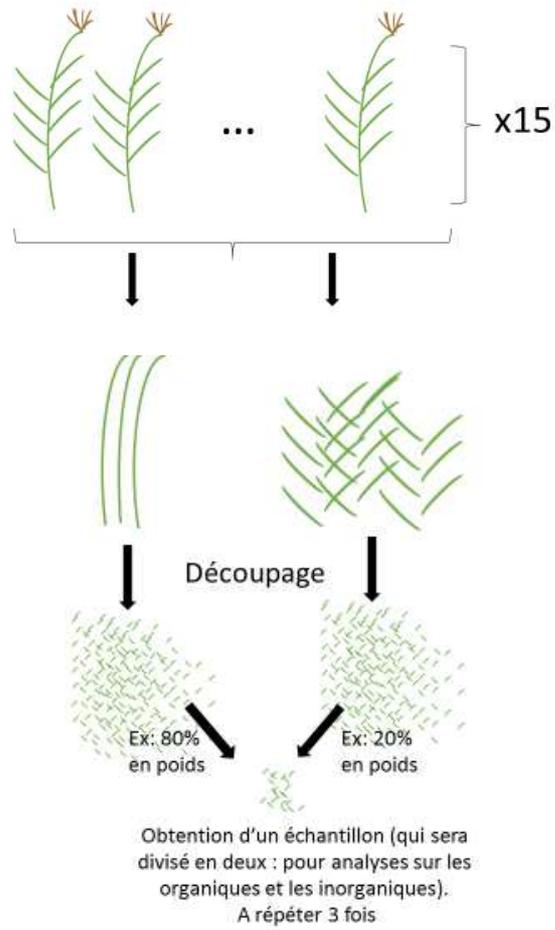


Figure 42 - Stratégie d'échantillonnage pour les parties aériennes des plantes

## G) RESULTATS DE L'ETUDE QUALITE

### 1) Traitement des résultats des campagnes qualité

Cette partie du travail est réalisée par les laboratoires de recherche et d'analyses de l'UMR EPOC pour les micropolluants, le laboratoire de la STEP Louis Fargues pour les polluants majeurs (uniquement pour les prélèvements d'eaux), partenaires du projet REGARD.

Une fois pris en charge par les laboratoires d'analyse, les échantillons sont traités de façons différentes en fonction des paramètres recherchés (micropolluants organiques ou métaux, polluants majeurs). Les échantillons destinés à l'analyse des micropolluants inorganiques et des polluants majeurs sont traités immédiatement après réception. Les échantillons destinés à l'analyse des micropolluants organiques ne sont pas toujours immédiatement traités et sont alors congelés à -18°C afin de les placer dans des conditions de conservation optimales.

Suivant les familles de micropolluants, les analyses sont réalisées en distinguant la phase dissoute de la phase particulaire des échantillons. Afin de séparer ces deux phases, les échantillons sont filtrés. Le filtrat est ensuite reconditionné puis préparé pour analyses. Le gâteau de filtration est lyophilisé et pesé afin de déterminer la masse de MES de l'échantillon, puis utilisé dans le cadre des analyses particulières<sup>2</sup>.

Les 86 molécules recherchées dans les prélèvements d'eau pluviale sont présentées en Annexe 6 ainsi que méthodes analytiques utilisées et les concentrations en-dessous desquelles le laboratoire n'est plus en mesure de déterminer avec une fidélité suffisante la quantité du paramètre recherché (LQ : limite de quantification). 18 métaux sont recherchés et 68 polluants organiques, ces derniers se répartissant entre quatre grandes classes de molécules que sont :

- les pharmaceutiques (13 molécules) : en plus des médicaments, cette catégorie comprend la caféine car, même s'il ne s'agit pas d'un médicament, elle est considérée comme un « traceur de vie humaine ».
- les pesticides (24 molécules) : ils regroupent des fongicides, des herbicides et des insecticides
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques, HAP, (14 molécules) : ils proviennent surtout de la combustion incomplète de la matière organique ou de produits pétroliers
- les composés perfluorés, PFAS, (17 molécules) : utilisés dans les traitements de surfaces, les revêtements, les traitements de textiles...

Les HAP et les PFAS sont recherchés dans les phases dissoute et particulaire ; les médicaments et les pesticides dans la phase dissoute et les métaux dans les phases dissoute et totale (c'est-à-dire sans filtration préalable ; par différence il est alors possible de connaître la phase particulaire). Selon les composés recherchés, des méthodes analytiques différentes ont été utilisées.

---

<sup>2</sup> C. Chollet, J. Cruz, V. Dufour, C. Simonnet-Laprade, P. Labadie, H. Budzinski, MJ. Capdeville, D. Granger. *REGARD : Livrable Lot 1 : Caractérisation des substances et des impacts*. 2017.

En plus des micropolluants, des paramètres physico-chimiques sont aussi déterminés : l'Azote total selon Kejdahl, la DBO5, les MES, la DCO, l'Ammonium et le Phosphore.

## 2) Résultats des campagnes de prélèvements d'eaux pluviales

### a. Caractéristiques des campagnes réalisées

Comme expliqué précédemment, tous les prélèvements prévus n'ont pas pu être réalisés. La plupart des prélèvements ont été faits sur les sites de Germignan et Lacaussade. Sur le site de RD1215, certains prélèvements ont échoué en raison du non-remplissage des bombonnes dû à un problème de programmation des préleveurs (lié généralement à une prévision de pluie approximative) et des problèmes d'alimentation électrique des capteurs. Les sites de la Boétie aval et de Vert Castel n'ont pas pu faire l'objet de prélèvements ; en effet, comme signalé auparavant, le site de la Boétie n'était pas fonctionnel en 2016 et 2017 (l'ouvrage était bypassé à cause d'une malfaçon lors de la pose de l'avaloir amont et la sous-estimation de la pente dans la rue) et a subi des travaux complémentaires en 2017. Ces travaux ont partiellement répondu au besoin, mais l'aval de ce site n'a jamais réceptionné d'eau pluviale sûrement à cause d'une alimentation partielle de l'ouvrage liée à la pente de la voirie. D'un autre côté le site de Vert Castel a subi une influence aval qui empêche l'eau de s'écouler et donc l'impossibilité d'effectuer des campagnes sur ce site.

De plus, de nombreux événements pluvieux ont eu lieu et parmi eux, seuls quelques-uns répondaient aux critères nécessaires au déclenchement d'une campagne de prélèvements.

Les caractéristiques des pluies ayant donné lieu aux campagnes de prélèvements depuis le début du projet en 2016, ainsi que les sites ayant été prélevés au cours de ces campagnes, sont récapitulés dans le tableau suivant :

*Caractéristiques des pluies ayant donné lieu aux campagnes de prélèvement*

	04/11/2016	27/02/2017	17/05/2017	31/01/2018	14/02/2018	06/03/2018	06/04/2018
Date de début de l'évènement pluvieux	04/11/2016 21:00	27/02/2017 17:35	17/05/2017 23:55	31/01/2018 19:00	14/02/2018 07:00	06/03/2018 12:00	06/04/2018 23:00
Date de fin de l'évènement pluvieux	05/11/2016 08:00	28/02/2017 13:05	18/05/2017 13:50	01/02/2018 07:00	14/02/2018 21:00	07/03/2018 16:00	08/04/2018 15:00
Durée de l'évènement pluvieux	11h	19h30	13h55	12h	14h	28h	40h
Cumul de pluie sur l'évènement	14 mm	24 mm	27 mm	5,6 mm	17 mm	10,2 mm	14,6 mm
Durée de temps sec antérieure	11j et 9h	19j et 14h45	4j et 18h	5j - 04h00	2j - 01h50	2j - 03h20	7j - 04h15
Intensité maximale 10 min (mm/h)	26,4	20,4	12	3,6	3,6	7,2	4,8
Période de retour	≥ 3mois	> 1mois	≥ 3mois	<2 semaines	≥ 1 mois	<2 semaines	<2 semaines

	04/11/2016	27/02/2017	17/05/2017	31/01/2018	14/02/2018	06/03/2018	06/04/2018
Sites concernés	Lacaussade (amont et aval), Germignan	Lacaussade (amont et aval), Germignan, RD1215 (amont et aval)	Lacaussade (amont et aval), Germignan, RD1215 (amont et aval)	Germignan	Germignan, Lacaussade (amont et aval)	Lacaussade (amont et aval)	Boétie amont, Lacaussade amont, Germignan

On constate que les pluies ayant fait l'objet d'une campagne de prélèvement sont des pluies courantes (périodes de retour de 3 mois au maximum), avec des caractéristiques assez classiques (pas de pluie exceptionnelle ou atypique).

Pour les campagnes du 14/02/2018 et du 7/03/2018, une entorse au protocole a été faite puisque que le nombre de jours précédents de temps sec est inférieur à 3 (respectivement 2j - 01h50 et 2j - 03h20). Cette décision a été prise suite aux difficultés constatées pour réaliser les prélèvements prévus conformément au protocole établi.

Les graphiques suivants montrent les volumes ayant transités par les ouvrages lors les campagnes :

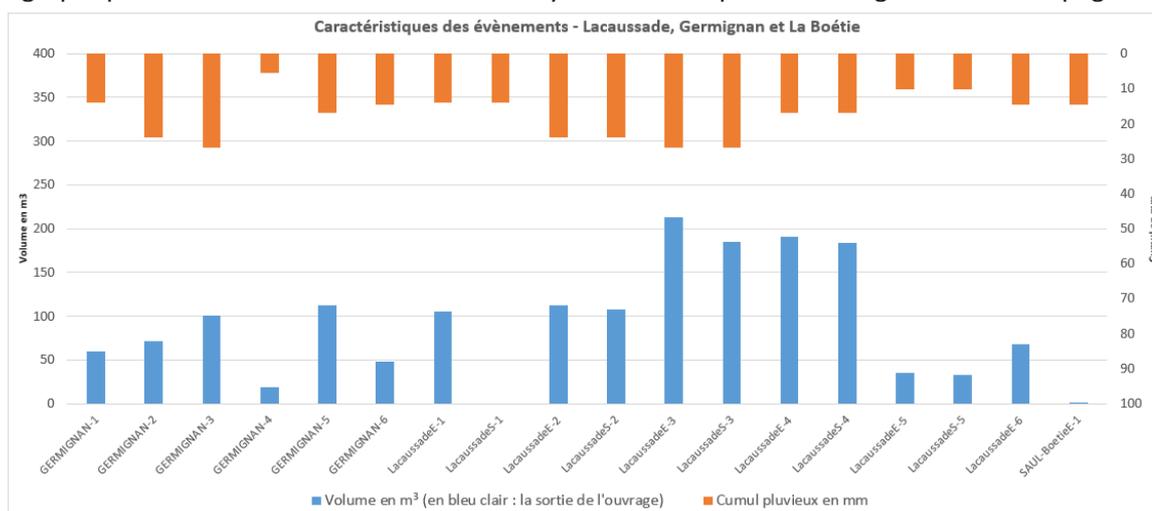


Figure 43 - Volumes ayant transités pendant les campagnes au niveau des sites : Germignan (noté DORE), Lacaussade amont (noté lacaussadeE), Lacaussade aval (noté lacaussadeS) et la Boétie amont (noté SAUL-BoetieE) – Nota : le volume de LacaussadeS-1 est manquant à cause d'une perte de données

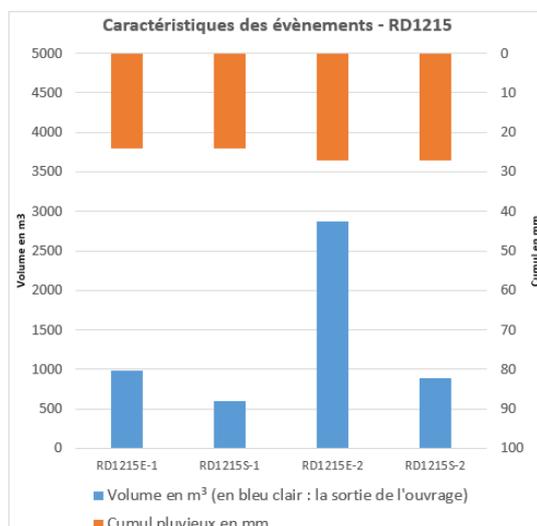


Figure 44 - Volumes ayant transités pendant les campagnes au niveau des sites : RD1215 amont (noté depollutionRD1215E) et RD1215 aval (noté depollutionRD1215S)

Pour les ouvrages dont l'entrée et la sortie ont pu faire l'objet d'un prélèvement lors de la même campagne, les abattements volumiques amont/aval obtenus sont les suivants :

Campagne	Ouvrage	Abattement volumique amont/aval en %
27/02/2017	Lacaussade	4 %
17/05/2017	Lacaussade	13%
14/02/2018	Lacaussade	4 %
06/03/2018	Lacaussade	6 %
27/02/2017	RD1215	39 %
17/05/2017	RD1215	69 %

Ces résultats sont majoritairement inférieurs aux moyennes obtenues avec le suivi hydraulique longue durée (paragraphe E) qui étaient respectivement 20% et 64% pour Lacaussade et RD1215, excepté pour la campagne du 17/05/2017 pour laquelle les abattements obtenus sont assez proches de ces abattements moyens.

Les préleveurs ont été programmés pour prélever des échantillons proportionnels au débit comme expliqué dans le paragraphe F.2.a. La qualité de la représentativité de l'échantillon par rapport à l'hydrogramme mesuré est décrite dans le tableau ci-dessous :

Campagne	Site	Qualité de la représentativité de l'échantillon
04/11/2016	Germignan	Bonne
04/11/2016	Lacaussade amont	Bonne
04/11/2016	Lacaussade aval	Données manquantes
27/02/2017	Germignan	Moyenne
27/02/2017	Lacaussade amont	Bonne
27/02/2017	Lacaussade aval	Moyenne

Campagne	Site	Qualité de la représentativité de l'échantillon
27/02/2017	RD1215 amont	Moyenne
27/02/2017	RD1215 aval	Données manquantes
17/05/2018	RD1215 amont	Bonne
17/05/2018	RD1215 aval	Bonne
17/05/2018	Germignan	Bonne
17/05/2018	Lacaussade amont	Bonne
17/05/2018	Lacaussade aval	Bonne
31/01/2018	Germignan	Bonne
14/02/2018	Germignan	Moyenne
14/02/2018	Lacaussade amont	Moyenne
14/02/2018	Lacaussade aval	Moyenne
06/03/2018	Lacaussade amont	Bonne
06/03/2018	Lacaussade aval	Bonne
06/04/2018	Boétie amont	Moyenne
06/04/2018	Germignan	Bonne
06/04/2018	Lacaussade amont	Bonne

Les échantillons dont la représentativité est qualifiée de « bonne » sont ceux pour lesquels les prélèvements sont correctement répartis sur l'hydrogramme : du début à la fin, avec une augmentation de la fréquence de prélèvement au moment du pic de débit. Au contraire, les échantillons dont la représentativité est qualifiée de « moyenne » sont ceux pour lesquels les prélèvements ne sont pas correctement répartis sur l'hydrogramme : arrêt du prélèvement avant la fin de l'hydrogramme pour cause de bonbonne pleine, etc.

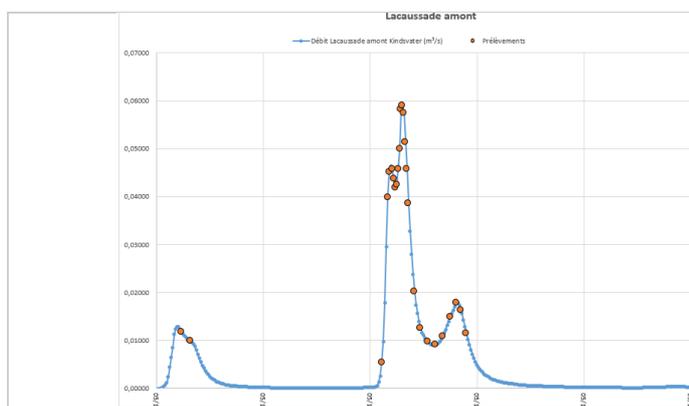


Figure 45 - Exemple de représentativité de l'échantillon qualifiée de « bonne »

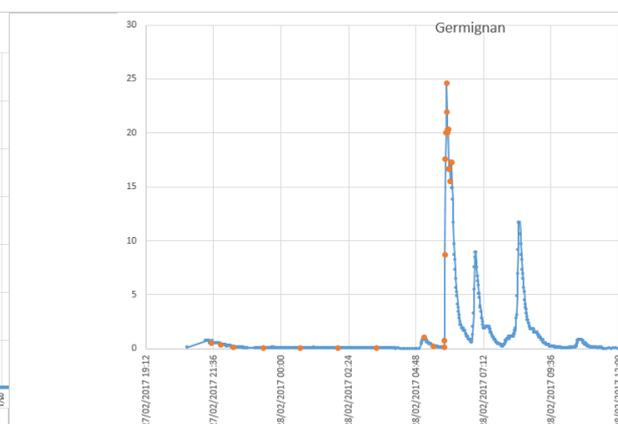


Figure 46 - Exemple de représentativité de l'échantillon qualifiée de « moyenne »

Les hydrogrammes et points de prélèvements pour chaque site et chaque campagne sont disponibles en Annexe 7.

### b. Résultats d'analyse des échantillons d'eaux pluviales – polluants majeurs

**Nota :** quand les résultats obtenus étaient inférieurs aux limites de quantification, ils n'ont pas été affichés dans les graphiques.

#### Résultats obtenus sur les concentrations :

Les résultats en concentration obtenues en analysant les polluants majeurs dans les différents échantillons d'eaux pluviales sont affichés ci-dessous :

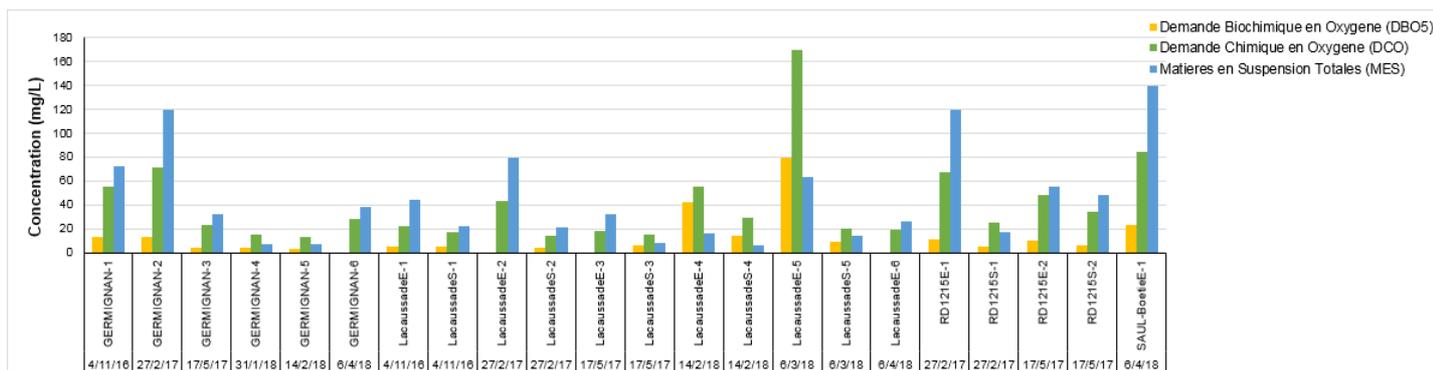


Figure 47 - Résultats obtenus sur les paramètres MES, DCO et DBO5 dans les échantillons d'eaux pluviales

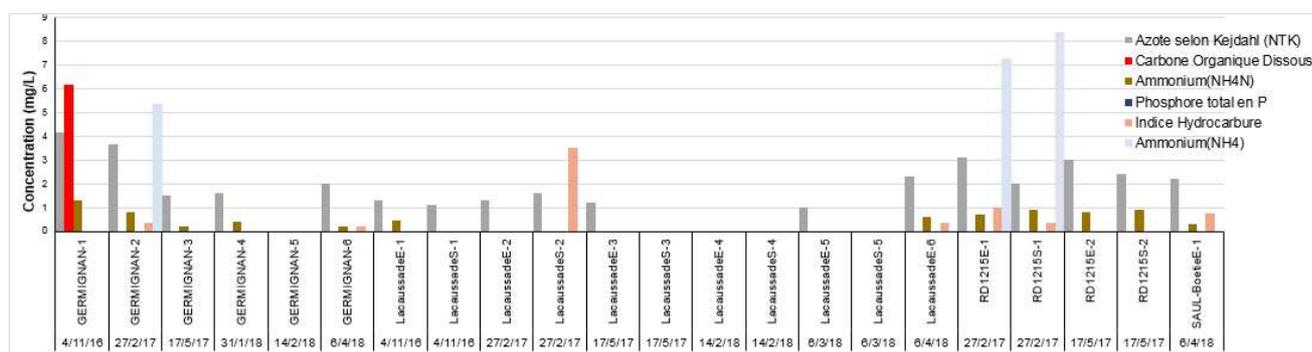


Figure 48 - Résultats obtenus sur les autres polluants majeurs dans les échantillons d'eaux pluviales

Les % abattements correspondants sont présentés dans le tableau suivant :

	04/11/2016	27/02/2017	17/05/2017	14/02/2018	06/03/2018	27/02/2017	17/05/2017
	Lacaussade-1	Lacaussade-2	Lacaussade-3	Lacaussade-4	Lacaussade-5	RD1215-1	RD1215-2
<b>NTK</b>	15%	-23%	x%	#	x%	35%	20%
<b>DBO5</b>	0%	#	#	67%	89%	55%	40%
<b>MES</b>	50%	74%	75%	58%	78%	86%	13%
<b>DCO</b>	23%	67%	17%	47%	88%	63%	29%
<b>COD</b>	#	Pas de donnée					
<b>N-NH4</b>	x%	#	#	Pas de donnée	Pas de donnée	-29%	-13%

P	#	#	#	#	#	#	#
<b>Indice hydro</b>	Pas de donnée	#	Pas de donnée	Pas de donnée	Pas de donnée	64%	Pas de donnée
<b>NH4</b>	Pas de donnée	#	Pas de donnée	Pas de donnée	Pas de donnée	-15%	Pas de donnée

# : signifie que le calcul est impossible car la valeur d'entrée est inférieure à la limite de quantification  
 x% : signifie que le calcul est impossible car la valeur de sortie est inférieure à la limite de quantification, mais que l'abattement est effectif puisque la valeur d'entrée est supérieure à la limite de quantification

On constate :

- Que les événements **pluvieux intenses succédant une période de temps sec importante entraînent des concentrations plus importantes** sur Germignan-1, Germigan-2 et RD1215-1.
- Sur Lacaussade le pic de concentration en MES, DCO et DBO5 est obtenu lors d'un événement classique du 6 mars 2018 et est fortement abattu en sortie : abattements respectifs de 78%, 88% et 89%.
- De manière générale, les concentrations en polluants majeurs sont plutôt bien abattues entre l'entrée et la sortie, ce qui traduit **une bonne aptitude à traiter les polluants majeurs au travers ces TA et en particulier les MES.**

**Résultats obtenus sur les flux :**

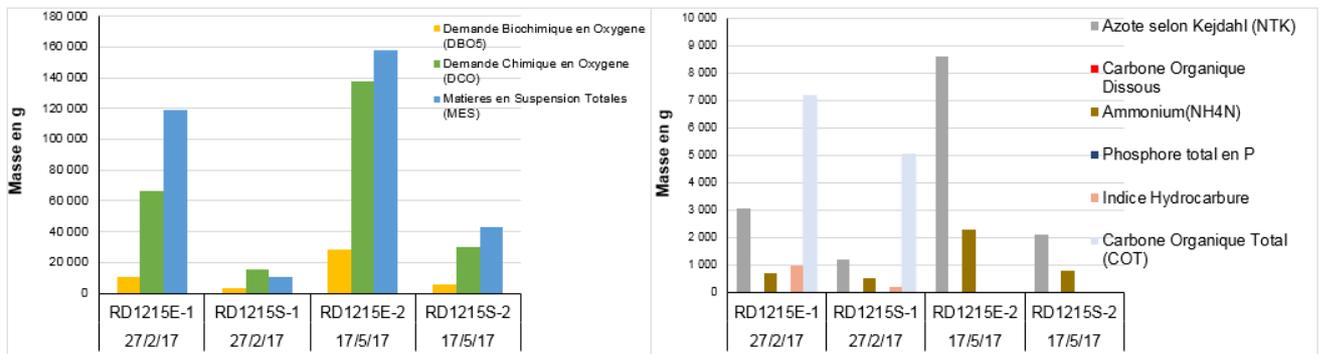


Figure 49 - Résultats obtenus sur les flux de polluants majeurs pour RD1215

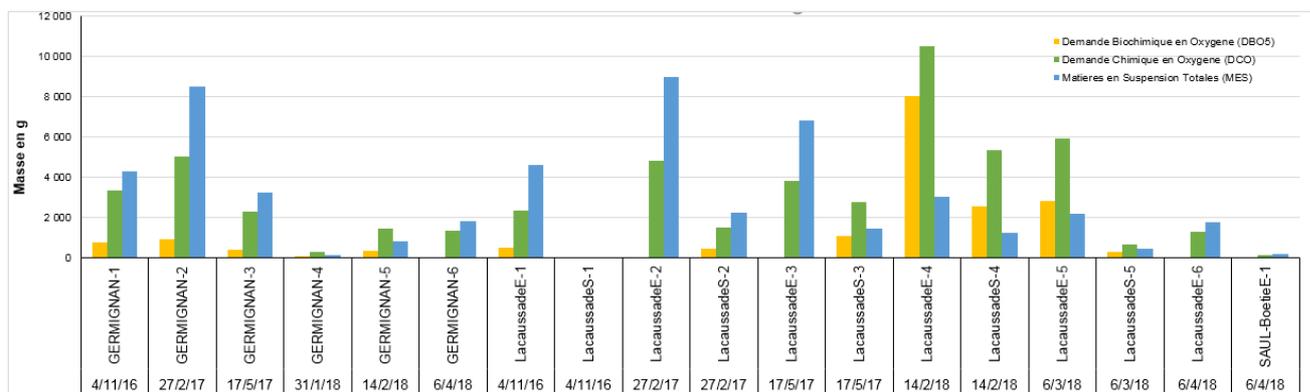


Figure 50 - Résultats obtenus sur les flux des paramètres MES, DCO et DBO5 dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadesS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume)

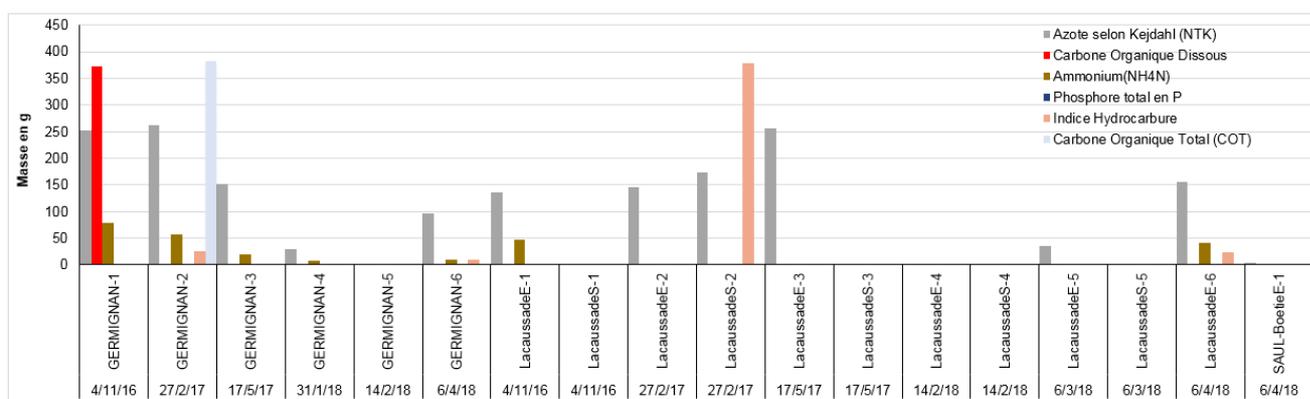


Figure 51 - Résultats obtenus sur les flux des autres polluants majeurs dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadesS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume)

Les % abattements correspondants sont présentés dans le tableau suivant :

	4/11/16	27/2/17	17/5/17	14/2/18	6/3/18	27/2/17	17/5/17
	Lacaussade-1	Lacaussade-2	Lacaussade-3	Lacaussade-4	Lacaussade-5	RD1215-1	RD1215-2
<b>NTK</b>	Pas de données	-19%	x%	#	x%	61%	75%
<b>DBO5</b>	Pas de données	#	#	68%	89%	72%	81%
<b>MES</b>	Pas de données	75%	78%	60%	79%	91%	73%
<b>DCO</b>	Pas de données	69%	28%	49%	89%	77%	78%
<b>COD</b>	Pas de données						
<b>N-NH4</b>	Pas de données	#	#	Pas de données	Pas de données	22%	65%
<b>P</b>	Pas de données	#	#	#	#	#	#

<b>Indice hydro</b>	Pas de données	78%	Pas de données				
<b>NH4</b>	Pas de données	#	Pas de données	Pas de données	Pas de données	30%	Pas de données

# : signifie que le calcul est impossible car la valeur d'entrée est inférieure à la limite de quantification  
 x% : signifie que le calcul est impossible car la valeur de sortie est inférieure à la limite de quantification, mais que l'abattement est effectif puisque la valeur d'entrée est supérieure à la limite de quantification

On constate :

- La **tendance en flux ne suit pas systématiquement celle des volumes**. Pour Germignan, les flux les plus importants sont mesurés lors des évènements 1 et 2 qui sont ceux pour lesquels les concentrations étaient les plus importantes malgré des volumes modérés.
- **Les abattements en flux sont importants et bien supérieurs à ceux mesurés sur les volumes** : sur Lacaussade l'abattement maximal calculé est de 89% pour les MES contre 13% au maximum en volume sur ces mêmes évènements ; sur RD1215 l'abattement maximal calculé est de 91% pour les MES contre 69% au maximum en volume sur ces mêmes évènements. Cela traduit **une très bonne aptitude de ces TA à diminuer les flux polluants, en particulier les MES**.

### c. Résultats d'analyse des échantillons d'eaux pluviales - ETM

#### Résultats obtenus sur le dissous :

- **En concentrations :**

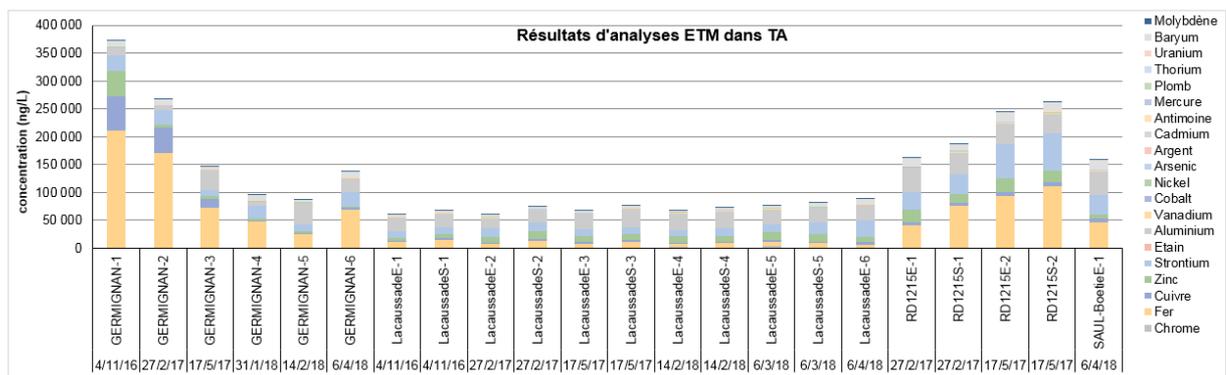


Figure 52 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales

Sur ce graphique, les métaux Fer, Aluminium, Strontium, Baryum, apparaissent en majorité, ce qui peut s'expliquer du fait de leur abondance relative naturelle (ex. Al et Fe sont classés dans les éléments Majeurs et Sr et Ba sont les plus abondants dans les Métaux traces) . Afin de s'affranchir de ce biais d'abondance naturelle, les données ont été normalisées par les concentrations obtenues dans les eaux de nappes (P30-1), supposées ici être une référence proche d'un niveau naturel. Il est alors possible de caractériser des niveaux d'enrichissement.

Les résultats (présentés sans les éléments majeurs), sont affichés ci-dessous :

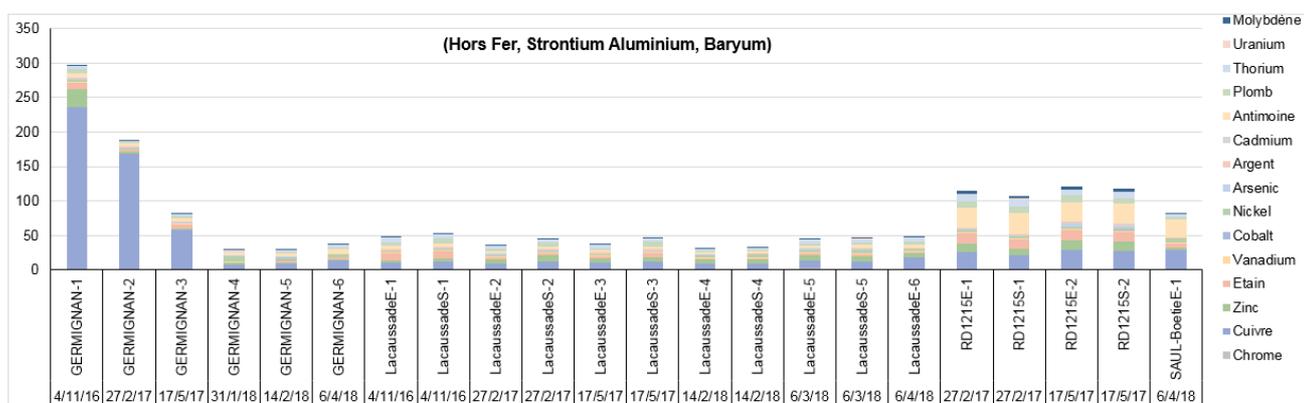


Figure 53 - Résultats obtenus sur les niveaux d'enrichissement en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales Normalisation par les concentrations obtenues sur l'échantillon de nappe P30-1, hors ETM majeurs (fer, strontium, aluminium, baryum)

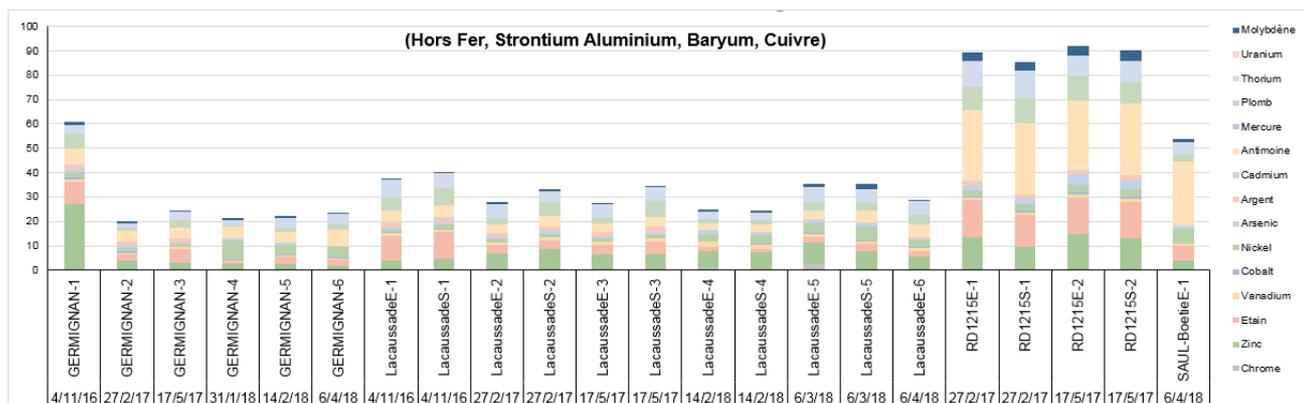


Figure 54 - Résultats obtenus sur les niveaux d'enrichissement en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales Normalisation par les concentrations obtenues sur l'échantillon de nappe P30-1, hors ETM majeurs (fer, strontium, aluminium, baryum, cuivre)

On constate :

- Une présence majoritaire des éléments suivants : cuivre (en particulier sur Germignan), zinc, étain, antimoine, plomb, thorium, molybdène, **éléments considérés comme des traceurs urbains et en particulier dans les poussières de routes** (pollutions issues de plaquettes de freins, de pneus, etc.) ;
- Hors majeurs et cuivre, des niveaux sont plus importants sur RD1215 que sur les autres sites, ce qui peut s'expliquer par la nature du bassin versant majoritairement routier en amont du bassin de RD1215 ;
- Les résultats entrée/sortie sont du même ordre de grandeur, **aucun abattement sur les concentrations ne se fait**, ce qui s'explique par le fait que les TA permettent d'abattre majoritairement les MES, sans impact sur ces pollutions dissoutes.

- **En flux :**

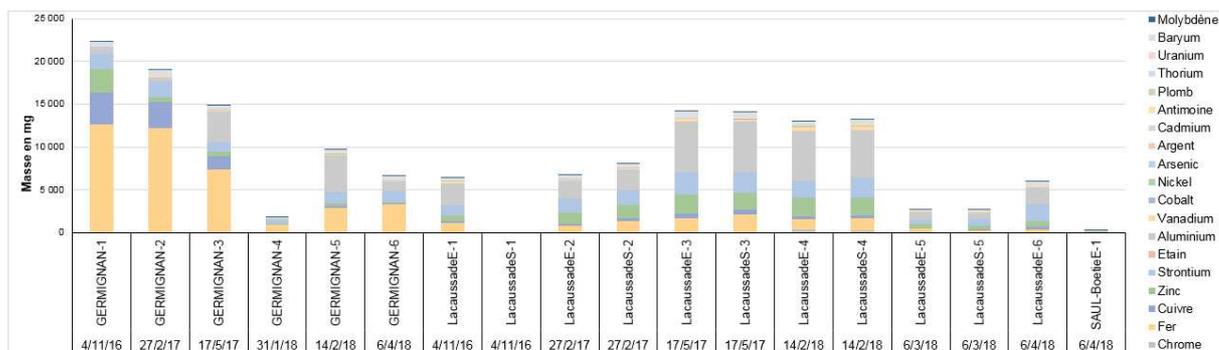


Figure 55 - Résultats obtenus sur les flux en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadeS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume)

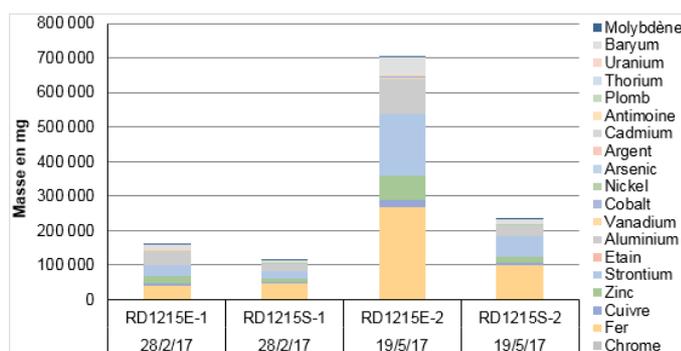


Figure 56 - Résultats obtenus sur les flux en ETM dissous dans les échantillons d'eaux pluviales de RD1215

Les % abattements correspondants sont présentés dans le tableau suivant :

	27/2/17	17/5/17	14/2/18	6/3/18	27/2/17	17/5/17
	Lacaussade-2	Lacaussade-3	Lacaussade-4	Lacaussade-5	RD1215-1	RD1215-2
<b>Chrome</b>	5%	-2%	41%	85%	43%	69%
<b>Fer</b>	-80%	-27%	-19%	9%	-16%	63%
<b>Cuivre</b>	-36%	-12%	-10%	-5%	47%	70%
<b>Zinc</b>	-21%	15%	6%	16%	57%	73%
<b>Strontium</b>	-3%	7%	-18%	-50%	32%	67%
<b>Etain</b>	-7%	-18%	19%	2%	47%	69%
<b>Aluminium</b>	-16%	-1%	4%	9%	46%	69%
<b>Vanadium</b>	-8%	13%	11%	9%	35%	70%
<b>Cobalt</b>	-2%	13%	-6%	-2%	34%	70%
<b>Nickel</b>	-22%	8%	-6%	-38%	41%	70%
<b>Arsenic</b>	-3%	6%	4%	-6%	25%	71%

Argent	-17%	-23%	-18%	-31%	39%	69%
Cadmium	13%	-10%	7%	-32%	39%	64%
Antimoine	-18%	5%	-6%	-16%	38%	68%
Plomb	-102%	-140%	6%	20%	37%	73%
Thorium	25%	9%	7%	4%	35%	68%
Uranium	19%	26%	-6%	-43%	40%	70%
Baryum	11%	8%	-17%	-37%	47%	70%
Molybdène	-17%	-10%	6%	-13%	36%	67%

# : signifie que le calcul est impossible car la valeur d'entrée est inférieure à la limite de quantification  
 x% : signifie que le calcul est impossible car la valeur de sortie est inférieure à la limite de quantification, mais que l'abattement est effectif puisque la valeur d'entrée est supérieure à la limite de quantification

On constate que :

- De même que pour les polluants majeurs, **les tendances obtenues sur les flux ne sont pas systématiquement liées aux volumes transitant par les ouvrages** : les fortes concentrations obtenues sur Germignan 1 et 2 se retrouvent ici malgré des volumes transités modérés par rapport aux autres évènements.
- En revanche, cette tendance se retrouve sur les flux obtenus sur RD1215, pour lequel l'abattement volumique obtenu était respectivement de 39% et 69% (évènement 1 et évènement 2). **Le fort abattement en volume entraine donc un fort abattement en flux de métaux dissous.**

**Résultats obtenus sur le particulaire :**

- **En concentrations :**

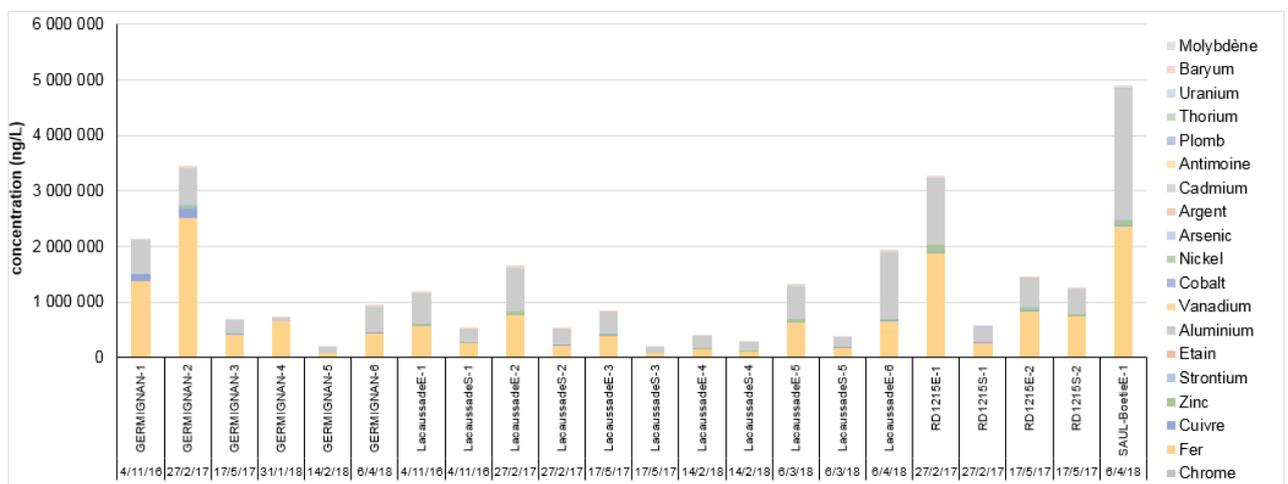
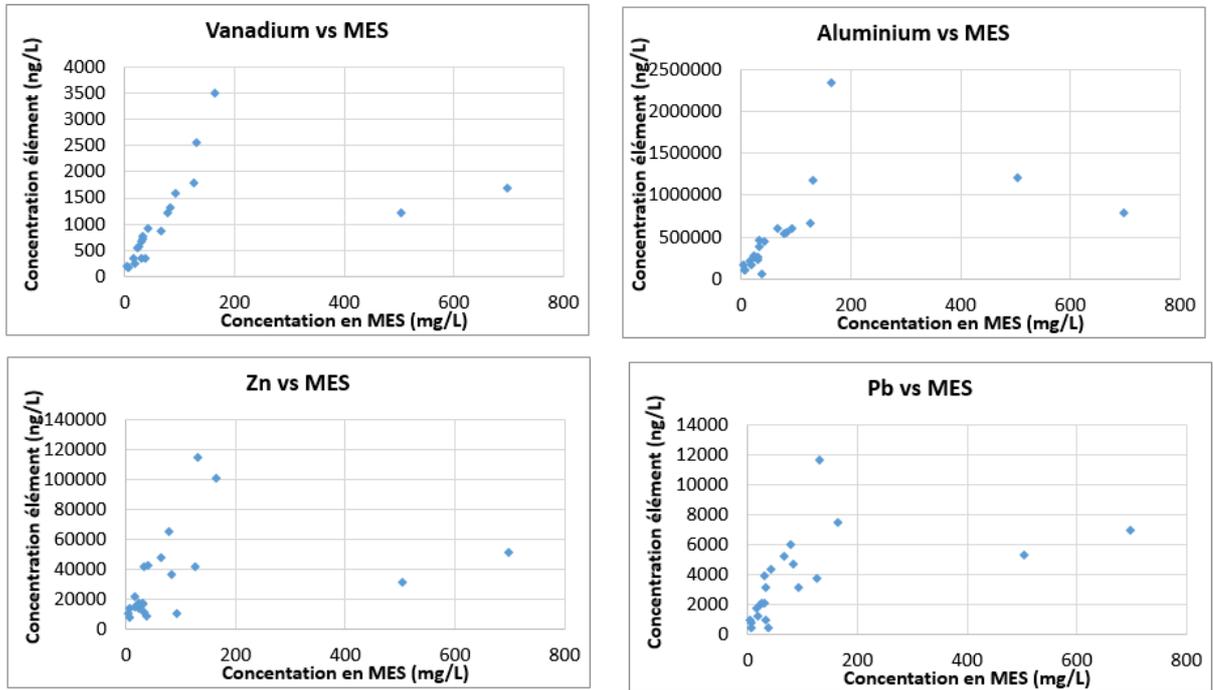


Figure 57 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales

Les abattements correspondants obtenus sont présentés ci-dessous :

	4/11/16	27/2/17	17/5/17	14/2/18	6/3/18	27/2/17	17/5/17
	Lacaussade-1	Lacaussade-2	Lacaussade-3	Lacaussade-4	Lacaussade-5	RD1215-1	RD1215-2
<b>Chrome</b>	18%	31%	22%	82%	-144%	61%	9%
<b>Fer</b>	55%	71%	82%	28%	71%	86%	11%
<b>Cuivre</b>	48%	70%	79%	49%	75%	73%	28%
<b>Zinc</b>	52%	73%	66%	51%	70%	86%	35%
<b>Strontium</b>	58%	68%	94%	78%	75%	93%	-170%
<b>Etain</b>	56%	54%	80%	31%	59%	77%	4%
<b>Aluminium</b>	54%	65%	73%	20%	72%	78%	16%
<b>Vanadium</b>	57%	67%	79%	45%	73%	87%	25%
<b>Cobalt</b>	54%	70%	75%	51%	76%	86%	29%
<b>Nickel</b>	53%	63%	72%	57%	74%	16%	14%
<b>Arsenic</b>	32%	51%	51%	21%	57%	77%	14%
<b>Argent</b>	53%	78%	24%	58%	30%	77%	-26%
<b>Cadmium</b>	31%	66%	68%	46%	68%	76%	18%
<b>Antimoine</b>	15%	58%	61%	46%	66%	80%	19%
<b>Plomb</b>	55%	71%	76%	46%	77%	66%	27%
<b>Thorium</b>	71%	72%	62%	57%	71%	97%	-25%
<b>Uranium</b>	72%	89%	90%	46%	70%	93%	7%
<b>Baryum</b>	65%	69%	81%	51%	76%	88%	12%
<b>Molybdène</b>	52%	96%	-80%	-19%	15%	-165%	Valeurs nulles
<b>MES</b>	70%	97%	77%	71%	73%	77%	47%

# : signifie que le calcul est impossible car la valeur d'entrée est inférieure à la limite de quantification  
x% : signifie que le calcul est impossible car la valeur de sortie est inférieure à la limite de quantification, mais que l'abattement est effectif puisque la valeur d'entrée est supérieure à la limite de quantification



Les concentrations en ng/L apparaissent fortement corrélées aux concentrations en MES. Les tendances linéaires entre concentrations particulières et concentrations en MES indiquent que la composition exprimée en mg de métaux par kg de MES ne varie pas. **La variabilité des concentrations en métaux ng/l est uniquement liée à la variabilité des concentrations en MES.** La présence de deux tendances (ou points sortants de la tendance) indique une qualité différente des MES (plus ou moins concentrée en métaux).

Pour s'affranchir de ces corrélations, les résultats ont été normalisés par les concentrations en MES.

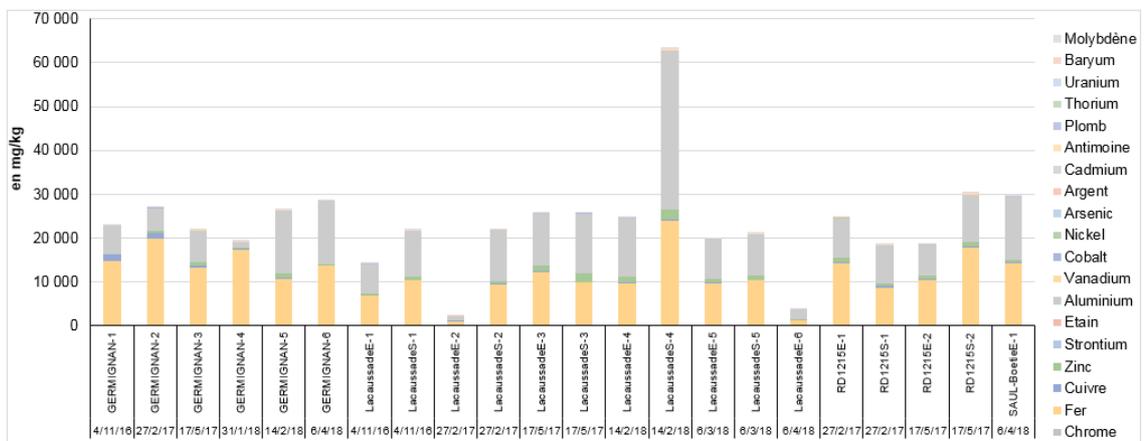


Figure 58 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales normalisées par la concentration en MES = concentrations exprimées en mg/kg

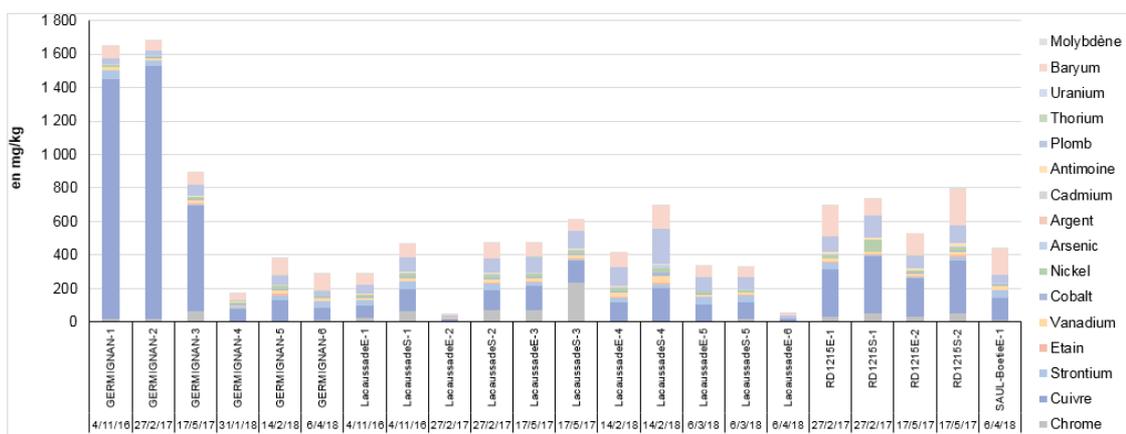


Figure 59 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales normalisées par la concentration en MES sans Aluminium, Fer et Zinc

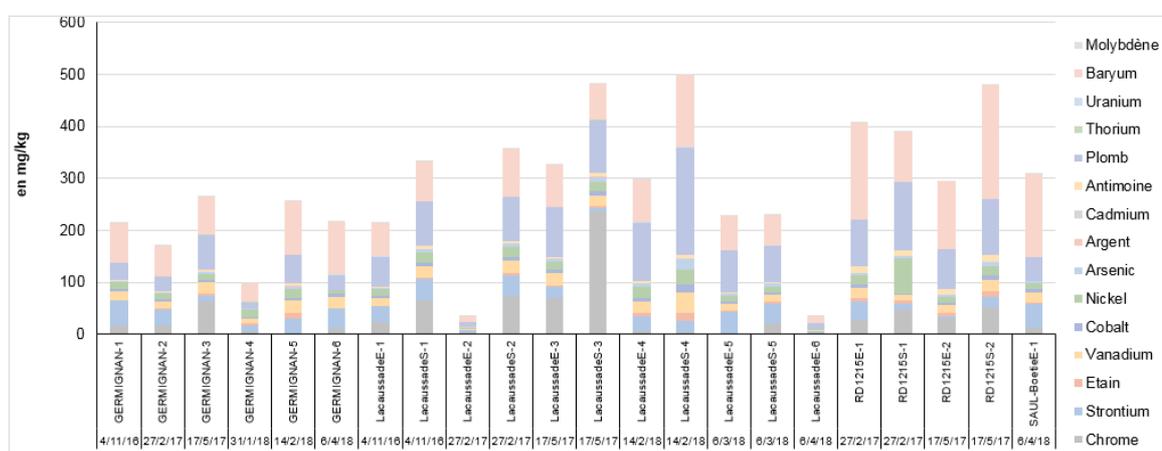


Figure 60 - Résultats obtenus sur les concentrations en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales normalisées par la concentration en MES sans Cuivre, Aluminium, Fer et Zinc

- Une forte concentration en cuivre en particulier sur Germignan 1, 2 et 3 : ces résultats sont similaires à ceux qui avaient été constatés sur les concentrations dissoutes.
- La présence prédominante de Cuivre, Aluminium, Fer et Zinc puis de strontium, chrome, plomb, baryum.
- Des concentrations relativement stables d'un épisode pluvieux à un autre pour un même site (pas d'impact clair des caractéristiques de l'évènement pluvieux comme la durée antérieure de temps sec), excepté pour LacaussadeE-2 et LacaussadeE-6 pour lesquels les concentrations obtenues sont plus faibles que lors des autres évènements, sans qu'il soit aisé de déterminer pourquoi.
- Qu'il n'y a plus aucun abattement lorsque les résultats sont normalisés avec les concentrations en MES, contrairement aux forts abattements obtenus sur les résultats en ng/L précédemment. Ce qui montre que **le fort abattement des métaux particuliers entre l'entrée et la sortie des TA est entièrement corrélé à l'abattement en MES.**

- **En flux :**

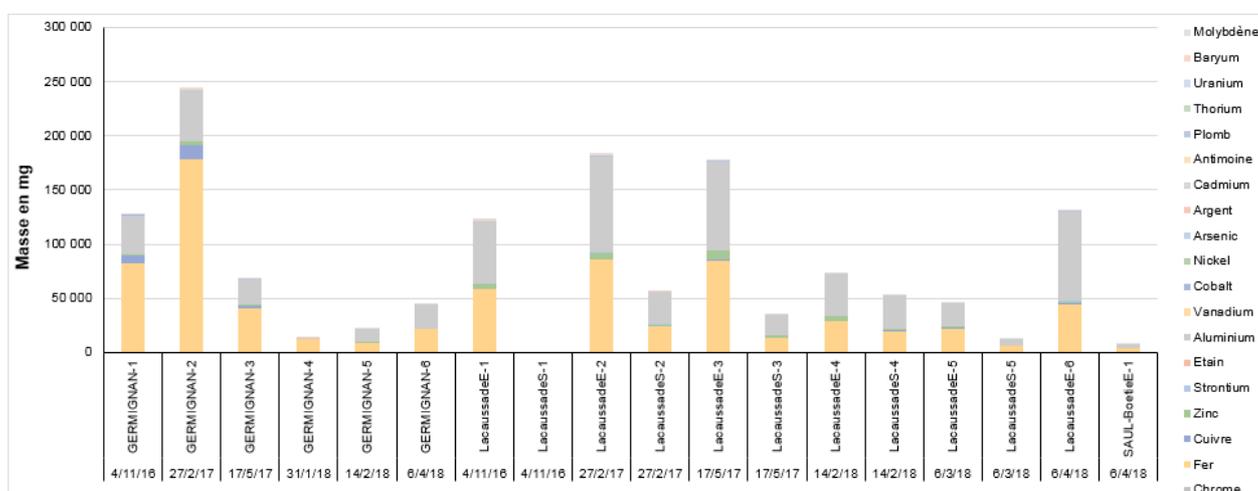


Figure 61 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales hors RD1215 (nota : les flux de LacaussadeS-1 ne sont pas calculables car il manque la donnée de volume)

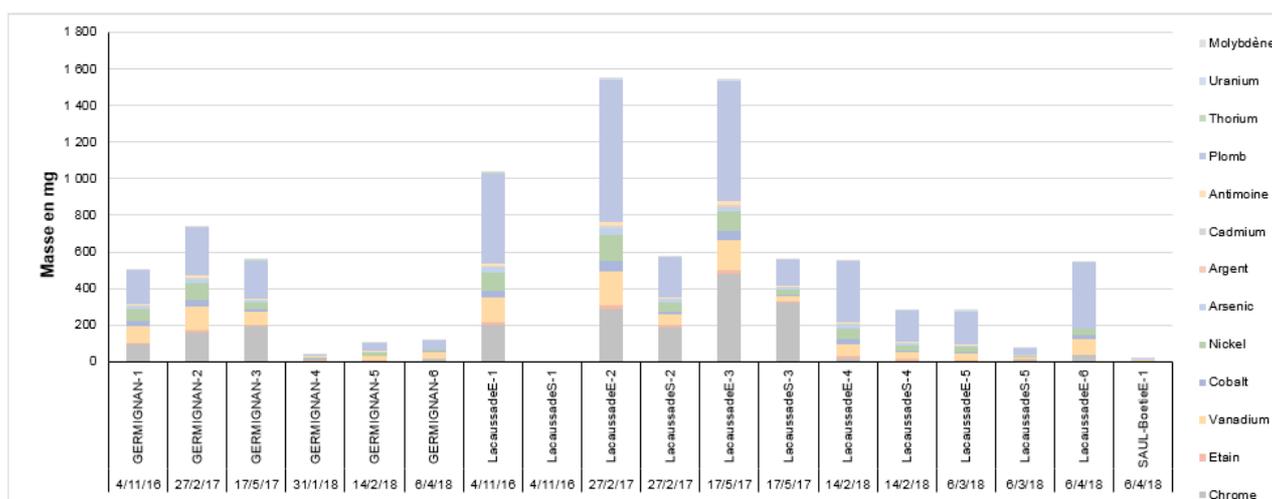


Figure 62 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales, hors ETM fer, strontium, aluminium, baryum, cuivre et zinc

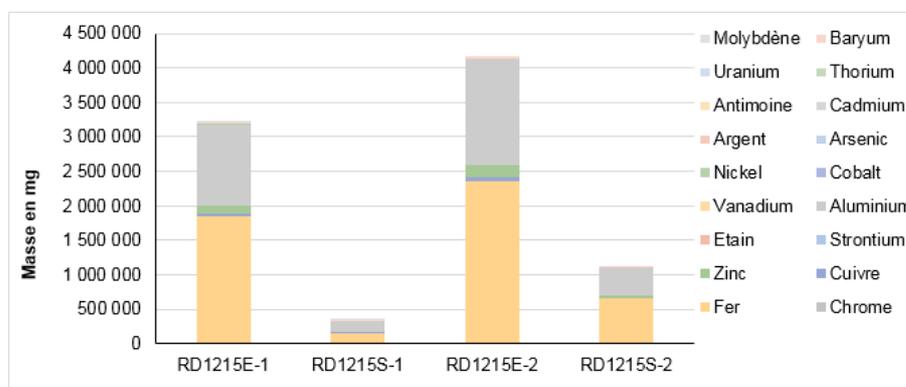


Figure 63 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales de RD1215

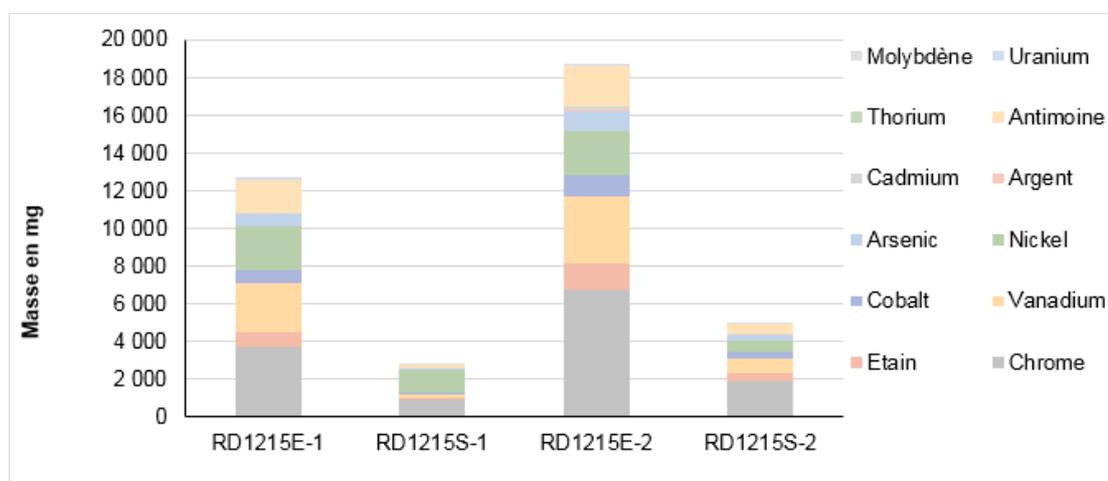


Figure 64 - Résultats obtenus sur les flux en ETM particulières dans les échantillons d'eaux pluviales de RD1215 hors ETM fer, strontium, aluminium, baryum, cuivre et zinc

Les abattements correspondants obtenus sont présentés ci-dessous :

	27/2/17	17/5/17	14/2/18	6/3/18	27/2/17	17/5/17
	Lacaussade-2	Lacaussade-3	Lacaussade-4	Lacaussade-5	RD1215-1	RD1215-2
Chrome	34%	32%	83%	-130%	76%	72%
Fer	72%	84%	31%	73%	91%	72%
Cuivre	71%	82%	51%	77%	83%	78%
Zinc	74%	71%	53%	71%	91%	80%
Strontium	70%	95%	79%	77%	96%	16%
Etain	56%	83%	33%	61%	86%	70%
Aluminium	66%	77%	23%	74%	87%	74%
Vanadium	68%	82%	47%	74%	92%	77%
Cobalt	71%	79%	53%	77%	92%	78%
Nickel	65%	76%	59%	75%	49%	73%
Arsenic	53%	58%	24%	60%	86%	73%
Argent	79%	34%	60%	34%	86%	61%
Cadmium	68%	73%	48%	70%	85%	75%
Antimoine	59%	66%	48%	68%	88%	75%
Plomb	72%	79%	48%	78%	79%	77%
Thorium	73%	67%	58%	72%	98%	61%
Uranium	89%	91%	48%	72%	96%	71%
Baryum	70%	83%	53%	78%	93%	73%
Molybdène	96%	-57%	-15%	19%	-62%	#DIV/0!

# : signifie que le calcul est impossible car la valeur d'entrée est inférieure à la limite de quantification

x% : signifie que le calcul est impossible car la valeur de sortie est inférieure à la limite de quantification, mais que l'abattement est effectif puisque la valeur d'entrée est supérieure à la limite de quantification

On constate :

- La présence prédominante des mêmes éléments que précédemment. Une fois ces éléments retirés du graphique, **les tendances sont globalement les mêmes que celles obtenues en volume.**
- Les abattements en flux sont importants et concernent tous les événements des 2 sites pour lesquels l'entrée et la sortie ont été mesurés, ce qui s'explique par les effets du double abattement en MES et en volume et qui traduit **une très bonne capacité des TA à diminuer le flux d'ETM particuliers envoyés vers l'aval.**

#### d. Résultats d'analyse des échantillons d'eaux pluviales – micropolluants organiques

##### Résultats sur la phase dissoute

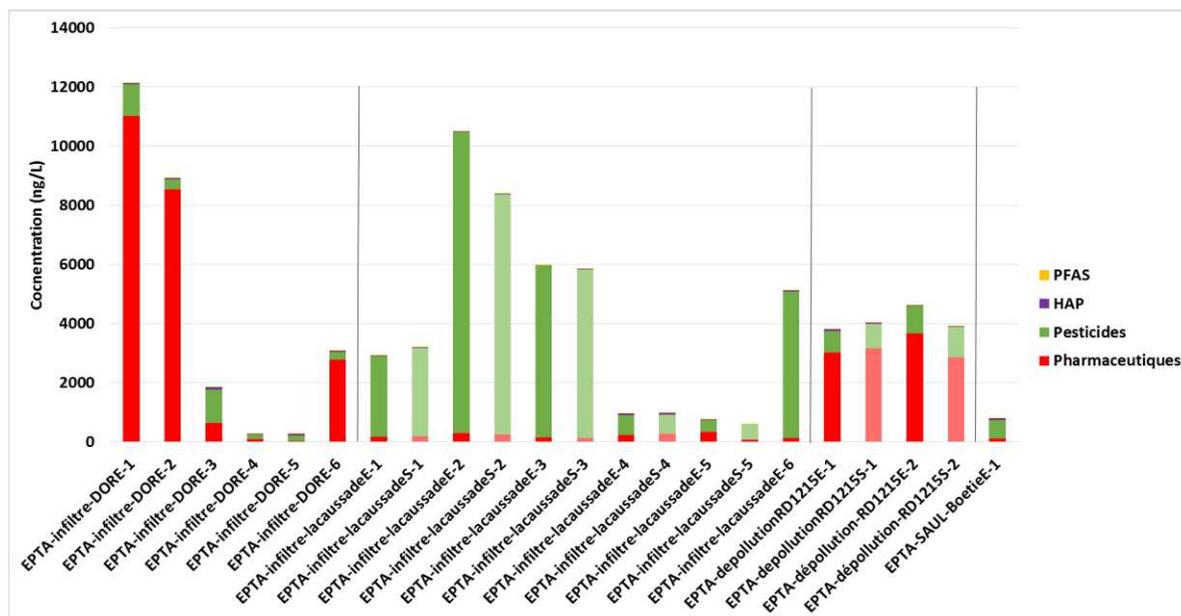


Figure 65 - Concentrations cumulées des différentes familles de micropolluants sur les ouvrages étudiés

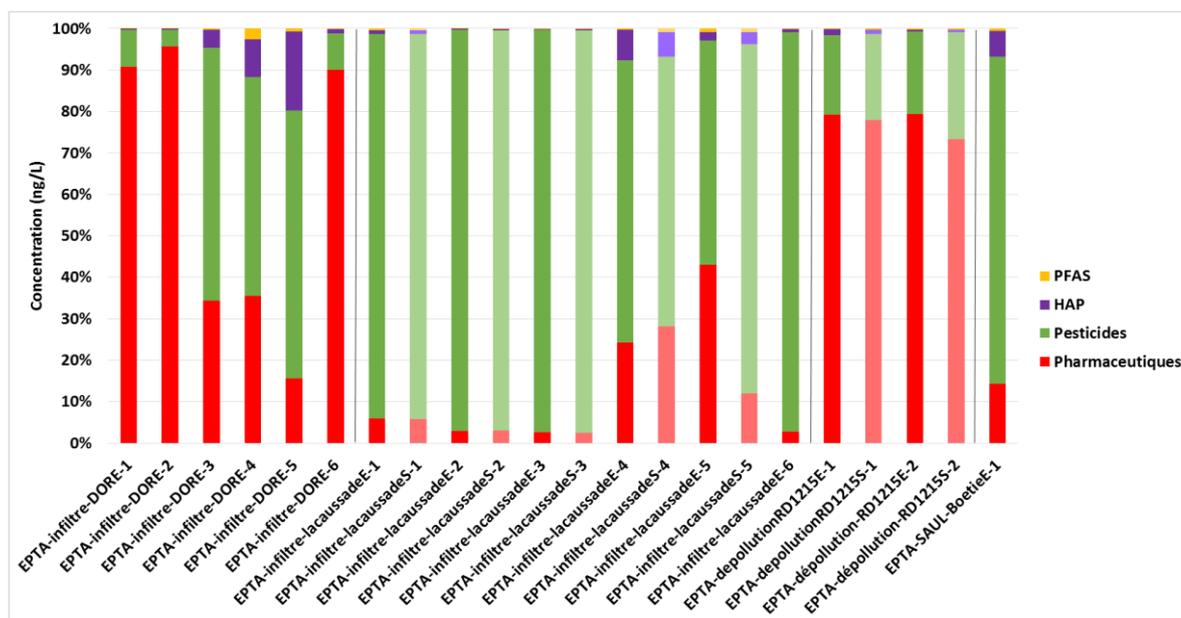


Figure 66 - Proportions des différentes familles de micropolluants dans les échantillons.

L’empreinte de contamination générale des différents sites permet de mettre en évidence 2 typologies différentes pour les eaux pluviales arrivant dans les ouvrages. Dans le cas du bassin d’infiltration de Germignan (nommé dans les graphes « DORE » pour les analyses organique) et du bassin de dépollution de la RD1215, une plus grande proportion de pharmaceutiques est présente, tandis que dans le cas du bassin d’infiltration de Lacaussade les eaux sont marquées par une majorité de pesticides.

Il est également à noter une variation importante des concentrations pour le bassin de Germignan (de 300 ng/L à plus de 12000 ng/L), couplée à un changement dans la typologie de ces eaux. Une partie de ce phénomène peut être expliquée par la période de temps sec ayant eu lieu avant l’évènement pluvieux étudié.

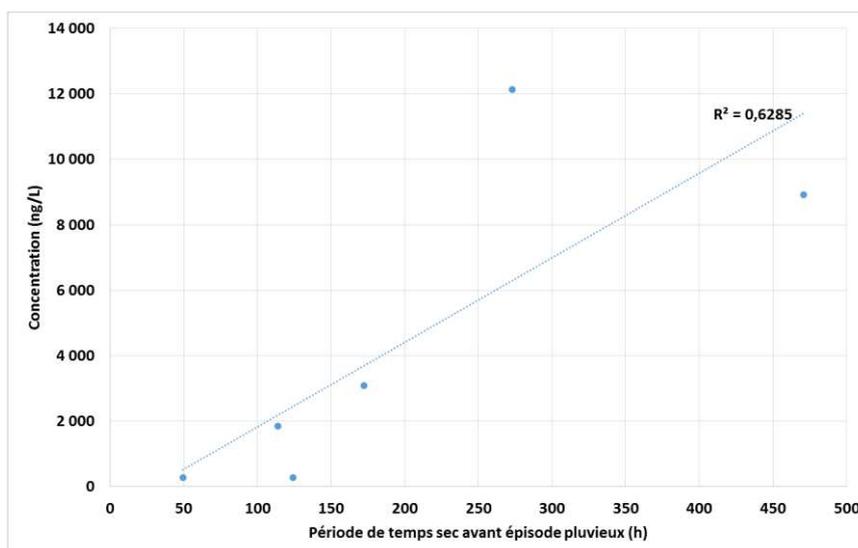
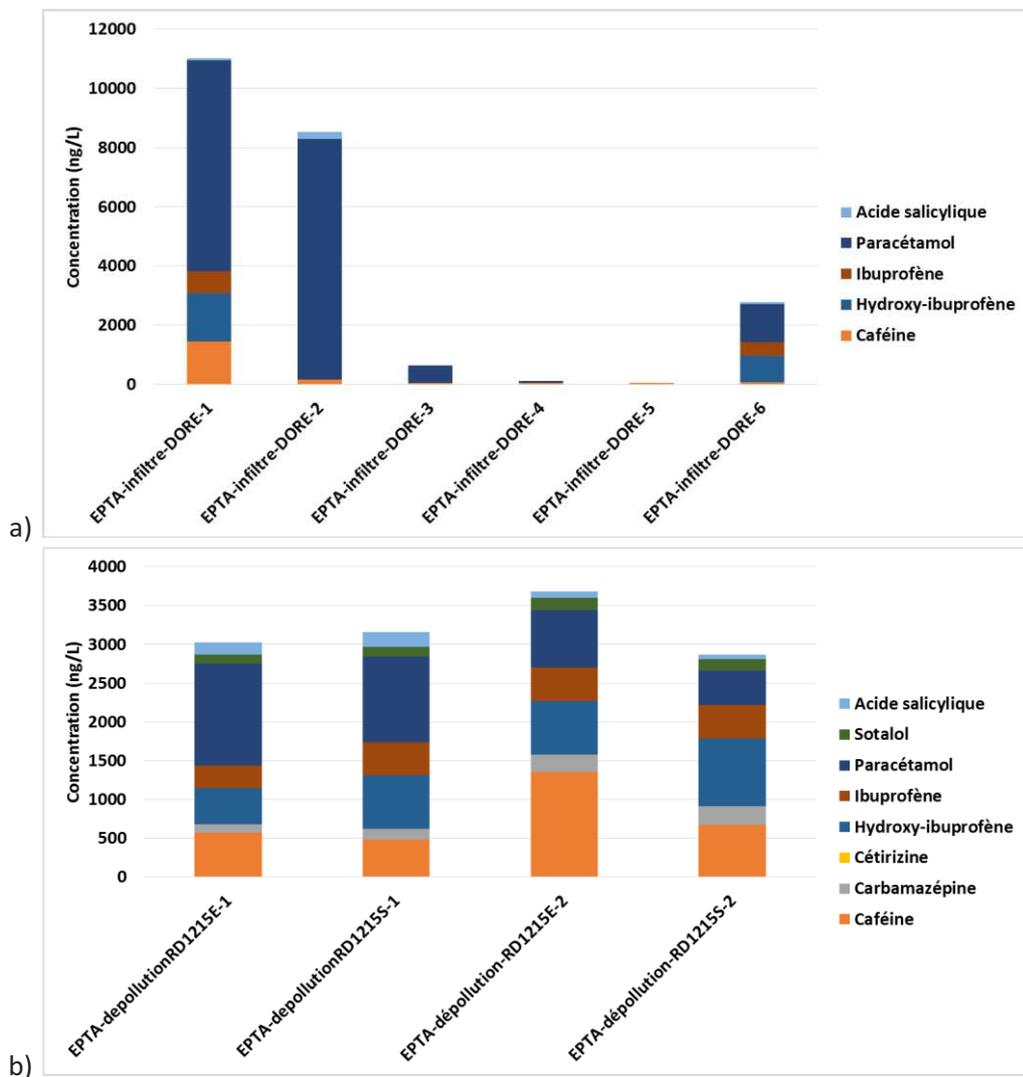


Figure 67 - Concentration totale en micropolluants dans les eaux d’arrivées du bassin d’infiltration du bois de Germignan en fonction de la période de temps sec précédent l’évènement pluvieux considéré

La figure ci-dessus montre que les 2 échantillons les plus concentrés en micropolluants ont été prélevés lors d'évènements pluvieux ayant suivi les 2 plus grandes périodes de temps sec (>250h soit plus de 10 jours). Les épisodes pluvieux répétés plus fréquemment entraînent un lessivage plus régulier des surfaces urbaines ainsi que des particules sédimentant dans les réseaux, et donc des concentrations en micropolluants en phase dissoute potentiellement plus faibles. Ces résultats pourraient être corrélés à d'autres facteurs comme l'intensité ou la durée de la pluie par exemple. En termes de concentrations, les valeurs sont peu différentes entre l'entrée et la sortie des ouvrages lorsque ces 2 points ont été échantillonnés. Ce résultat était prévisible, étant donné qu'il s'agit ici de l'analyse de la fraction dissoute et que ces ouvrages n'ont à l'origine pas été conçus pour traiter ce genre de contaminations dans ce type de phase ; ils sont plus dédiés à l'abattement des particules. L'analyse des flux, abordée plus loin dans les résultats, permettra de tirer des conclusions sur le rôle de ces ouvrages.



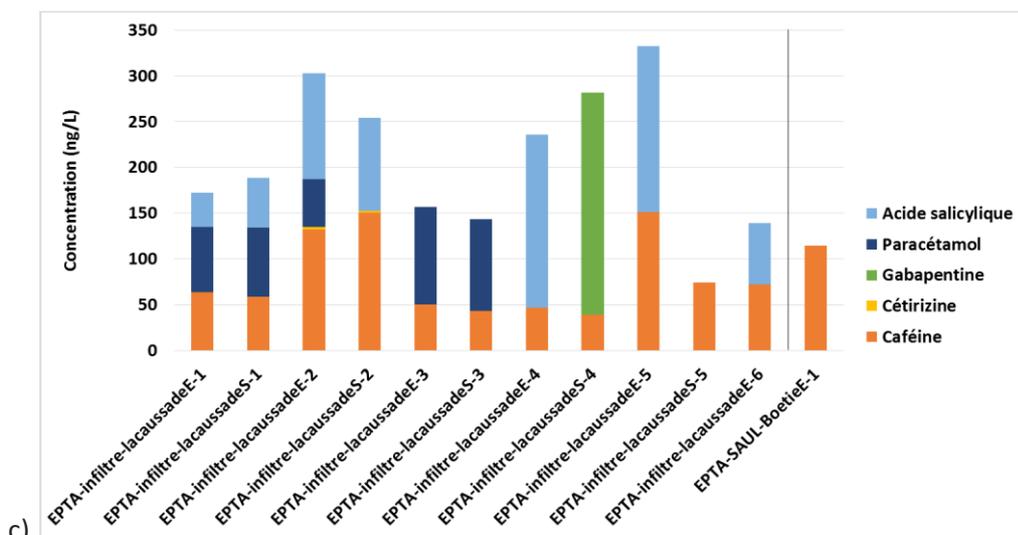
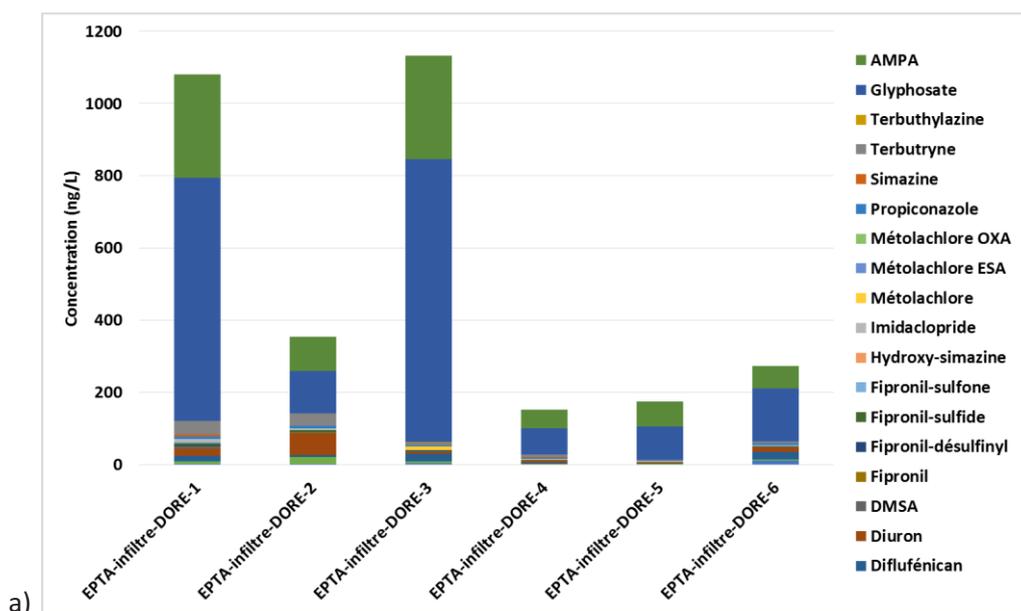


Figure 68 - Concentrations cumuléées en composés pharmaceutiques pour les échantillons de : a) bassin d'infiltration du bois de Germignan, b) bassin de dépollution RD1215 et c) bassin d'infiltration de Lacaussade et SAUL Boétie

Si l'on descend à l'échelle de la famille de micropolluants et que l'on s'intéresse à la classe des composés pharmaceutiques (figures ci-dessus), on retrouve des médicaments caractéristiques d'eaux usées non traitées (acide salicylique, paracétamol, ibuprofène, hydroxy-ibuprofène, caféine). De manière plus inattendue la gabapentine est également présente sur un point à Lacaussade (mais en-dessous des limites de quantification), ainsi que du sotalol et de la carbamazépine pour le bassin de dépollution de la RD1215. Les valeurs élevées pour le bassin d'infiltration de Germignan (jusqu'à 11000 ng/L) sont tout de même inférieures à ce qui avait été trouvé dans les eaux pluviales lors du diagnostic amont du projet, avec des concentrations totales en pharmaceutiques variant entre 2 000 et 47 000 ng/L. Les concentrations dans le milieu naturel étaient comprises entre 500 et 3000 ng/L, avec toutefois plus de molécules recherchées.



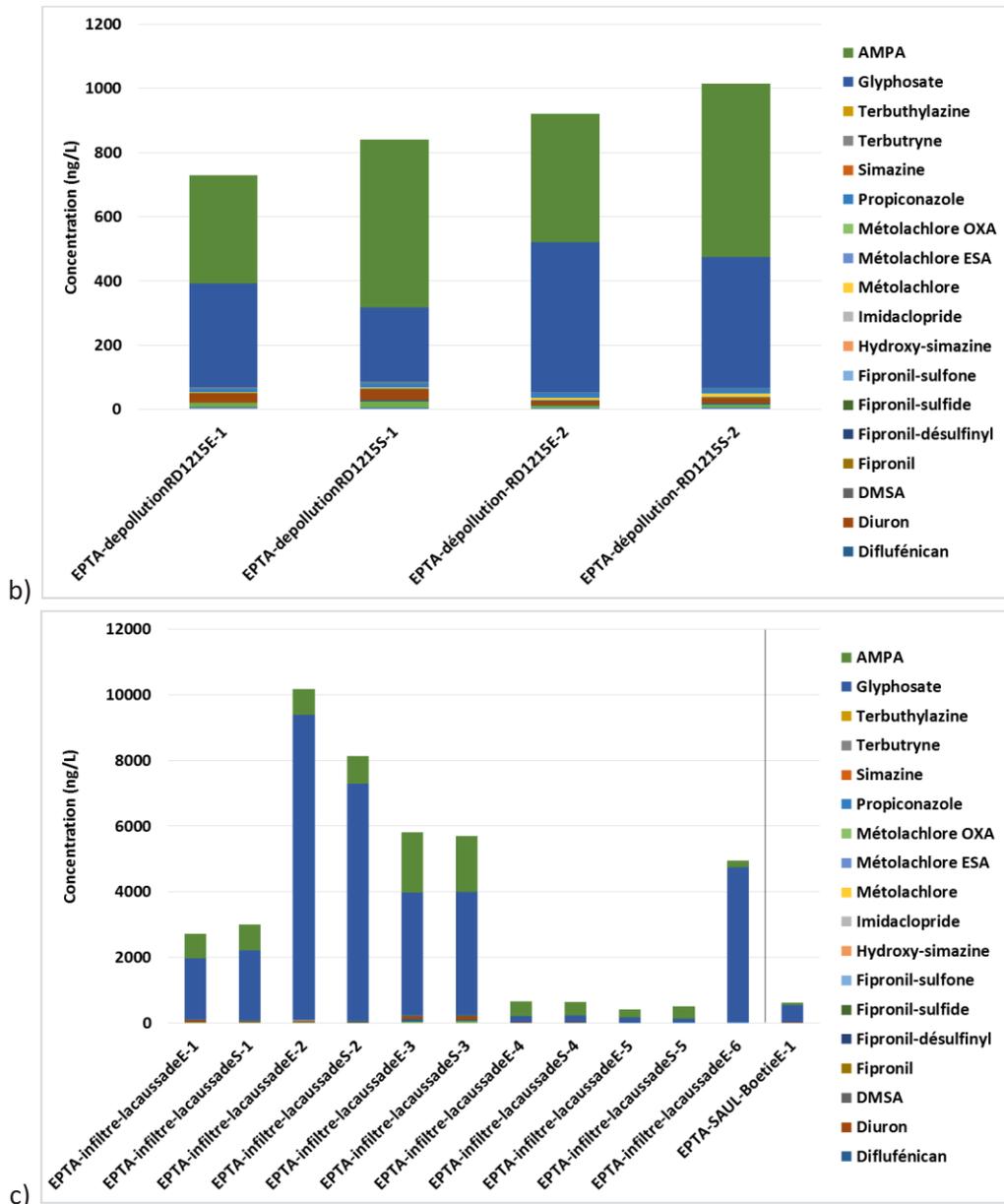


Figure 69 - Concentrations cumulées en pesticides pour les échantillons de : a) bassin d'infiltration du bois de Germignan, b) bassin de dépollution RD1215 et c) bassin d'infiltration de Lacaussade et SAUL Boétie

Les concentrations en pesticides sont les plus élevées pour le bassin d'infiltration de Lacaussade, avec des concentrations cumulées pouvant atteindre 10000 ng/L. Des biocides et des herbicides sont retrouvés dans les différents ouvrages. A titre de comparaison, les exutoires pluviaux étudiés précédemment dans le projet présentaient des concentrations totales en pesticides comprises entre 1000 et 30000 ng/L. Pour l'ensemble des ouvrages, les empreintes chimiques sont marquées par une présence majoritaire de glyphosate et de son métabolite, l'AMPA. Dans le cas de Lacaussade, le glyphosate est majoritaire, ce qui signifie que ce site est plus proche des sources d'émission, alors qu'à l'inverse, le bassin de dépollution de la RD1215 présente une répartition plus équilibrée entre ces 2 molécules.

Si l'on omet le glyphosate et l'AMPA, du diuron, de la terbutryne et du diflufénican sont également présents. Du fipronil est également retrouvé dans tous les ouvrages présents, et sa présence ici n'est

pas forcément associée aux eaux usées (composé présent à Lacaussade dont la typologie des eaux n'est pas particulièrement caractéristique d'eaux usées) bien qu'on ne puisse éliminer cette possibilité non plus. On notera également la présence de métolachlore dans les échantillons, en moindre mesure à Lacaussade (pesticide utilisé en agriculture).

Les concentrations sont peu différentes entre entrée et sortie d'ouvrage, ce qui est lié à l'absence d'abattement sur la phase dissoute.

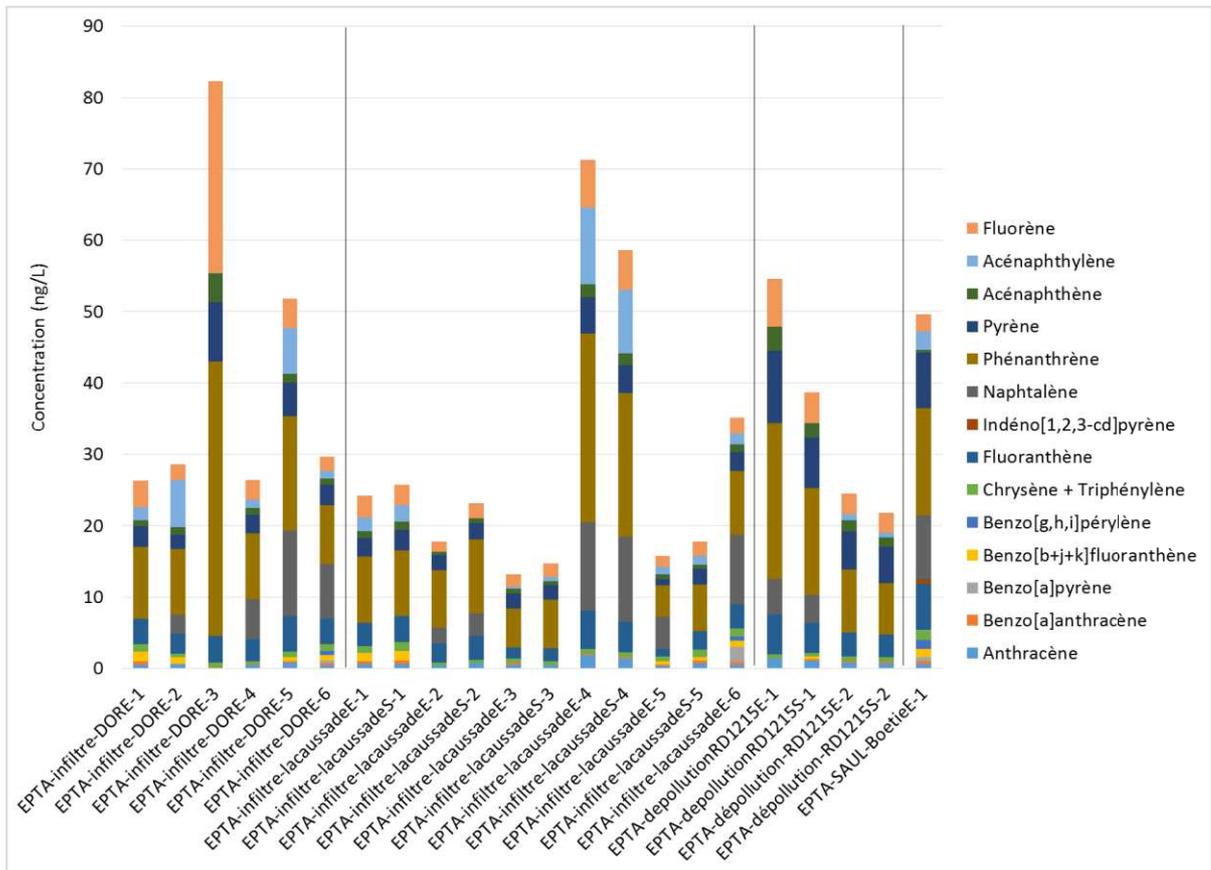


Figure 70 - Concentrations cumulées en HAP pour les différents sites étudiés

Les concentrations en HAP (Figure ci-dessus) sont dominées par les composés les plus légers (fluorène, phénanthrène) car ceux-ci sont plus solubles. Les plus lourds sont en revanche présents en bruit de fond. Aucune différence n'est observée en sortie d'ouvrage, dû au fait qu'il n'y ait pas d'abattement du dissous, comme dans le cas des pesticides. Les empreintes sont relativement homogènes avec des concentrations similaires. On est dans une situation « bruit de fond ».

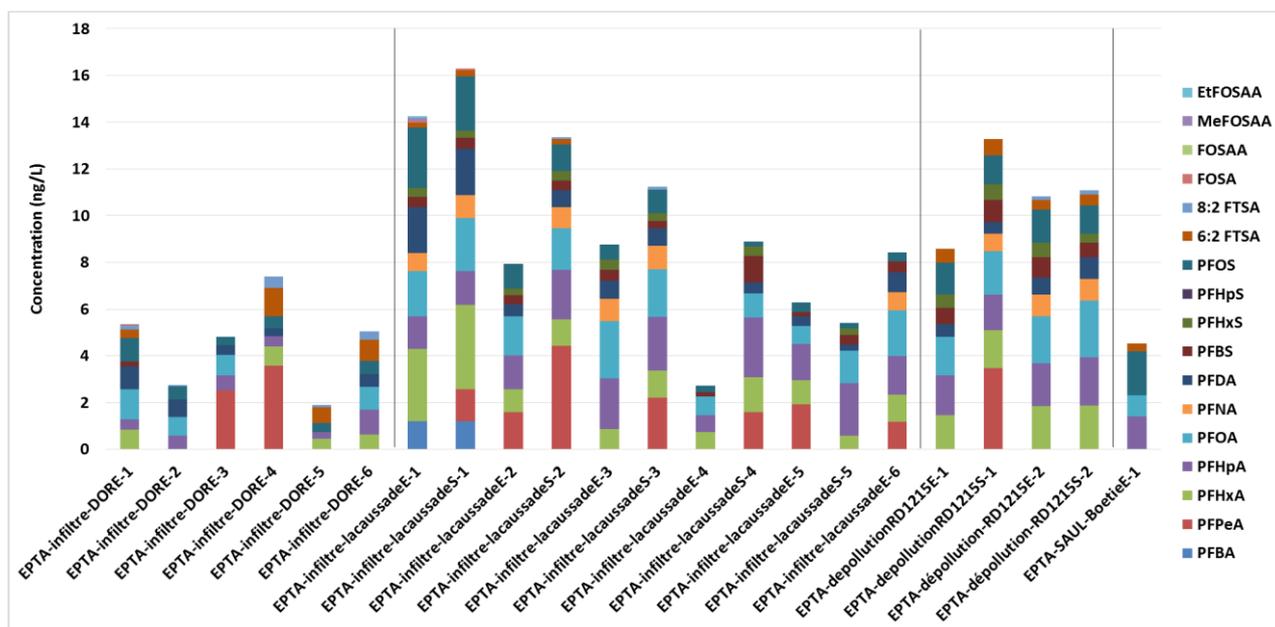


Figure 71 - Concentrations cumulées en PFAS pour les différents sites étudiés

Les concentrations en PFAS sont faibles (Figure ci-dessus), 16 ng/L dans le cas de l'échantillon le plus concentré, ce qui traduit un léger apport. A titre de comparaison, les eaux pluviales du site d'étude de Bois Gramond présentaient des teneurs comprises entre 247 ng/L et 421 ng/L, les eaux pluviales de zones urbaines entre 2 et 115 ng/L et les eaux usées domestiques entre 3 et 33 ng/L (cf. livrable 1.3.1).

### Résultats sur la phase particulaire

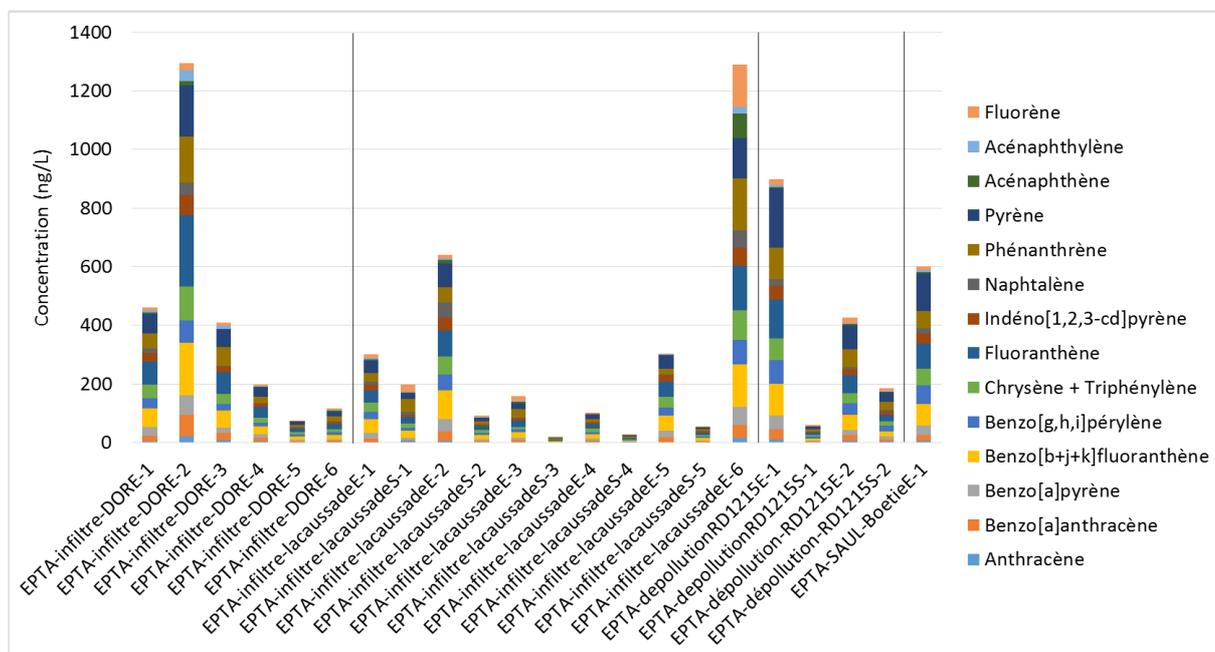


Figure 72 - Concentrations en HAP sur la fraction particulaire (ng/L) sur les différents ouvrages

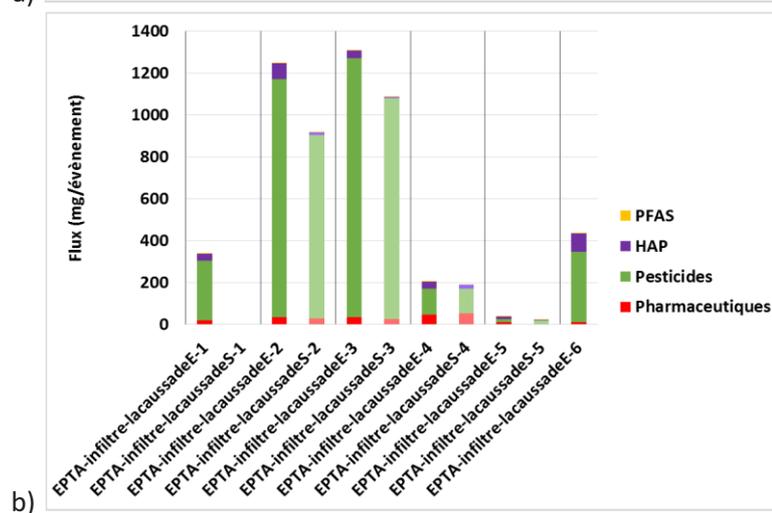
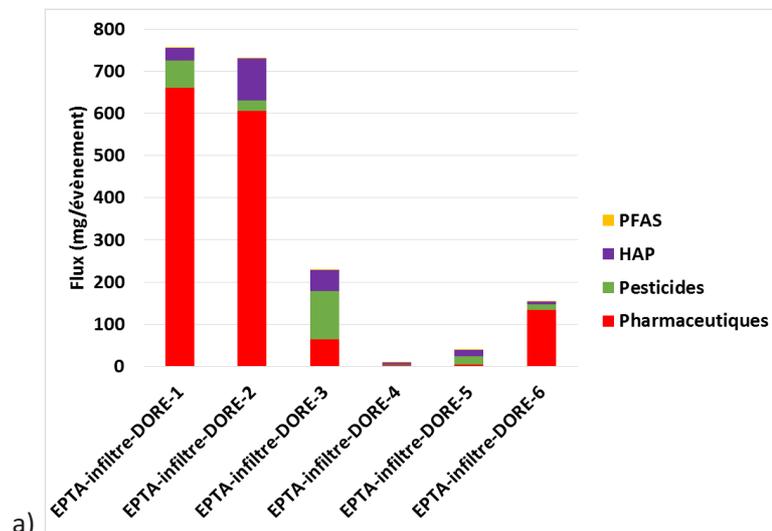
Le bassin de la RD1215, qui reçoit les eaux pluviales de la route départementale, ne présente pas de concentration en HAP particuliers supérieure aux autres ouvrages. Les concentrations en phase

particulaire sont plus élevées que pour la phase dissoute (jusqu'à 1300 ng/L ici contre 10 à 80 ng/L pour la phase dissoute), lié au caractère hydrophobe de ces molécules. Les composés retrouvés en majorité sont les plus lourds, c'est-à-dire les moins solubles.

Les bassins d'infiltration de Lacaussade et de dépollution RD1215 présentent une diminution des concentrations en HAP particuliers entre l'entrée et la sortie, lié à une diminution de la teneur en MES.

### Analyse des flux de micropolluants

Les flux de micropolluants présentés ci-dessous correspondent aux flux totaux, c'est-à-dire aux flux cumulés du dissous et du particulaire pour les HAP, et uniquement au flux dissous pour les autres classes de composés dont la phase particulaire n'a pas été étudiée (du fait du manque de matériel particulaire).



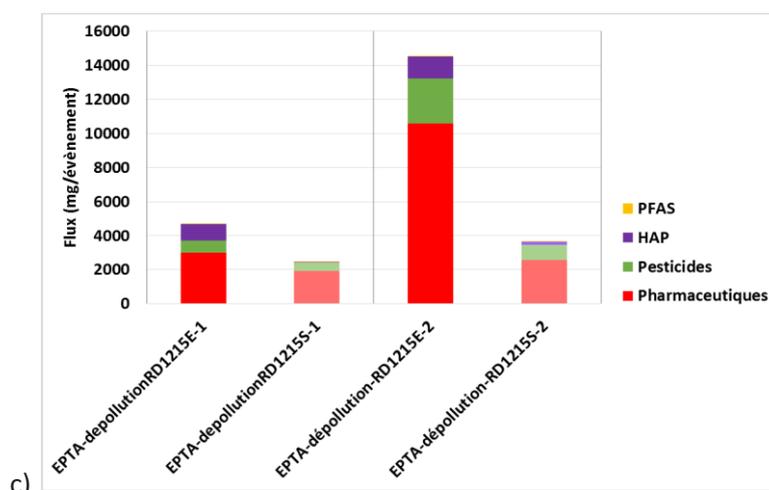


Figure 73 - Flux des différentes familles de micropolluants (mg/événement pluvieux) pour a) le bassin du bois de Germignan, b) le bassin d'infiltration de Lacaussade et c) le bassin de dépollution de la RD1215.

Les valeurs sont variables suivant les ouvrages étudiés, et variables entre entrée et sortie (10 – 750 mg/événement pour DORE (Germignan), 20 – 1300 mg/événement pour Lacaussade, 2000 – 14500 mg/événement pour RD1215). Les flux sont plus faibles en sortie qu'en entrée d'ouvrage lorsque ces 2 points ont été étudiés. Comme indiqué précédemment dans le document, les concentrations étant sensiblement similaires entre entrée et sortie, **cette diminution provient d'un abattement de la phase particulaire ainsi qu'à une diminution du volume d'eau sortant de l'ouvrage. Il ne s'agit donc pas d'un abattement en tant que tel mais d'une rétention du flux.**

### 3) Résultats des analyses des échantillons de nappes

Pour rappel, les piézomètres choisis pour les campagnes de prélèvement sont ceux situés à l'aval hydraulique du bassin de Germignan (P29 : code BSS001YBJS, et P30 : BSS001YBJR, sur la figure ci-dessous).

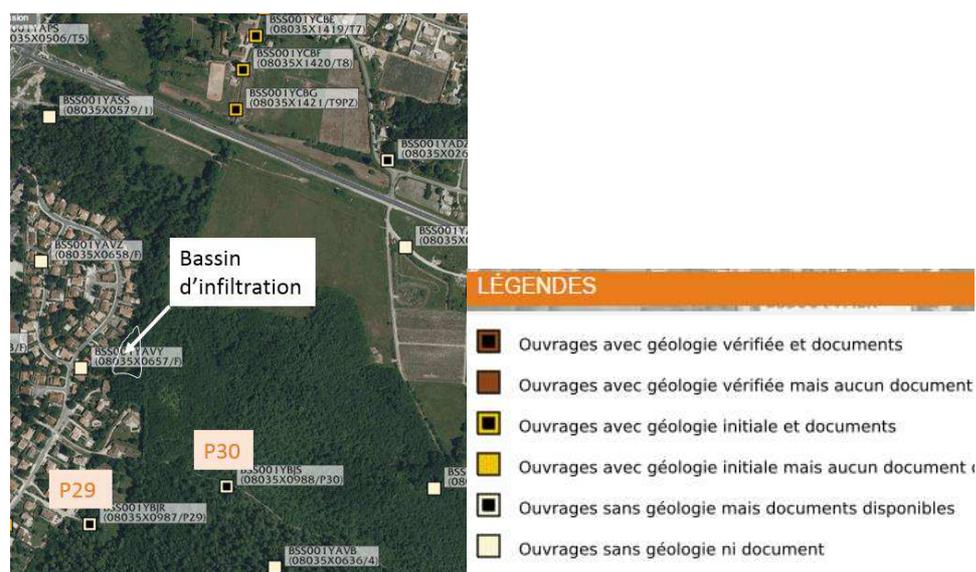


Figure 74 - Localisation des piézomètres en amont et en aval du bassin. Source : Infoterre

3 campagnes de prélèvement ont eu lieu : les 13/7/2017, 26/6/2018 et 5/7/2018. Les résultats obtenus sur les différents polluants analysés sont décrits ci-dessous.

### a. Polluants majeurs

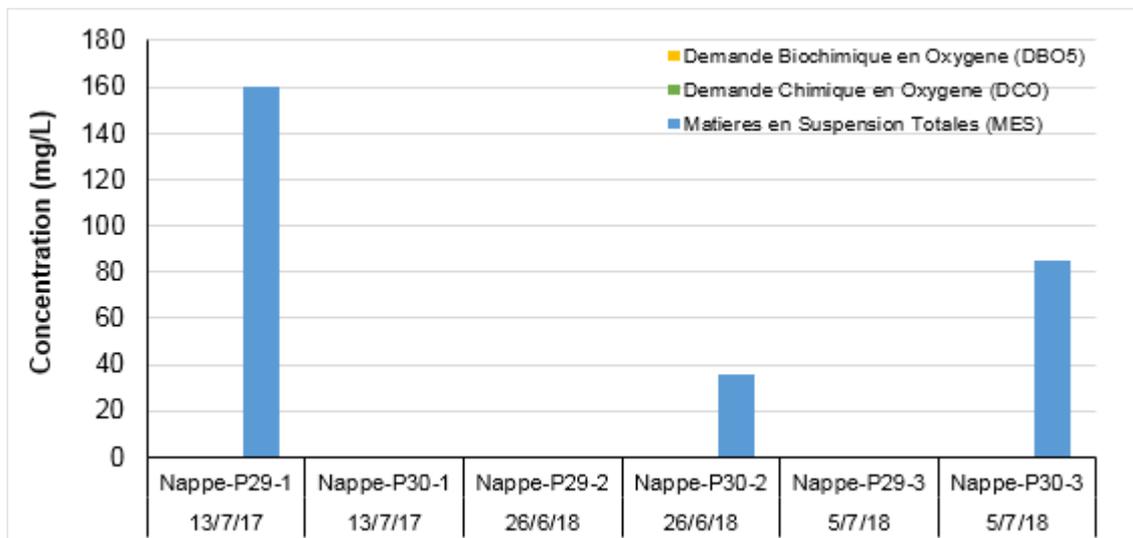


Figure 75 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour MES, DCO et DBO<sub>5</sub>

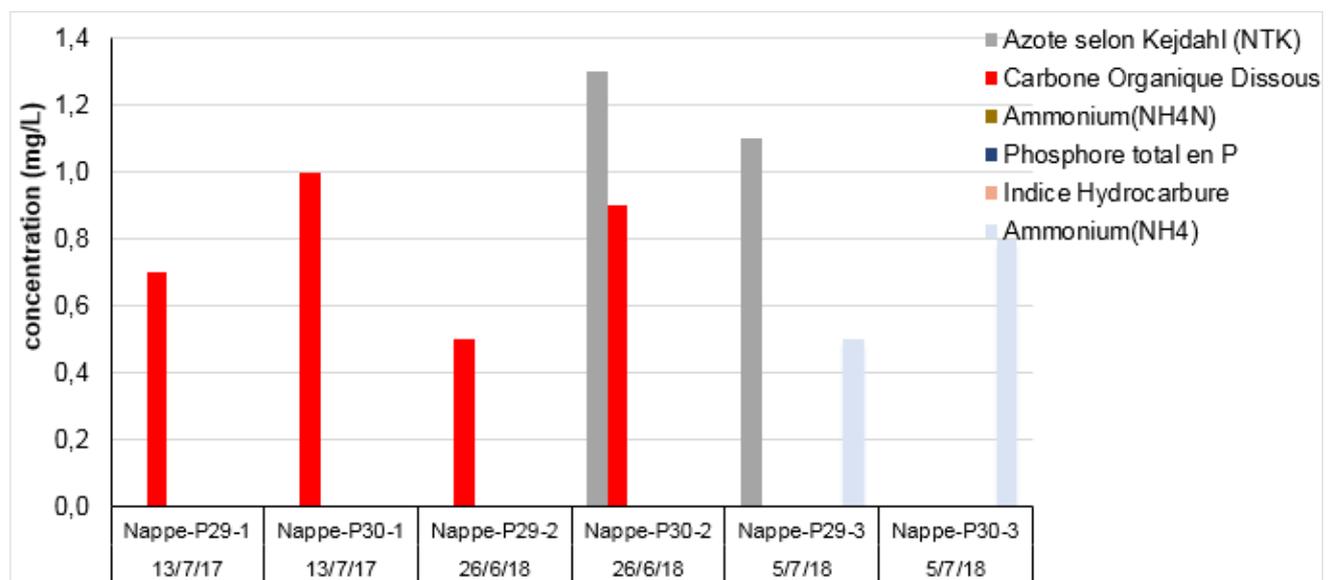


Figure 76 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour les autres polluants majeurs analysés

On constate :

- Pour les paramètres MES et le COD, les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus sur les eaux pluviales
- Une présence de NH<sub>4</sub> et NTK est identifiée sur quelques échantillons
- Les autres paramètres sont en-dessous des limites de quantification

b. ETM

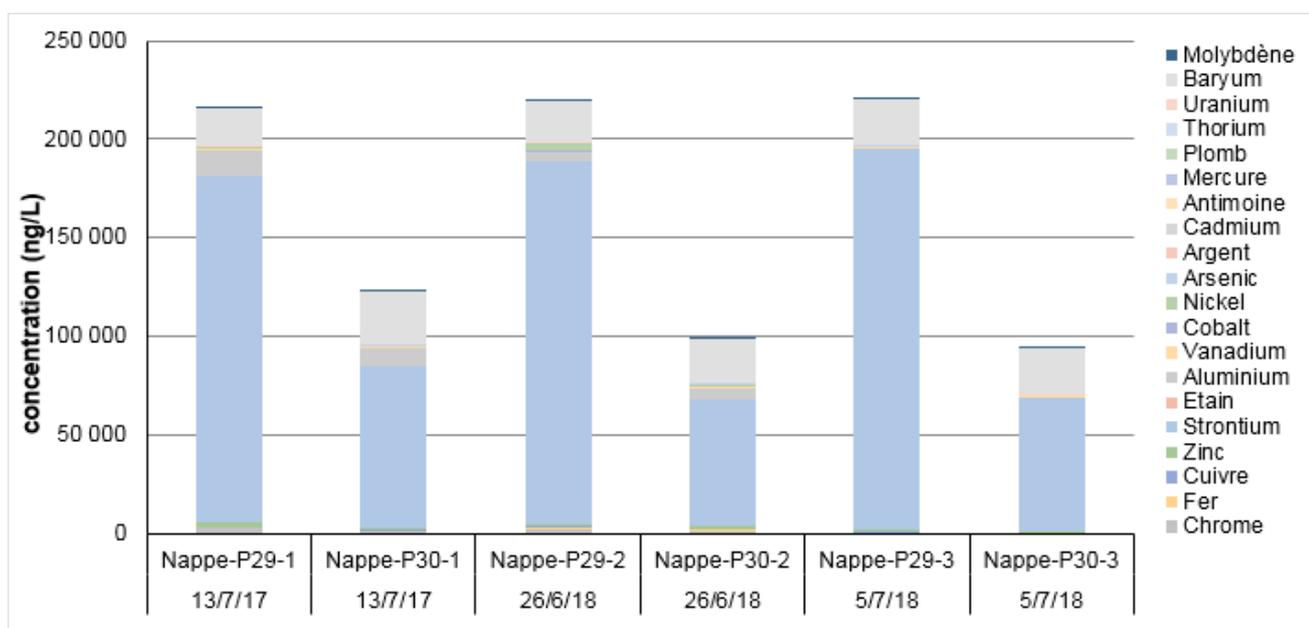


Figure 77 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM dissous

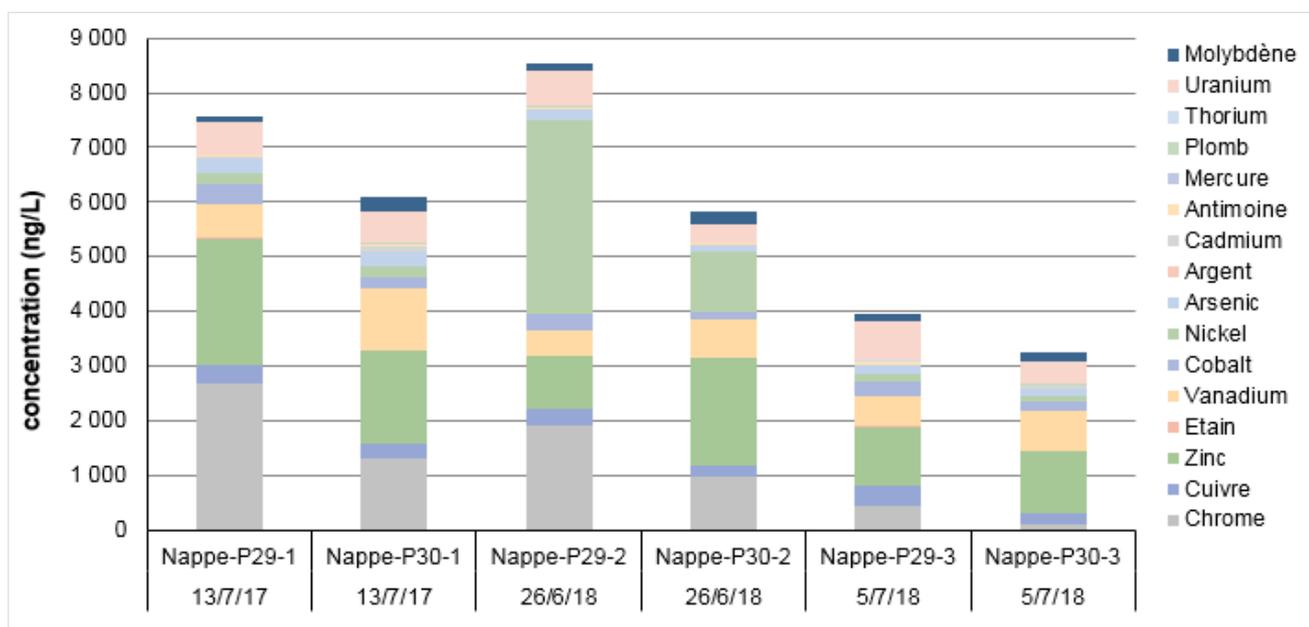


Figure 78 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM dissous hors Fer, Strontium, Aluminium Baryum

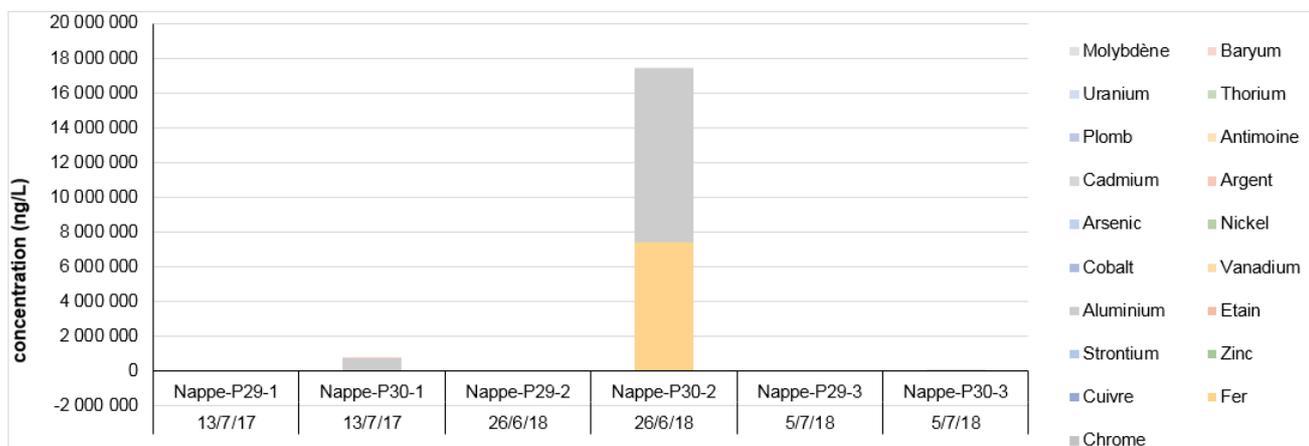


Figure 79 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM particulières

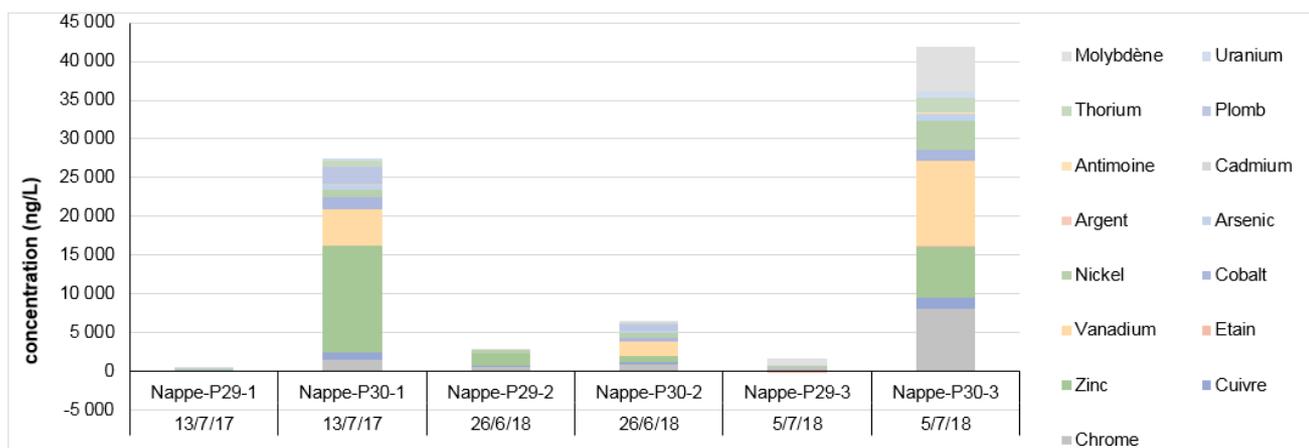


Figure 80 - Résultats obtenus sur les eaux de nappes pour ETM particulières hors Fer, Strontium, Aluminium, Baryum

On constate :

- Des concentrations relativement stables pour les ETM dissous.
- Des concentrations beaucoup plus variables pour les ETM particulières.
- Hors Fer, Strontium, Aluminium Baryum on retrouve majoritairement du Zinc, du Chrome, du Vanadium et du Nickel en dissous, comme en particulaire.

c. Micropolluants organiques

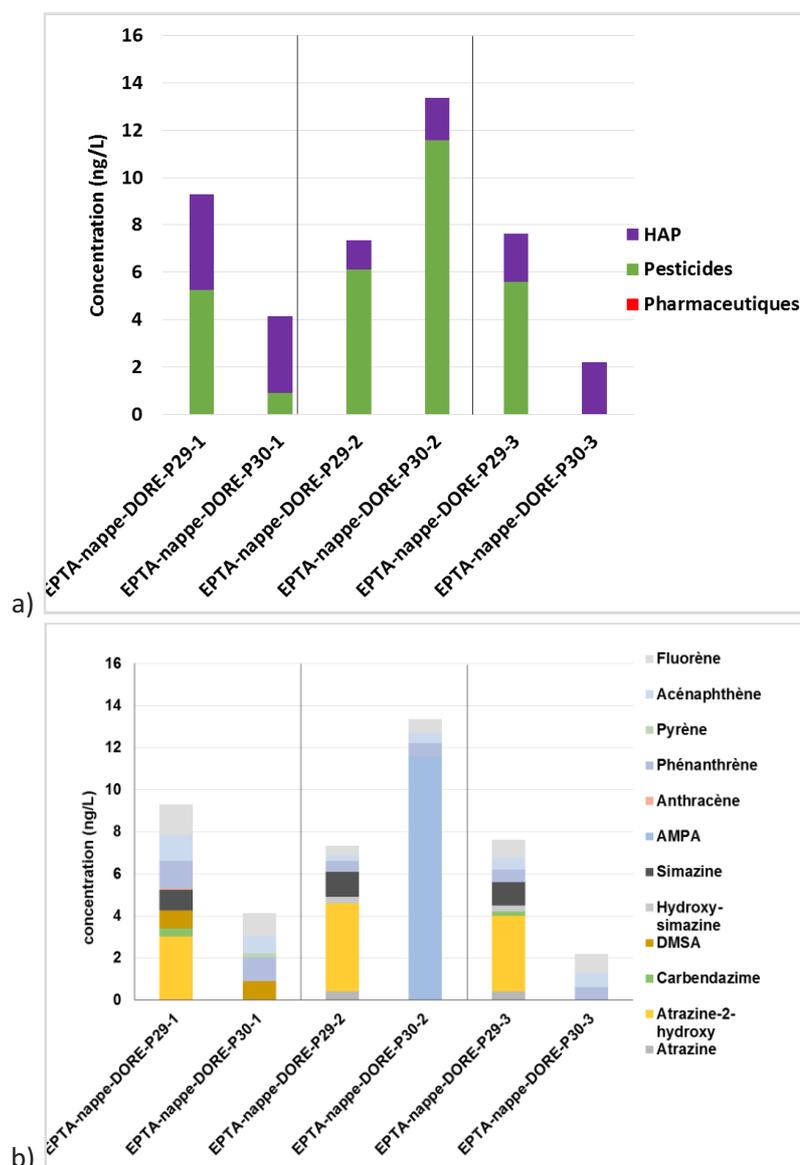


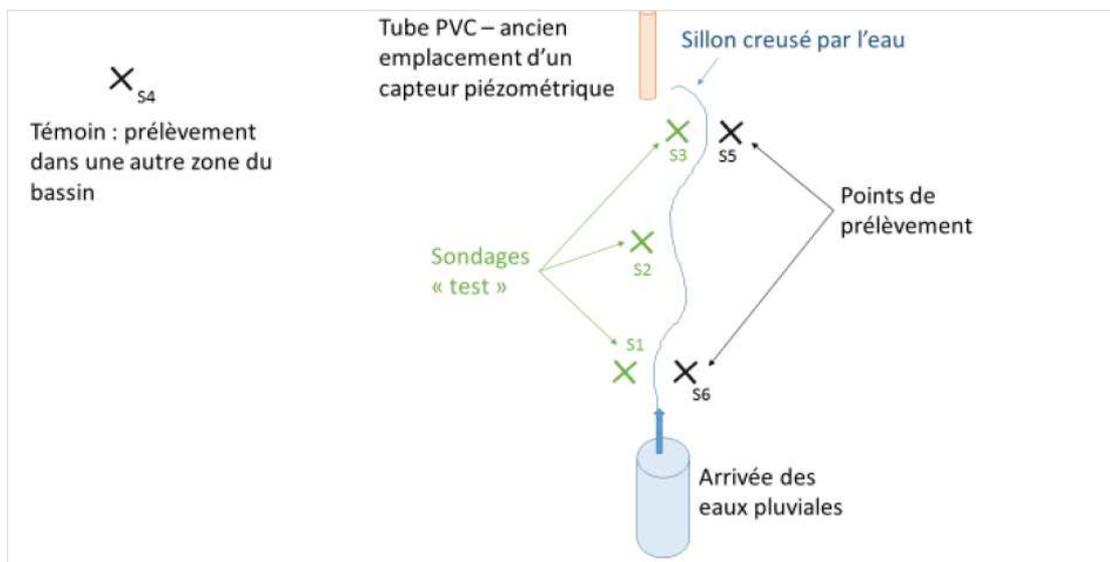
Figure 81 - Concentrations cumulées des différentes familles de micropolluants et b) concentrations cumulées en pharmaceutiques dans les eaux de nappes

Dans les nappes, les typologies de contamination sont différentes des précédents échantillons en phase dissoute avec seulement des HAP et des pesticides qui sont retrouvés, dans des teneurs qui restent toutefois faibles (concentrations totales inférieures à 15 ng/L). Les pesticides retrouvés majoritairement sont des anciens pesticides dont l'usage n'est plus d'actualité (simazine, atrazine et son métabolite atrazine-2-hydroxy), et l'AMPA sur un point. L'empreinte chimique est variable sur les 2 piézomètres, ce qui indique une influence extérieure qui n'a pas pu être mise en évidence dans le cas de cette étude.

#### 4) Résultats des analyses des échantillons de sols et plantes

##### a. Résultats d'analyse des échantillons de sols au Bois de Germignan

Le schéma ci-dessous rappelle le protocole de prélèvement :



- Les sondages S1, S2 et S3 sont des sondages tests qui avaient été utilisés pour déterminer le nombre d'horizons à analyser
- Les points S5 et S6 sont des points de prélèvement situés le long du sillage pour lequel 3 horizons de profondeur ont été analysés
- Le point S6 est plus proche de l'arrivée d'eaux pluviales que le point S5
- Le point S4 est le sondage témoin, a priori non ou peu souillé car relativement loin du sillage dessiné par l'arrivée d'eaux pluviales, utilisé pour comparer les résultats obtenus sur les points de prélèvements S5 et S6
- Les prélèvements ont été réalisés le 21/07/2017

#### Résultats obtenus sur les ETM :

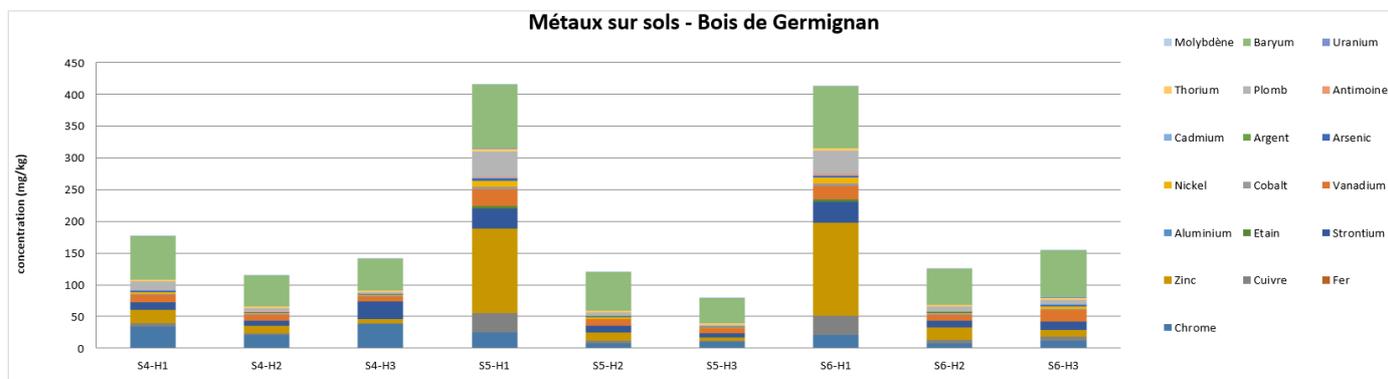


Figure 82 - Résultats d'analyse des échantillons pour les ETM sur les sols de Germignan, en mg/kg

- Analyse des résultats

Les concentrations des 3 horizons du point témoin S4 semblent à peu près identiques contrairement à celles des points S5 et S6 pour lesquels une plus forte concentration est obtenue sur l'horizon 1 (le plus proche de la surface).

Les concentrations en métaux sont souvent corrélées négativement à la médiane granulométrique : les argiles (granularité très fine) fixent beaucoup plus les métaux que le sable en raison de surfaces spécifiques plus importantes. La comparaison entre échantillons nécessite donc, au préalable, d'appliquer une normalisation afin d'éliminer les artefacts dus à la taille des particules. Le normalisant doit donc répondre à différentes exigences 1) varier proportionnellement aux concentrations naturelles des métaux considérés, 2) ne doit pas être influencé par les processus d'adsorption/désorption, d'oxydo-réduction ou de diagenèse dans les sédiments/sols, 3) ne doit pas présenter d'apports anthropiques modifiant sa distribution dans le milieu. Notre choix s'est porté sur Thorium.

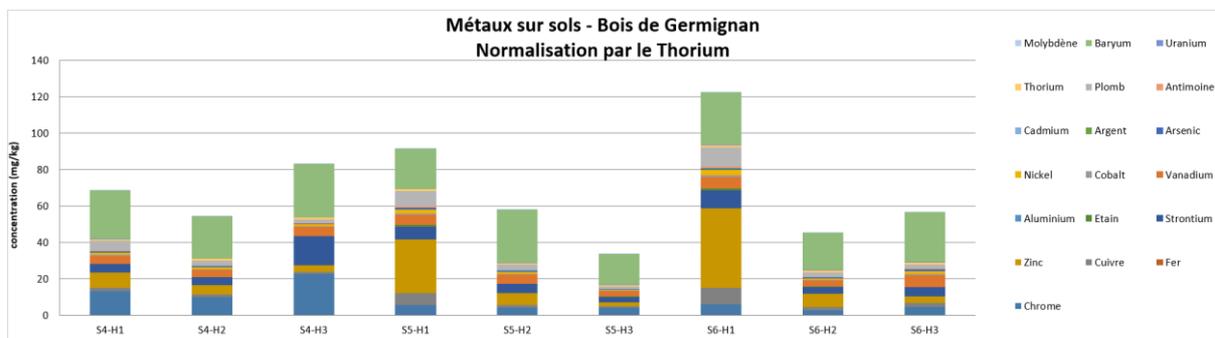


Figure 83 - Résultats d'analyse des ETM sur les sols de Germignan, normalisation par le Thorium

En normalisant on voit également la décroissance des concentrations entre l'horizon le plus haut et ceux plus bas dans le sol pour S5 et S6, contrairement au point témoin S4 pour lequel les concentrations des 3 horizons semblent peu varier.

Le point S6, plus proche de l'arrivée des eaux pluviales semble également plus concentré que le point S5.

⇒ **Ces premières conclusions montrent que, indépendamment de la granulométrie, les parties du sol les plus concentrées en métaux sont celles les plus proches de l'arrivée d'eaux pluviales.**

Pour analyser quels sont les éléments anthropiques, on normalise à nouveau, mais cette fois par un échantillon de référence (i.e. les valeurs obtenues sur l'horizon H2 du point S4, étant celui le moins pollué). Cette normalisation est également nécessaire pour s'affranchir des valeurs importantes qui peuvent être obtenues du fait que des métaux sont naturellement présents dans les sols.

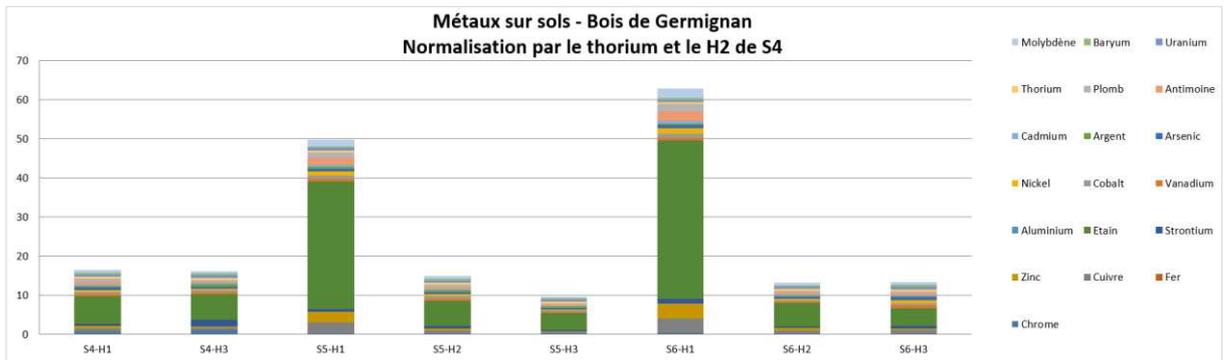


Figure 84 - Résultats d'analyse des ETM sur les sols de Germignan, normalisation par le Thorium et l'échantillon le moins concentré (horizon 2 du témoin S4)

- ⇒ Les éléments qui ressortent sont l'étain, le zinc, le cuivre, molybdène, plomb et antimoine, éléments caractéristiques du pluvial, ce sont notamment des traceurs routiers.
- ⇒ Seuls l'horizon le plus proche de la surface du sol est impacté. Les horizons 2 et 3 qui se trouvent respectivement à 30 et 70 centimètres de la surface ne semblent pas impactés par l'infiltration des eaux pluviales.

**Résultats obtenus sur les micropolluants organiques :**

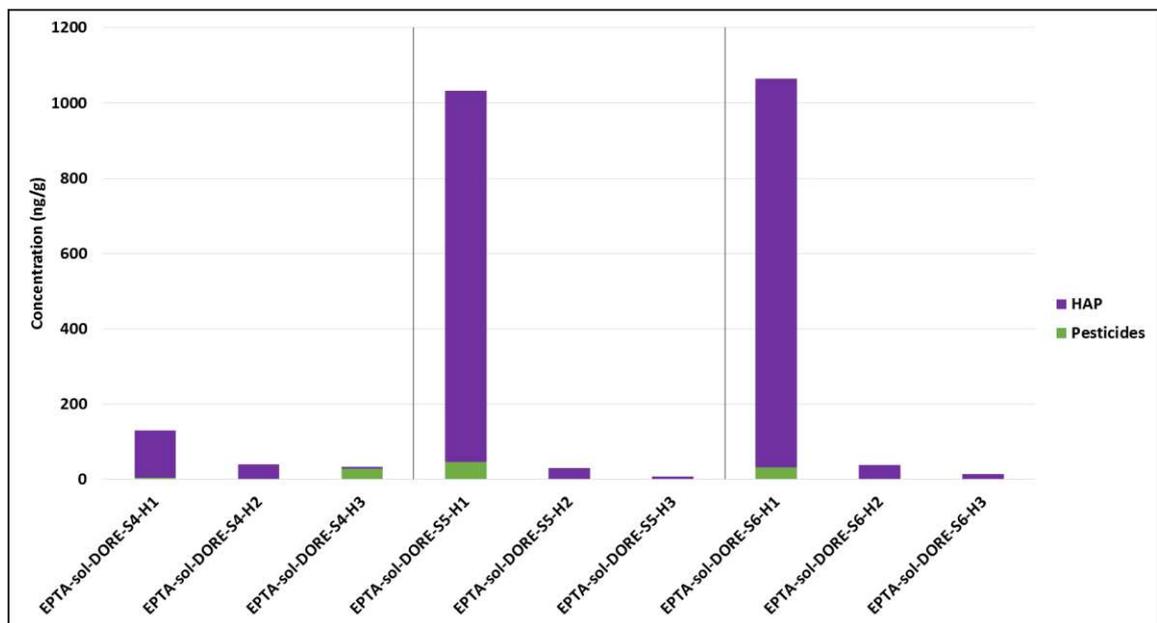


Figure 85 - Concentrations cumulées des familles de micropolluants dans différents points et différents horizons de sols du bassin de Germignan

Les concentrations dans les sols indiquent une forte proportion de HAP en comparaison des pesticides, en moyenne supérieure à 90% (à l'exception du point EPTA-sol-DORE-S4-H3 présentant une majorité de pesticides). Les concentrations sont plus élevées dans le premier horizon (H1) par rapport aux horizons plus profonds (H2 et H3). Il est à noter que le point témoin (S4) est moins contaminé.

Aucune différence apparente n'est en revanche notée entre les concentrations au point S5 (le plus proche de l'arrivée d'eau) et au point S6.

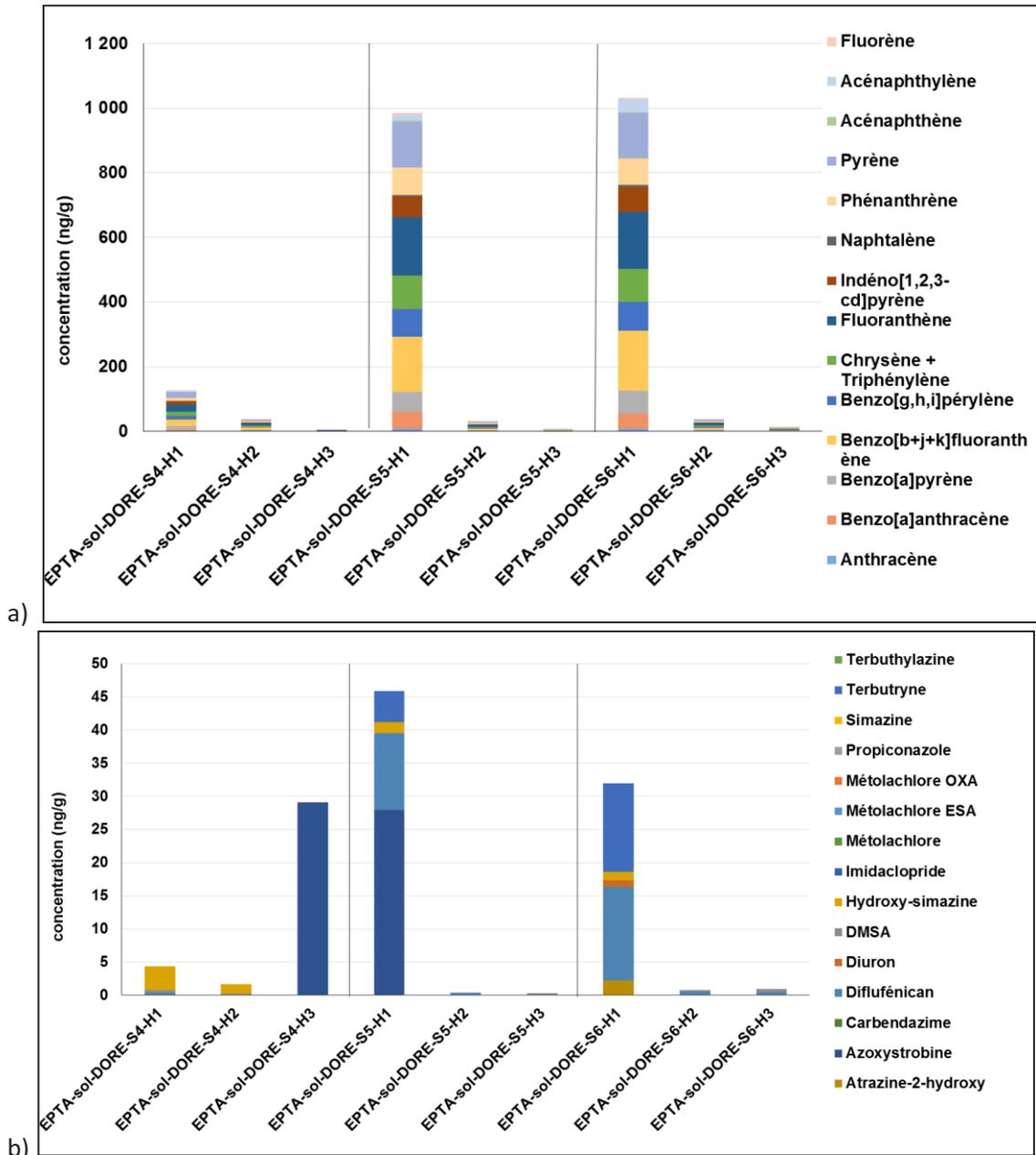


Figure 86 - Concentrations cumulées en a) HAP et b) pesticides dans différents points et différents horizons de sols du bassin de Germignan

En lien avec la contamination générale, les concentrations en HAP et en pesticides sont plus élevées dans le premier horizon, le témoin étant toujours le point le moins contaminé. Les empreintes en HAP sont très similaires entre les différents points, et ce quelle que soit la profondeur de prélèvement.

Les pesticides les plus abondants sont l'atrazine-2-hydroxy, l'azoxystrobine, le diflufénican, l'hydroxy-simazine et la terbutryne, ces composés étant des molécules assez hydrophobes (Log Kow > 2) et

donc pouvant s'adsorber sur les particules. On observe une légère modification d'empreinte pour l'horizon supérieur (plus de terbutryne et disparition de l'azoxystrobine pour le point S6).

### b. Résultats d'analyse des échantillons de plantes à RD1215

Pour rappel, sur le bassin RD1215, chaque échantillon constitué du mélange prélevé en 5 points du bassin a été divisé en 3 pour avoir un réplica des analyses :

Type de prélèvement	Nombre d'échantillons
Mélange des parties aériennes	3 réplicas
Mélange des parties souterraines	3 réplicas
<b>TOTAL</b>	<b>6 échantillons</b>

#### Résultats obtenus sur les ETM :

Les résultats obtenus sur les ETM sont les suivants :

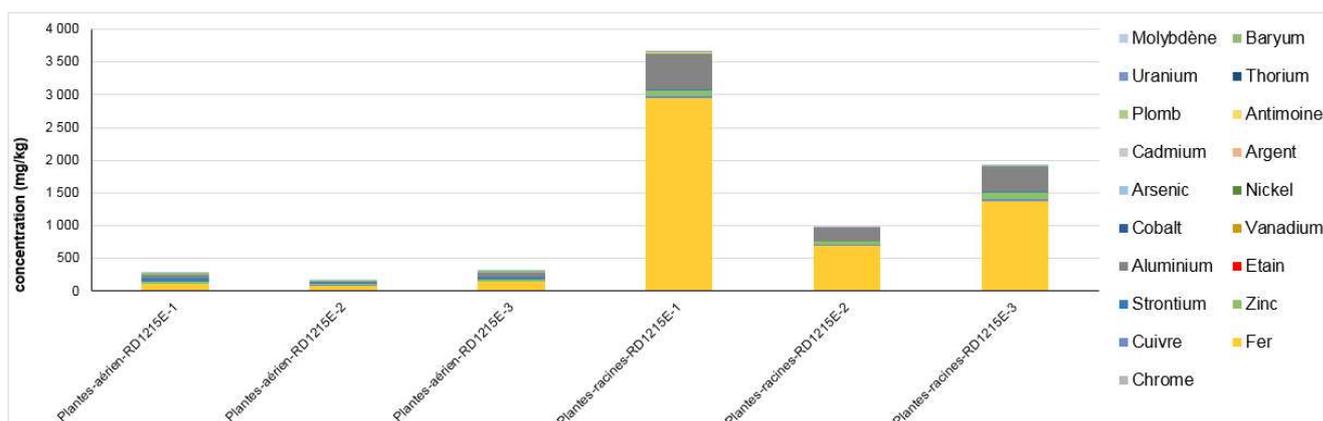


Figure 87 - Résultats d'analyse des ETM sur les plantes de RD1215

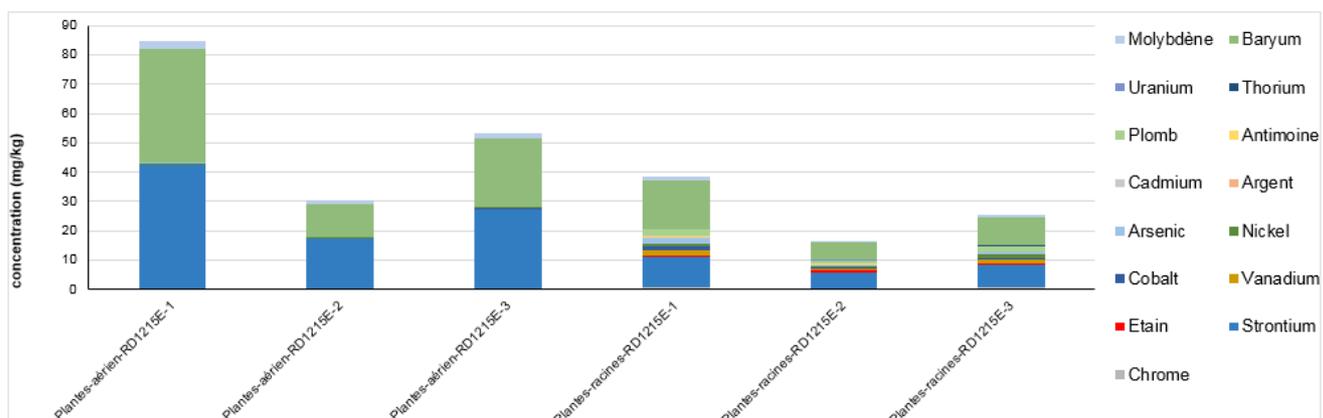


Figure 88 - Résultats d'analyse des ETM sur les plantes de RD1215, hors Fer, Aluminium, Cuivre et Zinc

- Analyse des résultats

Les éléments qui ressortent sont le fer, l'aluminium, le cuivre et le zinc. Ces éléments étant en plus forte concentration dans les racines que dans les parties aériennes des plantes.

Sont présents également le strontium et le baryum, mais ces derniers sont au contraire en plus forte concentration dans la partie aérienne que dans la partie racinaire.

**Résultats obtenus sur les organiques :**

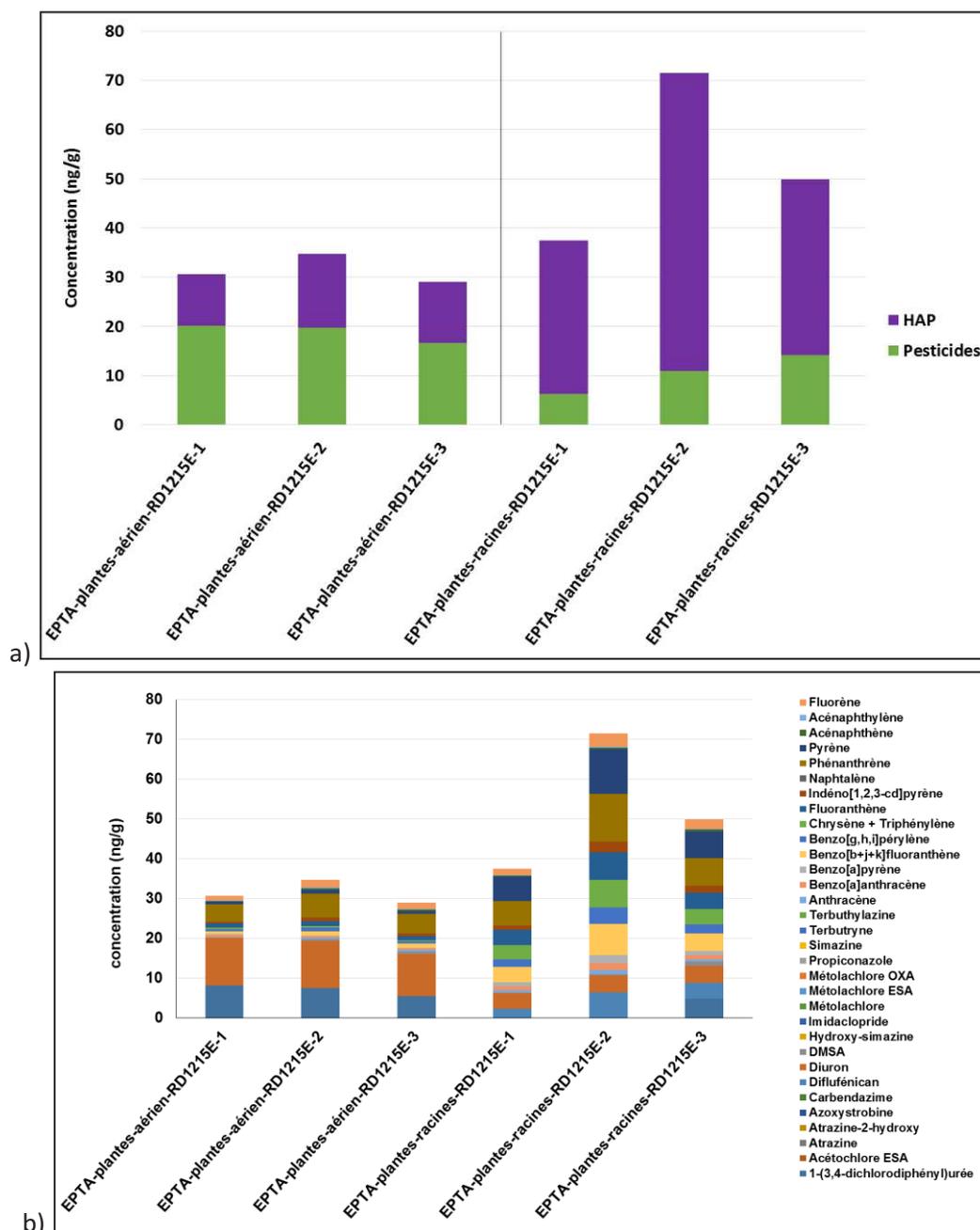


Figure 89 - a) Concentrations cumulées en pesticides et HAP et b) concentrations cumulées des différents composés dans les plantes du bassin RD1215

Les concentrations totales dans les végétaux du bassin RD1215 sont comprises entre 30 et 70 ng/g, avec une modification de l’empreinte entre les racines et les feuilles. En effet, les concentrations en HAP sont plus élevées dans les racines, ce qui peut probablement être expliqué par la présence de sol dans les prélèvements. Les feuilles sont marquées par la présence majoritaire de diuron (herbicide) et de l’un de ses métabolites (1-(3,4-dichlorodiphényl-urée), en quantité plus importante que dans les racines, ce qui pourrait être lié à un transfert de ces molécules dans les parties aériennes.

## G) CONCLUSION

Pour la partie suivi hydraulique, le projet a permis de constituer une base de données long terme sur plusieurs techniques alternatives du territoire. L'analyse des résultats hydraulique montre des performances satisfaisantes par rapport aux performances attendues sur les pluies courantes. Ces données constituent une base qui pourra servir à d'autres éventuelles études à venir. En effet, un suivi hydraulique en continu des TA est pertinent car il permet d'améliorer la compréhension de leur fonctionnement et d'identifier des dysfonctionnements. En revanche, une instrumentation adaptée reste à identifier si pour généraliser ce suivi avec des couts acceptables et une qualité de donnée satisfaisante pour une utilisation opérationnelle.

Pour la partie suivi qualité, le projet a permis d'établir des protocoles adaptés au type de polluants recherchés et aux TA. Une bonne justesse des prévisions de pluie et des données enregistrées par les capteurs est nécessaire pour assurer une programmation fiable des préleveurs asservis aux débits. Cependant, des contraintes liées à la fiabilité du protocole ont induit une difficulté à programmer des prélèvements d'eaux pluviales à une fréquence importante.

L'analyse des données qualité d'eaux pluviales a montré que les TA étudiées dans cette tâche abattaient les MES en concentrations et en flux. En termes de micropolluants, les techniques alternatives ne possèdent pas de pouvoir d'épuration à proprement parler, mais permettent d'obtenir des abattements en micropolluants dus à la rétention des particules et de l'eau. Ces abattements sont légers pour les micropolluants organiques et plus importants pour les ETM.

Concernant les compartiments de ces ouvrages, un transfert léger de micropolluants (notamment les pesticides) dans la plante est possible, caractérisé par une localisation de ces molécules dans les parties aériennes.

Dans les sols, il est à noter une présence de micropolluants (traceurs routiers et HAP) en concentration importante sur le premier horizon en comparaison des horizons plus profonds, ce qui pourrait indiquer une rétention de la pollution à cet endroit. Les échantillons de sols et de plantes n'ayant pas été prélevés sur les mêmes sites, il n'est pas possible de dresser une conclusion plus générale en comparant les empreintes et les niveaux de concentrations dans les 3 compartiments étudiés.

Les nappes étudiées ne semblent pas impactées par les polluants issus des eaux pluviales infiltrées par les techniques alternatives.

## Bibliographie

ADES : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines. Piézomètre. [En ligne] <http://www.ades.eaufrance.fr>

AFNOR. *Norme NF X10-311- Mesure de débits de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs en mince paroi*. 1983.

Bordeaux Métropole (2014). *Guide de conception/réalisation à l'usage des professionnels : les solutions compensatoires d'assainissement pluvial*.

Bressy, A. (2010). *Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines : effets de différents modes de gestion à l'amont*. Thèse doctorale, Université Paris-Est.

BRGM. Visualiseur infoterre . [En ligne] <http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>.

Cherqui, F., Granger, D., Métadier, M., Fletcher, T., Barraud, S., Lalanne, P., Litrico, X. (2013). *Indicators related to BMP performances: operational monitoring propositions*. NOVATECH 2013.

OTHU. *Plan d'expérimentation pour la mesure des impacts de l'infiltration des eaux pluviales sur la qualité physico-chimique et biologique des nappes en zone urbanisée*. 2005.

S. Barraud, A. Gautier, J. P. Bardin, V. Riou. The impact of intentional stormwater infiltration on soil and groundwater. *Water Science and Technology* . 1999, Vol. 39, 2 , pp. 185-192.

## Annexes

### 1) Graphes d'analyse hydraulique du site RD1215

#### Analyse évènementielle

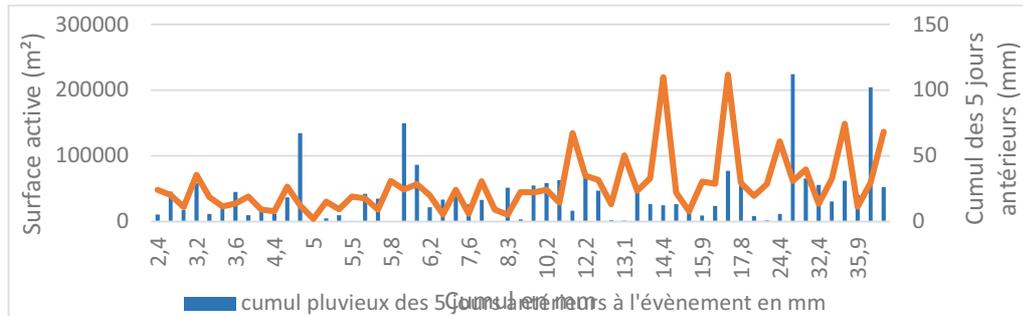


Figure représentant la surface active mesurée à l'amont (courbe orange), Cumul pluvieux des 5 jours antérieurs à l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction du cumul de l'évènement sur le site RD1215

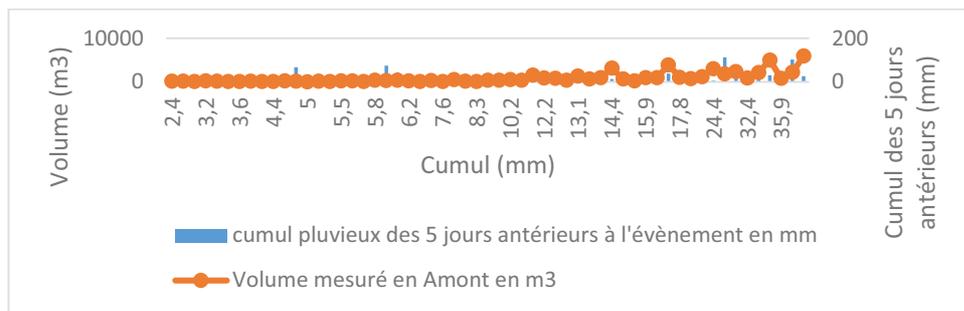


Figure représentant le volume enregistré à l'amont (courbe orange), Cumul pluvieux des 5 jours antérieurs à l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction du cumul de l'évènement sur le site RD1215

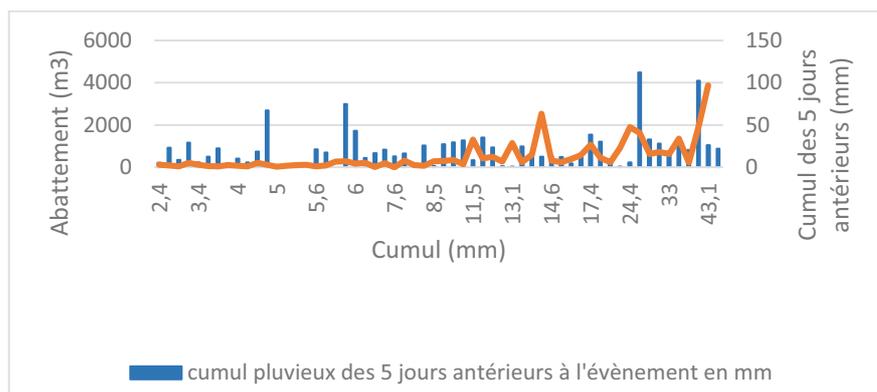


Figure représentant l'abattement (courbe orange), cumul pluvieux des 5 jours antérieurs à l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction du cumul de l'évènement sur le site RD1215

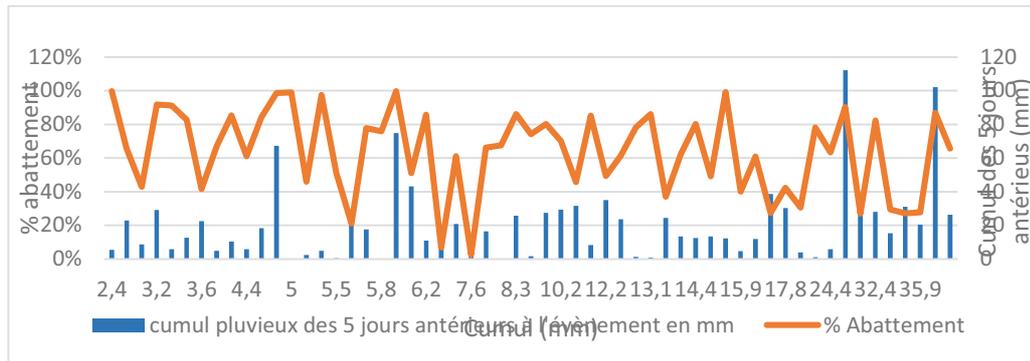


Figure représentant le pourcentage d'abattement (courbe orange), cumul pluvieux des 5 jours antérieurs à l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction du cumul de l'évènement sur le site RD1215

Tableau récapitulatif des résultats obtenus sur l'abattement des volumes amont et aval de RD1215 (volume de stockage inconnu)

Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum
69%	64%	1%	100%
202 m <sup>3</sup>	426 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	3873 m <sup>3</sup>

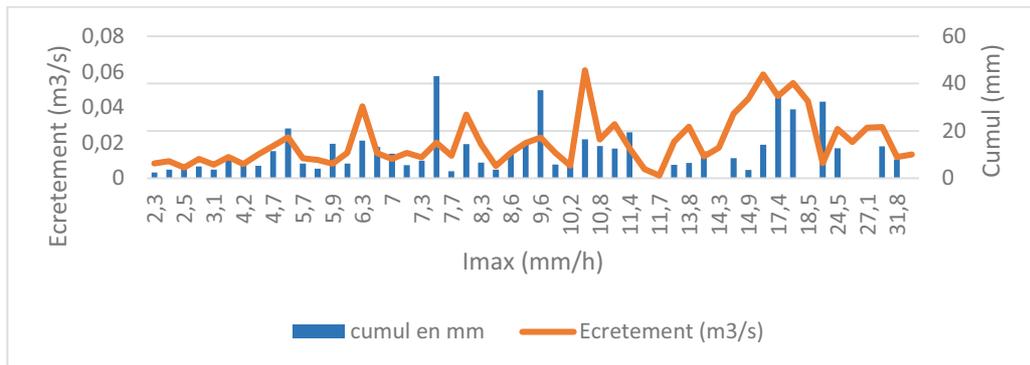


Figure représentant l'écrêtement (courbe orange), cumul de l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction de l'intensité maximale de l'évènement sur le site RD1215

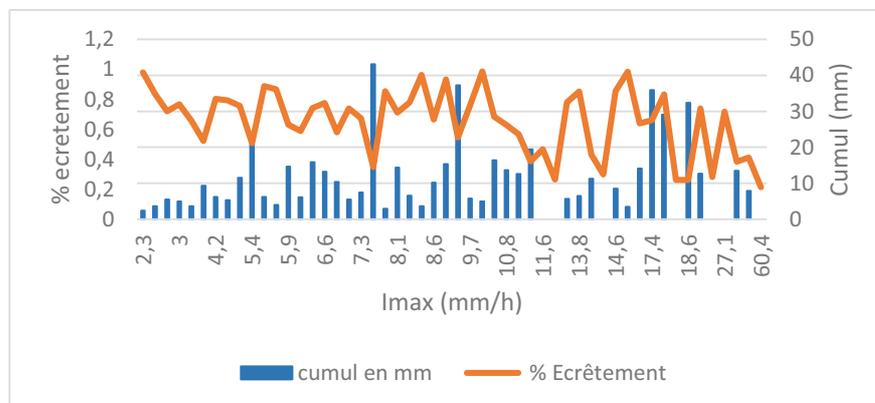
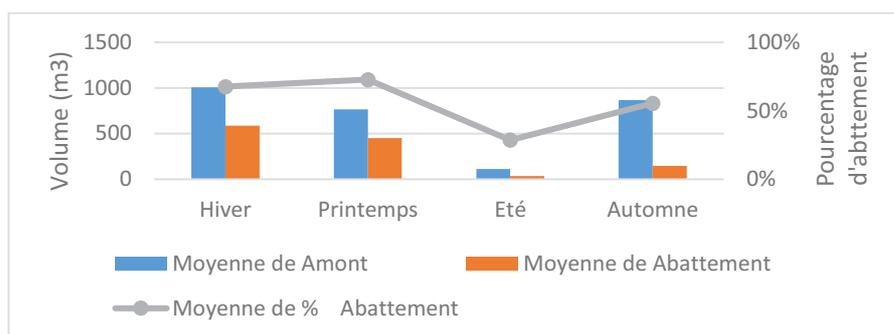


Figure représentant le pourcentage d'écrêtement (courbe orange), cumul de l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction de l'intensité maximale de l'évènement sur le site RD1215

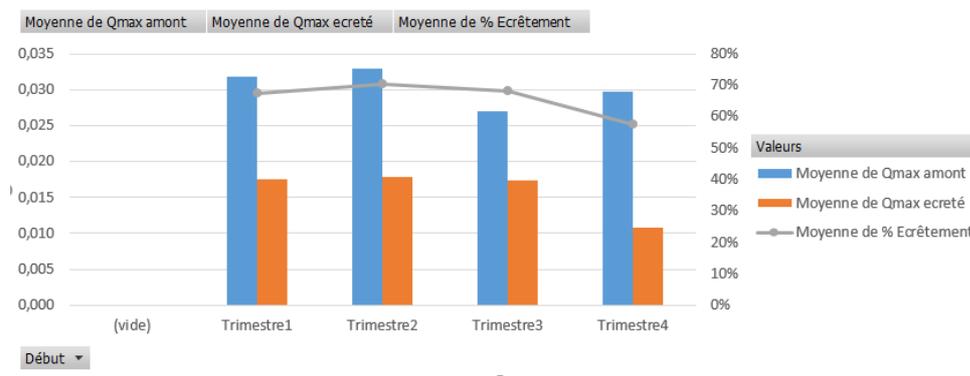
Tableau récapitulatif des résultats obtenus sur l'écèlement des débits amont et aval de RD1215 (surverse des forts débits vers un bassin d'infiltration)

Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum
71%	67%	8%	99%
13,4 l/s	16,4 l/s	3,5 l/s	60,9 l/s

### Analyse saisonnière



Volume amont (bleu) volume abattu(orange) et pourcentage d'abattement du site RD1215 selon la saison

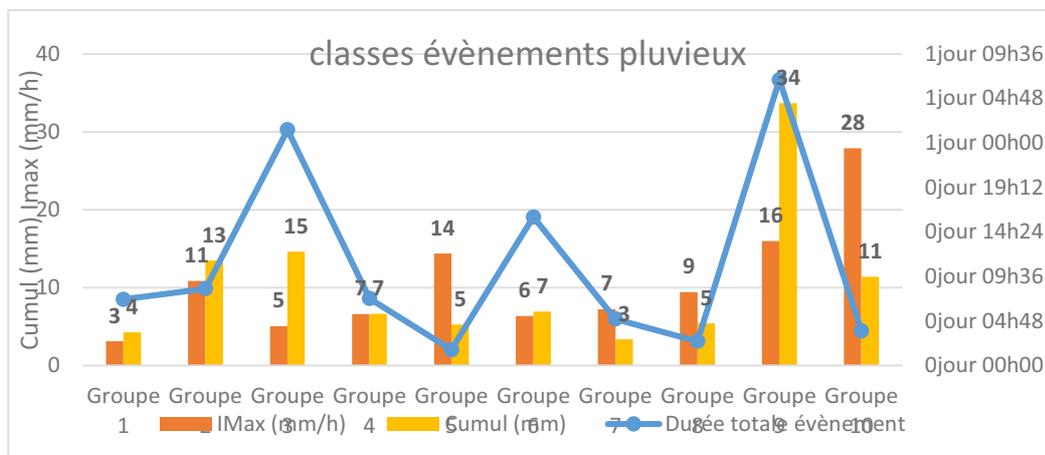


Débit maximal amont (bleu) débit écreté (orange) et pourcentage d'écèlement de débit du site RD1215 selon la saison (trait gris)

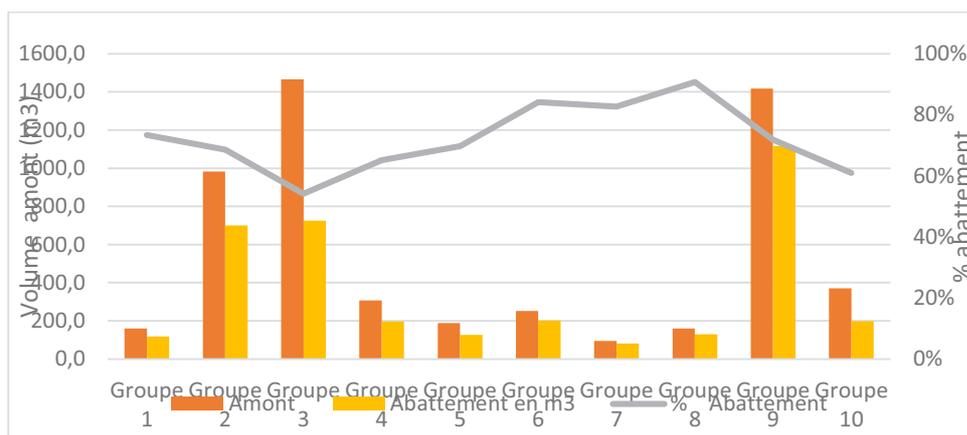
Sur le bassin de dépollution RD1215, on observe des saisons légèrement différentes en termes d'évènements pluvieux et performances à celles observées sur Lacaussade.

En ce qui concerne la performance, on observe que le volume entrant moyen en hiver est plus élevé que celui en Printemps, cependant, l'abattement est plus élevé d'une valeur de 73% en automne ce qui pourrait s'expliquer par la riche végétation se trouvant dans ce bassin durant cette période de l'année. L'écèlement de son coté, environne les 70% Pour les quatre saisons. En été, les évènements sont plus rares les débits d'entrée plus important liés aux orages estivaux, ce qui peut expliquer un abattement moins important de 29% (activation de la surverse). En Automne, l'abattement remonte à 56%

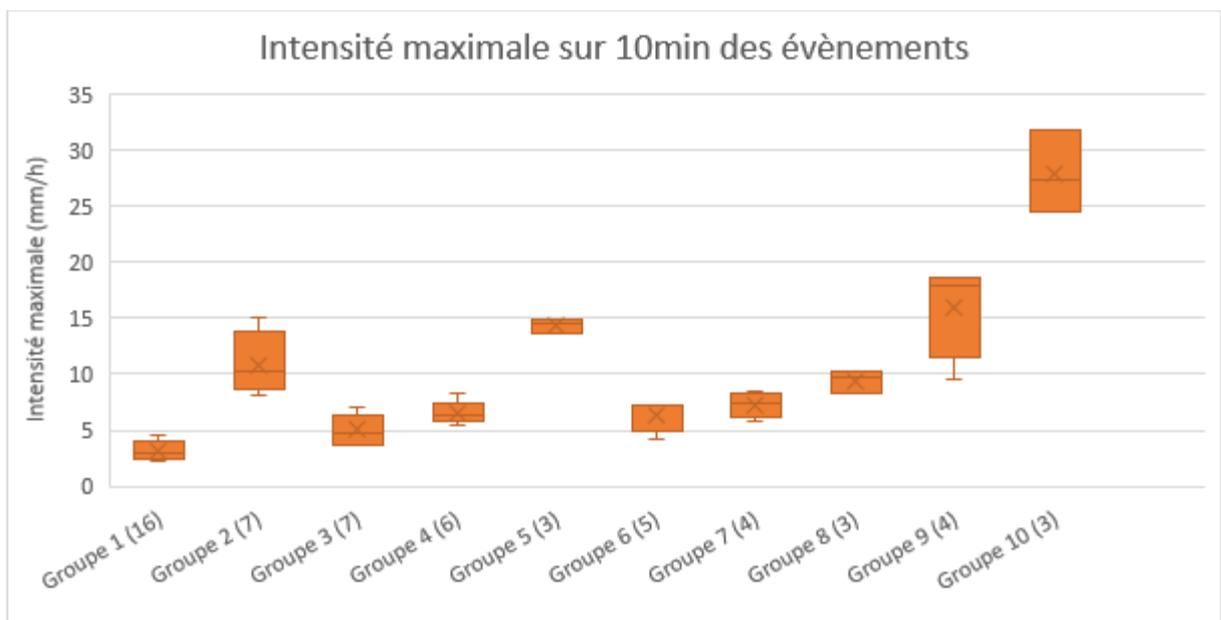
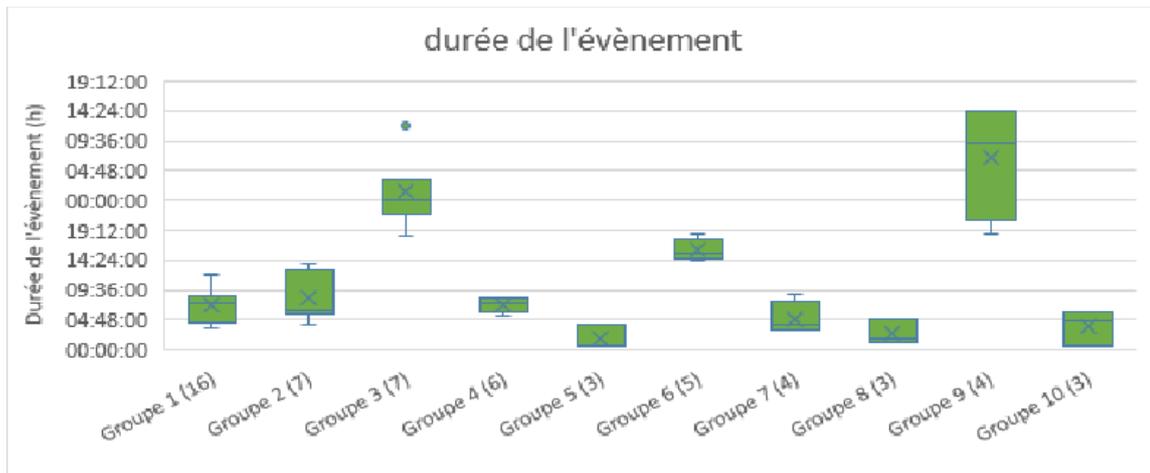
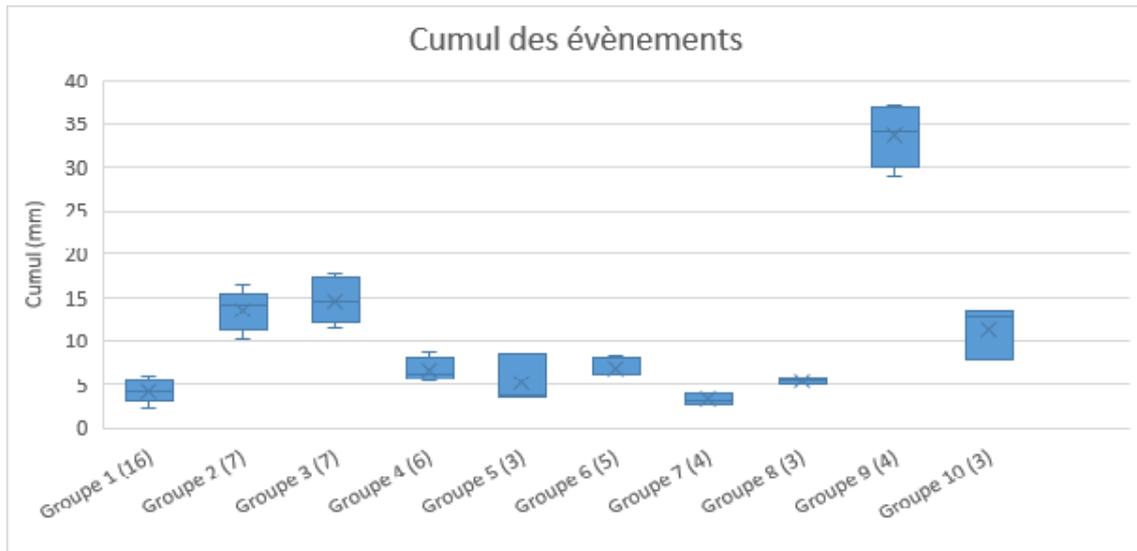
### Analyse par groupes de pluie

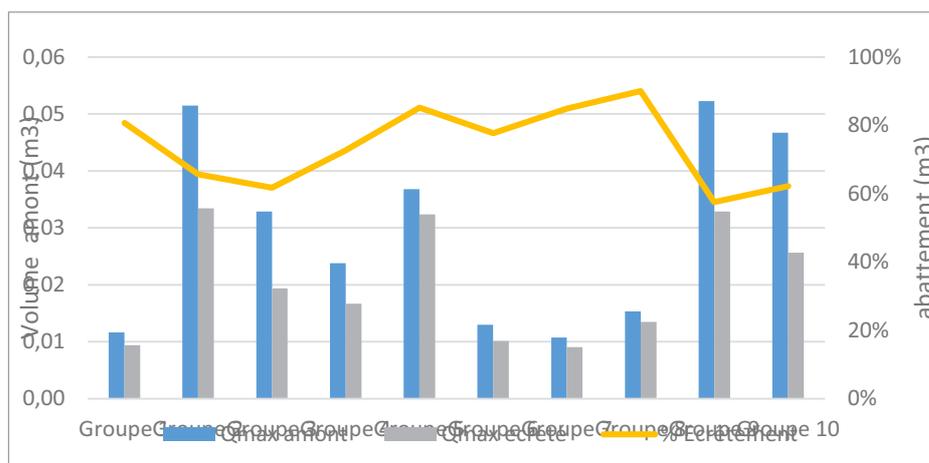


Caractéristiques des groupes d'évènements (cumul (jaune), intensité maximale (orange) et durée de l'évènement (bleu)), en abscisse les noms des groupes et le nombre d'évènements de chaque groupe entre parenthèses sur le site de RD1215



Evolution du % d'abattement, volume amont et volume abattu en fonction du groupe d'évènement





Évolution du pourcentage d'écêtement (trait orange), du débit maximal amont (bleu) et débit écêté (gris) sur le site de RD1215 en fonction des groupes d'évènements

L'écêtement de débit sur ce site est important avec des valeurs qui oscillent entre 55 et 90% en fonction des groupes d'évènements, ce qui s'explique par le fonctionnement par surverse de l'ouvrage. On observe les valeurs max pour les groupes ayant des petits débits max amont faibles (groupe 1, groupe 6, groupe 7 et groupe 8), et les valeurs les moins élevées sont observées pour les groupes ayant débit max amont élevé (groupe 2, groupe 3, groupe 9, groupe 10), ce qui est là encore, cohérent avec le fonctionnement par surverse de l'ouvrage : à partir d'un certain débit, la surverse s'active et il y a moins d'écêtement.

## 2) Graphes d'analyse hydraulique du site Germignan

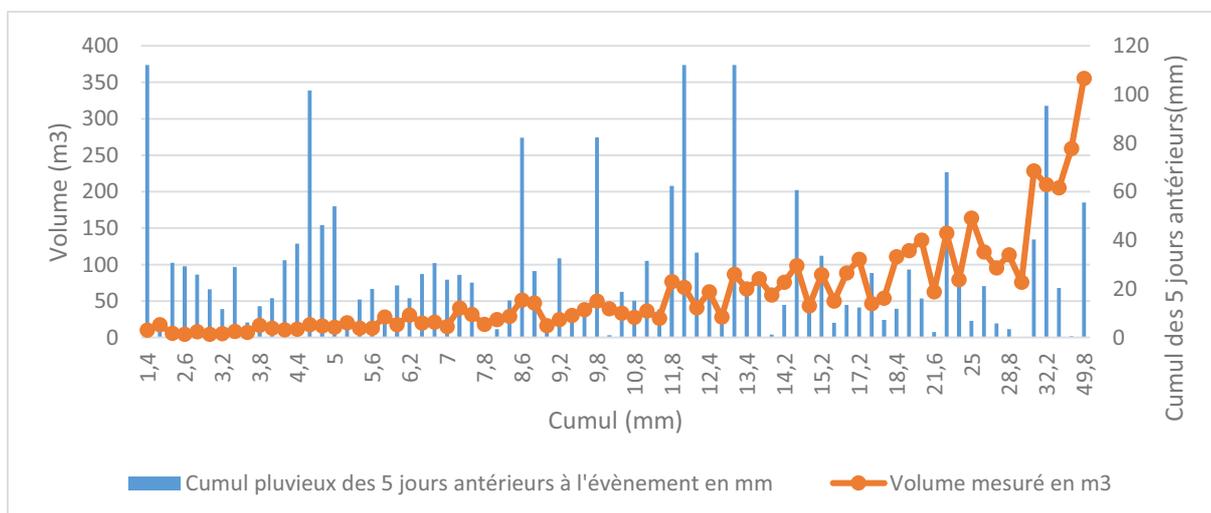
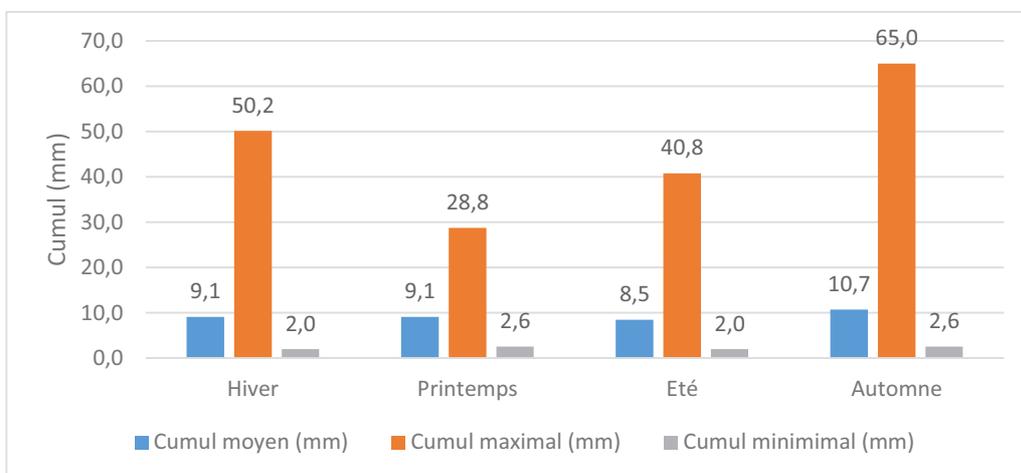


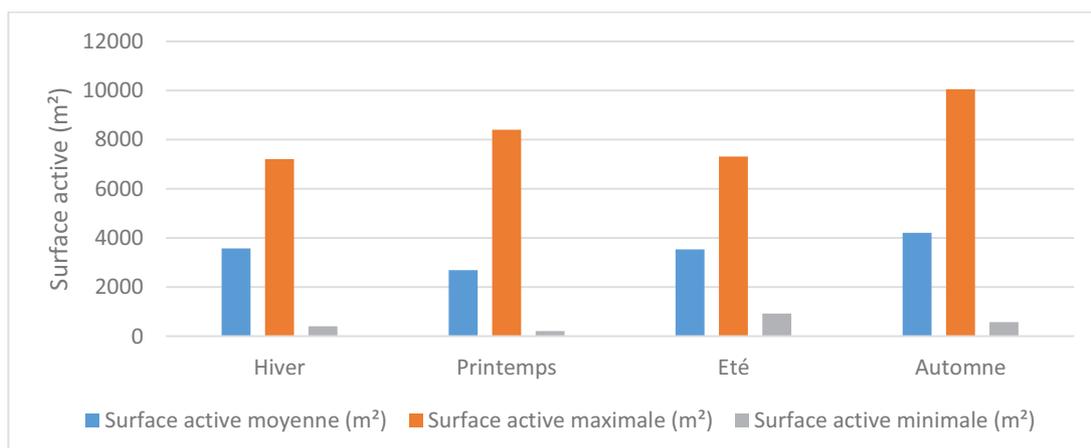
Figure représentant le volume mesuré à l'amont (courbe orange), Cumul pluvieux des 5 jours antérieurs à l'évènement en mm (histogramme bleu) en fonction du cumul de l'évènement sur le site Bois de Germignan

Tendance générale ascendante du volume entrant dans le bassin d'infiltration en fonction du cumul de l'évènement, ce qui est un résultat attendu. Les pics de volumes pourraient s'expliquer par la succession des pluies (corrélés avec le cumul des 5 jours antérieurs à l'évènement) du fait

que le bassin versant soit encore saturé en eau ce qui peut favoriser le ruissellement lors des évènements pluvieux.



*Evènements pluvieux sur le site Bois de Germignan selon la saison*



*Surface active du bassin versant amont du site Bois de Germignan selon la saison*

### 3) *Protocole de prélèvement des eaux pluviales pour l'observatoire des Techniques Alternatives*

#### 1) Préparation de la campagne

Jours avant le prélèvement	Taches	Personne en charge	Personne à contacter
<b>J &lt; J-15</b>	Programmation de la campagne	SGAC	LyRE  Les laboratoires d'analyses*
<b>J-15</b>	Demande de flacons. Convenir de la date de campagne avec le LyRE en fonction des prévisions de pluie	LyRE	Les laboratoires d'analyses*
		SGAC	LyRE
<b>J-7</b>	Avertir de l'imminence d'une campagne de prélèvements. Fixer une date de livraison des échantillons. Se coordonner avec la SGAC pour définir le personnel intervenant lors de la campagne prévue.	SGAC	Les laboratoires d'analyses*
		LyRE	SGAC
<b>J-2</b>	Nettoyer tout le matériel nécessaire. Mettre les pains de glace au congélateur.	SGAC	
<b>J-1</b>	Confirmer la réalisation de la campagne et la date de livraison. Placer les préleveurs	LyRE/ SGAC	Les laboratoires d'analyses*
	Transmettre les données de programmation du préleveur	LyRE	SGAC
	Programmer les préleveurs.	SGAC	

\*Les laboratoires d'analyses (LPTC, TGM Laboratoire de la SGAC)

Remarque : Le choix des TA à inclure sera défini avant chaque campagne.

#### 1.1) Suivi pluviométrique

La SGAC assure la planification des campagnes suivant le programme global (plan micropolluants, REGARD, Observatoire, etc.) transmis par le LyRE avec les ordres de priorité sur l'année. La SGAC assure le suivi des prévisions météorologiques de manière à anticiper une campagne sur une plage d'environ 2 semaines. Une fois la date de campagne ainsi fixée, les prévisions météorologiques seront suivies en continu jusqu'à la veille de la campagne afin de pouvoir valider ou annuler celle-ci en cas de pluies insuffisantes (échange SGAC/LyRE).

Ce suivi pluviométrique permettra également d'anticiper le cumul pluviométrique prévu, donnée nécessaire à la programmation du préleveur (asservissement au débit). Ce sujet est détaillé dans la partie 2.

#### **Condition de début de campagne :**

Une période de temps sec de 3 jours minimum. (Une période de temps sec est définie comme cumul inférieur à 1 mm sur une durée de 2 heures).

Une prévision de pluie dont le cumul est estimé à 10 mm minimum pour une période inférieure à 24h.

Ces conditions peuvent être adaptées au cas par cas et au jour le jour du fait :

- des aléas de la prévision de pluie (très changeante en ce moment !), des avancées du projet et planning (si trop de contraintes, on peut adapter).
- des contraintes de planning de la SGAC, notamment sur ses autres missions.
- des échanges réguliers SGAC/LyRE (et le suivi météo) permettent ensuite de se caler quant au jour « réel » de prélèvement.

### 1.2) Logistique

#### 1.2.1) Matériel nécessaire

Se référer au protocole général de prélèvements de micropolluants.

Nb : (préleveur ou entonnoir en inox, Cf. prélèvement amont Vert Castel), tuyaux téflons, gants nitriles sans talc, bécher gradué, sceau, eau déminéralisée, pale et perceuse pour l'homogénéisation des échantillons + ciseaux, stylos, sopalin.

Nb : Utiliser des bombonnes 15L en verre.

#### **Nettoyage du matériel avant chaque utilisation :**

Se référer au protocole de nettoyage du laboratoire Louis Fargue.

Tout matériel qui sera en contact direct avec l'eau prélevée doit être préalablement nettoyé.  
(Bombonne verre, pale inox...)

Nb : Les tuyaux en téflon ainsi que les tuyaux d'aspiration du préleveur en silicone seront changé entre chaque campagne de prélèvement

Nb : Penser à prendre des gants nitriles sans talc et de l'eau déminéralisée pour nettoyer la pale d'homogénéisation en inox entre 2 utilisations.

### 1.2.2) Informations supplémentaires

#### 1.2.2.1) Effectifs

La réalisation des campagnes nécessite deux personnes de la SGAC.

#### 1.2.2.2) Etiquetage

Les informations qui doivent figurer sur chaque étiquette de flacon sont :

- Nom du Projet : REGARD
- Nom du site
- Emplacement sur le site
- Date de la campagne

Les noms des sites sont les suivants :

Localisation du point de prélèvement	Nom du site à inscrire sur l'étiquette
Noue Clos Lacaussade amont / rue Colbert (Taillan-Medoc) : Regard cachette	EPTA-infiltre-lacaussadeE-1
Noue Clos Lacaussade aval / chemin de la Houn de Castets : Grille	EPTA-infiltre-lacaussadeS-1
Noue Vert Castel amont / rue Vert Castel (Mérignac) : Rigole	EPTA-infiltre-vert-castelE-1
Noue Vert Castel aval / rue Vert Castel : Regard cachette	EPTA-infiltre-vert-castelS-1
Bassin Bois de Germignan amont/ rue Gustave Doré (Taillan-Medoc)	EPTA-infiltre-DORE-1

Bassin RD1215 amont/ chemin de Jallepont (Haillan) : Regard cachette	<b>EPTA-dépollution- RD1215E-1</b>
Bassin RD1215 aval/ chemin de Jallepont : Tampon grille	<b>EPTA-dépollution- RD1215S-1</b>
Structure alvéolaire La Boétie amont/ Avenue de la Boétie (Taillan-Medoc) : Regard proche de la bouche d'égout	<b>EPTA-SAUL-BoetieE-1</b>
Structure alvéolaire La Boétie aval/ Chemin du bois des ormes : Regard sur la route	<b>EPTA-SAUL-BoetieS-1</b>

### 1.2.2.3) Conditions de prélèvement

Se référer au protocole général de prélèvement par préleveur automatique.

Nb : Le tuyau en téflon ne doit pas être trop long afin de réduire les pertes de charges.

Nb : La crépine ne doit pas être positionnée sur une zone d'eau stagnante et ne doit pas perturber la mesure de débit.

### 1.2.2.4) Plages de temps pour effectuer les prélèvements

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
 *				Le matin uniquement		

\*Lorsque le prélèvement s'effectue le lundi, la programmation des préleveurs se fait le jour même et le nettoyage et la pose des préleveurs se fait avant le week-end.

## 2) Réglages

### 2.1) Volume d'asservissement

Une pré-étude a été effectuée par le LyRE afin de corréler le cumul de précipitations (mm) pour chaque évènement pluvieux avec les volumes d'eau transitant pour chaque site (amont et aval)

Ce travail, qui sera actualisé régulièrement par le LyRE, permet de définir la méthode de programmation du préleveur (asservissement au débit).

Ces résultats sont récapitulés dans le fichier Excel « Programmation du préleveur\_TA.xls »

Ce fichier doit être complété avant chaque campagne avec la donnée de lame d'eau prévue (mm) pour l'évènement pluvieux qui fait l'objet de la campagne.

Cette donnée sera transmise par le LyRE à la SGAC 6 à 24h avant le déclenchement de la campagne à partir des prévisions de pluie.

## 2.2) Pas de temps des capteurs

Afin d'améliorer la qualité de l'asservissement, les capteurs US de Lacaussade amont et Germignan devront être reprogrammés à un pas de temps 1min en temps de pluie pendant la durée du prélèvement.

Capteur	Pas de temps hors prélèvement (min)		Pas de temps pendant un prélèvement (min)	
	Temps sec	Temps de pluie	Temps sec	Temps de pluie
Boetie amont US	15	2	15	2
Boetie aval US	15	2	15	2
Germignan US	5	2	5	1
Lacaussade amont US	5	2	5	1
Lacaussade aval US	15	2	15	2
Vert castel US	15	2	15	2
Vert Castel Piézo	5	5	5	5
RD1215 amont h/v	2	2	2	2
RD1215 aval Piézo	5	5	5	5

Tableau récapitulatif des pas de temps. (Hauteur seuil temps pluie/temps sec = 1cm)

## 3) Réalisation de la campagne

### 3.1) Pendant la pluie

Le prélèvement s'effectue à l'aide d'un préleveur automatique durant toute la période de l'épisode pluvieux.



**Les échantillons issus des 15 L prélevés sur chaque site doivent être remis aux laboratoires au maximum 24h après les prélèvements.**



Cas particulier : Amont de Vert Castel

La noue de Vert Castel collecte les eaux pluviales de façon diffuse. Le site amont est situé sur la rigole qui canalise l'eau au milieu de la noue à droite de la rue Pierre Georges Latécoère.

La bombonne sera positionnée dans la noue.

Pour ce point, la répartition de l'échantillon dans les différents flacons s'effectue au choix :

En homogénéisant régulièrement le prélèvement et en transvidant la bombonne à l'aide d'un entonnoir en inox dans les flacons.

En homogénéisant et en utilisant un préleveur ayant des tuyaux propres pour remplir les flacons.

3.2) Après la pluie



Reprogrammer les capteurs de Germignan et Lacaussade au pas de temps de pluie 2min

3.2.1) Flaconnage

Le flaconnage dans les glacières est initialement entreposé par site de prélèvement. Il faudra ensuite prévoir une glacière par labo. Les laboratoires sont différenciés par code couleur dans le texte suivant :

- 6 x 1L verre (capuchon bleu) pour le LPTC, analyses des micropolluants organiques
- 1 x 250mL verre pour le labo de Louis Fargue, analyses des paramètres physico-chimiques classiques
- 1 x 1L verre stabilisé pour le labo de Louis Fargue, analyses des paramètres physico-chimiques classiques
- 1 x 1L plastique (capuchon rouge) pour le labo de Louis Fargue, analyses des paramètres physico-chimiques classiques
- 2 x 500mL plastique (capuchon rouge) pour le labo de Louis Fargue, analyses des paramètres physico-chimiques classiques
- 1 x 250 mL plastique stabilisé (capuchon rouge) pour le labo de Louis Fargue, analyses des paramètres physico-chimiques classiques
- 8 x 500 mL fioles plastique (blanc opaque) pour le LPTC, analyses des micropolluants organiques

- 1 x 250 mL fiole plastique (blanc opaque) (**flacon avec col étroit**) pour TGM, analyses des micropolluants inorganiques (métaux)

Effectuer la répartition de l'échantillon dans les différents flacons avec homogénéisation en continu du prélèvement

Les points suivants feront notamment l'objet d'une attention particulière :

Cette répartition (mise en bouteille) se fait sur place. Le nettoyage de la pale inox se fait à l'eau déminéralisée entre 2 utilisations.



**L'ensemble des flacons en verre doit être rempli à moitié car ils seront congelés. Les flacons plastiques doivent être remplis complètement. La manipulation s'effectue avec des gants nitriles sans talc pour éviter les contaminations.**

- Compléter les étiquettes de chaque flacon de façon lisible. Noter toutes remarques ou problèmes rencontrés lors de la manipulation.

- Les échantillons seront entreposés dans les glacières en fonction des laboratoires d'analyse. Des pains de glace sont ajoutés pour garder le tout au frais.

Les conditions ambiantes proches du lieu de prélèvement peuvent avoir un impact sur la qualité de l'échantillon, il faut donc bannir les éléments suivants à proximité du lieu de l'opération et pendant toute sa durée :

- Cigarette,
- Pots d'échappement de véhicule en marche,
- Machine thermique en fonctionnement,
- Manipulation de solvants et autres produits chimiques volatils,
- Désodorisant, marqueurs (type indélébile), etc.

Nb : Penser à manipuler les bombones de verre avec précaution.

### 3.2.2) Adresse de livraison

A la fin de chaque campagne, l'ensemble des glacières, avec des pains de glace, doit être ramené le plus rapidement possible aux adresses suivantes :

**Les flacons pour les paramètres physico-chimiques classiques sont analysés par le laboratoire de Louis Fargue :**

Laboratoire de la STEP de Louis Fargue  
 71 cours Louis Fargue  
 Bâtiment F, 1<sup>er</sup> étage  
 33000 Bordeaux  
 Demander Céline Pinard

**Les micropolluants organiques sont analysés par le LPTC (UMR EPOC) :**

Equipe LPTC  
EPOC/LPTC (UMR CNRS 5805)  
Université Bordeaux 1  
Bat A12, 2ème étage ouest  
351, cours de la Libération  
33405 Talence cedex  
Demander Céline Chollet ou Karyn Le Menach

**Les micropolluants inorganiques seront analysés par le TGM (UMR EPOC) :**

Equipe TGM  
EPOC/TGM (UMR CNRS 5805)  
Université Bordeaux 1  
Bat B18, rez-de-chaussée  
Allée Geoffroy St Hilaire  
CS 50023  
33615 Pessac Cedex  
Demander Alexandra Coynel (ou Gérard Blanc)

3.2.3) Fin de la campagne

Prévoir un échange Lyre/SGAC pour faire le point sur la campagne. Il est demandé d'envoyer un mail permettant de préciser si il y a eu des problèmes lors des campagnes (échantillons cassés, vols de matériel, volume d'eau prélevé insuffisant,...).L'objectif étant de tenir informer toutes les personnes concernées de la réalisation de la campagne.

#### 4) Mesures de conductivité sur les piézomètres P29 et P30

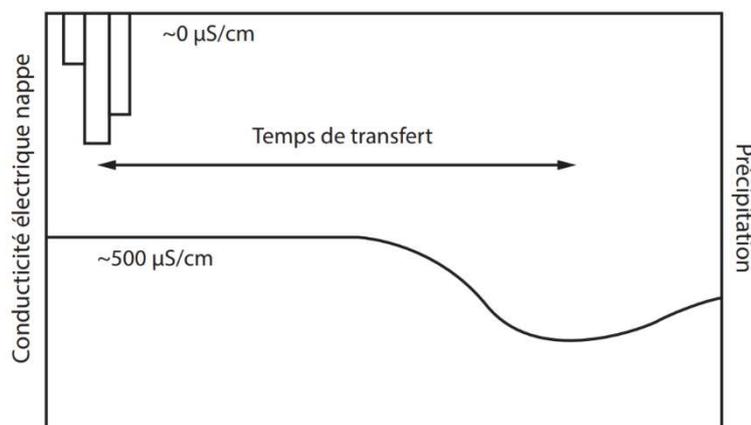
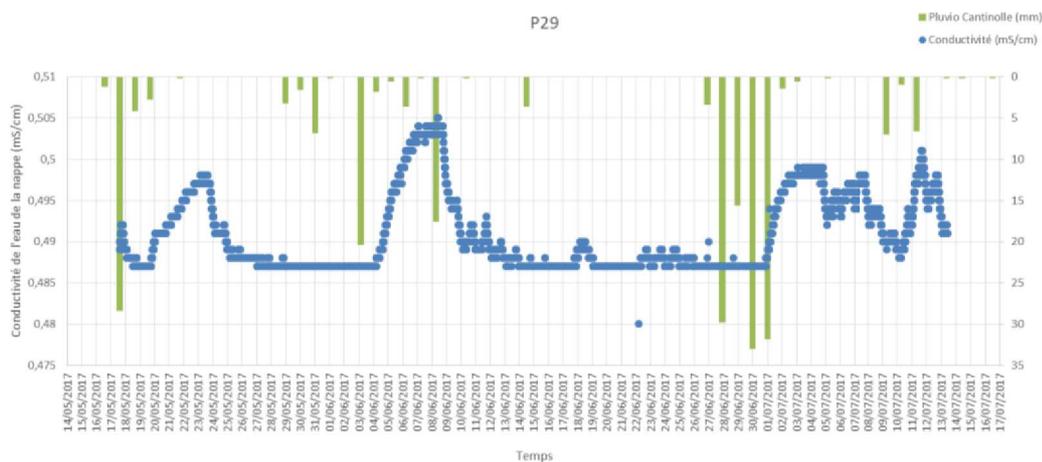
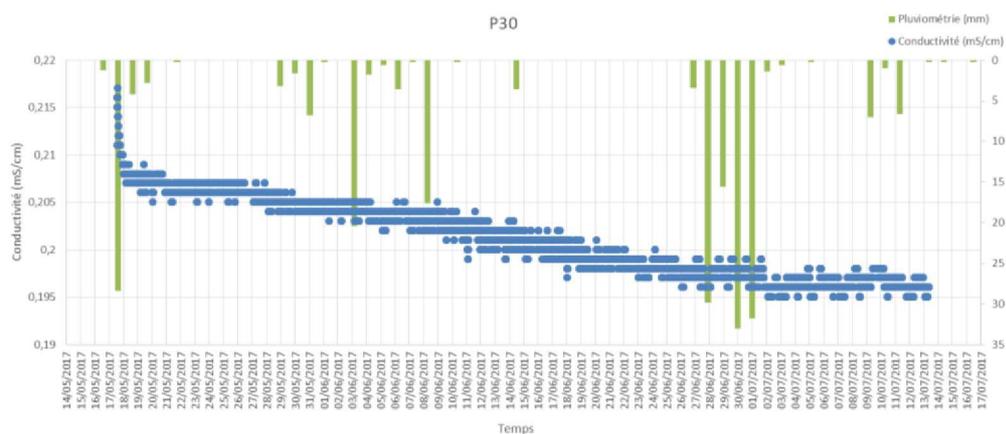


Schéma expliquant la détermination du temps de transfert à partir des données de conductivité

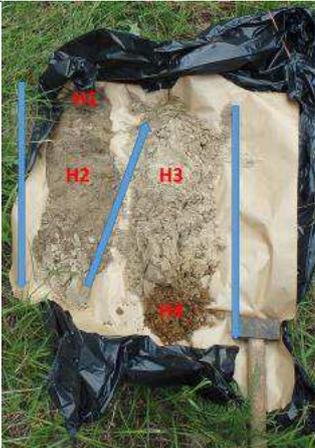


Résultats des mesures de conductivité sur le piézomètre P29



Résultats des mesures de conductivité sur le piézomètre P30

5) Descriptif des sondages réalisés sur le bassin de Germignan

		S1 et S5	S2	S3 et S6	S4
<b>Vue d'ensemble</b>					
<b>H 1</b>	<b>Profondeur</b>	Environ 0-30 cm	Environ 0-30 cm	Environ 0-30 cm	Environ 0-10 cm
	<b>Couleur (+ code Charte Munsell)</b>	Sombre (marron-noir) (2.5Y 2.5/1)	Sombre (marron-noir) (2.5Y 2.5/1)	Sombre (marron-noir) (2.5Y 2.5/1)	Sombre (marron-noir) (2.5YR 2.5/1)

		<b>S1 et S5</b>	<b>S2</b>	<b>S3 et S6</b>	<b>S4</b>
	<b>Texture</b>	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
	<b>Éléments grossiers et racines</b>	Eléments grossiers (graviers + cailloux) mais pas de racines	Quelques graviers étaient visibles	Pas d'éléments grossiers mais présence de racines	Quelques racines mais pas d'éléments grossiers
	<b>Taches</b>	Non	Non	Non	Non
	<b>Humidité</b>	Sol frais	Sol frais	Sol sec	Sol sec
<b>H 2</b>	<b>Profondeur</b>	Environ 30-70 cm	Environ 30-70 cm	Environ 30-70 cm	Environ 10-40 cm
	<b>Couleur (+ code Charte Munsell)</b>	Marron clair (10YR 4/6)	Marron clair (10YR 4/6)	Marron clair (10YR 4/6)	Marron-gris (2.5YR 4/4)
	<b>Texture</b>	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
	<b>Éléments grossiers et racines</b>	Pas d'éléments grossiers	Pas d'éléments grossiers	Quelques graviers	Quelques éléments grossiers, pas de racines.
	<b>Taches</b>	Oui. Abondance : environ 15%. Taille : entre 2 et 6mm. Plus foncées que l'horizon	Oui. Abondance : environ 15%. Taille : environ 2mm. Plus foncées que l'horizon	Oui. Abondance : environ 15%. Taille : environ 2mm. Plus foncées que l'horizon	Non

	<b>S1 et S5</b>	<b>S2</b>	<b>S3 et S6</b>	<b>S4</b>
<b>Humidité</b>	Sol humide	Sol humide	Sol frais	Sol sec
<b>Profondeur</b>	70-?cm	70-?cm	70-?cm	40-80cm
<b>Couleur (+ code Charte Munsell)</b>	Ocre (10 YR 4/4)	Marron clair (10YR 3/4)	Beige (2.5Y 7/4)	Beige (2.5Y 7/3)
<b>Texture</b>	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
<b>Elements grossiers et racines</b>	Pas d'éléments grossiers	Pas d'éléments grossiers	Quelques graviers	Non
<b>Taches</b>	Oui. Abondance : environ 15%. Taille : environ 2mm. Couleur rouille	Non	Non	Non
<b>Humidité</b>	Sol humide	Sol humide	Sol frais	Sol frais
<b>Profondeur</b>	Limite de la tarière	Limite de la tarière	Limite de la tarière	80-?
<b>Couleur (+ code Charte Munsell)</b>				Marron (10YR 4/6)

		S1 et S5	S2	S3 et S6	S4
	Texture				Sableuse
	Elements grossiers et racines				Non
	Taches				Non
	Humidité				Sol frais

## 6) Liste des micropolluants recherchés

Micropolluants organiques recherchés dans les eaux pluviales des TA, méthodes analytiques et limites de quantification correspondantes

Famille de substances	Substances	Matrice	Préparation / Extraction	Techniques analytiques	Limites de quantification	Méthode développée spécifiquement
Médicaments (13)	bisoprolol, caféine, carbamazépine, cétirizine, diclofénac, gabapentine, hydroxy-ibuprofène, ibuprofène, kétoprofène, oxazépam, paracétamol, sotalol acide salicylique	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+ et ESI-)	2-50 ng/L	Non
Pesticides (24)	acétochlore ESA (acide sulfonique), atrazine, atrazine-2-hydroxy, azoxystrobine, carbendazime, DCPMU (1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthylurée), diflufenican, diuron, DMSA (diméthyl-phénylsulfamide), hydroxy-simazine, imidaclopride, métolachlore, métolachlore ESA (acide sulfonique), métolachlore OXA (acide oxanilique), propiconazole, simazine, terbutryne, terbuthylazine	EAU phase dissoute	SPE Ou SBSE	LC/MS/MS (ESI+) Ou GC/MS/MS IE	1-70 ng/L Ou 0,1-7,4 ng/L	Non
	glyphosate, AMPA (acide aminométhylphosphonique)	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI+)	1-10 ng/L	Non
	fipronil, fipronil-désulfinyl, fipronil-sulfide, fipronil-sulfone	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS/MS IE	0,2-0,5 ng/L	Non
HAP (14)	Acénaphthylène, acénaphthène, fluorène	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS	0,2-5 ng/L	Non
		EAU phase particulaire	MO + $\mu$ colonne	GC/MS	Variable	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	EAU phase dissoute	SPME	GC/MS	0,2-5 ng/L	Non
		EAU phase particulaire	MO + $\mu$ colonne	GC/MS	Variable	Non
PFAS (17)	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS, 6:2 FTSA, 8:2 FTSA, FOSA, FOSAA, MeFOSAA, EtFOSAA	EAU phase dissoute	SPE	LC/MS/MS (ESI-)	0,006-0,99 ng/L	Oui
		EAU phase particulaire	MO + SPE	LC/MS/MS (ESI-)	0,006-0,99 ng/L	Oui

**Légende :**

		Nom complet	Principe général
Techniques d'extraction	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
Techniques d'analyses	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

*Micropolluants inorganiques recherchés dans les eaux pluviales des TA*

<b>Métaux (18)</b>	Aluminium (Al), Antimoine (Sb), Argent (Ag), Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cobalt (Co), Cuivre (Cu), Etain (Sn), Fer (Fe), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Strontium (Sr), Thorium (Th), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn)	EAU phase dissolue et particulaire
--------------------	---	------------------------------------

7) Hydrogrammes et points de prélèvement obtenus pour les campagnes d'analyse des eaux pluviales

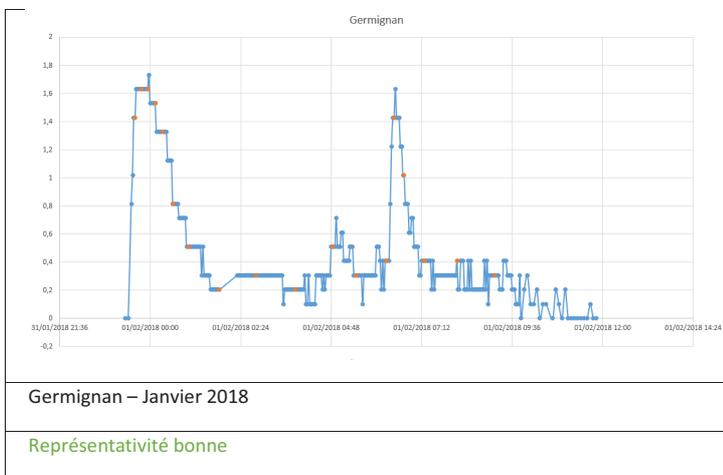
<p>Germignan – Novembre 2016</p>	<p>Lacaussade entrée – Novembre 2016</p>	<p>Lacaussade e sortie</p>
<p>Représentativité bonne</p>	<p>Représentativité bonne</p>	<p>Données absentes</p>

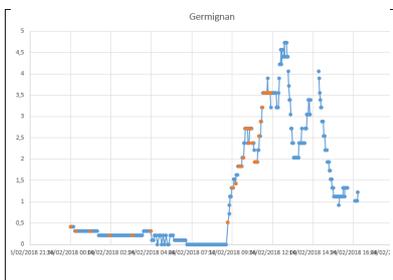
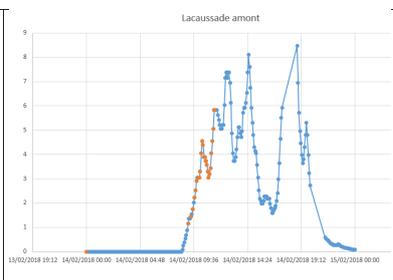
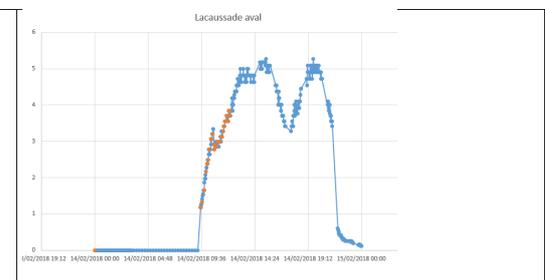
<p style="text-align: center;">Germignan</p>	<p style="text-align: center;">Lacassade amont</p>	<p style="text-align: center;">Lacassade aval</p>
<p><b>Germignan – Février 2017</b></p>	<p><b>Lacassade entrée – Février 2017</b></p>	<p><b>Lacassade sortie – Février 2017</b></p>
<p>Représentativité moyenne</p>	<p>Représentativité bonne</p>	<p>Représentativité moyenne</p>

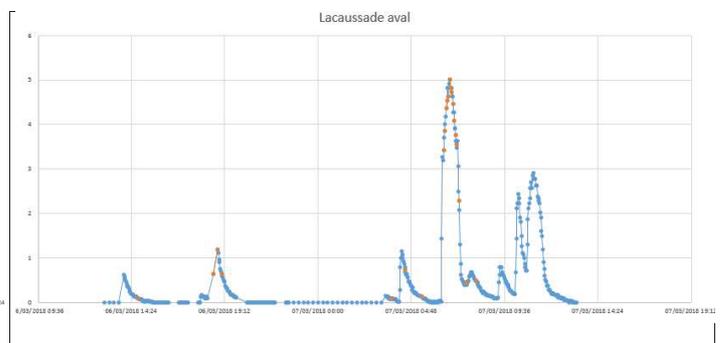
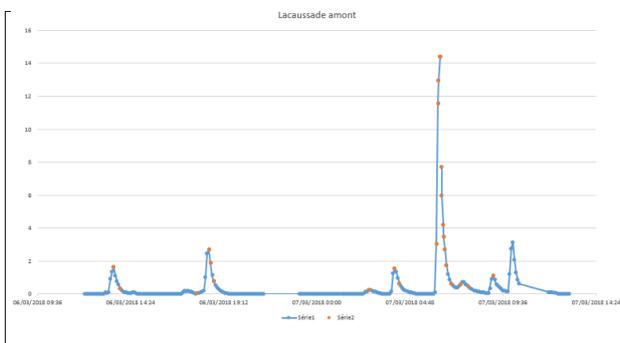
<p>RD1215 amont</p>	<p>RD1215 aval</p>
<p>RD1215 amont – Février 2017</p>	<p>RD1215 aval – Février 2017</p>
<p>Représentativité moyenne</p>	<p>Horodatage absent</p>

<p>RD1215 amont – Mai 2017</p>	<p>RD1215 aval – Mai 2017</p>
<p>Représentativité bonne</p>	<p>Représentativité bonne</p>

	<p>Lacaussade Amont</p>	<p>Lacaussade aval</p>
<p>Germignan – Mai 2017</p>	<p>Lacaussade entrée – Mai 2017</p>	<p>Lacaussade sortie – Mai 2017</p>
<p>Représentativité bonne</p>	<p>Représentativité bonne</p>	<p>Représentativité bonne</p>



		
<p><b>Germignan – Février 2018</b></p>	<p><b>Lacaussade entrée – Février 2018</b></p>	<p><b>Lacaussade sortie – Février 2018</b></p>
<p>Représentativité moyenne</p>	<p>Représentativité moyenne</p>	<p>Représentativité moyenne</p>

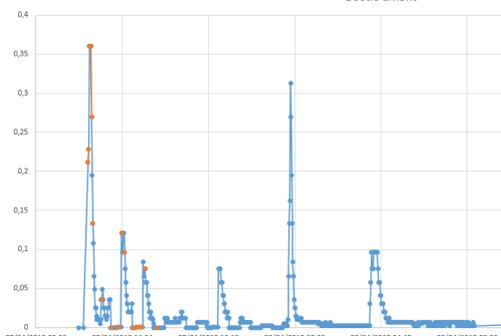
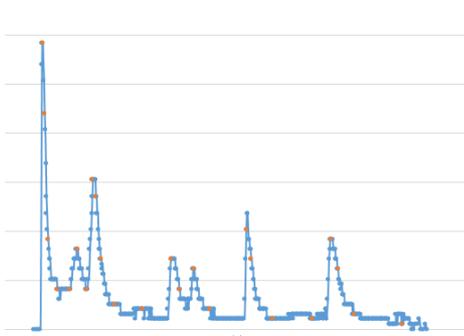


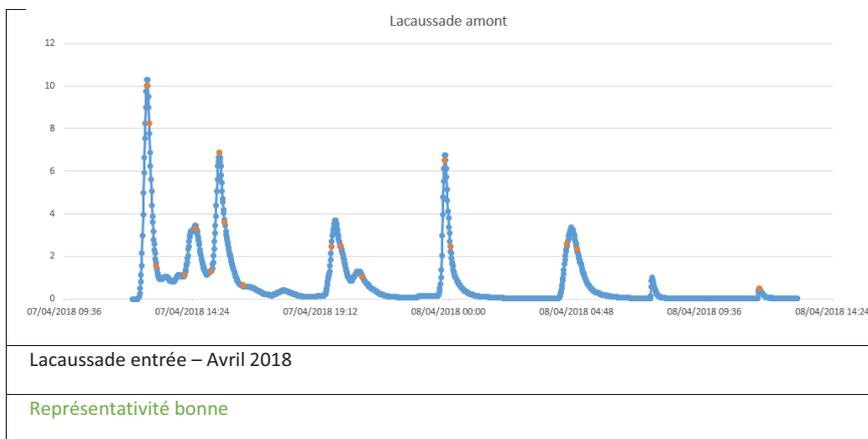
Lacaussade entrée – Mars 2018

Lacaussade sortie – Mars 2018

Représentativité bonne

Représentativité bonne

	
<p>Boétie – Avril 2018</p>	<p>Germignan – Avril 2018</p>
<p>Représentativité moyenne</p>	<p>Représentativité bonne</p>





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



# REGARD

*REduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise*

LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION DES MICROPOLLUANTS  
SUR LE TERRAIN

## TACHE 3.3 Actions sur la source industrielle

**Sous-tâche 3.3.2 : Etude d'une solution de traitement et de valorisation des métaux**

Livrable n°332 Identification de solutions de récupération des métaux dans les eaux usées industrielles  
en vue de leur valorisation

**Version finale**  
Avril 2019

Auteurs : B. Barillon, Y. Penru, A. Coynel, MJ. Capdeville

université  
de BORDEAUX





## SYNTHESE

---

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet REGARD (Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole Bordelaise), un des projets lauréats de l'appel à projets Micropolluants financé par l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) et les Agences de l'Eau et porté par le LyRE et Bordeaux Métropole.

Une des sources de micropolluants étudiée dans le projet REGARD est celle relative aux **eaux industrielles**, avec un focus tout particulier sur les **métaux**, catégorie de micropolluants retrouvés très fréquemment dans ces eaux. La question de la **récupération et de la valorisation des métaux** dans ce type d'effluents se pose, notamment pour pallier la raréfaction de certains composés et dans le but de promouvoir une économie de type circulaire.

Le but de la présente étude est l'**identification de solutions qui pourraient s'avérer techniquement et économiquement viables pour la valorisation de métaux contenus dans les eaux industrielles** et qui pourraient être **appliquées** sur un site industriel du territoire de Bordeaux Métropole. Cette étude n'inclut pas d'essais laboratoire.

Les **questions clés abordées** dans l'étude sont suivantes :

- ➔ **Quels sont les industriels sur le territoire d'étude pour lesquels une solution de valorisation de leur émission de métaux serait pertinente et sur quels critères ?**
- ➔ **Quelles solutions techniques pourraient être envisagées ?**

### METHODOLOGIE

A partir des **données issues de contrôles inopinés** effectués par les services de la SGAC (Société de Gestion de l'Assainissement Collectif de Bordeaux) entre 2013 et 2015 pour 102 établissements de type industriel sur l'agglomération bordelaise, **4 métaux, émis par 3 établissements industriels**, ont été **sélectionnés selon les critères suivants** :

- 1** : Valorisation du métal pertinente d'un point de vue économique, du fait de :
  - Leur concentration / leur flux
  - Leur présence sur des sites industriels identifiés
  - Du prix du marché
- 2** : Impact environnemental avéré du métal

Les établissements émetteurs des métaux sélectionnés ont été consultés dans le but d'obtenir des données complémentaires sur les métaux dans leurs effluents (particulaire, dissous...), de les sensibiliser à l'intérêt de l'étude et de conduire l'évaluation technico-économique d'une solution de valorisation des métaux de leurs effluents avec eux mais n'ont au final pas donné suite à ces sollicitations.

Une recherche de **solutions de récupération** de ces métaux a ensuite été effectuée sur la base de données issues de la littérature.

## CONSTATATIONS ET CONCLUSIONS

### ➔ Quels sont les industriels sur le territoire d'étude pour lesquels une solution de valorisation de leur émission de métaux serait pertinente et sur quels critères ?

Les métaux choisis dans cette étude sont les suivants : Lithium, Chrome, Cuivre et Argent.

Métal	Industriel	Concentration (mg/L)	Flux estimé (g/j)	Prix estimatif du marché (€/t)	Données écotoxicologiques (PNEC <sup>1</sup> )
<b>Lithium</b>	Fabricant de batteries	0,5 à 8	700	13 000	0,2 µg/L (eau marine)
<b>Argent</b>	Traitement de surface	0,1	2	600 000	-
<b>Chrome</b>		0,15	2,8	7 000	4,1 µg/L (eau douce)
<b>Cuivre</b>	Fabrication de matériel médical	30	250	7 000	1,6 µg/L (eau douce)

<sup>1</sup> PNEC: Predicted No Effect Concentration (Source INERIS)

### ➔ Quelles solutions techniques pourraient être envisagées ?

Pour le **lithium**, une **solution innovante d'extraction sélective** a été identifiée sur le principe de la complexation de l'espèce cationique à extraire par une macromolécule organique neutre et le transfert du cation de l'eau vers une phase organique. La société qui développe ce procédé aurait eu besoin de données complémentaires sur la nature de l'effluent à traiter afin de lancer une 1<sup>ère</sup> étude faisabilité avant des essais pilote pour valider les CAPEX et OPEX. L'établissement émetteur de lithium n'a pas été intéressé pour aller plus loin dans cette étude.

La récupération des autres métaux, cuivre, argent et chrome, nécessite la **mise en œuvre de filières couplant un ou plusieurs procédés de traitements unitaires**, qui peuvent chacun avoir différents niveaux de maturité industrielle. La complexité de la filière dépendra de la forme sous laquelle on souhaite récupérer le métal, à quel degré de pureté et à quelle fin de valorisation.

Les **procédés suivants** ont été considérés :

- Précipitation
- Bio- précipitation de sulfures métalliques
- Filtration membranaire (Nanofiltration (NF)/Osmose inverse (OI) et Electrodialyse (ED)
- Biolixiviation
- Echange d'ion / Adsorption
- Électrodéposition

Des schémas de filière pouvant être mises en œuvre ont été proposés et une 1<sup>ère</sup> évaluation du coût de récupération en €/t a été fournie sur la base de données de la littérature.

De prime abord, **une étude plus approfondie** aurait été pertinente à mener pour les effluents contenant de l'**argent**, du fait de son prix sur le marché, mais sans informations complémentaires des établissements émetteurs concernés, il n'a pas été possible de poursuivre la démarche.

## TABLE DES MATIERES

---

1.	Introduction.....	7
1.1	Contexte.....	7
2.	Méthodologie .....	9
2.1	Collecte et analyse des données.....	9
2.2	Critères de sélection des métaux et industries cibles .....	10
2.3	Limites.....	10
3.	Résultats.....	10
3.1	Sélection des métaux et des industriels .....	10
3.2	Solutions de récupération et de valorisation.....	14
3.2.1	Lithium .....	14
3.2.2	Cuivre, Argent et Chrome .....	16
4.	Conclusions .....	24
5.	Remerciements .....	25
6.	Références .....	26

## ILLUSTRATIONS

---

### Tables

Tableau 1: Domaine d'activité des industriels de la Figure 4	11
Tableau 2: Sélection finale des métaux en vue de l'étude de solutions de valorisation	13
Tableau 3: Panorama des procédés d'extraction des métaux dans les effluents liquides.	20

### Figures

Figure 1: Métaux dans les effluents industriels : Concentration moyenne et médiane. Source : Livrable WTR/ BB/078_2016	7
Figure 2: Occurrence des métaux dans les effluents industriels (à partir des données RSDE). Source : Livrable WTR/ BB/078_2016	8
Figure 3: Évolution des réserves pour certaines matières minérales à consommation constante 2016 et à consommation évoluant avec le taux de croissance mesuré entre 2000 et 2016. Source : ADEME, A. Geldron, 2017	9
Figure 4: Flux de métaux les plus importants contenus dans les effluents industriels d'après les données des contrôles inopinés entre 2013 et 2015.	11
Figure 5: Prix des métaux en €/t (avril 2018)	12
Figure 6: Evolution des cours mondiaux du carbonate de lithium entre 2016 et 2018. (Source : <a href="https://www.benchmarkminerals.com/chinas-lithium-price-decline-is-not-the-full-picture-to-an-industry-surgng/">https://www.benchmarkminerals.com/chinas-lithium-price-decline-is-not-the-full-picture-to-an-industry-surgng/</a> )	12
Figure 7: Principe de l'extraction d'espèces ioniques valorisables. Source : ADIONICS	15
Figure 8: Principe du procédé d'extraction du lithium dans un effluent liquide. Procédé ADIONICS.	15
Figure 9: Exemple de filière pour la récupération des métaux (Cu, Ag, Cr).	23

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet REGARD (Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole Bordelaise), un des projets lauréats de l'appel à projets Micropolluants financé par l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) et les Agences de l'Eau et porté par le LyRE et Bordeaux Métropole.

Une des sources de micropolluants étudiée dans le projet REGARD est celle relative aux **eaux industrielles**, avec un focus tout particulier sur les **métaux**, catégorie de micropolluants retrouvés très fréquemment dans ces eaux.

Dans une 1<sup>ère</sup> phase du projet, une étude sur les origines et leviers de réduction à la source des micropolluants dans les effluents industriels (Réf. Livrable WTR/BB/078\_2016) été menée avec pour objectif de répondre aux questions suivantes : Quels sont les micropolluants d'origine industrielle présents dans les rejets d'assainissement et quelles actions peut-on mettre en place pour empêcher/réduire ces rejets de micropolluants ?

L'étude des micropolluants présents dans les effluents industriels a été effectuée à partir de la plus grande source de données relatives aux micropolluants présents dans les rejets d'effluents industriels constituée dans le cadre de l'action 3RSDE. 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 **2500 installations industrielles** et dans plus de 20 régions françaises, les substances présentes parmi un panel de plus de 100 substances. Les concentrations moyennes et médianes les plus élevées relatives aux métaux sont rappelées dans la Figure 1.

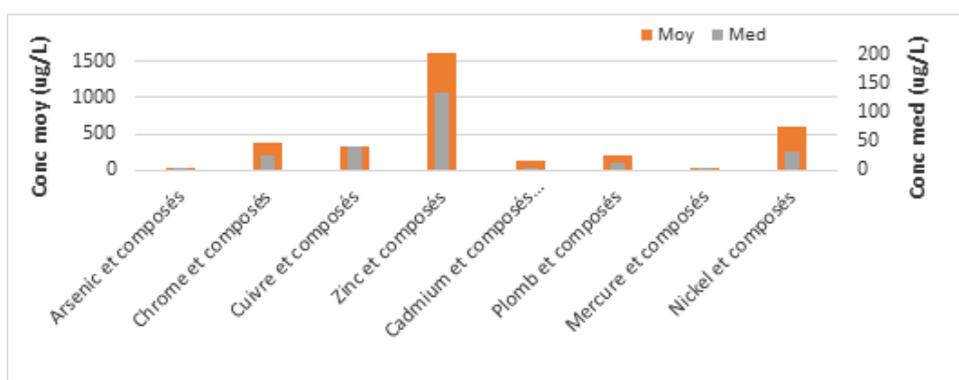


Figure 1: Métaux dans les effluents industriels : Concentration moyenne et médiane. Source : Livrable WTR/BB/078\_2016

Le zinc et ses composés présentent les valeurs de concentration les plus élevées, suivi par le **nickel et ses composés, substance prioritaire** avec les flux les plus élevés dans l'industrie de traitement et revêtement de surface, l'industrie chimie et parachimie et l'industrie métallurgie.

La Figure 2 illustre le fait que les métaux les plus fréquemment retrouvés dans les effluents industriels ne proviennent que très rarement d'un type d'industrie en particulier mais sont plutôt ubiquitaires.

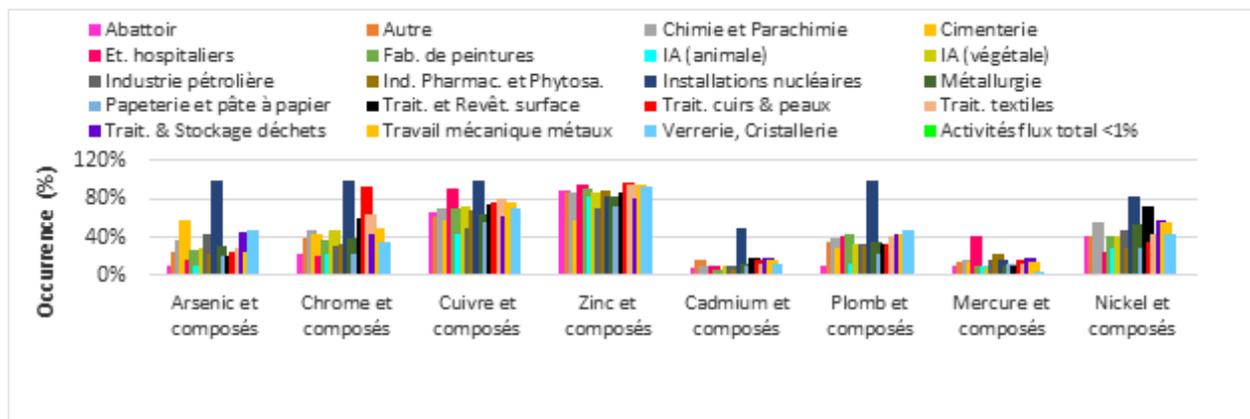


Figure 2: Occurrence des métaux dans les effluents industriels (à partir des données RSDE). Source : Livrable WTR/ BB/078\_2016

Dans cette première étude, des leviers d’actions pour réduire à la source les émissions de composés métalliques dans les effluents industriels et par conséquent les flux de métaux rejetés dans les milieux récepteurs avaient été identifiés comme l’interdiction ou absence de production en France, l’interdiction dans certains usages, la substitution par des composés à plus faible impact environnemental, l’optimisation des procédés ou les efforts sur le recyclage ou le traitement.

Pour ce dernier levier, 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. Au-delà du traitement, la question de la **récupération et de la valorisation des métaux** se pose, notamment pour pallier la raréfaction de certains composés (cf. Figure 3) et dans le but de promouvoir une économie de type circulaire.

Le but de la présente étude est l’**identification de solutions qui pourraient s’avérer techniquement et économiquement viables pour la valorisation de métaux contenus dans les eaux industrielles** et qui pourraient être **appliquées** sur un site industriel du territoire de Bordeaux Métropole. Cette étude n’inclut pas d’essais laboratoire.

Les **questions clés abordées** dans l’étude sont suivantes :

- ➔ **Quels sont les industriels sur le territoire d’étude pour lesquels une solution de valorisation de leur émission de métaux serait pertinente et sur quels critères ?**
- ➔ **Quelles solutions techniques pourraient être envisagées ?**



Figure 3: Évolution des réserves pour certaines matières minérales à consommation constante 2016 et à consommation évoluant avec le taux de croissance mesuré entre 2000 et 2016. Source : ADEME, A. Geldron, 2017

## 2. Méthodologie

Du fait du caractère ubiquitaire de la plupart des métaux mentionnés en introduction, une étude ciblée sur une zone industrielle ayant des flux de polluants importants et en considérant en priorité les métaux ayant un impact environnemental élevé a été privilégiée.

### 2.1 Collecte et analyse des données

Les données sont issues des contrôles inopinés effectués par les services de la SGAC (Société de Gestion de l'Assainissement Collectif de Bordeaux) entre 2013 et 2015 pour 102 établissements de type industriel bénéficiant d'une convention de rejet sur l'agglomération bordelaise, auxquelles ont été rajoutées les données 2016 et 2017 récupérées auprès du service « Convention Industrielle ». Ces contrôles inopinés sont au nombre de deux par an en moyenne et les analyses des prélèvements ont été effectuées par un laboratoire agréé (EUROFINS).

En vue de leur analyse, la qualité des données transmises et issues de ces contrôles inopinés a été étudiée et validée : paramètres étudiés, phase d'analyse (particulaire, soluble...), erreurs possibles de saisie (ex. problème d'unité).

Les niveaux de concentrations et les flux correspondants ont été calculés pour chacune des années et croisés avec les données des années précédentes.

## 2.2 Critères de sélection des métaux et industries cibles

Le but était de sélectionner au minimum deux industries émettrices pour lesquels une solution de valorisation serait recherchée. Pour cela, les critères suivants ont été considérés, par ordre d'importance :

**1** : Valorisation du métal pertinente d'un point de vue économique du fait :

- De leur concentration / leur flux
- De leur présence sur des sites industriels identifiés
- Du prix du marché

**2** : Impact environnemental avéré du métal (ex : fait partie des substances prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau)

## 2.3 Limites

Une des limites de cette approche est le nombre limité d'analyses disponibles pour qualifier les rejets des établissements considérés (2/an) et l'incertitude induite dans le calcul des flux annuels par extrapolation uniquement sur la base de ces 2 analyses /an, avec le risque que les prélèvements ponctuels soient le reflet d'un fonctionnement de l'installation non représentatif de son fonctionnement moyen annuel.

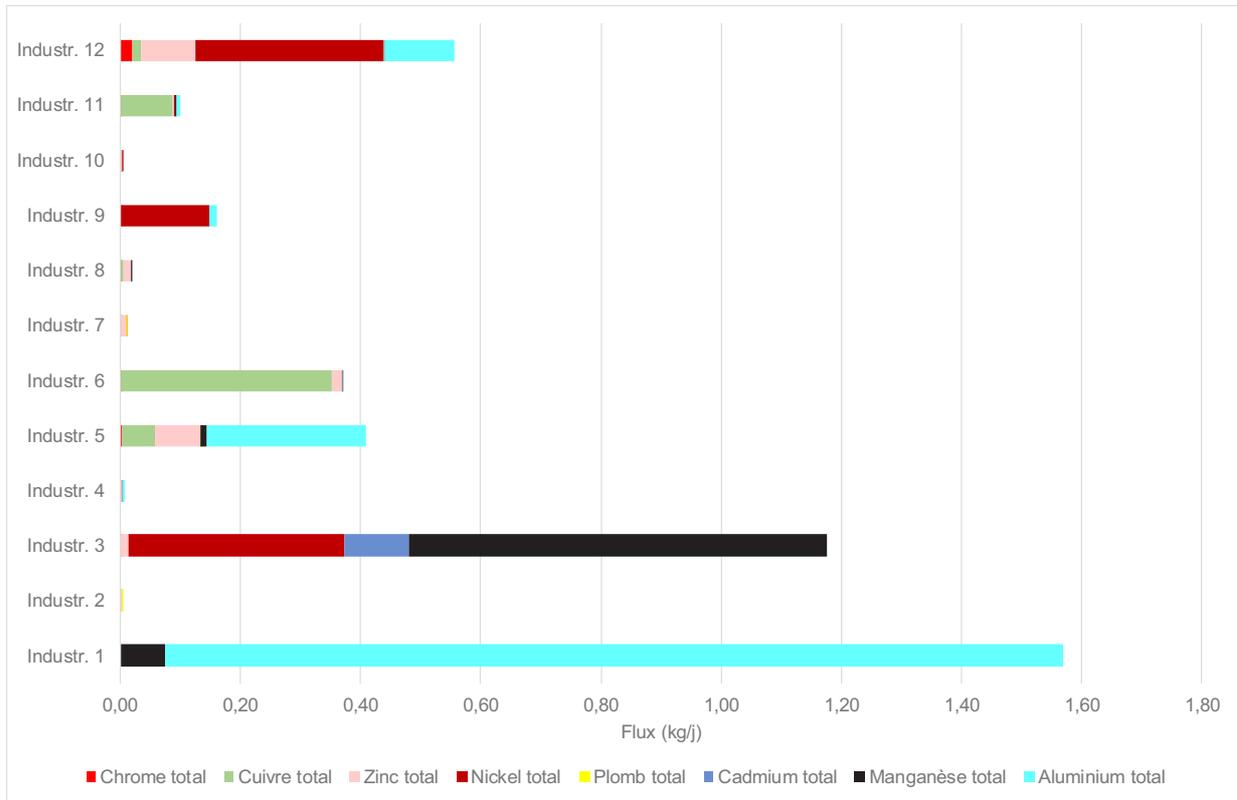
## 3. Résultats

---

### 3.1 Sélection des métaux et des industriels

Les douze flux en métaux, exprimés en kg/j, les plus importants parmi les rejets étudiés entre 2013 et 2015 sont reportés sur la Figure 4. Les noms des industriels ont été rendus anonymes pour des raisons de confidentialité mais le domaine d'activité de chacun de ces industriels est mentionné dans le Tableau 1.

Parmi ces douze effluents industriels, le métal le plus fréquemment rejeté est le zinc, apparaissant dans 50 % des rejets. Le métal rejeté en plus grande quantité est l'aluminium, avec un flux total avoisinant les 2 kg/j mais principalement lié à un seul industriel, représentant 80 % du flux.



**Figure 4: Flux de métaux les plus importants contenus dans les effluents industriels d'après les données des contrôles inopinés entre 2013 et 2015.**

**Tableau 1: Domaine d'activité des industriels de la Figure 4**

Industriel	Domaine d'activité
1	Distribution chimique
2	Fabrication et négoce de produits en matières plastiques
3	Service de nettoyage
4	Menuiserie métallique
5	Hôpital
6	Industrie aéronautique
7	Location de matériel
8	Commerce de vins et spiritueux
9	Fabrique de monnaie
10	Vente et de transformation des produits de la mer
11	Fabrication de matériel médical
12	Traitement de surface

Comme expliqué dans la section 2.2, les flux de métaux rejetés constituent un des critères de sélection mais pas le seul. Le prix du marché des métaux est effectivement de première importance : il justifiera en grande partie le déploiement ou non d'une solution de récupération et de valorisation et fixera par la même occasion les coûts « acceptables » de la solution à mettre en œuvre. La Figure 5 donne le prix des métaux sur le marché mondial (données d'avril 2018).

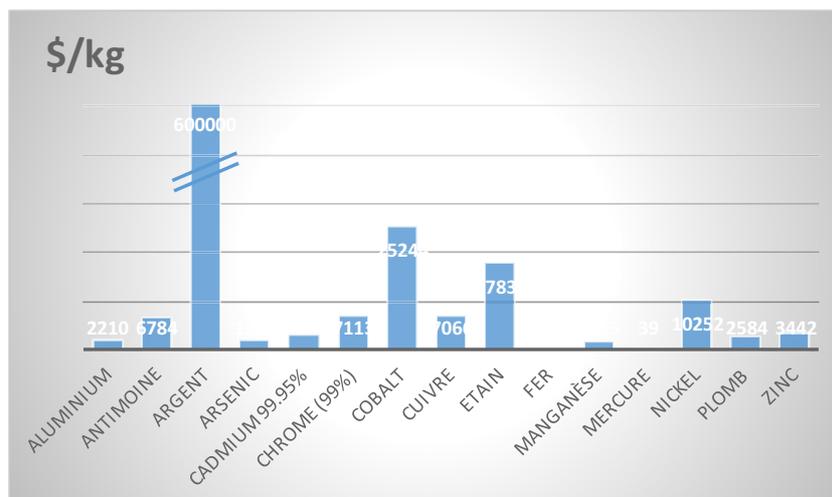


Figure 5: Prix des métaux en €/t (avril 2018)

Parmi les métaux contenus dans les flux des effluents industriels de la Figure 4, le cuivre et le chrome sont les métaux ayant la valeur la plus élevée sur le marché. L'industriel 12 a aussi des rejets contenant de l'argent, en quantité plus faible, mais du fait du prix de l'argent sur le marché, il a semblé pertinent d'inclure ce métal dans les réflexions. De plus, l'argent est considéré à l'échelle bordelaise comme un excellent traceur urbain puisque pour des débits de Garonne faibles ( $Q < 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ), les 7 stations d'épuration de Bordeaux augmentent les flux de métaux de la Garonne de 300% pour Ag.

Dans la liste des établissements rejetant de métaux dans leurs effluents en 2016 et 2017, il a été noté un rejet spécifique de lithium par un autre industriel, fabricant de piles et batteries. Le lithium entre dans la composition des batteries des voitures électriques par exemple et la demande a fortement augmenté ces dernières années comme le souligne la Figure 6. Le lithium a au final aussi été intégré à cette étude.

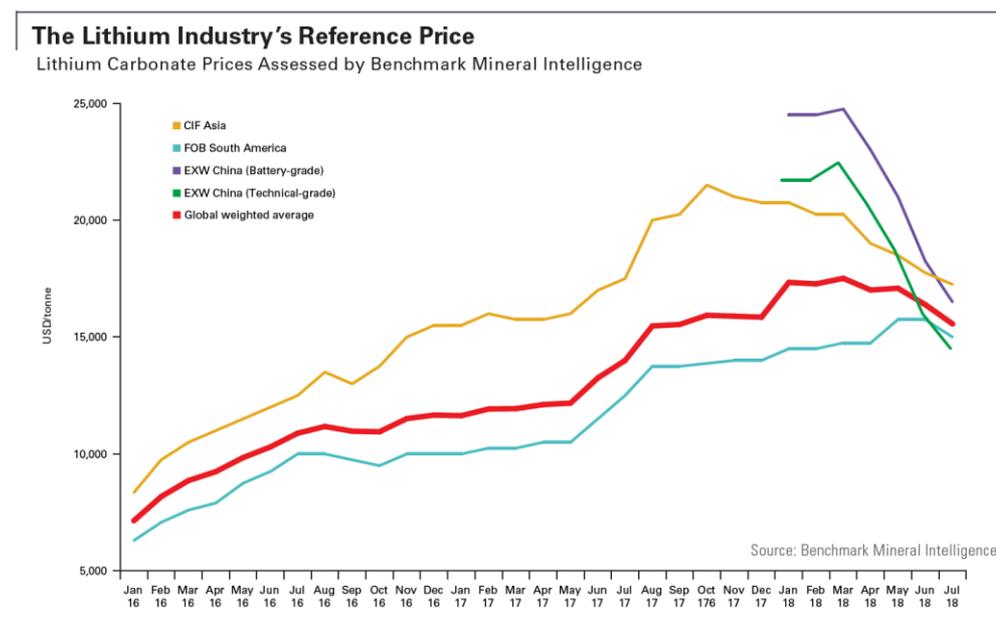


Figure 6: Evolution des cours mondiaux du carbonate de lithium entre 2016 et 2018. (Source : <https://www.benchmarkminerals.com/chinas-lithium-price-decline-is-not-the-full-picture-to-an-industry-surging/>)

Le Tableau 2 rassemble l'ensemble des critères ayant conduit aux choix des métaux (et d'industriels associés) pour lesquels une solution de valorisation sera étudiée.

**Tableau 2: Sélection finale des métaux en vue de l'étude de solutions de valorisation**

Métal	Justification du choix
<b>Lithium</b> (Industriel 13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Concentration élevée sortie site : 500 à 8000 µg/L (en comparaison avec entrée/sortie STEU urbaine de l'ordre de 10 µg/L)</li> <li>■ Flux important : 0,7 kg/j</li> <li>■ Valeur marchande élevée (cf. Figure 6)</li> <li>■ Toxicité modérée chez l'homme et l'animal</li> <li>■ Présent sous forme dissoute</li> <li>■ Faible rendement d'élimination en STEU</li> <li>■ PNEC : 0,2 µg/L (eau marine)</li> </ul>
<b>Argent</b> (Industriel 12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Concentration élevée sortie site : 100 µg/L (en comparaison avec entrée/sortie STEU urbaine de l'ordre de 2 µg/L)</li> <li>■ Flux important : 2 g/j</li> <li>■ Valeur marchande élevée (cf. Figure 5)</li> <li>■ Détection de concentrations significatives dans le milieu sur le territoire de Bordeaux Métropole</li> <li>■ Pas de PNEC</li> </ul>
<b>Chrome</b> (Industriel 12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Concentration élevée 140 µg/L (en comparaison avec entrée/sortie STEU en moyenne 2 µg/L)</li> <li>■ Flux de 2.8 g/j</li> <li>■ Valeur marchande modérée (cf. Figure 5)</li> <li>■ PNEC : 4,1 µg/L (eau douce)</li> </ul>
<b>Cuivre</b> (Industriel 11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Concentration élevée 31 mg/L (en comparaison avec entrée/sortie STEU en moyenne 50 µg/L)</li> <li>■ Flux important : 0.25 kg/j (vs 0.03 kg/j en entrée STEU urbaine)</li> <li>■ Valeur marchande modérée (cf. Figure 5)</li> <li>■ Détection de concentrations significatives dans le milieu sur le territoire de Bordeaux Métropole</li> <li>■ PNEC : 1,6 µg/L (eau douce)</li> </ul>

Les entreprises identifiées dans cette étude ont été consultées dans le but d'obtenir des informations sur les filières de traitement mises en œuvre sur site avant rejet, afin de mieux connaître la qualité d'eau en entrée de filière et étudier si une récupération des métaux faisait plus de sens en entrée de leur installation de traitement ou bien sur l'effluent.

Le but était aussi d'obtenir des données complémentaires sur les métaux dans leur effluents (particulaire, dissous...), d'envisager éventuellement des campagnes de prélèvements pour affiner les données et in fine de les sensibiliser à l'intérêt de l'étude et conduire l'évaluation technico-économique d'une solution de valorisation des métaux de leurs effluents avec eux.

Après contact auprès de ces industriels :

- L'un d'eux était sur des travaux de rénovation et de mise en conformité de son site et ne semblait pas intéressé

- Le second n'était pas intéressé non plus pour participer à l'étude
- Le troisième n'a pas donné suite malgré des relances

Suite à ces réponses, l'approche en est donc restée à un niveau théorique sur la base d'une [revue bibliographique globale des techniques](#) sans possibilité d'évaluer la pertinence d'une solution de récupération des métaux sur un effluent réel.

## 3.2 Solutions de récupération et de valorisation

Parmi les 4 métaux sélectionnés dans cette étude - lithium, argent, chrome et cuivre - le lithium a fait l'objet d'une recherche plus spécifique, ce métal alcalin étant moins conventionnel et moins fréquemment retrouvé dans les effluents que les trois autres.

### 3.2.1 Lithium

La problématique du recyclage du lithium est plutôt axée à l'heure actuelle sur le recyclage du lithium contenu dans les batteries elles-mêmes plus que dans les effluents industriels à proprement parler. Pour le recyclage des batteries, il existe des procédés tels que les procédés pyrométallurgiques consistant à chauffer les résidus à haute température pour séparer les métaux sous forme de scories ou d'alliages, les procédés hydrométallurgiques reposant sur l'utilisation de réactifs en phase liquide pour dissoudre ou faire précipiter les métaux ou bien les procédés biométallurgiques utilisant des microorganismes pour transformer les substances insolubles en produits solubles, qui pourront ensuite être séparés par d'autres méthodes. Ce sont des procédés qui ne fonctionnent qu'avec de très faibles concentrations de matière à recycler. Les taux de matière récupérée sont également trop faibles pour assurer la rentabilité. (Source : energieetenvironnement.com)

La société ADIONICS propose une solution innovante pour l'extraction sélective d'espèces ioniques valorisables tels que le lithium dans les effluents.

Le principe est basé sur la complexation de l'espèce cationique par une macromolécule organique neutre la rendant hydrophobe et permettant le transfert du cation de l'eau vers la phase organique ainsi que sur l'emploi de molécules solvatantes de l'anion (MSA) pour permettre l'accompagnement de l'espèce anionique (neutralité de charge) et le transfert de sels neutres entre phases.

La Figure 7 donne l'exemple du sodium et du chlorure mais le même principe s'applique pour le lithium. Un schéma de mise en œuvre de ce procédé est représenté sur la Figure 8.

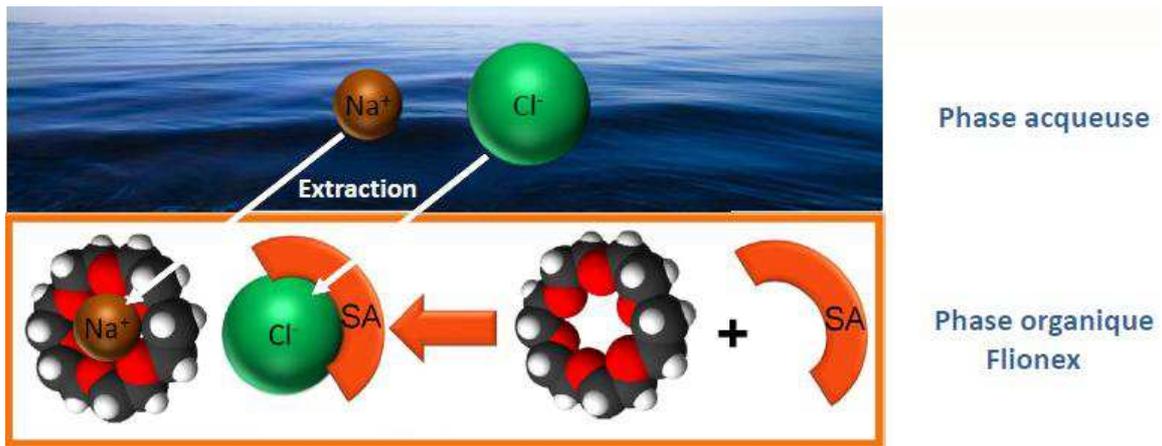


Figure 7: Principe de l'extraction d'espèces ioniques valorisables. Source : ADIONICS

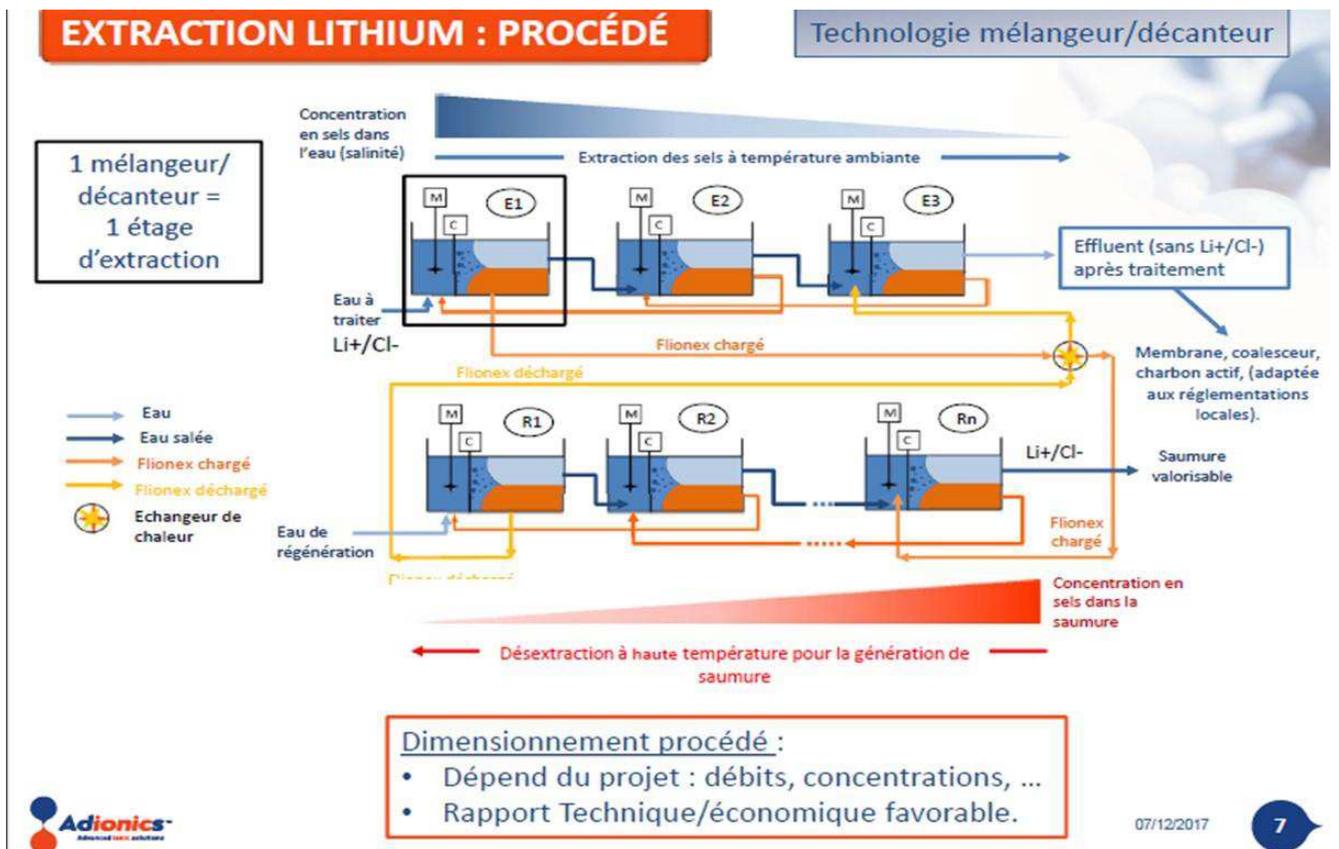


Figure 8: Principe du procédé d'extraction du lithium dans un effluent liquide. Procédé ADIONICS.

Une prise de contact avec cette société a eu lieu pour avoir plus d'explications sur le procédé en question. A ce stade de développement du procédé, il ne leur est pas possible de proposer un dimensionnement d'installation. Il s'avère en effet nécessaire d'avoir une meilleure connaissance de la composition de l'eau

à étudier, de lancer une 1<sup>ère</sup> étude faisabilité et de poursuivre l'étude par des essais pilote pour valider les CAPEX et OPEX.

### 3.2.2 Cuivre, Argent et Chrome

De façon générale, la phase dans laquelle les métaux sont majoritairement présents va influencer sur la technique à mettre en place afin de traiter ces métaux : pour les métaux en phase particulaire, il faudra appliquer des techniques de séparation solide/liquide tandis que pour les métaux en phase dissoute, des techniques « d'extraction » devront être privilégiées.

Dans les eaux traitées de station d'épuration, il a été montré, par traitement des données collectées dans le cadre du projet AMPERES (Besnault, 2014), que le cuivre, l'argent et le chrome étaient respectivement à 30 %, 70 % et 85 % sous forme particulaire. A l'échelle des STEU de l'agglomération bordelaise, nous avons pu également mettre en évidence une prépondérance de la phase particulaire en entrée de station, avant le traitement par décantation (Deycard et al., 2014 et 2016 ; données des projets Etiage et Regard). Cette répartition dissous/particulaire pourra dépendre des caractéristiques physico-chimiques de l'effluent considéré.

Les limites d'applicabilité de la solution devront par ailleurs être identifiées sur la base :

- Des interférences dues aux effets de matrice (ex : pH, température, présence de sels, ...)
- Des contraintes d'exploitation et de la complexité de la chaîne de traitement à mettre en œuvre
- Du degré de pureté souhaité du métal récupéré et de la réutilisation qui en sera faite
- Des coûts de la solution (CAPEX et OPEX) et de la maturité industrielle de la solution (TRL)

Les **procédés suivants** ont été considérés :

- Précipitation
- Bio-précipitation de sulfures métalliques
- Filtration membranaire (Nanofiltration (NF)/Osmose inverse (OI) et Electrodialyse (ED)
- Biolixiviation
- Echange d'ion / Adsorption
- Électrodéposition

#### 3.2.2.1 Précipitation

La technique la plus largement utilisée, basée sur l'utilisation de produits chimiques pour précipiter les métaux, est la **précipitation d'hydroxydes** en raison de sa simplicité relative, de son faible coût et de la facilité de contrôle du pH (Huisman et al., 2006 ; Fu et Qi 2011). La solubilité des divers hydroxydes métalliques est minimisée dans la plage de pH de 8 à 11.

Les précipitations d'hydroxydes génèrent des volumes importants de boues de densité relativement faible, ce qui peut poser des problèmes lors de leur déshydratation et de leur évacuation. De plus, certains hydroxydes de métaux sont amphotères et dans le cas de mélanges de métaux, le pH idéal pour un métal peut en remettre un autre en solution.

La précipitation des **sulfures métalliques** est également un processus efficace pour le traitement des ions de métaux lourds toxiques. L'un des principaux avantages de l'utilisation des sulfures est que la solubilité des précipités de sulfures métalliques est considérablement plus faible que celle des précipités d'hydroxyde et que les précipités de sulfure ne sont pas amphotères. Par conséquent, le processus de

précipitation des sulfures métalliques peut permettre d'obtenir une bonne élimination du métal sur une large plage de pH comparée à la précipitation d'hydroxyde. Les boues de sulfures métalliques présentent également de meilleures caractéristiques d'épaississement et de déshydratation que les boues d'hydroxydes de métaux correspondantes. Toutefois, le procédé de précipitation des sulfures présente des dangers potentiels, notamment le dégagement de vapeurs toxiques de H<sub>2</sub>S dans des conditions acides. Par conséquent, il est essentiel que ce processus de précipitation soit effectué dans un milieu neutre ou basique. De plus, la précipitation de sulfure de métal a tendance à former des précipités colloïdaux pouvant causer des problèmes de séparation dans les processus de décantation ou de filtration.

### 3.2.2.2 Bio-précipitation de sulfures métalliques

Une autre option combine un **traitement biologique** avec une **précipitation** afin de récupérer les ions métalliques sous forme de **sulfures**. Ce procédé utilise des bioréacteurs enrichis en bactéries sulfato-réductrices (SRB), capables d'oxyder des composés organiques simples dans des conditions anaérobies tout en transformant des sulfates en sulfure d'hydrogène. Les solutions aqueuses de cations de métaux de transition peuvent réagir avec le sulfure d'hydrogène généré in situ pour précipiter le sel métallique correspondant.

Comparée à d'autres mécanismes de précipitation chimique, la bio-précipitation permet d'obtenir des rendements d'élimination des métaux plus élevés sur une large plage de pH ainsi qu'une meilleure sélectivité, due aux différences de produits de solubilité. Les précipités métalliques possèdent de meilleures caractéristiques d'épaississement et de déshydratation (Fu & Qi, 2011). Une vigilance est à apporter vis-à-vis de la formation de précipités colloïdaux pouvant causer des problèmes de séparation dans les processus de décantation ou de filtration.

Le cuivre peut être précipité sous forme de sulfure, généralement sans ajustement du pH et sans précipitation significative d'autres métaux lourds présents dans l'eau. Le résultat est un produit avec une teneur élevée en sulfure de cuivre, généralement supérieure à 90%. D'autres métaux tels que le zinc et le nickel peuvent être récupérés sous forme de produits sulfurés séparés de haute qualité lorsque le nombre d'étapes de précipitation est augmenté. Ces sulfures métalliques peuvent être expédiés aux fonderies sous forme de concentrés de haute qualité. Les concentrés de métaux précipités sont récupérés dans un clarificateur, puis déshydratés à l'aide d'un filtre-pressé pour répondre aux besoins en humidité de l'alimentation des fonderies.

En ce qui concerne la valorisation, les sulfures métalliques ont différentes applications. Par exemple, la poudre de ZnS fine est un photocatalyseur efficace, qui produit de l'hydrogène gazeux à partir de l'eau lors de l'éclairage (Wang, et al., 2015).

### 3.2.2.3 Filtration membranaire

Les **membranes** sont largement utilisées dans le traitement des eaux usées en raison de nombreux avantages, notamment la haute qualité du perméat produit. Les efforts de recherche menés au cours des dernières années ont contribué à la mise en œuvre de cette technologie et à l'extension de son marché, réduisant considérablement les coûts associés au processus, en particulier ceux liés au remplacement des modules de membranes. La principale force motrice à travers la membrane peut être le résultat de la pression hydrostatique (osmose inverse et ultrafiltration / nanofiltration) ou du potentiel électrique (électrodialyse).

Les membranes d'ultrafiltration (UF) sont largement utilisées dans le traitement des eaux usées. Cependant, leur gamme de taille de pores est supérieure à la taille moléculaire des ions métalliques dissous. Par conséquent, l'intérêt de la technologie UF dans ce cas est leur application en tant que prétraitement de la nanofiltration, de l'osmose inverse ou de l'électrodialyse.

La **nanofiltration** (NF) présente certes des avantages par rapport à l'osmose inverse (OI) comme la facilité d'utilisation et sa consommation d'énergie comparativement faible mais la gamme de tailles de pores et les mécanismes de rejet associés peuvent être insuffisants dans certains cas pour atteindre une concentration élevée des composés d'intérêt dans le flux rejeté.

Dans le cas de l'**osmose inverse** (OI), le prétraitement implique généralement une filtration et un traitement chimique afin de minimiser la croissance microbienne et la formation de tartre. D'une manière ou d'une autre, les métaux peuvent précipiter dans le prétraitement et ne seraient plus concentrés dans les saumures. Par conséquent, dans un projet de récupération des métaux basé sur une OI, la conception du système doit prendre en compte cet aspect.

Dans la configuration habituelle d'**électrodialyse** (ED), les ions sont transportés d'une solution à une autre sous l'influence d'une tension appliquée. La cellule est constituée de compartiments d'alimentation (dilués) et de concentrés (saumure) formés d'une membrane échangeuse d'anions et d'une membrane échangeuse de cations placée entre deux électrodes. Comme pour l'OI, l'ED nécessite un prétraitement pour éliminer les espèces qui se déposent ou précipitent à la surface de la membrane, par exemple calcium et magnésium, solides en suspension, silice et composés organiques.

#### **3.2.2.4 Biolixiviation**

La biolixiviation est une **technique d'extraction** de métaux d'intérêt d'une roche, mettant en jeu des **micro-organismes** capables de convertir ces métaux de la forme solide à la forme soluble, afin de pouvoir ensuite être extraits. L'utilisation de micro-organismes pour la solubilisation de ces éléments est une nouvelle technologie majeure en raison de son intérêt industriel pour la récupération du cuivre, du nickel, du cobalt, du zinc, de l'or et de l'argent. Dans ce contexte, la récupération biotechnologique suscite un intérêt croissant car elle peut fonctionner avec des flux dilués et nécessite un faible apport d'énergie. Des procédés sont déjà appliqués à l'échelle industrielle dans le biominage des minerais sulfurés et le traitement des eaux usées chargées de métaux (Schippers et al., 2014).

Ce procédé biologique a été mis en pratique pour extraire des métaux de base tels que le Cu et le Zn à partir de minerais réduits à l'aide de chimiolithotropes. Dans le cas de l'extraction du cuivre, le sulfure de cuivre est oxydé par voie microbienne en sulfate de cuivre, les ions métalliques sont concentrés dans la phase aqueuse et les solides restants sont éliminés.

Des efforts de recherche sont en cours pour que la biolixiviation soit un processus plus efficace et plus viable sur le plan commercial. Les recherches visent notamment à améliorer la cinétique du processus, le transfert de masse, le contrôle de la température et les besoins en éléments nutritifs.

#### **3.2.2.5 Echange d'ions / Adsorption**

Les **résines échangeuses d'ions** (IX) sont efficaces pour récupérer les métaux à de très faibles concentrations (ppb). Lorsque d'autres techniques de séparation ne peuvent fournir des performances

suffisantes, des séparations très sélectives peuvent être obtenues en choisissant correctement la résine IX et la conception du procédé. Les applications des procédés IX dans le traitement de l'eau et des eaux usées sont vastes. Par exemple, ils ont été largement utilisés pour éliminer les métaux lourds des eaux usées en raison de leurs nombreux avantages, tels qu'une capacité de traitement élevée, une efficacité d'élimination élevée et une cinétique rapide (Fu & Qi, 2011).

L'application d'**adsorbants** naturels ou à faible coût a suscité un vif intérêt en raison de la simplicité d'utilisation et de l'efficacité potentielle. Les **géopolymères** représentent un groupe émergent d'adsorbants. L'utilisation de géopolymères comme adsorbants pour le traitement des eaux usées est un domaine de recherche relativement nouveau. T. Lukkonen et al. (2014) ont testé des géopolymères de laitier de haut fourneau afin d'éliminer simultanément le Ni (II), l'As (III) et le Sb (III) des effluents miniers enrichis. La structure chimique des géopolymères est composée d'un cadre en aluminosilicate chargé négativement, dans lequel des cations permettant d'équilibrer les charges (tels que  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ou  $\text{Ca}^{2+}$ ) peuvent être échangés avec des cations dans la solution. L'augmentation du pH due aux résidus d'alcalis utilisés dans la synthèse peut permettre la précipitation d'hydroxydes métalliques. Cet effet diminue à mesure que le géopolymère est lavé. Les géopolymères de métakaolin ont été étudiés pour l'élimination de  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cs}^+$  et  $\text{NH}_4^+$ . En outre, des géopolymères de cendres volantes de charbon ont été utilisés pour éliminer le  $\text{Cu}^{2+}$  (Ge et al., 2015 ; Muzek et al., 2014 ; Wang et al., 2007), le  $\text{Pb}^{2+}$  et le  $\text{Cd}^{2+}$ .

#### 3.2.2.6 Electrodéposition

Les technologies électrochimiques peuvent potentiellement permettre une récupération sélective des métaux de base à partir d'effluents dilués. Parmi les différentes technologies basées sur l'électrochimie, l'**électrodéposition** est celle qui présente le plus fort potentiel de récupération des métaux et est actuellement appliquée dans différents scénarios.

Le dépôt électrochimique de métaux est largement utilisé dans le traitement métallurgique et le traitement de flux de déchets à haute teneur en métaux, tels que les déchets de galvanoplastie, afin de récupérer une forme métallique de haute pureté. Ainsi, elle constitue peut-être la seule technologie éprouvée capable de récupérer directement les métaux. Elle est considérée comme une technologie « propre » sans présence des résidus permanents pour la séparation des métaux lourds (Issabayeva et al., 2006).

Le Tableau 3 dresse le panorama des technologies potentielles permettant l'extraction de métaux cibles, avec un focus sur le cuivre, l'argent et le chrome, en vue d'une valorisation.

Tableau 3: Panorama des procédés d'extraction des métaux dans les effluents liquides.

Type de technologie	Métaux cibles et concentrations	Limites techniques	Conditions opératoires	Performances	Coûts	TRL	Récupération des métaux
<b>Précipitation</b>	Au, Cu, Ag, Mo, Fe, Zn, Mn, Al, Se  Gamme Conc. : mg/L à g/L	<b>Interférences</b> Fines particules, agents complexants Sélectivité faible à modérée  <b>Contraintes</b> Forte production de boues (0.5-1 kg/m <sup>3</sup> traité) Faible sélectivité  Peut nécessiter l'addition de coagulant/floculant  Génération de H <sub>2</sub> S dans certains cas	pH : jusqu'à 10.5  Temps de séjour : 1-2 h  Flux : 1 000-200,000 m <sup>3</sup> /j	90-99% élimination des composés d'intérêt  Métaux récupérés sous forme d'hydroxyde, sulfures or carbonates dans la boue/gypse  Boue difficile à valoriser /Difficile d'en extraire les métaux  Simplicité  Flexibilité	<b>CAPEX</b> : 4.8 M€ (installation 7200 m <sup>3</sup> /j)  <b>OPEX</b> dépend de la consommation en réactifs chimiques : 0.6-1.5 €/m <sup>3</sup>	TRL 10  Niveau commercial (élimination des métaux)	Pas directement. Métaux à extraire ensuite de la matrice boue si valorisation spécifique recherchée
<b>Bio- précipitation de sulfures métalliques</b>	Au et métaux tels que Cu, Zn, Fe, etc. (similaire à la précipitation chimique)  Gamme Conc.: principalement dans la gamme du ppm (jusqu'à 1 g/L)	<b>Interférences</b> Compétition avec d'autres mécanismes et réactions tels que complexation ou précipitation avec d'autres composés (phosphates, nutriments, EDTA, etc.)  <b>Contraintes</b> Nécessité d'un donneur d'électron / d'une source de carbone (acides gras, H <sub>2</sub> , alcools) et addition de nutriments Aspects liés à la sécurité Conditions acides associées avec émissions toxiques d'H <sub>2</sub> S Contrôle des conditions pour éviter l'inhibition des bactéries	pH : gamme large  Age de boues > 10 j  Temps de séjour : 8-12h (dépend de la composition)	Métaux toxiques éliminés jusqu'à 0.01-1 ppm  12-30 g/L de sulfates éliminés par jour  Consommation d'énergie modérée	Procédé à faible coût  <b>CAPEX</b> : 0.2-0.3 M€ (1 000m <sup>3</sup> /j)  <b>OPEX</b> : 0.24-0.32 €/m <sup>3</sup>	TRL>9  Niveau commercial	Pas directement. Métaux à extraire ensuite de la matrice boue si valorisation spécifique recherchée

Type de technologie	Métaux cibles et concentrations	Limites techniques	Conditions opératoires	Performances	Coûts	TRL	Récupération des métaux
<b>Filtration membranaire (Nanofiltration (NF)/Osmose inverse (OI) et Electrodialyse (ED))</b>	Cu, Ag, Au, Ni, Zn, PGM  Gamme Conc.: ppb à g/L	<b>Interférences</b> Solides (OI/NF) Traitement d'une eau à faible pH est faisable mais durée de vie de la membrane plus courte, augmentation des coûts.  <b>Contraintes</b> Prétraitement requis (RO/NF) Consommation énergie élevée (RO) Non valable pour des concentrations initiales élevées (ED) Lavages additionnels (ED) Membranes sensibles au colmatage et à la dégradation Inefficace avec molécules à haut poids moléculaire ou non chargées (ED)	pH: gamme large (dépend des caractéristiques membrane)  OI: TDS>3000 ppm  ED: TDS<3000 ppm  Température : 4-38°C (NF/RO)  ED efficacité de courant > 80%  NF pression: 4.5-7.5 bar  OI pression: 15.5-26 bar	Nécessite un prétraitement intensif (OI)  Rejet des métaux jusqu'à 99%  Production de boues et de saumure  Modulaire	NF  <b>CAPEX</b> : 1.9M€ (usine produisant 100m3/h de perméat)  <b>OPEX</b> : 0.9 €/m3  OI  <b>CAPEX</b> : 2.14M€ (usine produisant 100m3/h perméat)  <b>OPEX</b> : 1.6 €/m3  ED  <b>CAPEX</b> : 440-880 €/m3/d capacité  <b>OPEX</b> : 0.98 €/m3	TRL>9  Démontré, sur plusieurs grosses usines	Pas directement  Gestion des saumures
<b>Biolixiviation</b>	Au, Ag, PGM, Zn, Cu, Ni, terres rares  Gammes Conc. mg/L à g/L	<b>Interférences</b> T°C <75°C pour éviter l'inhibition des bactéries Sélectivité faible à moyenne Arsenic doit être éliminé  <b>Contraintes</b> Nécessite une étape complémentaire d'extraction des lixiviats Besoin additionnel de nutriments	pH: acide	Efficacité de lixiviation jusqu'à 99%  Forte récupération des métaux  Faible productivité  Développement durable  Procédé fiable et robuste	<b>CAPEX</b> : 45-60 M€  <b>OPEX</b> : 0.4 €/kg de cathode en cuivre	TRL 2-3	Pas directement  Gestion des lixiviats

Type de technologie	Métaux cibles et concentrations	Limites techniques	Conditions opératoires	Performances	Coûts	TRL	Récupération des métaux
<b>Echange d'ion Adsorption</b>	Au, Ag, PGM, Zn, Cu, Ni, Terres rares  Gammes Conc: µg/L à g/L	<b>Interférences</b> Matières en suspension doivent être éliminées Mélanges complexes. Fortes concentrations en Fe, Mn, Al and poly électrolytes Faibles pH non recommandés  <b>Contraintes</b> Colmatage (huiles) Régénération (utilisation de réactifs chimiques) Elution ensuite pour récupérer les métaux Sélection complexe de la résine la plus adaptée Peu de références en récupération des métaux Nécessité d'une faible salinité (<20meq/L) Faible T°C	pH : dans la gamme 4-8  Temps de Contact : min à h  Débits : large gamme (5-50 beds vol/h)  Dose de régénérant : Variable  Température : - Cation IX: max T° :120-150°C - Anion IX: max T° :30-60°C  Régénération temps de contact : 15-60 min	95-99% du composé cible  Forte récupération des métaux  Simplicité  Flexibilité  Modulaire	Traitement onéreux  Fortes variations pour le CAPEX en fonction du scénario :  <b>CAPEX:</b> 2.5-18 M€  <b>OPEX:</b> 0.5-1.1 €/m3	TRL 9-10  Niveau commercial	Pas directement  Gestion des éluats
<b>Électrodéposition Electrowinning</b>	Cu, Ag, Au, Ni, Zn, Al, Cr, Co, Mn, PGM, Terres rares  Gamme Conc. : > 1g/L min	<b>Interférences</b> Ca, Mg, phosphates, As  Chlorure est particulièrement pertinent (<25 ppm)  <b>Contraintes</b> Inadéquat pour des effluents peu concentrés (nécessité d'une pré-concentration dans certains cas) Fortement influencé par le pH et la composition de l'intrant  Cellules électrolytiques nécessitent un design précis  Génération d'acides	pH: bonnes performances en conditions acides  TDS>3000 ppm  Densité de courant 0.5-5 A 1800-300 A/m2  Température : 30-60°C  Durée d'électrolyse>1h	Principale technologie pour la valorisation des métaux  Haute pureté du produit (>99.99%)  Elimination d'effluents liquides environ 85%  Très faible production de boues  Pas de dosage chimique	<b>CAPEX</b> : high (40M€ pour installation de 600 kg/d)  <b>OPEX</b> : faible à modéré (0.6€/m3)	TRL 6-7  Très peu d'unités de démonstration	Oui  Produit métallique

Comme cela a été mentionné précédemment, en fonction de la nature des effluents, de la concentration en métal et du degré de pureté souhaité et de la réutilisation du métal souhaitée, la filière de récupération peut être composée d'une succession de traitements élémentaires du Tableau 3.

Des filières sont proposées pour la récupération des métaux solubles dans les effluents en couplant les procédés du Tableau 3 (Figure 9). Une estimation des coûts associés, exprimés en € /t et basés sur les OPEX, est indiquée par procédé. Ces coûts ne constituent qu'une indication issue des estimations grossières obtenues à partir de données compilées dans la littérature.

A noter que certains procédés comme la biolixiviation n'ont pas encore de références industrielles et que certains coûts de procédés n'ont pas pu être estimés.

Ces coûts sont à comparer avec les coûts du marché pour le métal considéré, indiqués dans la Figure 5 soit environ 7 000 €/t pour le cuivre et le chrome et 600 000 €/t pour l'argent. Ce dernier semble le plus intéressant à récupérer d'un point de vue économique et mériterait une étude plus approfondie, d'autant qu'il existe une réelle problématique environnementale pour cet élément.

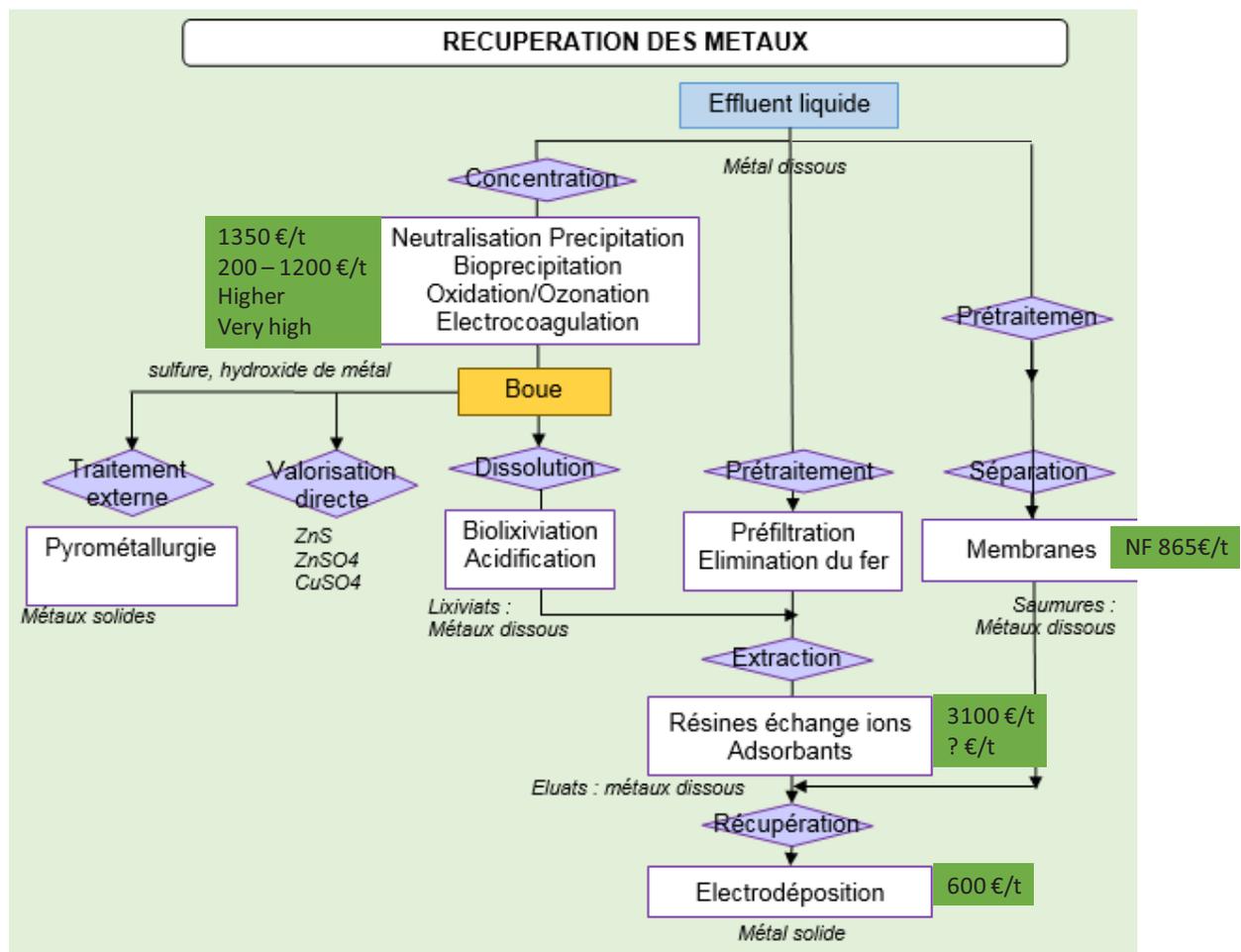


Figure 9: Exemple de filière pour la récupération des métaux (Cu, Ag, Cr).

## 4. Conclusions

Le but de cette étude était l'**identification de solutions techniquement et économiquement viables pour la valorisation de métaux contenus dans les eaux industrielles** et qui pourraient être **appliquées** sur un site industriel du territoire de Bordeaux Métropole dans un second temps.

### ➔ Quels sont les industriels sur le territoire d'étude pour lesquels une solution de valorisation de leur émission de métaux serait pertinente et sur quels critères ?

A partir des données issues de contrôles inopinés effectués par les services de la SGAC (Société de Gestion de l'Assainissement Collectif de Bordeaux) entre 2013 et 2015 pour 102 établissements de type industriel sur l'agglomération bordelaise, 4 métaux, émis par 3 établissements industriels, et pour lesquels une solution de valorisation serait recherchée ont été sélectionnés selon les critères suivants :

**1** : Valorisation du métal pertinente d'un point de vue économique du fait :

- De leur concentration / leur flux
- De leur présence sur des sites industriels identifiés
- Du prix du marché

**2** : Impact environnemental avéré du métal

Métal	Industriel	Concentration (mg/L)	Flux estimé (g/j)	Prix estimatif du marché (€/t)	Données écotoxicologiques (PNEC')
<b>Lithium</b>	Fabricant de batteries	0,5 à 8	700	13 000	0,2 µg/L (eau marine)
<b>Argent</b>	Traitement de surface	0,1	2	600 000	-
<b>Chrome</b>		0,15	2,8	7 000	4,1 µg/L (eau douce)
<b>Cuivre</b>	Fabrication de matériel médical	30	250	7 000	1,6 µg/L (eau douce)

### ➔ Quelles solutions techniques pourraient être envisagées ?

Pour le lithium, une solution innovante d'extraction sélective a été identifiée sur le principe de la complexation de l'espèce cationique à extraire par une macromolécule organique neutre et le transfert du cation de l'eau vers une phase organique. La société qui développe ce procédé aurait eu besoin de données complémentaires sur la nature de l'effluent à traiter afin de lancer une 1<sup>ère</sup> étude faisabilité avant essais pilote pour valider les CAPEX et OPEX. L'établissement émetteur de lithium n'a pas été intéressé pour aller plus loin dans cette étude.

La récupération des autres métaux : cuivre, argent et chrome, nécessite la mise en œuvre de filières couplant un ou plusieurs procédés de traitements unitaires, qui peuvent avoir différents niveaux de maturité industrielle. La complexité de la filière dépendra de la forme sous la laquelle on souhaite récupérer le métal, à quel degré de pureté et à quelle fin de valorisation.

Les procédés suivants ont été considérés :

- Précipitation
- Bio- précipitation de sulfures métalliques
- Filtration membranaire (Nanofiltration (NF)/Osmose inverse (OI) et Electrodialyse (ED)
- Biolixiviation
- Echange d'ion / Adsorption
- Électrodéposition

Des schémas de filière pouvant être mises en œuvre ont été proposés et une 1<sup>ère</sup> évaluation du coût de récupération en €/t a été fournie sur la base de données de la littérature.

De prime abord, **une étude plus approfondie** aurait été pertinente à mener pour les effluents contenant de l'**argent**, du fait de son prix sur le marché, mais sans informations complémentaires des établissements émetteurs concernés, il n'a pas été possible de poursuivre la démarche.

## 5. Remerciements

---

L'auteur tient à remercier tout particulièrement l'équipe projet : le LyRE (Marion-Justine Capdeville) et le laboratoire EPOC, équipe TGM (Alexandra Coynel) pour le travail en commun sur cette étude ainsi qu'Ywann Penru de la DIE de Suez

## 6. Références

---

Besnault S., Récupération des métaux dans les eaux usées. Communication interne SUEZ, non publiée, 2014

Fu F., Qi W. (2011) Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management*, pp 407-418

Ge, Y., Cui, X., Kong, Y., Li, Z., He, Y., Zhou, Q. (2015) Porous geopolymeric spheres for removal of Cu(II) from aqueous solution: synthesis and evaluation. *J. Hazard. Mater* 283, pp. 244-251

Geldron A. L'épuisement des métaux et minéraux : Faut-il s'inquiéter ? Fiche technique, ADEME, 2017 <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/epuisement-metaux-mineraux-fiche-technique.pdf>

Huisman J. L., Schouten G., Schultz C. (2006) Biologically produced sulphide for purification of process streams, effluent treatment and recovery of metals in the metal and mining industry. *Hydrometallurgy*, pp 106-113

Issabayeva G., Aroua M.K., Sulaiman N.M. (2006) Electrodeposition of copper and lead on palm shell activated carbon in a flow-through electrolytic cell. *Desalination*

Luukkonen T., Runtti H., Niskanen M., Tolonen E.T., Sarkkinen M., Kemppainen K., Rämö J., Lassi U. (2015) Simultaneous removal of Ni(II), As(III), and Sb(III) from spiked mine effluent with metakaolin and blast-furnace-slag geopolymers. *Journal of Environment Management*, pp. 1-10

Mužek, M.N., Svilovic, S., Zelic, J. (2014) Fly ash-based geopolymeric adsorbent for copper ion removal from wastewater. *Desalin. Water Treat.* 52, pp. 2519-2526

Schippers A., Hedrich S., Vasters J., Drobe M., Sand W., Willscher S. (2014) Biomining: metal recovery from ores with microorganisms. *Advanced Biochemical Engineering and Biotechnology*, pp 1-47

Wang G. et al. (2015) Synthesis and characterization of ZnS with controlled amount of S vacancies for photocatalytic H<sub>2</sub> production under visible light. *Scientific Reports*



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



# REGARD

*REducation et Gestion des micropolluants sur la métropole borDelaise*

**LOT 3 : MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REDUCTION  
DES MICROPOLLUANTS SUR LE TERRAIN**

**TACHE 3.4 ACTIONS SUR LA SOURCE HOSPITALIERE**

**Sous-tache 3.4.1 Modification des pratiques à l'hôpital**

**Livrables n°341 et 342 : Rapports sur les interventions réalisés auprès des services hospitaliers visant à modifier certaines pratiques & outils de communication adaptés**

**Version finale**  
Aout 2019

Auteurs : Denis Salles





# Sommaire

1	PUBLICATION ET DIFFUSION DE LA VIDEOSCRIBING « RESEAU-REGARD » .....	4
2	RESTITUTION DE L'ETUDE SOCIOLOGIQUE AUX « ENQUETES » CHU .....	5
3	CHANGEMENTS DE PRATIQUES CHU.....	6
4	PERSPECTIVES .....	7

# 1 Publication et diffusion de la videoscoring « RESEAU-REGARD »

Cette vidéo est disponible ici : <https://www.youtube.com/watch?v=eIY8dFf7bk4> .  
Elle correspond au livrable 3.4.2.



- Présentation au Directeur Général du CHU et Comité de Direction Plénier (environ 60 personnes présentes)
- Mise en ligne sur le site internet du CHU
- Diffusion dans les formations pour le développement durable, pour les élèves infirmiers, pour les ambassadeurs du développement durable
- Présentation dans le réseau RSE de l'ANAP (Agence Nationale Appui Performance)
- Intérêt des hôpitaux de Nîmes et de Niort pour la démarche réduction à la source et le support videoscoring (rencontre 9 juillet 2018)



### 3 Changements de pratiques CHU

- **Programme « Naissance environnementale » à la maternité**

Le programme « naissance environnementale » lancé en 2018 à la maternité du CHU de Pellegrin est inspiré des questions de recherche posées dans REGARD et illustre la volonté du CHU de se saisir de la problématique des micropolluants sensibilisant les futurs et les jeunes parents à l'exposition des fœtus et des bébés aux perturbateurs endocriniens via l'alimentation, l'eau, les cosmétiques, l'air, l'habitat, les produits chimiques...

Cette sensibilisation revient aux sages-femmes formées en santé-environnementale lors de modules spécifiques intégrés depuis 2017 dans la formation initiale de l'Ecole des Sages-Femmes du CHU de Bordeaux, mais également à l'ensemble du personnel œuvrant en périnatalité également nouvellement formés via 6 conférences d'une demi-journée sur le thème de la santé environnementale (dans le cadre d'un projet soutenu par l'ARS). Le projet, mis en œuvre très récemment, n'a pas encore été évalué.

- **Préconisation de pictogrammes**

Ces pictogrammes spécifiquement dédiés à la problématique du risque environnemental des résidus de médicaments (issus de la vidéo scribbing) seraient à apposer sur des flacons, des éviers afin de sensibiliser et orienter les usages professionnels vers des pratiques plus vertes (exemple des restes de médicaments jetés dans les éviers lors des préparations). Le frein à la mise en œuvre a été la présence déjà trop nombreuse de pictogrammes relatifs à la sécurité, à la réglementation, à l'organisation, au sein des services de soin et donc un risque de brouillage des messages et de contre-productivité.

- **Préconisation de changements de pratiques**

Le 1<sup>er</sup> changement de pratique préconisé concerne la réduction des volumes de préparation et de dilution des détergents-désinfectants pour le nettoyage des sols des espaces de couloirs et de bureaux dont une bonne partie est jetée. Un frein à la mise en œuvre est la moindre praticité et le temps à passer sur le dosage qu'il faut davantage mesurer et calculer qu'auparavant.

Le 2<sup>nd</sup> changement de pratique préconisé concerne la désinfection à la vapeur d'eau. Cette préconisation n'a pas été suivie par le personnel craignant une surcharge de travail et une pénibilité accrue (portage de l'appareil et travail dans la vapeur).

- **Préconisation d'un remplacement**

Dans les espaces de bureaux, les savons désinfectants pourraient être remplacés par des savons écolabellisés. Un frein à la mise en œuvre est la présence d'un marché public globalisé des détergents du CHU.

## 4 Perspectives

Dépôt d'un projet de recherche suite REGARD (déclaration d'intention APR ANSES Janvier 2019) : **REMEDE : Gérer les RESidus de MEDicaments par la DEprescription** (G Carrère coordinateur)

En partenariat avec l'ensemble des acteurs du service de gériatrie, sur site et dans le cadre des soins à domicile du CHU Bordeaux, le projet REMEDE propose d'explorer plusieurs questions. Comment s'opèrent les négociations et le travail de justification réalisés par les services gériatriques dans le cadre de la déprescription ? Comment s'opère le travail de prévention ? Quelles molécules sont les plus fréquemment prescrites et consommées chez les personnes âgées et lesquelles peuvent faire l'objet de déprescription ? Les molécules susceptibles d'être déprescrites sont-elles aujourd'hui bien dégradées dans les stations d'épuration (STEU) ou au contraire, fortement retrouvées dans les milieux aquatiques ? Quelles molécules demeurent à l'inverse à l'écart de la déprescription et pour quelles raisons ? Quels sont les impacts potentiels de ces molécules incontournables sur la ressource en eau ? Quel pourrait être le gain environnemental d'une déprescription plus généralisée au niveau de la population gériatrique ?

Pour répondre à ces questions et dans la continuité des programmes de recherches interdisciplinaires RESEAU<sup>1</sup> et REGARD réalisés au sein du CHU de Bordeaux et des partenariats scientifiques tissés dans le cadre du GIS médicaments dans l'environnement (<https://www6.inra.fr/ecotox/L-ecotoxicologie-nationale/Reseaux-d-animation>), le projet interdisciplinaire REMEDE vise à croiser trois perspectives complémentaires : la sociologie, la chimie et l'écotoxicologie. Le cas d'étude envisagé concerne le service de gériatrie du CHU de Bordeaux et l'unité d'évaluation gériatrique pluriprofessionnelle dans la cité ; afin de comprendre en quoi les activités de prévention et de déprescription pourraient constituer des voies possibles au problème de la CERM en ambulatoire ?

---

<sup>1</sup> Etude de la contamination chimique des RESsources en EAU en lien avec la pression urbaine et les changements globaux – Application à l'agglomération Bordelaise en partenariat avec l'UMR EPOC, l'IRSTEA de Bordeaux, le LYRE, le CHU de Bordeaux, Bordeaux Métropole (Communauté Urbaine de Bordeaux), l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le Conseil Régional Aquitaine

