

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 4

SUIVI ET EVALUATION MULTI-CRITERES DES SOLUTIONS DE REDUCTION

**TACHE 4.1 EVALUATION ECOTOXICOLOGIQUE ET ENVIRONNEMENTALE**

**Diagnostic de l'état de santé des organismes transplantés dans la Jalle de  
Blanquefort et étude du transcriptome de *C. fluminea* (séquençage haut débit  
et réponses comparatives)**

**Livrables N° 411, 412 et 413**

Version définitive  
Mars 2018

Auteurs : PY. Gourves, M. Baudrimont A. Bertucci, F. Pierron, P. Gonzalez





## SYNTHESE OPERATIONNELLE

### Introduction

Les bivalves filtreurs sont des organismes couramment utilisés dans la biosurveillance de la contamination chimique des écosystèmes aquatiques (par exemple l'huître creuse ou la moule marine pour le réseau national ROCCH de l'IFREMER), mais également des effets toxiques de ces contaminants (Mussel Watch aux Etats-Unis). En eau douce, le bivalve filtreur *Corbicula fluminea* est un bon indicateur de la contamination des milieux aquatiques par des méthodes de biosurveillance active (mise en cage d'organismes issus des zones non contaminées sur des sites potentiellement impactés) (Baudrimont et al, 1999 ; Marie et al, 2006 ; Arini et al, 2011). Néanmoins, à l'heure actuelle, très peu d'outils de mesures précoces des impacts toxiques ou de réponses adaptatives des organismes sont disponibles, notamment pour les milieux aquatiques d'eau douce. Parmi ces outils, la transcriptomique permet d'évaluer rapidement l'effet de stress de natures très variées sur de nombreuses voies métaboliques au niveau moléculaire, et plus précisément sur la production d'ARN messagers (ARNm). La mesure du niveau d'expression des gènes (i.e. production d'ARNm) constitue un moyen sensible et rapide de caractériser la réponse développée par les cellules et, par extension, par les organismes et populations face à des changements survenant dans leur environnement, que ces changements soient d'origines naturelle ou anthropique (Baillon et al, 2015, 2016).

### Objectifs de la tâche

Dans ce contexte, les objectifs de cette tâche sont : (1) de caractériser les substances métalliques issues de différents rejets (STEU et exutoire pluvial de la rocade) dans la Jalle de Blanquefort par l'analyse de leur bioaccumulation dans les tissus des bivalves filtreurs *Corbicula fluminea* (substances biodisponibles) par biosurveillance active (encagement) sur différents sites ; (2) de développer un outil précoce d'analyse des effets en ayant recours au séquençage haut débit du transcriptome ; (3) d'évaluer l'impact écotoxicologique durant une première phase de diagnostic pendant un an sur les organismes transplantés dans la Jalle.

### Matériels et méthodes

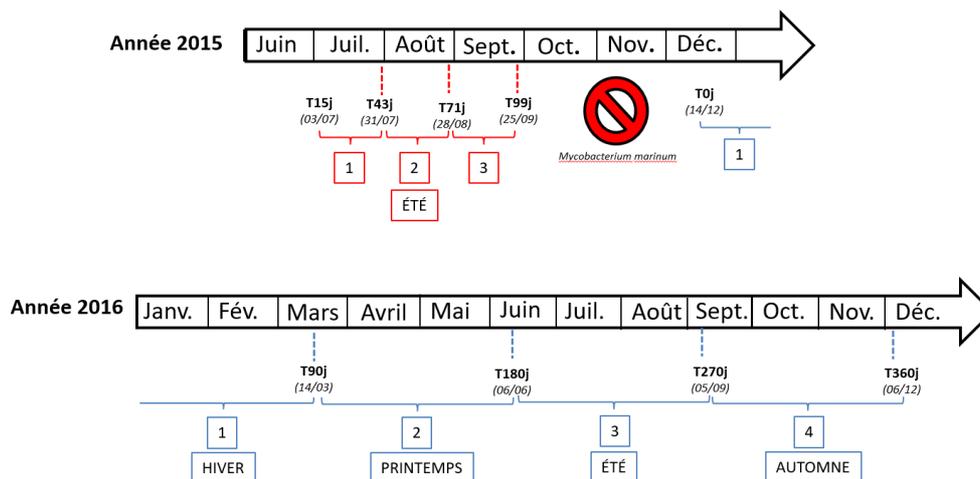
#### Sites et périodes des transplantations

Une trentaine de palourdes d'eau douce provenant d'un site considéré comme peu impacté par la pollution métallique (pisciculture expérimentale de l'IRSTEA, St. Seurin sur L'Isle) ont été implantées à l'aide de cages le long d'un linéaire amont – aval dans la Jalle de Blanquefort : Caupian (Mn-Jal-CAUP), Thill (Mn-Jal-THILL1), Cantinolle (amont et aval STEU : Mn-Jal-LACA et Mn-Jal-CANT4) et Bruges (amont et aval exutoire pluvial de la rocade : Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6).

Des sondes ou « SIRENE » installées par la SGAC<sup>1</sup> à Thill, à l'aval de la STEU et à la réserve de Bruges ont mis en évidence des périodes d'hypoxie ([O<sub>2</sub>] inférieures à 4 mg/L) voire d'anoxie fréquentes et parfois longues (plusieurs jours) durant l'été. Les organismes aquatiques sont très sensibles à ce paramètre, c'est pourquoi les corbicules ont été transplantées uniquement par période d'un mois à l'été 2015 (juillet, août et septembre) alors qu'ils ont été transplantés par période de trois mois durant l'année 2016 (décembre 2015 à décembre 2016) (cf Figure 1).

---

<sup>1</sup> Société de Gestion de l'Assainissement de Bordeaux Métropole



**Figure 1 - Périodes d'encagement des bivalves filtreurs dans la Jalle de Blanquefort le long d'un linéaire « amont – aval » : Thill, Cantinole (amont et aval STEU) et Bruges (amont et aval exutoire pluvial de la rocade). Les périodes encadrées en rouge et bleu correspondent respectivement à 30j et 90j de transplantation durant les saisons.**

## Paramètres suivis

A chaque site et à chaque temps de prélèvement, les paramètres mesurés sont :

- (1) la détermination de la croissance des corbicules par la mesure de l'indice de condition (IC) ;
- (2) la bioaccumulation de quatorze éléments métalliques : argent (Ag), aluminium (Al), cadmium (Cd), cobalt (Co), chrome (Cr), cuivre (Cu), fer (Fe), mercure (Hg), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), vanadium (V) et zinc (Zn) dans le corps mou entier de 5 organismes après séchage et analyse par ICP-OES<sup>2</sup> (Baudrimont et al, 2016) ;
- (3) la quantification des protéines de détoxication (métallothionéines : MTs) marqueurs de stress général de l'organisme par méthode de saturation au mercure sur 5 pools de deux masses viscérales (Arini et al, 2011) ;
- (4) l'analyse de l'expression quantitative de gènes par PCR<sup>3</sup> quantitative sur les mêmes pools que pour l'analyse des MTs (Arini et al, 2015).

Parallèlement à ces analyses, le séquençage haut débit du transcriptome de *Corbicula fluminea* a été réalisé sur une période de transplantation de 3 mois (période hivernale de décembre 2015 à mars 2016). Huit individus ont été prélevés sur les sites du champ captant du Thill (Mn-Jal-THILL1), en aval de la station de traitement des eaux usées de Cantinolle (Mn-Jal-CANT4) et en aval de l'exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6). L'analyse a été réalisée sur les glandes digestives des organismes.

## Résultats

### Périodes de transplantation de 1 mois (Juillet-Septembre 2015)

#### Indices de condition

L'analyse des indices de condition mesurés durant la période estivale de 2015 montre pour les sites aval (aval STEU et amont/aval exutoire pluvial de la rocade), des inhibitions de

<sup>2</sup> Spectromètre d'Émission Optique Couplé à un Plasma Induit

<sup>3</sup> Polymerase Chain Reaction ou réaction de polymérase en chaîne

croissance significatives par rapport à Thill en juillet, août et même septembre, suggérant des organismes en meilleure condition physiologique sur les sites les plus amont, et au contraire plus impactés par les rejets issus principalement de la STEU.

### Bioaccumulations métalliques

Pour As et Cd, peu de différences significatives sont notées entre les sites échantillonnés comparativement à la population de référence, signant une faible contribution de ces éléments dans la Jalle en été.

Au contraire, nous observons pour les éléments Al, Fe et Mn des accumulations très significatives par rapport à la population de référence sur les sites les plus amont : Thill et amont STEU (Mn-Jal-LACA), avec des augmentations maximales d'un facteur 14, 5 et 4,5 respectivement pour chacun de ces éléments (figure 1). Nous observons ensuite un gradient décroissant de l'amont vers l'aval, avec les valeurs les plus faibles mesurées sur le site aval STEU (Mn-Jal-CANT4). Ce gradient amont/aval ne permet pas d'identifier le site du Thill comme un réel site de référence sur la Jalle.

Concernant le site aval exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6), nous pouvons par contre noter en Juillet 2015 un pic d'accumulation significatif de ces éléments comparativement au site amont.

Pour Co, Cr et Ni, le même type de tendance que pour Al, Fe et Mn est observé, mais de façon moins marquée.

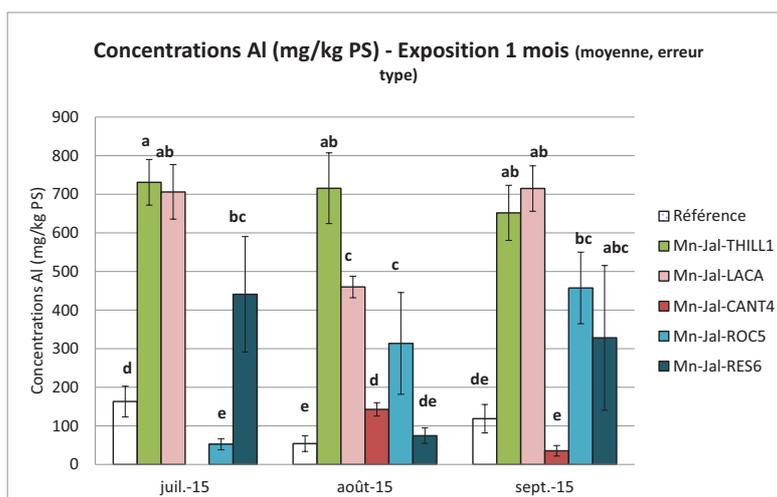


Figure 2- Bioaccumulation d'Al dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Pour le Cu, un seul pic d'accumulation significatif est observé en Juillet 2015, signant à nouveau un apport du rejet pluvial de la rocade. L'augmentation observée par rapport à l'amont de cet exutoire d'un facteur 2,3 est très significative étant donné le caractère essentiel de ce métal faisant l'objet d'une régulation intra-cellulaire forte. Pour Pb et V, le même pic d'accumulation est observé en Juillet 2015 à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade.

Pour Se et Zn, les accumulations les plus élevées sont mesurées à l'aval du système, à partir de l'aval de la STEU, et à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade plus spécifiquement pour le Zn. Comme précédemment évoqué pour le Cu, le Zn est un métal essentiel régulé pour lequel les augmentations observées à l'aval exutoire par rapport à l'amont de ce même rejet sont augmentées d'un facteur 1,7.

### Quantification des métallothionéines (MTs)

Les réponses les plus marquées en MTs, protéines de détoxication des métaux et de réponse

au stress oxydant, sont observées à l'aval de la STEU en juillet et septembre 2015, et également en août à Thill et à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade (figure 2). Il ne semble pas y avoir de lien direct avec les métaux mesurés dans les tissus, ce qui indiquerait la présence d'autres contaminants, probablement organiques, qui seraient responsables de ces réponses.

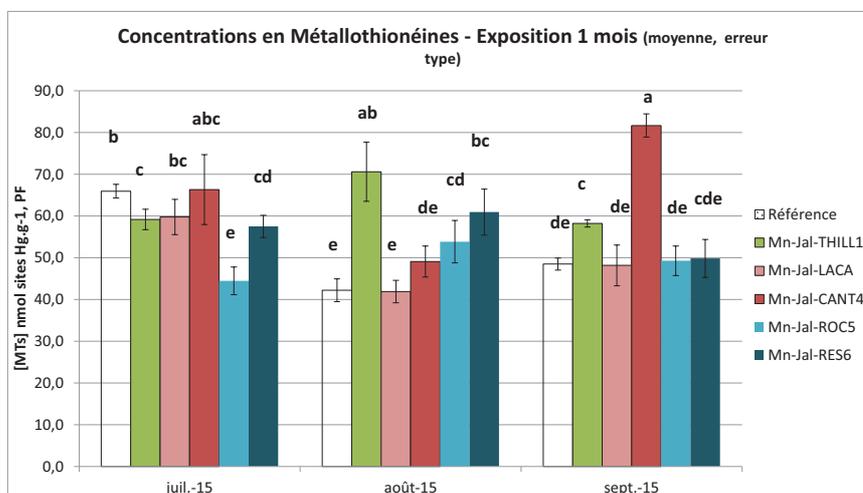


Figure 3- Concentrations en métallothionéines (MTs) mesurées dans les masses viscérales de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

## Périodes de transplantation de 3 mois (hiver 2015 à l'automne 2016)

### Indices de condition

Les indices de condition des *Corbicula fluminea* montrent pour les périodes hivernale et estivale une diminution générale de ces indices comparativement au site de référence. Au contraire, pour les périodes printanière et automnale, les organismes voient leurs indices de condition augmenter, ce qui signe une reprise importante de leur croissance dans la Jalle, probablement due à une augmentation des températures, ainsi qu'à un accroissement des ressources nutritives disponibles sous forme de phytoplancton à ces deux périodes. Nous ne pouvons pas exclure également l'impact du cycle de reproduction de ces organismes qui mûrent leurs gonades entre avril et mai (Baudrimont et al, 1997).

### Bioaccumulations métalliques

D'un point de vue général, les accumulations métalliques dans les corbicules diminuent de l'hiver à l'automne (effet temps) et des sites amont vers les sites aval de la Jalle (effet site).

Lorsque nous nous intéressons à chaque métal, nous observons d'abord que les accumulations d'Al, Co, Fe et V mesurées dans les *C. fluminea* sur les 5 sites situés sur la Jalle, montrent des profils similaires en fonction des sites et des saisons. En effet, des accumulations significatives par rapport à la population de référence sont notées essentiellement sur les sites amont (Mn-Jal-THILL1 et Mn-Jal-LACA), ainsi que sur les sites les plus aval, notamment l'aval exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6). Les valeurs plus élevées d'Al et Fe peuvent correspondre à un bruit de fond géochimique lié au bassin versant amont de la Jalle, conduisant à cet effet de gradient amont/aval, ainsi qu'à des apports anthropiques diffus.

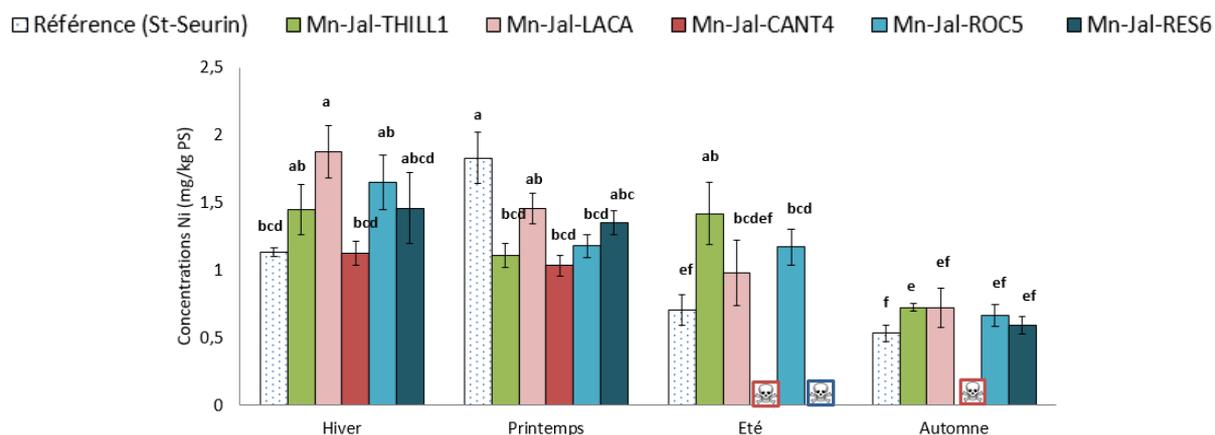


Figure 4- Bioaccumulation en Cr dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Ensuite, les éléments Cr et Ni présentent des profils relativement similaires avec des bioaccumulations plus importantes à l'amont de STEU (Mn-Jal-LACA) en hiver et printemps, à Thill (Mn-Jal-THILL1) et à l'amont de l'exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-ROC5) en été. Concernant As et Mn, les accumulations sont proches et quasi constantes en fonction des sites le long de la Jalle pour les deux premières saisons, hormis pour le Mn sur le site amont de la STEU (Mn-Jal-LACA) au printemps. Sur la deuxième partie de l'année les concentrations augmentent en été puis baissent en automne excepté pour le Mn à l'amont de la Jalle (Mn-Jal-THILL1 et Mn-Jal-LACA).

Les concentrations en Cu sont constantes jusqu'à l'été sur les sites amont à la STEU (Mn-Jal-THILL1 et Mn-Jal-LACA) puis baissent en automne, alors qu'elles augmentent au printemps sur les sites aval à la STEU (Mn-Jal-CANT4, Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6) et diminuent ensuite à partir de l'été jusqu'à retrouver leurs niveaux hivernaux en automne.

Pour le Cd, des accroissements significatifs de la bioaccumulation sont observés en hiver et au printemps à Thill (Mn-Jal-THILL1) et à l'amont de la STEU (Mn-Jal-LACA), tandis que les concentrations diminuent vers l'aval, ne montrant plus de différences significatives avec la référence pour les 3 derniers sites. En été les concentrations se stabilisent et ne présentent plus de différence le long du linéaire avant de diminuer de 40 % en automne à tous les sites. Des apports provenant de l'amont du bassin versant de la Jalle semblent donc plus importants de l'hiver au printemps que ceux provenant de la STEU ou de l'exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6).

Pour le Pb, les valeurs de bioaccumulation mesurées dans les *Corbicula fluminea* transplantées dans la Jalle varient peu au sein de chaque site au cours de l'année alors qu'elles baissent rapidement de l'hiver à l'automne sur la population de référence.

Les accumulations de Se diminuent au fur et à mesure de l'année avec des concentrations maximales en hiver et minimales à l'automne. Ces diminutions semblent très corrélées aux variations d'indices de condition mesurés, ce qui pourrait témoigner d'une dilution pondérale de cet élément lors de la croissance et/ou de la reproduction des individus.

Pour le Zn, les concentrations restent relativement proches de celles de la population de référence hormis pour (1) le site amont de la STEU (Mn-Jal-LACA) où une augmentation significative est observée, aussi bien en hiver qu'au printemps, et (2) à l'amont et à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6) respectivement en été et en automne.

### Quantification des métallothionéines (MTs)

Les concentrations en métallothionéines sur les périodes de 3 mois décroissent dans le temps

avec des concentrations plus élevées en hiver (79,3 nmol de sites.g<sup>-1</sup>) et printemps (73,3 nmol de sites.g<sup>-1</sup>) et plus faibles en été (61,5 nmol de sites.g<sup>-1</sup>) et en automne (55,8 nmol de sites.g<sup>-1</sup>). Les concentrations au deux premières périodes restent relativement élevées, ce qui peut montrer un certain stress des individus en lien avec les accumulations de métaux observées précédemment.

### Séquençage haut débit de *C. fluminea*

Le transcriptome obtenu contient 58 291 transcrits (gènes) d'une longueur moyenne de 1 690 nucléotides. La prévalence de gènes « complets » est confirmée par l'utilisation du programme BUSCO. Dans notre cas cette proportion est de 98,7%.

Dans notre transcriptome, 23 759 transcrits (40,7 %) correspondent à des protéines prédites présumées montrant une homologie avec les banques de données que nous avons utilisées (le plus souvent avec l'huître *Crassostrea gigas*). Ces valeurs sont comparables à celles obtenues chez d'autres espèces de bivalves.

L'expression génique entre les individus des sites Thill (Mn-Jal-THILL1) et aval STEU (Mn-Jal-CANT4) a été comparée pour évaluer l'impact de la station de traitement. L'expression de 2 287 transcrits est affectée entre ces 2 sites. 1 386 sont surexprimés et 901 sont réprimés en aval de la station d'épuration. La comparaison entre les individus en aval de la STEU et en aval du collecteur Rocade (Mn-Jal-RES6) montre que 625 et 1 276 gènes sont respectivement surexprimés et réprimés en aval de l'exutoire. Soit 1 901 gènes différenciellement exprimés.

Sur la base de ces résultats, 25 gènes montrant les plus fortes variations ont été choisis comme cibles. Ils seront étudiés par PCR en temps réel dans la suite du projet pour confirmer les résultats obtenus en bioinformatique dans un premier temps et pour l'évaluation de l'impact écotoxicologique sur les organismes transplantés dans la Jalle dans un deuxième temps.

Une analyse fonctionnelle des gènes variant entre les 3 sites nous a permis de déterminer que le métabolisme des protéines (synthèse, conformation et dégradation) apparaissait comme le plus affecté. Des impacts également sur le métabolisme énergétique sont observés avec, entre Thill et STEU, un effet sur la mobilisation des réserves de glucose (gluconéogénèse) et, entre STEU et Rocade, un effet sur le métabolisme lipidique (synthèse des acides-gras).

## Conclusion

Les premiers résultats obtenus suite à l'encagement des bivalves filtreurs *Corbicula fluminea* durant la période estivale de 2015 sur 3 périodes d'un mois, puis en 2016 sur 4 périodes de trois mois, montrent des accumulations très notables de plusieurs éléments traces métalliques le long de la Jalle comparativement à la population de référence, notamment pour Al, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni et V. Pour la plupart des métaux accumulés, un gradient de concentrations qui diminue de l'amont vers l'aval est observé, indiquant des apports issus du bassin versant amont de la Jalle. Ces apports amont masquent en partie les effets potentiels des rejets issus de la STEU ou de l'exutoire pluvial de la rocade. Néanmoins, au cours de l'été et à l'automne, des pics d'accumulation de métaux ont été observés juste à l'aval de l'exutoire (Mn-Jal-RES6), soulignant des apports ponctuels très élevés issus de ce rejet. La station d'épuration montre quant à elle très peu d'apports métalliques, en revanche, la réponse des métallothionéines en été est très marquée à l'aval de ce rejet, ce qui suggère des apports organiques susceptibles d'impacter les organismes, notamment par la génération d'un stress oxydant. Ce milieu semble ainsi relativement complexe en termes d'apports de contaminants, et révèle des impacts sur les organismes aquatiques, en termes de bioaccumulation métallique et de réponses des MTs. De plus, l'analyse novatrice par séquençage haut débit du transcriptome de *C. fluminea* a permis de mettre en évidence des modifications dans l'expression de près de 3800 gènes. L'analyse des fonctions associées à ces gènes nous a permis de déterminer les atteintes cellulaires potentiellement engendrées par les contaminants présents sur les 3 sites d'étude.

## **Références citées**

Arini A., Baudrimont M., Feurtet-Mazel A., Coynel A., Blanc G., Coste M., Delmas F. (2011). Comparison of periphytic biofilm and filtering bivalves metal bioaccumulation (Cd and Zn) to monitor hydrosystem restoration after industrial remediation: a year of biomonitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, 13: 3386-3398.

Arini A., Gourves P.Y., Gonzalez P. and Baudrimont M. (2015). Metal detoxification and gene expression regulation after a Cd and Zn contamination: an experimental study on *Danio rerio*. *Chemosphere*, 128: 125-133.

Baillon L., Pierron F., Coudret R., Normendeau E., Caron A., Peluhet L., Labadie P., Budzinski H., Durrieu G., Sarraco J., Elie P., Couture P., Baudrimont M. and Bernatchez L. (2015). Transcriptome profile analysis reveals specific signatures of pollutants in Atlantic eels. *Ecotoxicology*, 24(1): 71-84.

Baillon L., Pierron L., Pannetier P., Normandeau E., Couture P., Labadie P., Budzinski H., Lambert P., Bernatchez L. and Baudrimont M. (2016). Gene transcription profiling in wild and laboratory-exposed eels: Effect of captivity and *in situ* chronic exposure to pollution. *Science of the Total Environment*, 571: 92-102.

Baudrimont, M., Lemaire-Gony, S., Métivaud, J., Ribeyre, F. and Boudou, A. (1997). Seasonal variations of metallothionein concentrations in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 118C (3): 361-367.

Baudrimont, M., Andrès, S., Métivaud, J., Lapaquellerie, Y., Ribeyre, F., Maillet, N., Latouche, C. and Boudou, A. (1999). Field transplantation of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* along a polymetallic contamination gradient (river Lot, France) - Part II: Metallothionein response to metal exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18, 2472-2477.

Baudrimont M., Chelini A., Gourves P.Y., Maury-Brachet R. and Legeay A. (2016). On the possibility to produce again oysters *Crassostrea gigas* in the North Médoc salt marshes (Gironde estuary, Southwestern France): a comparison study of metals bioaccumulation in spats 13 years after. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1-2): 184-193.

Marie V., Baudrimont M. and Boudou A. (2006). Cadmium and zinc bioaccumulation and metallothionein response in two freshwater bivalves (*Corbicula fluminea* and *Dreissena polymorpha*) transplanted along a polymetallic gradient. *Chemosphere*, 65, 609-617.

## LIVRABLE

### SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION / ETAT DE L'ART</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIFS DE LA TACHE</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>MATERIELS ET METHODES</b> .....	<b>12</b>
3.1	SITES ET PERIODES DES TRANSPLANTATIONS .....	12
3.2	PARAMETRES SUIVIS .....	13
<b>4</b>	<b>RESULTATS</b> .....	<b>15</b>
4.1	SUIVI ESTIVAL : PERIODES DE TRANSPLANTATION DE 1 MOIS (JUILLET-SEPTEMBRE 2015) .....	15
4.1.1	<i>Indices de condition</i> .....	15
4.1.2	<i>Bioaccumulations métalliques</i> .....	15
4.1.3	<i>Quantification des métallothionéines (MTs)</i> .....	20
4.2	SUIVI ANNUEL : PERIODES DE TRANSPLANTATION DE 3 MOIS (DECEMBRE 2015 DECEMBRE 2016) .....	21
4.2.1	<i>Indices de condition (IC)</i> .....	21
4.2.2	<i>Bioaccumulations métalliques</i> .....	22
4.2.3	<i>Quantification des métallothionéines (MTs)</i> .....	27
4.2.4	<i>Séquençage haut débit de C. fluminea</i> .....	28
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCES CITEES</b> .....	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>RESUME</b> .....	<b>32</b>

## **1 Introduction / état de l'art**

Les bivalves filtreurs sont des organismes couramment utilisés dans la biosurveillance de la contamination des écosystèmes aquatiques (par exemple l'huître creuse ou la moule marine pour le réseau national ROCCH de l'IFREMER), mais également de leurs effets toxiques (Mussel Watch aux Etats-Unis). En effet, les bivalves filtrent d'importants volumes d'eau pour assurer leurs besoins en termes de respiration et de nutrition, accumulant de fortes quantités de contaminants métalliques ou organiques dans leurs tissus. Ils reflètent ainsi la contamination des milieux et développent des mécanismes de défense ou d'adaptation pour pallier à la présence de ces contaminants, réponses qui sont quantifiables (Marie et al, 2006a,b).

En eau douce, le bivalve filtreur *Corbicula fluminea* est un bon indicateur de la contamination des milieux aquatiques par des méthodes de biosurveillance active (mise en cage d'organismes issus des zones non contaminées sur des sites potentiellement impactés) (Baudrimont et al, 1999 ; Arini et al, 2011). Néanmoins, à l'heure actuelle, peu d'outils moléculaires sont disponibles chez cette espèce afin de pouvoir étudier de façon globale la réponse de ces organismes aux contaminants présents dans leur environnement. Compte tenu de la complexité des écosystèmes et de la pluralité des facteurs pouvant agir sur la dynamique des populations, il est souvent difficile, voire impossible, d'inférer sans ambiguïté un effet observé sur des organismes prélevés sur le terrain à un contaminant spécifique. Dans le cas des bivalves filtreurs, très peu d'outils de mesures précoces des impacts toxiques ou de réponses adaptatives des organismes sont disponibles à ce jour, notamment pour les milieux aquatiques d'eau douce.

Parmi ces outils, la transcriptomique permet d'évaluer rapidement l'effet de stress de natures très variées sur de nombreuses voies métaboliques au niveau moléculaire, et plus précisément sur la production d'ARN messagers (ARNm). La mesure du niveau d'expression des gènes (i.e. production d'ARNm) constitue un moyen sensible et rapide de caractériser la réponse développée par les cellules et, par extension, par les organismes et populations face à des changements survenant dans leur environnement, que ces changements soient d'origines naturelle ou anthropique. L'essor récent des techniques de séquençage dites haut-débit offre l'opportunité d'étudier rapidement et simultanément l'impact des polluants sur le niveau de transcription de l'ensemble des gènes d'un organisme (technique appelée RNA-seq ou Whole Transcriptome Shotgun Sequencing).

## **2 Objectifs de la tâche**

Dans ce contexte, les objectifs de cette tâche sont : (1) de caractériser les substances métalliques issues de différents rejets (STEU et exutoire pluvial de la rocade) dans la Jalle de Blanquefort par l'analyse de leur bioaccumulation dans les tissus des bivalves filtreurs *Corbicula fluminea* (substances biodisponibles) par biosurveillance active (encagement) sur différents sites ; (2) de développer un outil précoce d'analyse des effets en ayant recours au séquençage haut débit du transcriptome ; (3) d'évaluer l'impact écotoxicologique durant une première phase de diagnostic pendant un an sur les organismes transplantés dans la Jalle.

### 3 Matériels et méthodes

#### 3.1 Sites et périodes des transplantations

Une trentaine de palourdes d'eau douce provenant d'un site considéré comme peu impacté par la pollution métallique (pisciculture expérimentale de l'IRSTEA, St. Seurin sur L'Isle) ont été implantées à l'aide de cages le long d'un linéaire amont – aval dans la Jalle de Blanquefort : Caupian (Mn-Jal-CAUP), Thill (Mn-Jal-THILL1), Cantinole (amont et aval STEU : Mn-Jal-LACA et Mn-Jal-CANT4) et Bruges (amont et aval exutoire pluvial de la rocade : Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6) (figure 1).



Figure 1- Localisation des sites de transplantation des bivalves dans la Jalle de Blanquefort le long d'un linéaire « amont – aval ».

Les sondes ou « SIRENE » installées par la SGAC à Thill, à l'aval de la STEU et à la réserve de Bruges ont mis en évidence des périodes d'hypoxie ([O<sub>2</sub>] inférieures à 4 mg/L) voire d'anoxie fréquentes et parfois longues (plusieurs jours) durant l'été 2014 (figure 2), les organismes aquatiques sont très sensibles à ce paramètre.

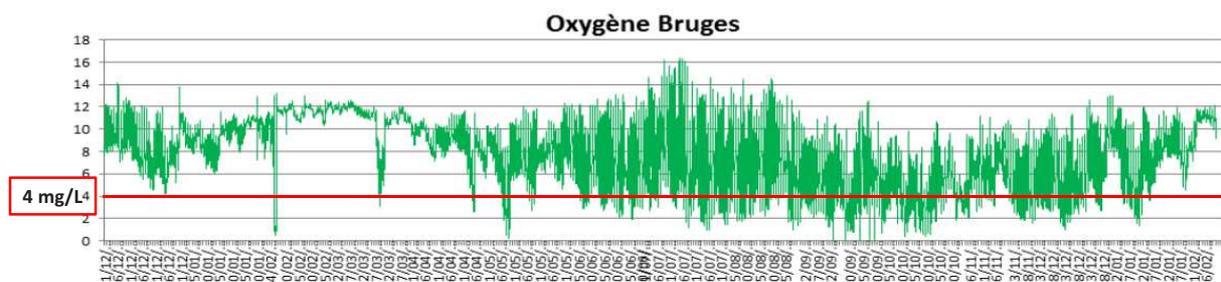


Figure 2- Concentrations en oxygène à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade (réserve de Bruges) enregistrées en 2014 par la sonde "SIRENE" de la SGAC de Bordeaux.

En effet, il est généralement considéré qu'une concentration en oxygène dans l'eau inférieure à 5 mg.L<sup>-1</sup> commence à être ressentie par certaines espèces et qu'en dessous de 3 mg.L<sup>-1</sup> les conséquences sur les poissons sont graves. Dans ces conditions, le risque de mortalité des organismes étant fort, les corbicules ont été transplantées un mois en période estivale, trois mois le reste de l'année (figure 3).

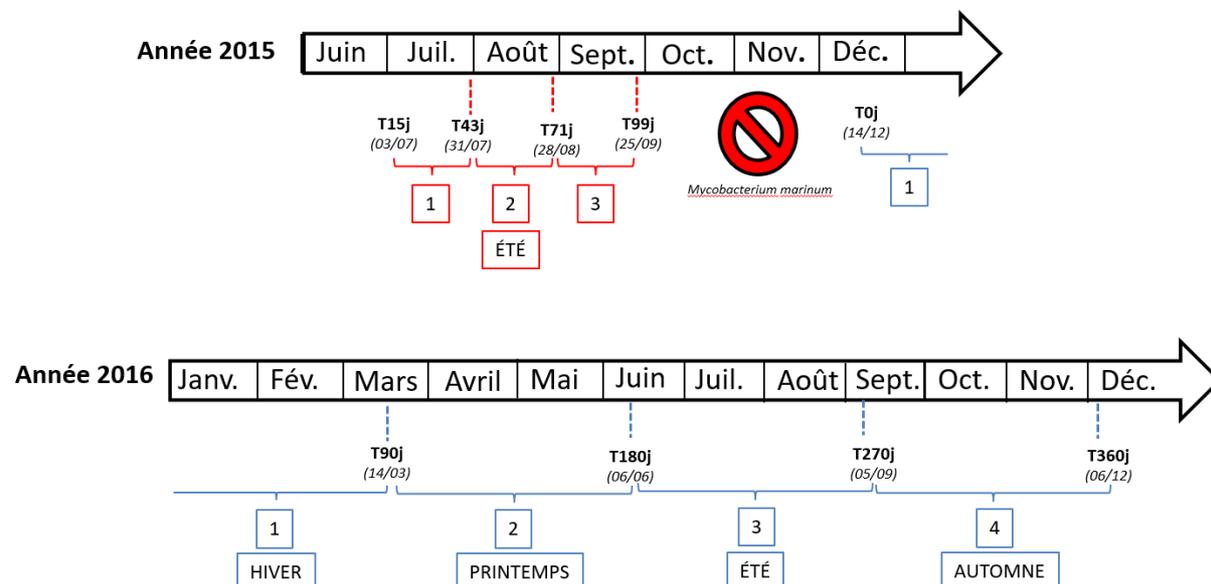


Figure 3- Périodes d'encagement des bivalves filtreurs dans la Jalle de Blanquefort le long d'un linéaire « amont – aval » : Caupian (de l'hiver au printemps 2016), Thill, Cantinole (amont et aval STEU) et Bruges (amont et aval exutoire pluvial de la rocade). Les périodes encadrées en rouge et bleu correspondent respectivement à 30j et 90j de transplantation durant les saisons.

Suite à une contamination bactérienne survenue au niveau de la population d'origine des organismes, une interruption de trois mois de l'encagement a dû être respectée en 2015. De plus, la faible densité de notre population de référence en 2016 ne nous a pas permis de renouveler mensuellement nos lots durant l'été.

### 3.2 Paramètres suivis

A chaque site et à chaque temps de prélèvement, les paramètres mesurés sont :

- (5) la détermination de la croissance des organismes par la mesure de l'indice de condition (IC) sur 5 individus d'après la formule suivante :

$$IC (\%) = \frac{PS_{OE}}{PS_{Coquille}} \times 100, \text{ avec } PS = \text{poids sec après séchage 48h à } 50^{\circ}\text{C et } OE =$$

organisme entier ;

- (6) la bioaccumulation de quatorze éléments métalliques : argent (Ag), aluminium (Al), cadmium (Cd), cobalt (Co), chrome (Cr), cuivre (Cu), fer (Fe), mercure (Hg), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), vanadium (V) et zinc (Zn) dans le corps mou entier de 5 organismes après séchage et analyse par ICP-OES<sup>4</sup> (Baudrimont et al, 2016) ;
- (7) la quantification des protéines de détoxication (méthallothionéines : MTs) marqueurs de stress général de l'organisme par la méthode de saturation au mercure<sup>5</sup> sur 5 pools de deux masses viscérales (Arini et al, 2011) ;

<sup>4</sup> Spectromètre d'Émission Optique Couplé à Plasma Inductif

<sup>5</sup> Cette méthode consiste à saturer les MTs à l'aide du mercure inorganique, qui est le métal ayant le plus d'affinité de fixation sur les sites thiols (SH) des cystéines. Il s'agit d'une mesure indirecte de la concentration en MTs par la mesure du Hg fixé à ces protéines.

(8) l'analyse de l'expression quantitative de gènes par PCR<sup>6</sup> quantitative sur les mêmes pools que pour l'analyse des MTs (Arini et al, 2015).

Parallèlement à ces analyses, le séquençage haut débit du transcriptome de *Corbicula fluminea* a été réalisé sur une seule période de transplantation de 3 mois (Janvier à Mars 2016). Huit individus ont été prélevés sur les sites du champ captant du Thill (Mn-Jal-THILL1), en aval de la station de traitement des eaux usées de Cantinolle (Mn-Jal-CANT4) et en aval de l'exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6), car ce sont les sites les plus contrastés en termes de contamination et donc d'impacts toxiques potentiels. Les ARN totaux issus des glandes digestives de ces 24 individus ont été purifiés grâce au kit SV Total RNA isolation system de Promega en accord avec les recommandations du fournisseur. La glande digestive a été choisie car il s'agit de l'organe de la métabolisation et de la détoxification des contaminants chimiques chez les mollusques, au même titre que le foie chez les vertébrés. La construction de banques d'ADN complémentaire et leur séquençage par la technologie HiSeq3000 a été confié à la plateforme GenoToul, Toulouse. Le séquençage a permis d'obtenir 1,59 milliard de fragments d'une longueur moyenne de 150 paires de bases.

L'assemblage de ces fragments a été réalisé grâce à la procédure décrite par Cabau et al. (2016). L'annotation des transcrits obtenus a été réalisée par comparaison aux banques protéiques Refseq Proteins et SwissProt, ainsi qu'aux banques Ensembl pour les espèces *Crassostrea gigas*, *Lottia gigantea* et *Lingula anatina* (Evalue < 1<sup>E</sup>-5). Les processus biologiques dans lesquels sont impliqués les transcrits reconstruits, ainsi que leur fonction moléculaire et leur localisation cellulaire ont été déterminés grâce au logiciel Blast2GO (homologie >50%, Evalue < 1<sup>e</sup>-6). L'expression différentielle des gènes a été évaluée par le package R DESeq2 (False Discovery Rate <0.05).

Pour le traitement des données, une transformation de type Box-Cox a été effectuée pour les valeurs de bioaccumulation et de biométrie de manière à obtenir l'homogénéité des variances entre les différents sites étudiés afin de les comparer. Ensuite une ANOVA (analyse de variance) à un ou plusieurs facteurs (sites et temps) suivie d'un test LSD de Fisher (Least Significant Difference) pour comparer les moyennes deux à deux ont été réalisés quand les conditions requises (normalité avec le test de Shapiro et l'homogénéité des variances avec le test de Levene) étaient respectées. Sinon, une ANOVA non paramétrique de Kruskal-Wallis suivie d'un test de comparaison multiple basé sur le test U de Mann-Whitney ont été menés. Le seuil de significativité est fixé à  $\alpha = 0,05$  pour l'ensemble des analyses.

---

<sup>6</sup> Polymerase Chain Reaction ou réaction de polymérase en chaîne

## 4 Résultats

Nous présenterons d'abord les résultats obtenus durant les 3 périodes de 1 mois de l'été 2015, puis les 4 périodes de 3 mois de décembre 2015 à décembre 2016 représentant le suivi annuel.

### 4.1 Suivi estival : périodes de transplantation de 1 mois (Juillet-Septembre 2015)

#### 4.1.1 Indices de condition

L'analyse des indices de condition mesurés durant la période estivale de 2015 montre une croissance significative des organismes engagés sur les sites du Thill et en amont des rejets de la STEU en juillet et août 2015 par rapport à la population de référence (figure 4). Pour les sites plus en aval (aval STEU et amont/aval exutoire pluvial de la rocade), des inhibitions de croissance significatives par rapport à Thill en juillet, août et même septembre sont observées, suggérant des organismes en meilleure condition physiologique sur les sites les plus amont. Au contraire, sur les sites localisés plus en aval sur la Jalle les organismes semblent impactés par les rejets issus principalement de la STEU.

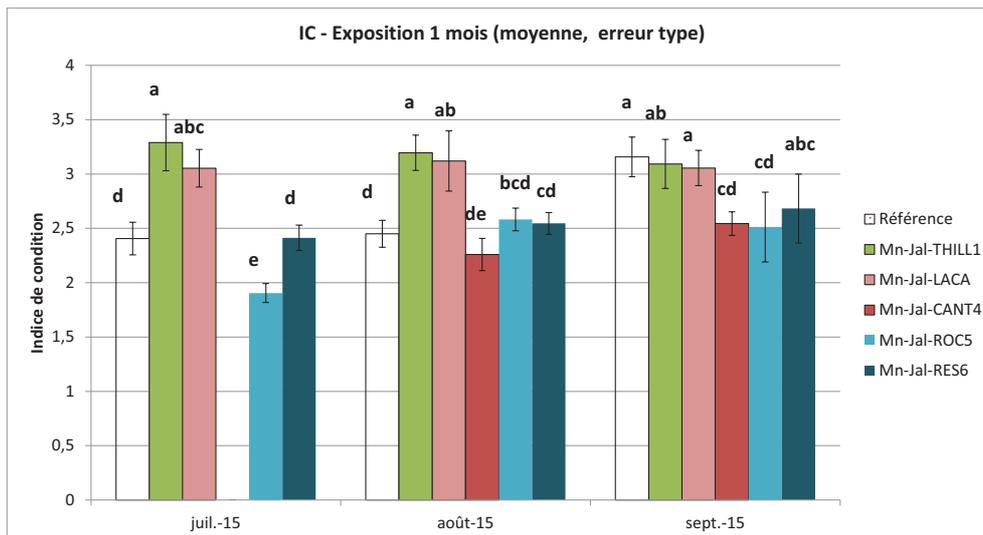


Figure 4- Indices de condition des *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

#### 4.1.2 Bioaccumulations métalliques

Il est à noter que pour l'élément Ag, les valeurs mesurées sont systématiquement inférieures à la LD (0,13 mg/kg).

Les bioaccumulations métalliques ont ensuite été regroupées par substances présentant les mêmes profils d'accumulation dans les organismes.

Pour As et Cd, peu de différences significatives sont notées entre les sites échantillonnés comparativement à la population de référence, signant une faible contribution de ces éléments dans la Jalle (figure 5).

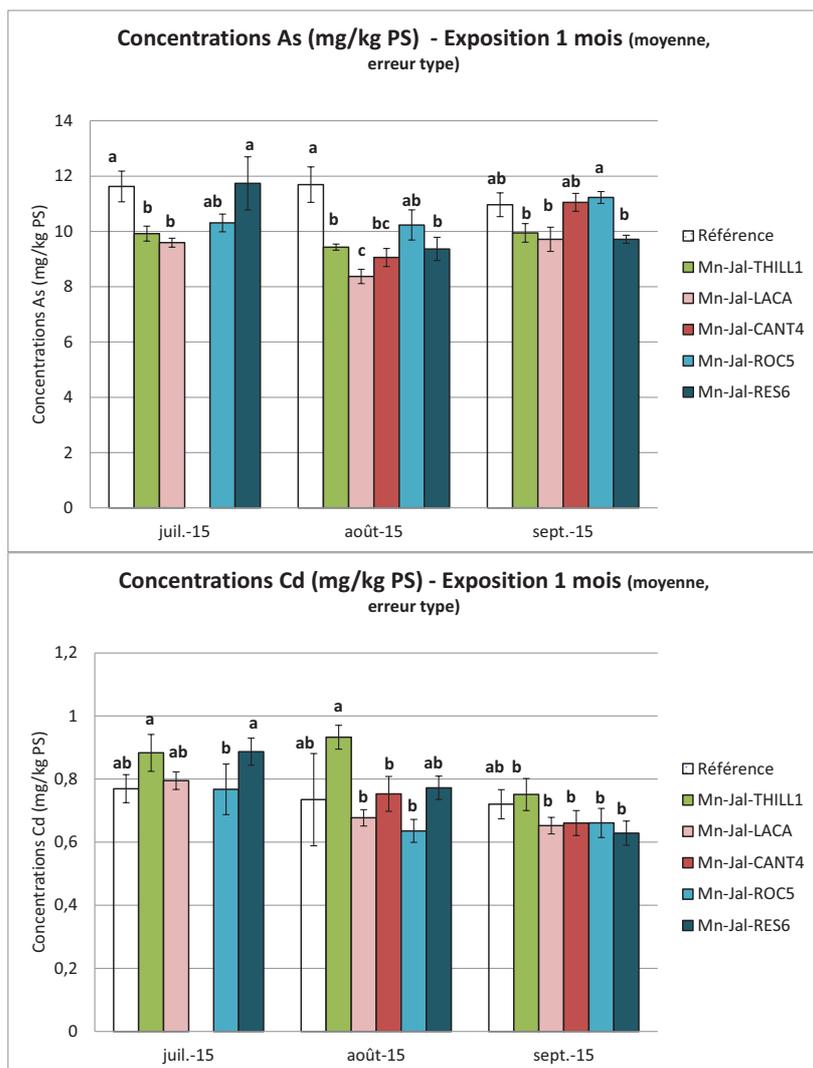


Figure 5- Bioaccumulation d'As et Cd dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Au contraire, nous observons pour les éléments Al, Fe et Mn des accumulations très significatives par rapport à la population de référence sur les sites les plus amont : Thill et amont STEU (Mn-Jal-LACA), avec des augmentations maximales d'un facteur 14, 5 et 4,5 respectivement pour chacun de ces éléments (figure 6). Nous observons ensuite un gradient décroissant de l'amont vers l'aval, avec les valeurs les plus faibles mesurées sur le site aval STEU (Mn-Jal-CANT4).

Ce gradient amont/aval ne permet pas d'identifier le site du Thill comme un réel site de référence sur la Jalle, ce qui nous a poussé à rajouter un site supplémentaire plus en amont sur le bassin versant de la Jalle au niveau de Caupian.

Concernant le site aval exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6), nous pouvons par contre noter en Juillet 2015 un pic d'accumulation significatif de ces éléments comparativement au site amont.

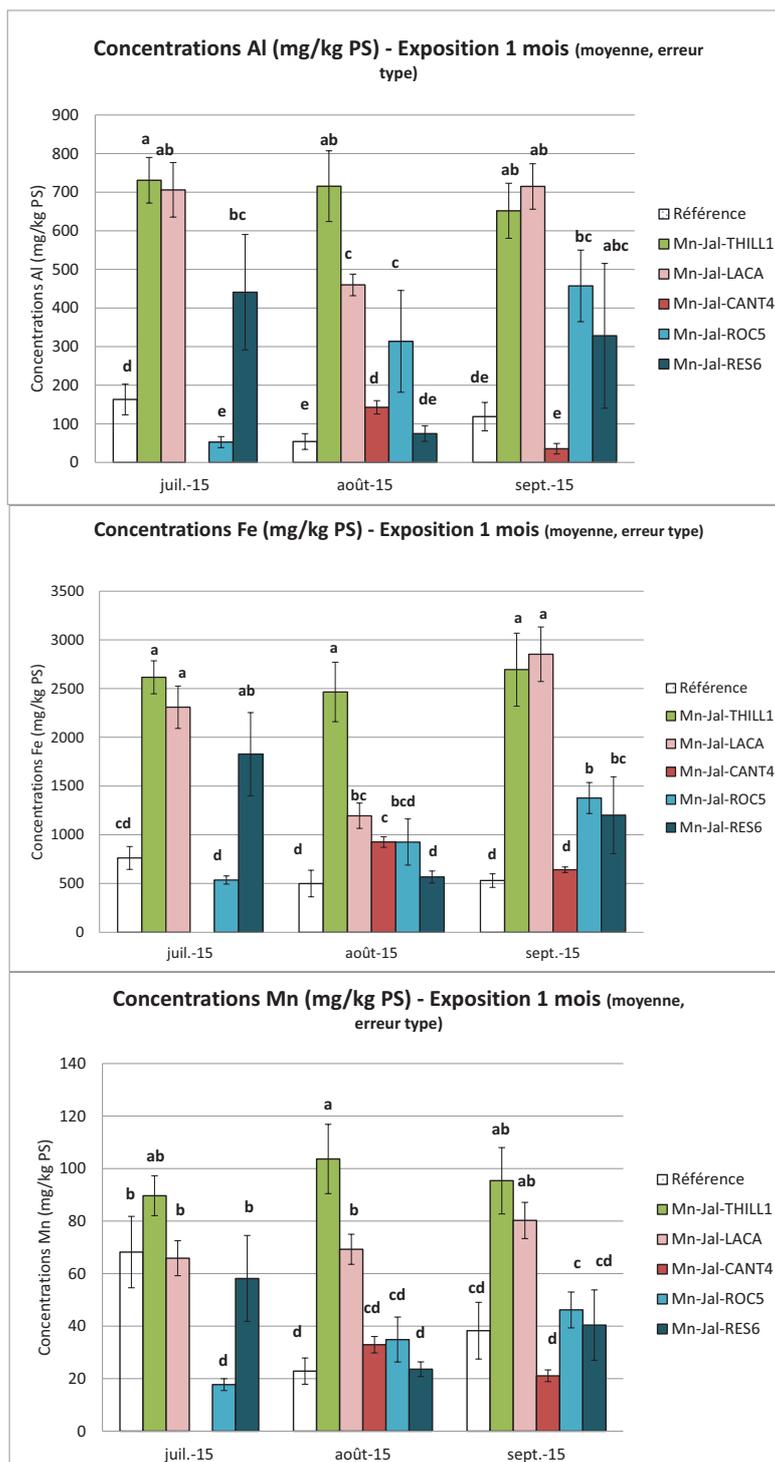


Figure 6- Bioaccumulation d'Al, Fe et Mn dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Pour Co, Cr et Ni, le même type de tendance que pour Al, Fe et Mn est observé, mais de façon moins marquée (figure 7). Ainsi, des accumulations significatives par rapport à la population de référence sont observées sur les sites les plus amont (Thill et amont STEU), puis une tendance à la décroissance amont/aval est mise en évidence. Enfin, en juillet 2015, le même pic que précédemment est observé à l'aval du rejet pluvial de la rocade.

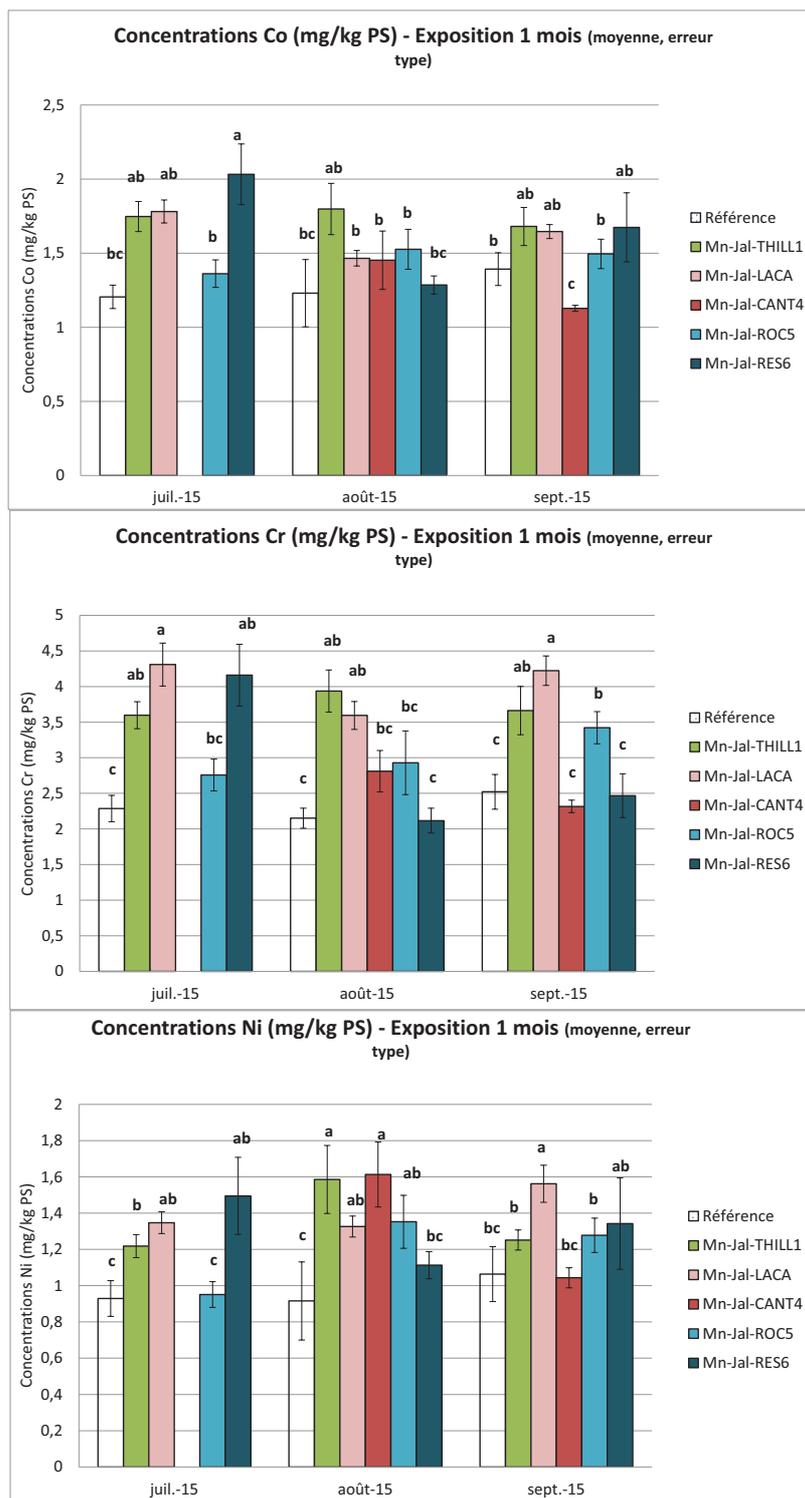


Figure 7- Bioaccumulation de Co, Cr et Ni dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Pour le Cu, un seul pic d'accumulation significatif est observé en Juillet 2015, signant à nouveau un apport du rejet pluvial de la rocade (figure 8). L'augmentation observée par rapport à l'amont de cet exutoire d'un facteur 2,3 est très significative étant donné le caractère essentiel de ce métal faisant l'objet d'une régulation intra-cellulaire forte. Pour Pb et V, le même pic d'accumulation est observé en Juillet 2015 à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade, et des concentrations plus élevées sont également mesurées pour V essentiellement sur l'amont du système.

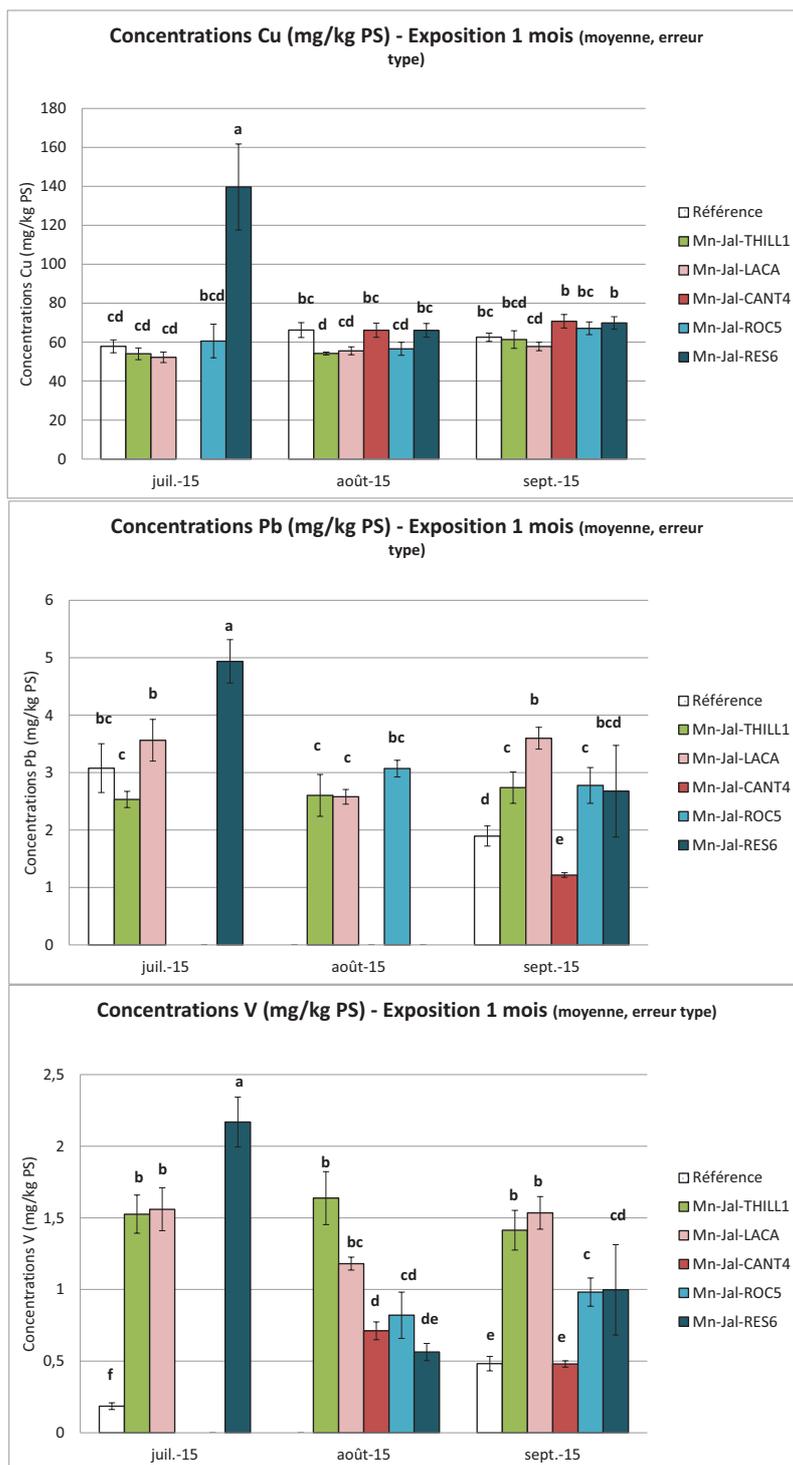


Figure 8- Bioaccumulation de Cu, Pb et V dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5). Les valeurs absentes en juillet sur le site Mn-Jal-ROC5 et en août pour la référence sont inférieures à la LD (0,47 mg/kg pour Pb et 0,26 mg/kg pour V).

Pour Se et Zn, les accumulations les plus élevées sont mesurées à l'aval du système, à partir de l'aval de la STEU, et à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade plus spécifiquement pour le Zn (figure 9). Comme précédemment évoqué pour le Cu, le Zn est un métal essentiel régulé pour lequel les augmentations observées à l'aval exutoire par rapport à l'amont de ce même rejet sont augmentées d'un facteur 1,7.

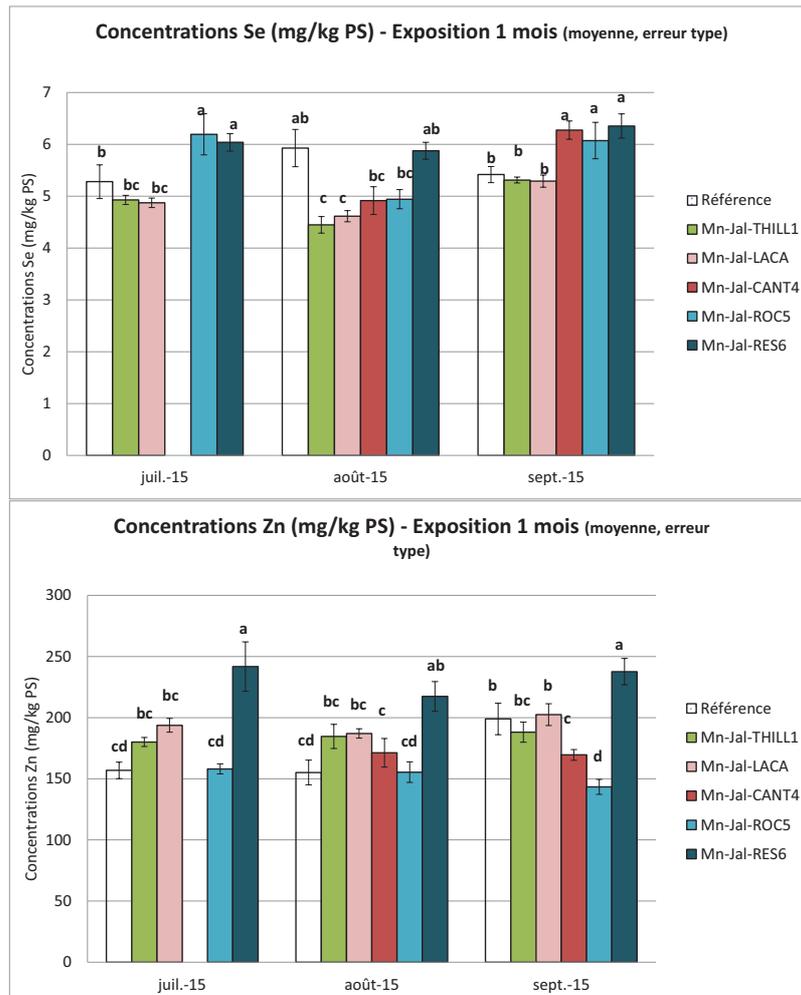


Figure 9- Bioaccumulation de Se et Zn dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

#### 4.1.3 Quantification des métallothionéines (MTs)

Les réponses les plus marquées en MTs, protéines de détoxification des métaux et de réponse au stress oxydant, sont observées à l'aval de la STEU en juin et septembre 2015, et également en août à Thill et à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade (figure 10). Il ne semble pas y avoir de lien direct avec les métaux mesurés dans les tissus, ce qui indiquerait la présence d'autres contaminants, probablement organiques, qui seraient responsables de ces réponses.

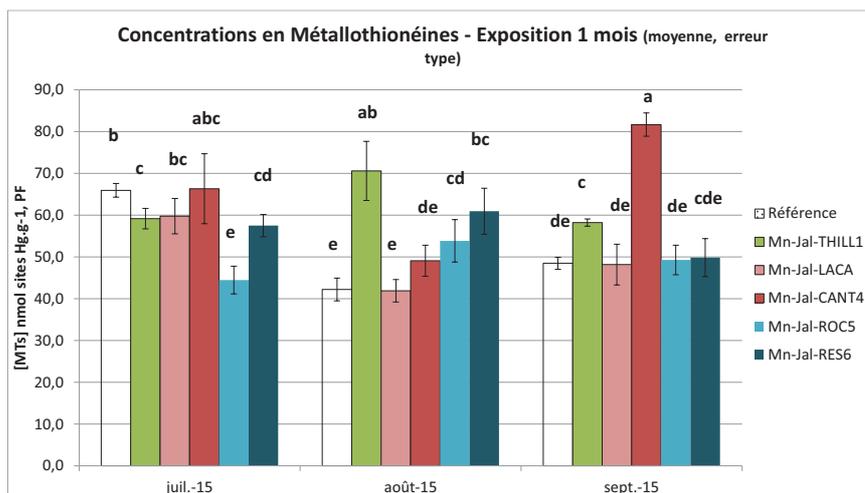


Figure 10- Concentrations en métallothionéines (MTs) mesurées dans les masses viscérales de *Corbicula fluminea* transplantés sur des périodes de un mois en juillet, août et septembre 2015 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

#### 4.2 Suivi annuel : périodes de transplantation de 3 mois (décembre 2015 décembre 2016)

Le suivi estival de trois fois un mois nous a d'abord permis de constater que les niveaux d'accumulation métallique étaient plus élevés à l'amont du linéaire et que Thill (Mn-Jal-THILL1) ne pouvait pas représenter notre site de référence. Le suivi d'un sixième site, Caupian, situé plus en amont dans la Jalle a été initié à partir de décembre 2015 (hiver) mais arrêté en juin 2016 (printemps) parce que la bioaccumulation dans les corbicules était aussi élevée qu'à Thill (Mn-Jal-THILL1). Nous avons choisi de ne pas présenter les données de Caupian parce qu'ils n'apportaient aucune valeur ajoutée à notre étude.

De plus, les données sont manquantes (i) à l'aval de la STEU (Mn-Jal-CANT4) en été 2016 et à l'automne liées respectivement à la perte des cages et une baisse du niveau de l'eau de la Jalle ayant entraînée la mortalité des corbicules, et (ii) à l'aval de l'exutoire (Mn-Jal-RES6) à l'automne liées à la mortalité soudaine des organismes. L'absence de valeurs est symbolisée sur les graphiques par des icônes « têtes de mort ».

##### 4.2.1 Indices de condition (IC)

Les indices de condition des *Corbicula fluminea* montrent pour la période hivernale une diminution générale de ces indices comparativement au site de référence, et ceci de façon significative sur les sites les plus amont (Mn-Jal-THILL1) et les plus aval (Mn-Jal-RES6) (figure 11). Au contraire, pour la période printanière, les organismes voient leurs indices de condition augmenter à la fois par rapport à l'hiver et par rapport au site de référence, ce qui signe une reprise importante de leur croissance dans la Jalle, probablement due à une augmentation des températures, ainsi qu'à un accroissement des ressources nutritives disponibles sous forme de phytoplancton. Nous ne pouvons pas exclure également l'impact du cycle de reproduction de ces organismes qui mûrent leurs gonades entre avril et mai (Baudrimont et al, 1997). En été, nous observons une baisse des indices de condition des corbicules transplantées dans la Jalle à l'aval de Thill probablement liée à une dégradation des conditions de vie (oxygène, ressources nutritives, ...). Alors que les indices restent stables au niveau de l'exutoire (Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6) à l'automne, ils augmentent respectivement de 28% et 32 % à Thill (Mn-Jal-THILL1) et à l'amont de la STEU (Mn-Jal-LACA) par rapport à la saison précédente. Ce constat laisse supposer un accroissement des ressources nutritives lié au deuxième bloom phytoplanctonique souvent observé à l'automne.

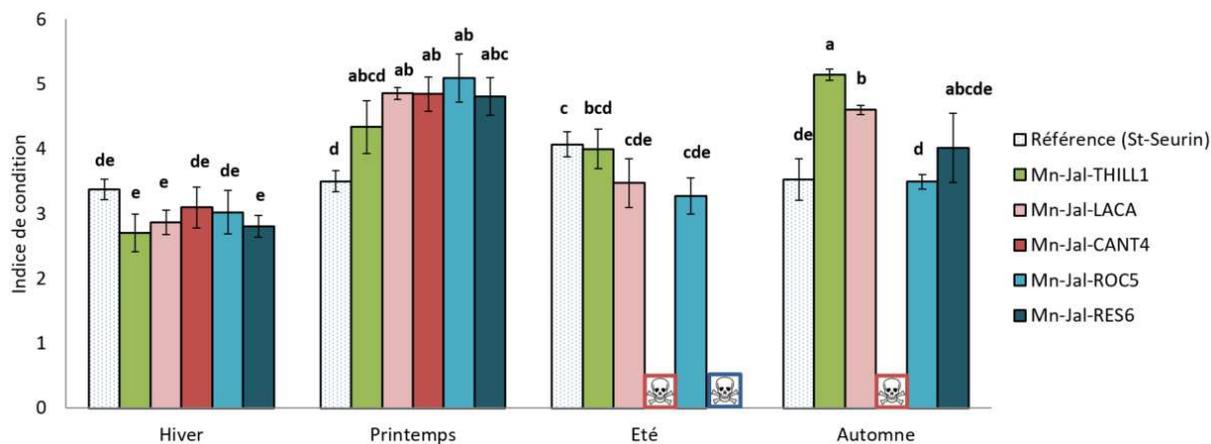


Figure 11- Indices de condition de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

#### 4.2.2 Bioaccumulations métalliques

Les accumulations d'Al, Co, Fe et V mesurées dans les *C. fluminea* transplantés pendant 3 mois sur les 5 sites (figure 12) montrent des profils similaires en fonction des sites et des saisons. Tout d'abord, des accumulations significatives par rapport à la population de référence sont notées essentiellement sur les sites amont (Mn-Jal-THILL1 et Mn-Jal-LACA), ainsi que sur les sites les plus aval, notamment l'aval exutoire pluvial de la rocade (Mn-Jal-RES6). Par exemple, l'Al est multiplié par un facteur 11 à Thill par rapport à la population de référence en été, le Co par un facteur 2, le Fe et le V par 5. Ensuite, la bioaccumulation diminue de l'hiver à l'automne de 60% pour Al, de 42% pour Co, de 32% pour Fe et de 48% pour V. Les valeurs plus élevées d'Al et Fe peuvent correspondre à un bruit de fond géochimique lié au bassin versant amont de la Jalle, conduisant à cet effet de gradient amont/aval. Les faibles valeurs observées sur le site aval STEU (Mn-Jal-CANT4) peuvent être expliquées quant à elles par une croissance plus élevée des organismes sur ce site en hiver, pouvant conduire à une dilution pondérale de l'accumulation.

Concernant As, Cu et Mn (figure 13), les accumulations sont proches et quasi constantes en fonction des sites le long de la Jalle pour les deux premières saisons, hormis pour le Mn sur le site amont de la STEU (Mn-Jal-LACA) au printemps. Sur la deuxième partie de l'année les concentrations en As et Mn augmentent respectivement de 30% et 35% en été puis baissent en automne excepté pour le Mn à l'amont de la Jalle. En revanche, les concentrations en Cu sont constantes jusqu'à l'été sur les sites situés à l'amont de la STEU puis baissent de 24% en automne, alors qu'elles augmentent de 20% au printemps sur les sites à l'aval de la STEU (Mn-Jal-CANT4, Mn-Jal-ROC5 et Mn-Jal-RES6) puis diminuent progressivement à partir de l'été jusqu'à retrouver leurs niveaux hivernaux en automne. Cette observation laisse supposer un apport en Cu de la STEU (Pereto, 2017) et/ou issu des produits phytosanitaires épandus durant cette saison sur les parcelles agricoles juxtaposant le ruisseau de la Jalle.

□ Référence (St-Seurin)    ■ Mn-Jal-THILL1    ■ Mn-Jal-LACA    ■ Mn-Jal-CANT4    ■ Mn-Jal-ROC5    ■ Mn-Jal-RES6

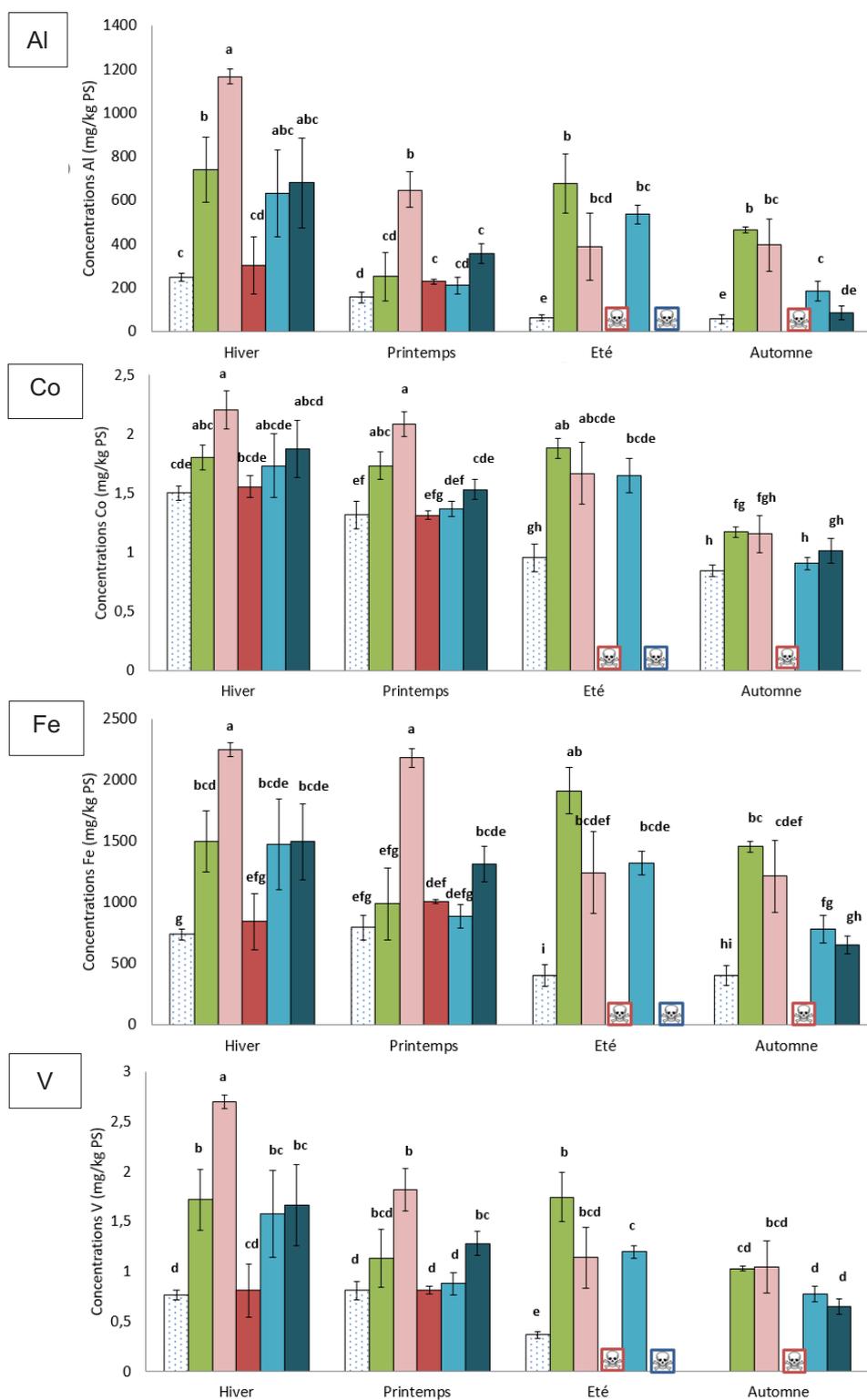


Figure 12- Bioaccumulation en Al, Co, Fe et V dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

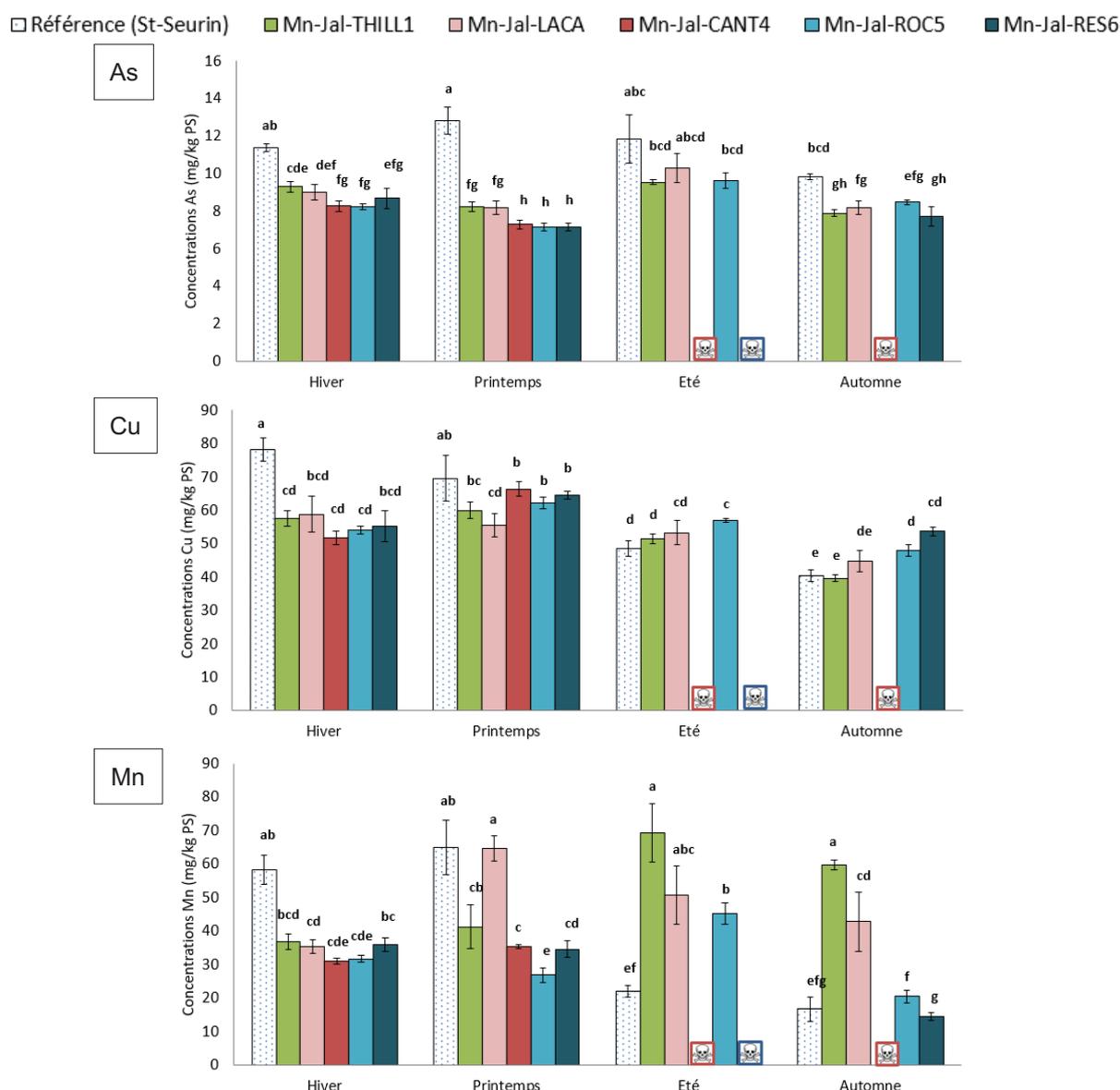


Figure 13- Bioaccumulation en As, Cu et Mn dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Les éléments Cr et Ni présentent des profils d'accumulation relativement similaires (figure 14). En effet, les bioaccumulations dans les bivalves en hiver, en été et en automne ont d'abord augmenté aux deux premiers sites amont comparativement à la référence, avec comme précédemment pour Al, Fe et V des valeurs légèrement plus faibles à Thill (Mn-Jal-THILL1) en hiver et à l'automne. Pour le site aval de la STEU (Mn-Jal-CANT4), les valeurs ne sont pas significativement différentes de nos témoins, alors qu'elles augmentent à nouveau en allant vers l'aval. Ensuite, les profils d'accumulation du Ni et du Cr sont les mêmes à chaque saison, hormis à l'automne où les concentrations en Cr sont plus élevées aux sites amont de la STEU (Mn-Jal-THILL1 et Mn-Jal-LACA) tandis que celle en Ni sont similaires le long du linéaire amont aval.

Ces résultats sont proches de ceux observés précédemment pour Al, Co, Fe et V avec des bioaccumulations plus marquées à l'amont sur la Jalle qu'à l'aval soit par l'intermédiaire du Thill en été et en automne, soit par l'intermédiaire du site amont de la STEU en hiver et au printemps. Encore une fois, ces résultats semblent signer des apports amont sur le Bassin versant de la Jalle qui sont supérieurs ou plus biodisponibles pour les organismes que ceux

provenant potentiellement de la station d'épuration ou de l'exutoire pluvial de la rocade.

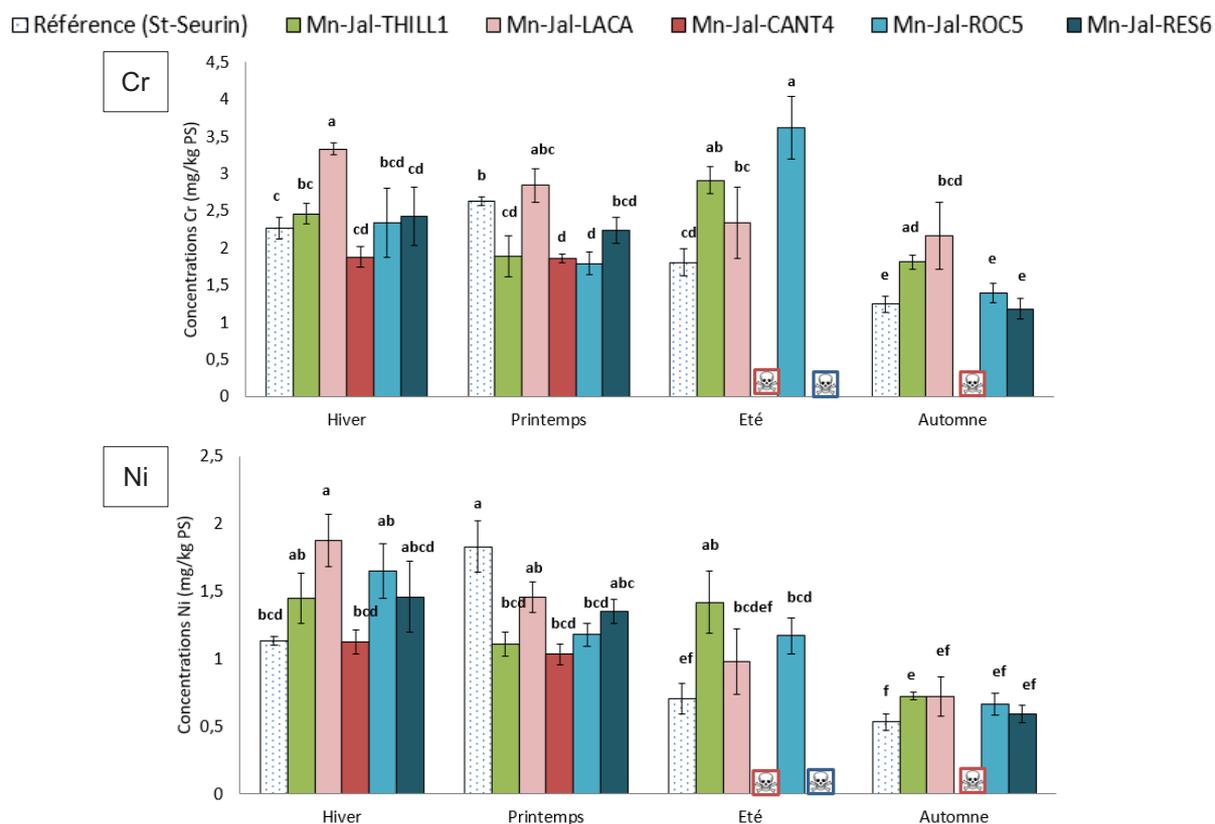


Figure 14- Bioaccumulation en Cr et Ni dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Pour le Cd, des accroissements significatifs des concentrations accumulées dans les bivalves sont observés en hiver et au printemps à Thill (Mn-Jal-THILL1) et à l'amont de la STEU (Mn-Jal-LACA), tandis que les concentrations diminuent vers l'aval, ne montrant plus de différences significatives avec la référence pour les 3 derniers sites (figure 15). En été, les niveaux de Cd croissent de 48 % à l'amont de l'exutoire (Mn-Jal-ROC5) jusqu'à atteindre ceux des sites plus en amont. A l'automne, la bioaccumulation baisse significativement à chaque site par rapport aux autres saisons (-21% pour Thill, -35% pour l'amont STEU et -21% pour l'amont exutoire pluvial de la rocade) atteignant des niveaux les plus bas de l'année. Encore une fois, des apports provenant de l'amont du bassin versant de la Jalle semblent plus importants que ceux provenant de la STEU ou de l'exutoire pluvial de la rocade

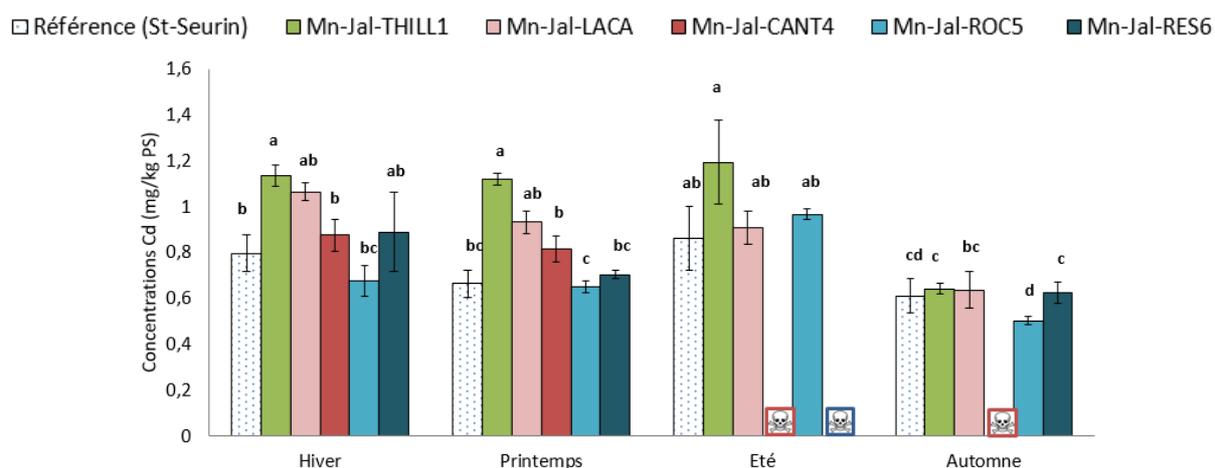


Figure 15- Bioaccumulation en Cd dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Pour le Pb, les valeurs de bioaccumulation mesurées dans les *Corbicula fluminea* transplantés dans la Jalle sont toutes inférieures à celles de la référence en hiver, et au printemps, elles sont inférieures pour deux sites, montrant dans ce cas une dépuración des organismes dans la Jalle. A l'inverse, en été et à l'automne, nous observons une accumulation en Pb dans nos organismes par rapport au site de référence.

De plus, les concentrations varient très peu à chaque site sur l'année, hormis à l'amont de l'exutoire pluvial (Mn-Jal-ROC5) avec une croissance de 114% entre le printemps et l'été.

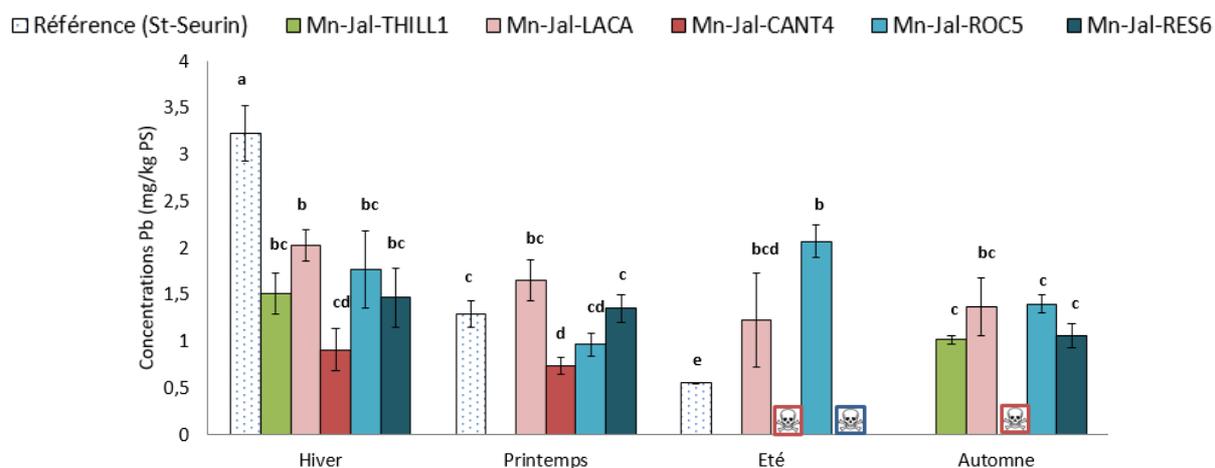


Figure 16- Bioaccumulation en Pb dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantées aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

Les accumulations de Se diminuent de l'hiver à l'automne et de l'amont vers l'aval sur le linéaire de la Jalle uniquement aux deux premières saisons (figure 17 A). Ces diminutions saisonnières semblent très corrélées aux variations d'indices de condition mesurés, ce qui pourrait témoigner d'une dilution pondérale de cet élément lors de la croissance et/ou de la reproduction des individus.

Pour le Zn, les concentrations varient d'abord peu entre les saisons et de l'amont vers l'aval de la Jalle excepté à l'automne où nous observons, comme pour le Cd, un pic d'accumulation à l'aval de l'exutoire pluvial (Mn-Jal-RES6) significativement supérieur à l'amont de l'exutoire. Ces deux métaux sont en effet très présents dans l'industrie automobile notamment dans la

fabrication de pneus ou dans l'huile du moteur (Councell et al, 2004 ; Davis et al, 2001) et peuvent être considérés comme des marqueurs de pollution routière. Ce phénomène ponctuel aussi observé durant les périodes d'encagement d'un mois en 2015 est directement dépendant des précipitations et du drainage des voiries. De plus, les concentrations en Zn restent relativement proches de celles de la population de référence hormis (1) à l'amont de la STEU (Mn-Jal-LACA) avec une augmentation significative en hiver (+32%) et au printemps (+17%), (2) à l'amont de l'exutoire pluvial (Mn-Jal-ROC5) en été (+33%) (3) à son aval (Mn-Jal-RES6) en automne (+55%).

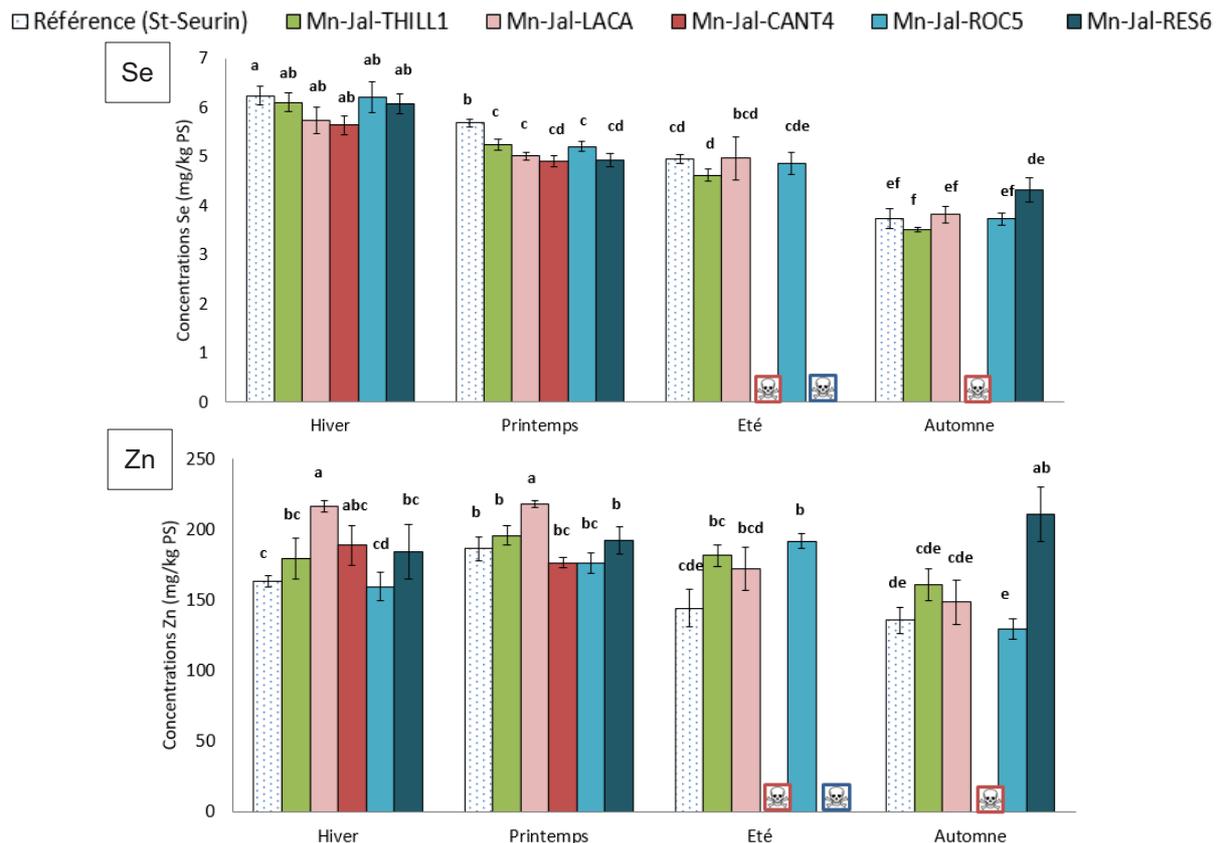


Figure 17- Bioaccumulation en Se et Zn dans les corps mous entiers de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

#### 4.2.3 Quantification des métallothionéines (MTs)

Les concentrations en métallothionéines sur les périodes de 3 mois décroissent dans le temps avec des concentrations en moyenne plus élevées en hiver (79,3 nmol de sites.g<sup>-1</sup>) et au printemps (73,3 nmol de sites.g<sup>-1</sup>) et plus faibles en été (61,5 nmol de sites.g<sup>-1</sup>) et en automne (55,8 nmol de sites.g<sup>-1</sup>). Nous remarquons aussi que les concentrations sont relativement élevées aux deux premières saisons et aux sites amont du linéaire sur la Jalle. Ces observations montrent ainsi un certain stress des individus en lien avec les accumulations de métaux observées précédemment. A l'inverse, les concentrations plus faibles au deux dernières saisons montrent un stress plus faible en lien avec la baisse de l'accumulation métallique souligné auparavant. Les métallothionéines sont en effet des protéines impliquées dans la régulation des métaux essentiels et non essentiels (Baudrimont et al, 1997), et les niveaux retrouvés dans les corbicules transplantés dans la Jalle sont corrélés significativement à l'Al, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Se et V.

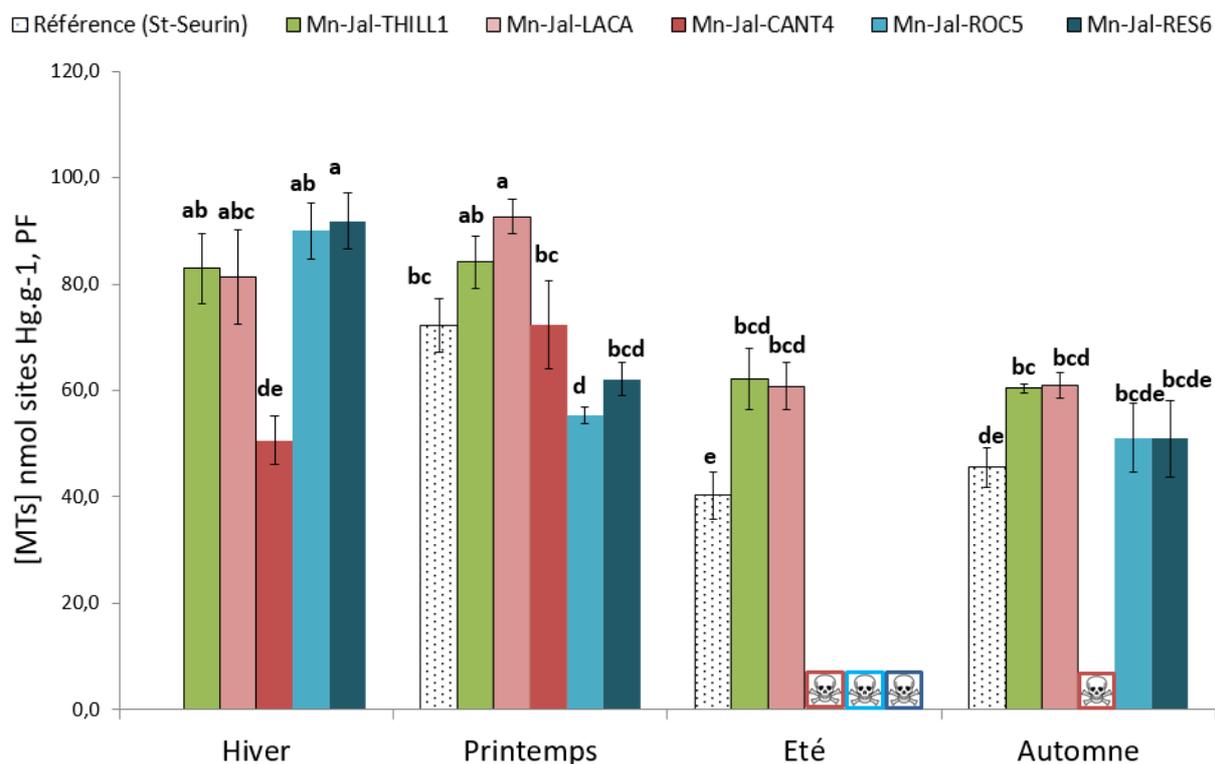


Figure 18- Concentrations en métallothionéines (MTs) mesurées dans les masses viscérales de *Corbicula fluminea* transplantés aux 4 saisons entre décembre 2015 et décembre 2016 sur les 5 sites de la Jalle de Blanquefort (moyennes  $\pm$  erreur type, n = 5).

#### 4.2.4 Séquençage haut débit de *C. fluminea*

Le transcriptome représente l'ensemble des gènes qui sont exprimés (transcrits) par un organisme. A la différence du génome, ce répertoire n'est pas fixe. En effet les gènes exprimés, ainsi que leur niveau d'expression peuvent différer en fonction des conditions environnementales par exemple. Les étapes nécessaires à son séquençage sont (i) la purification des transcrits, (ii) leur fragmentation en courts fragments, (iii) le séquençage de ces fragments et enfin (iv) leur réassemblage par bioinformatique afin de reconstituer les transcrits originaux.

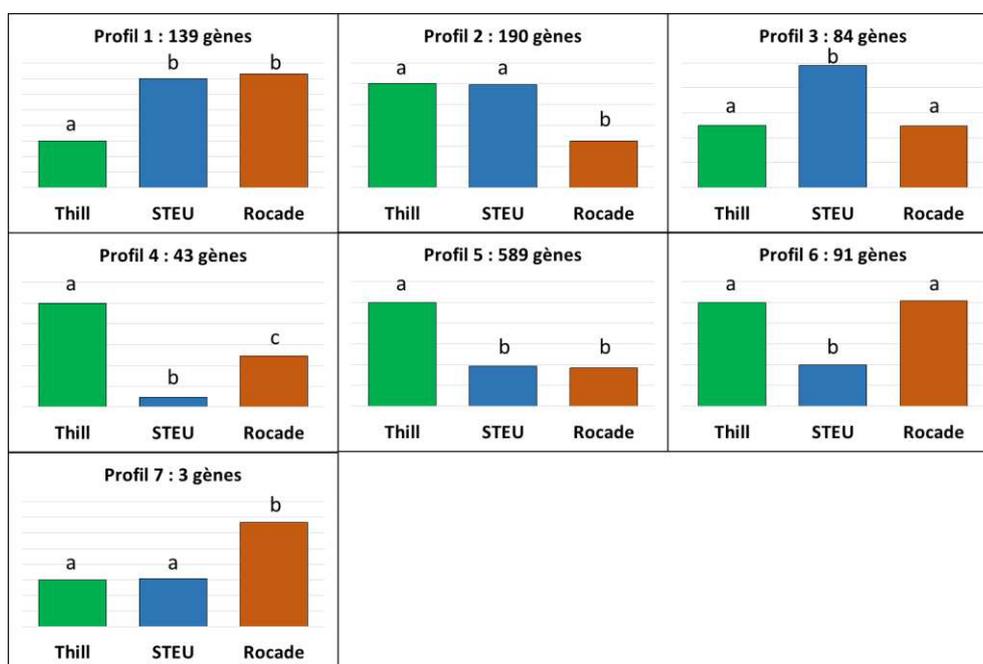
Un transcriptome de *C. fluminea* a déjà été assemblé (Chen *et al.* 2013). Cependant, celui-ci n'est pas disponible publiquement et sa qualité est inférieure à la majorité des transcriptomes publiés ces dernières années pour des espèces non-modèles. A savoir un nombre très élevé de séquences (plus de 130 000) et de tailles réduites (environ 800 paires de bases en moyenne), ce qui suggère un transcriptome très fragmenté. Enfin, peu de ces séquences (environ 20%) ont des homologues avec des séquences connues. Ces constatations ont motivé l'assemblage d'un nouveau transcriptome par nos soins.

Le transcriptome obtenu ici contient 58 291 gènes (transcrits) d'une longueur moyenne de 1 690 paires de bases. Afin d'évaluer si ces gènes sont « complets », nous avons recherché grâce au programme BUSCO (Simao *et al.* 2015) les gènes correspondant à un ensemble de 978 protéines communes à l'ensemble des animaux dont les génomes ont été séquencés. Dans notre cas, 98,7% de ces gènes sont retrouvés sous forme non-fragmentée.

Dans notre transcriptome, 23 759 transcrits (40,7 %) codent pour des protéines qui montrent une homologie avec les banques de données que nous avons utilisées (le plus souvent avec l'huître *Crassostrea gigas*). Ces valeurs sont comparables à celles obtenues chez d'autres espèces de bivalves. Tous ces paramètres montrent la grande qualité des données obtenues

et valident leur utilisation dans l'étude des réponses biologiques de l'espèce face à une contamination.

L'expression génique entre les individus des sites Thill (Mn-Jal-THILL1) et aval STEU (Mn-Jal-CANT4) a été comparée pour évaluer l'impact de la station de traitement. L'expression de 2 287 transcrits est affectée entre ces 2 sites. 1 386 sont surexprimés et 901 sont réprimés en aval de la station d'épuration. La comparaison entre les individus en aval de la STEU et ceux en aval du collecteur Rocade (Mn-Jal-RES6) montre que 625 et 1 276 gènes sont respectivement surexprimés et réprimés en aval du collecteur. Soit 1 901 gènes différentiellement exprimés. Ces résultats permettent de classer les gènes en 7 catégories (ou profil d'expression) en fonction de leur comportement d'un site à l'autre (figure 19). Par exemple, les profils 3 et 7 contiennent des gènes dont l'expression est respectivement accrue en aval de la STEU et du collecteur. De tels gènes pourraient alors représenter autant de nouveaux biomarqueurs spécifiques d'une exposition aux différents types d'effluents.



**Figure 19- Représentation schématique (en unités arbitraires) des principaux profils d'expression génique entre les sites Thill (Mn-Jal-THILL1), STEU (Mn-Jal-CANT4) et Rocade (Mn-Jal-RES6). Le nombre de gènes suivant chaque profil est indiqué. Les lettres a, b et c indiquent des différences significatives.**

Sur la base de ces résultats, 25 gènes montrant les plus fortes variations ont été choisis comme cibles. Ils seront étudiés par PCR en temps réel dans la suite du projet pour confirmer les résultats obtenus en bioinformatique dans un premier temps. Ces 25 gènes d'intérêt serviront également dans la suite du projet pour l'évaluation de l'impact écotoxicologique sur des organismes transplantés dans la Jalle pour une phase de diagnostic d'un an.

Une analyse fonctionnelle des gènes variant entre les 3 sites nous a permis de déterminer les processus biologiques les plus fortement impactés d'un site à l'autre. Ainsi, le métabolisme des protéines (synthèse, conformation et dégradation) apparaît comme le processus le plus affecté entre les 3 sites. On remarque également des impacts sur le métabolisme énergétique avec, entre Thill et STEU, un effet sur la mobilisation des réserves de glucose (gluconéogenèse) et, entre STEU et Rocade, un effet sur le métabolisme lipidique (synthèse des acides-gras).

## 5 Conclusion

Les résultats obtenus suite à l'encagement des bivalves filtreurs *Corbicula fluminea* durant la période estivale de 2015 sur des périodes d'un mois, puis annuelle de l'hiver à l'automne 2016 sur des périodes de 3 mois, montrent des accumulations très notables de plusieurs éléments traces métalliques essentiels (Cr, Co, Fe, Mn et V) et non essentiels (Al, Cd et Ni) le long de la Jalle comparativement à la population de référence. De plus, nous observons de plus fortes accumulations en hiver et au printemps pouvant être liées, d'une part aux précipitations pouvant lessiver les sols agricoles, les voiries ou encore les toitures entraînant les éléments vers les cours d'eau. D'autre part, les conditions du milieu (température, oxygénation de l'eau, phytoplancton) à ces périodes sont plus favorables au développement des organismes. Ils ont donc une forte activité métabolique, notamment au printemps, entraînant une exposition aux polluants et une bioaccumulation accrues. A l'inverse, les accumulations sont moins marquées en été et en automne probablement liées aux conditions physico-chimiques moins favorables au développement des corbicules (manque d'oxygène par exemple et fortes températures). De plus, ces saisons sont marquées par une période d'étiage impliquant peu de lessivage et donc peu d'apports métalliques. Ce sont vraisemblablement pour ces raisons que la bioaccumulation est réduite.

Pour la plupart des métaux accumulés, un gradient de concentrations qui diminuent de l'amont vers l'aval est aussi observé, indiquant soit des apports issus du bassin versant amont de la Jalle soit un bruit de fond géochimique très élevé à l'amont. Ces apports amont masquent en partie les effets potentiels des rejets issus de la STEU ou de l'exutoire pluvial de la rocade. Néanmoins, au cours de l'été 2015, des pics d'accumulation de métaux ont été observés juste à l'aval de l'exutoire, soulignant des apports ponctuels très élevés issus de ce rejet. La station d'épuration montre quant à elle très peu d'apports métalliques, en revanche, la réponse des MTs en été est très marquée à l'aval de ce rejet, ce qui suggère des apports organiques susceptibles d'impacter les organismes, notamment par la génération d'un stress oxydant. La Jalle semble ainsi relativement complexe en termes d'apports de contaminants, et révèle des impacts visibles sur les organismes aquatiques, en termes de bioaccumulation métallique et de réponses des métallothionéines (protéines de détoxification des métaux et de réponse au stress oxydant). De plus, l'analyse novatrice par séquençage haut débit du transcriptome de *C. fluminea* a permis de mettre en évidence des modifications dans l'expression de près de 3800 gènes. L'analyse des fonctions associées à ces gènes nous a permis de déterminer les atteintes cellulaires potentiellement engendrées par les contaminants présents sur les 3 sites d'étude.

## 6 Références citées

- Arini A., Baudrimont M., Feurtet-Mazel A., Coynel A., Blanc G., Coste M., Delmas F. (2011). Comparison of periphytic biofilm and filtering bivalves metal bioaccumulation (Cd and Zn) to monitor hydrosystem restoration after industrial remediation: a year of biomonitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, 13: 3386-3398.
- Arini A., Gourves PY., Gonzalez P. and Baudrimont M. (2015). Metal detoxification and gene expression regulation after a Cd and Zn contamination: an experimental study on *Danio rerio*. *Chemosphere*, 128: 125-133.
- Baudrimont, M., Lemaire-Gony, S., Métivaud, J., Ribeyre, F. and Boudou, A. (1997). Seasonal variations of metallothionein concentrations in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 118C (3): 361-367.
- Baudrimont M., Metivaud J., Maury-Brachet R., Ribeyre F., Boudou A. (1997) Bioaccumulation and metallothionein response in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) after experimental exposure to cadmium and inorganic mercury, *Environmental toxicology and chemistry*, 16, 2096-2105.
- Baudrimont, M., Andrès, S., Métivaud, J., Lapaquellerie, Y., Ribeyre, F., Maillet, N., Latouche, C. and Boudou, A. (1999). Field transplanted of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* along a polymetallic contamination gradient (river Lot, France) - Part II: Metallothionein response to metal exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18, 2472-2477.
- Baudrimont M., Chelini A., Gourves PY., Maury-Brachet R. and Legeay A. (2016). On the possibility to produce again oysters *Crassostrea gigas* in the North Médoc salt marshes (Gironde estuary, Southwestern France): a comparison study of metals bioaccumulation in spats 13 years after. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1-2): 184-193.
- Cabau, C., Escudié, F., Djari, A., Guiguen, Y., Bobe, J., and Klopp, C. (2016). Compacting and correcting Trinity and Oases RNA-Seq de novo assemblies (PeerJ Preprints).
- Chen H, Zha J, Liang X, Bu J, Wang M, Wang Z (2013) Sequencing and De Novo Assembly of the Asian Clam (*Corbicula fluminea*) Transcriptome Using the Illumina GAIx Method . *PLoS ONE* 8(11): e79516.
- Council T.B., Duckenfield K.U., Landa E.R., and Callender E. (2004) Tire-Wear Particles as a Source of Zinc to the Environment. *Environmental Science and Technology*, 38, pp 4206–4214.
- Davis A., Shokouhian M., Ni S. (2001) Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources, *Chemosphere*, 44, Pages 997-1009,
- Marie V., Baudrimont M. and Boudou A. (2006a). Cadmium and zinc bioaccumulation and metallothionein response in two freshwater bivalves (*Corbicula fluminea* and *Dreissena polymorpha*) transplanted along a polymetallic gradient. *Chemosphere*, 65, 609-617.
- Marie V., Gonzalez P., Baudrimont M., Bourdineaud JP. and Boudou A. (2006b). Metallothionein response to cadmium and zinc exposures compared in two freshwater bivalves, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*. *Biometals*, 19, 399-407.
- Pereto C. (2017) Relation entre qualité géochimique des eaux et bioaccumulation métallique chez *Corbicula fluminea* : cas de l'agglomération bordelaise, Rapport de stage Master 2, 49pp.
- Simão, F.A., Waterhouse, R.M., Ioannidis, P., et al. (2015). BUSCO: assessing genome assembly and annotation completeness with single-copy orthologs. *Bioinformatics* 31, 3210-3212.

## 7 Résumé

Les bivalves filtreurs sont des organismes couramment utilisés dans la biosurveillance de la contamination des écosystèmes aquatiques, mais également de leurs effets toxiques. En eau douce, le bivalve filtreur *Corbicula fluminea* est un bon indicateur de la contamination des milieux aquatiques par des méthodes de biosurveillance active (encagement). Néanmoins, à l'heure actuelle, peu d'outils moléculaires sont disponibles chez cette espèce afin de pouvoir étudier de façon globale la réponse de ces organismes aux contaminants présents dans leur environnement. Parmi ces outils, la transcriptomique constitue un moyen sensible et rapide de caractériser la réponse développée par les organismes et populations face à des changements survenant dans leur environnement, que ces changements soient d'origines naturelle ou anthropique. Les objectifs de cette tâche sont ainsi : (1) de caractériser les substances métalliques issues de différents rejets (STEU et exutoire pluvial de la rocade) dans la Jalle de Blanquefort par l'analyse de leur bioaccumulation dans les tissus de *C. fluminea* par biosurveillance active sur différents sites ; (2) de développer un outil précoce d'analyse des effets en ayant recours au séquençage haut débit du transcriptome ; (3) d'évaluer l'impact écotoxicologique durant une première phase de diagnostic pendant un an sur les organismes transplantés dans la Jalle.

Pour cela, des organismes provenant d'une population de référence (St Seurin sur l'Isle, peu contaminée par les métaux) ont été encagés sur des périodes d'un mois durant l'été 2015, puis sur des périodes de 3 mois pendant l'année 2016, avec renouvellement des individus à chaque prélèvement. A l'issue de chaque période, des mesures biométriques ont permis de déterminer l'indice de condition des organismes, puis les tissus ont été prélevés afin d'analyser 14 éléments métalliques et d'étudier la réponse des protéines de détoxification des métaux, les métallothionéines (MTs), et l'expression des gènes par séquençage haut débit puis PCR quantitative en temps réel.

Les résultats obtenus montrent d'abord des accumulations très notables de plusieurs éléments traces métalliques le long de la Jalle comparativement à la population de référence, notamment pour Al, Fe, Mn, V, Cd, Co, Cr et Ni. De plus, nous observons de plus fortes accumulations en hiver et au printemps et de plus faibles en été et en hiver probablement liées aux précipitations, aux blooms phytoplanctoniques et aux conditions physico-chimiques. Pour la plupart des métaux accumulés, un gradient de concentrations qui diminuent de l'amont vers l'aval est observé, indiquant soit des apports issus du bassin versant amont de la Jalle soit un bruit de fond géochimique très élevé à l'amont. Ces apports amont masquent en partie les effets potentiels des rejets issus de la STEU ou de l'exutoire pluvial de la rocade. Néanmoins, au cours de l'été et à l'automne, des pics d'accumulation de métaux ont été observés juste à l'aval de l'exutoire pluvial de la rocade, soulignant des apports ponctuels très élevés issus de ce rejet. La station d'épuration montre quant à elle très peu d'apports métalliques, en revanche, la réponse des MTs en été est très marquée à l'aval de ce rejet, ce qui suggère des apports organiques susceptibles d'impacter les organismes, notamment par la génération d'un stress oxydant. Ce milieu révèle ainsi des impacts visibles sur les organismes aquatiques, en termes de bioaccumulation métallique et de réponses des métallothionéines. De plus, l'analyse novatrice par séquençage haut débit du transcriptome de *C. fluminea* a permis de mettre en évidence des modifications dans l'expression de près de 3800 gènes, révélant des atteintes cellulaires au niveau du métabolisme des protéines (synthèse, conformation et dégradation). Des impacts sont également observés sur le métabolisme énergétique avec, entre Thill et STEU, un effet sur la mobilisation des réserves de glucose et, entre STEU et Rcade, un effet sur le métabolisme lipidique.



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 4 : SUIVI ET EVALUATION DES GAINS DES DIFFERENTES SOLUTIONS MISES EN PLACE

### TACHE 4.2. EVALUATION ECONOMIQUE

#### **SOUS-TACHE 4.2.2 CADRE PREALABLE POUR UNE EVALUATION ECONOMIQUE DES BENEFICES DE REDUCTION DES MICROPOLLUANTS DE LA SOURCE HOSPITALIERE**

Livrable n°422 : Rapport et guide méthodologique sur l'évaluation économique multiattributs  
sur la source hospitalière

Version finale - Avril 2019

Auteurs : J. Dachary-Bernard, Irstea-ETBX





## Introduction générale

La question de la réduction des micropolluants d'origine hospitalière devient un enjeu important à l'échelle des collectivités. La présence de résidus médicamenteux dans les eaux usées mobilise la communauté scientifique sur leurs impacts sanitaires et environnementaux. Le projet REGARD a permis d'améliorer les connaissances dans ce domaine en ce qui concerne le territoire de Bordeaux Métropole tant au niveau de la caractérisation chimique des micropolluants d'origine hospitalière (lot 1) qu'en termes de pratiques hospitalières impliquées et des leviers d'action envisageables pour réduire cette pollution (lot 3). Cependant, l'état des connaissances à ce jour ne permet pas à l'économie de disposer d'un cadre suffisamment dimensionné pour proposer une évaluation économique de ce que la population retirerait de solutions de traitement à la source (comportementale et techniques).

Certains travaux en évaluation économique se sont intéressés au cas particulier des résidus médicamenteux dans les eaux urbaines (Kotchen et al., 2009). Ils évaluent le consentement des ménages à payer pour et leur disposition à participer à certains programmes de recyclage de médicaments. Même si ce type d'étude souligne l'intérêt croissant pour l'enjeu, la seule source domestique est concernée et au regard du seul comportement de rejet dans les déchets de médicaments périmés ou devenus inutiles (ce qui n'expliquerait qu'une part infime de substances médicamenteuses dans le milieu). D'autres travaux ciblent plus particulièrement la réduction des résidus médicamenteux dans les eaux usées hospitalières (Schuwirth et al., 2012) sur la base d'une démarche multicritères, de manière à identifier les solutions « partagées » par les différentes parties prenantes pour réduire la présence de composés pharmaceutiques dans les eaux usées hospitalières. Dans ce cas, l'étude a pour objet d'identifier les solutions acceptables par l'ensemble des acteurs impliqués, mais aucune estimation économique de ces solutions n'est proposée.

Dans ce contexte, la proposition que nous avons faite est de développer un cadre de référence pour supporter une éventuelle analyse coût-bénéfice dans le cadre de la réduction des micropolluants d'origine hospitalière. En particulier, nous proposons d'étudier la manière dont une méthode des choix multi-attributs (telle que celle appliquée à la source domestique, tâche 4.2.1) pourrait être mobilisée à la source hospitalière. Pour cela, les résultats des autres tâches du projet concernées par la source hospitalière et une étude de la littérature en économie devait être menée pour proposer ce cadre méthodologique.

La présente note revient dans un premier temps sur l'enjeu de la réduction des micropolluants à la source hospitalière, en s'appuyant en particulier sur les éléments issus des travaux en sociologie du projet. L'état de la littérature a été en effet infructueux, aucune évaluation économique des bénéfices attendus d'une réduction des micropolluants à la source hospitalière n'ayant été réalisée jusqu'ici à notre connaissance. Dans un deuxième temps, nous présenterons les deux pistes d'évaluation qui selon nous pourraient être menées par les gestionnaires souhaitant mesurer de tels bénéfices. Nous concluons avec quelques conseils de mise en œuvre nécessaires à avoir à l'esprit avant de mener de telles enquêtes.

## Enjeu de la réduction des micropolluants à la source hospitalière

L'hôpital est aujourd'hui à la croisée de nombreux défis. L'un d'entre eux renvoie à l'engagement des structures de soins dans des démarches RSE, et des politiques environnementales tout en veillant à ce que celles-ci puissent s'articuler avec les exigences prioritaires de performance qualitative des soins. Cela renvoie plus largement à l'intégration des problématiques environnementales et de celles de la santé au travail. Un autre défi directement lié à la santé renvoie à l'émergence de nouvelles pratiques de soin, en particulier le développement de l'ambulatoire qui implique que les patients soient traités à leur domicile. Les frontières même de l'activité de soin se sont donc déplacées, sont désormais mouvantes, fluctuantes et questionnent l'adaptation de certaines politiques de gestion hospitalière « hors les murs ».

Dans le cas qui nous occupe ici, à savoir l'enjeu de la réduction des micropolluants à la source hospitalière, on ne peut répondre sans tenir compte de ces défis que l'hôpital doit relever. Certes, de nombreux travaux ont mis en évidence depuis plusieurs années l'impact de l'hôpital sur le milieu à travers l'émission de micropolluants, principalement les résidus médicamenteux et les biocides. Cependant, il n'a été estimé qu'à 7% la part de ces micropolluants présents dans les eaux usées issues de la source hospitalière. On pourrait donc considérer comme moins prioritaire d'agir au niveau de la source hospitalière par rapport à la source domestique par exemple. Pour autant, il semble nécessaire de poser la question des pratiques de santé au-delà même de l'hôpital, et d'interroger l'écologisation des pratiques hospitalières au regard des nouvelles réflexions sur la santé au travail.

Mais de quoi parle-t-on quand on parle de micropolluants à la source hospitalière ? Si les résidus médicamenteux sont facilement pointés du doigt dès lors qu'on évoque la source hospitalière, ils ne sont pas les seules molécules produites par les hôpitaux (biocides) ce qui renvoie à de nombreuses pratiques hospitalières autour desquelles des changements permettraient une réduction de l'émission des micropolluants. La figure ci-dessous (reprise de l'étude en sociologie menée dans le projet REGARD) présente de façon schématique les pratiques associées aux médicaments ou aux produits d'entretien : prise de médicaments et rejets (à l'hôpital ou en ambulatoire) et entretien des locaux hospitaliers.

Cette même étude en sociologie<sup>12</sup> avait pu mettre en évidence plusieurs grands résultats relatifs aux pratiques à la source hospitalière en rapport avec l'émission de micropolluants. L'un de ces résultats renvoie à l'émergence de la responsabilité environnementale au côté de la responsabilité sanitaire à travers l'expatriation progressive des activités de soins. Un autre point important partagé par l'ensemble du personnel hospitalier renvoie à la priorisation de la santé sur l'environnement. En revanche, cette étude révélait une hétérogénéité au sein de la communauté hospitalière dans la prise de conscience de la contamination de l'eau par les médicaments et les biocides. Enfin, et de façon cohérente avec les précédentes conclusions énoncées, le risque de santé au travail apparaissait comme une porte d'entrée féconde pour mener des actions de sensibilisation.

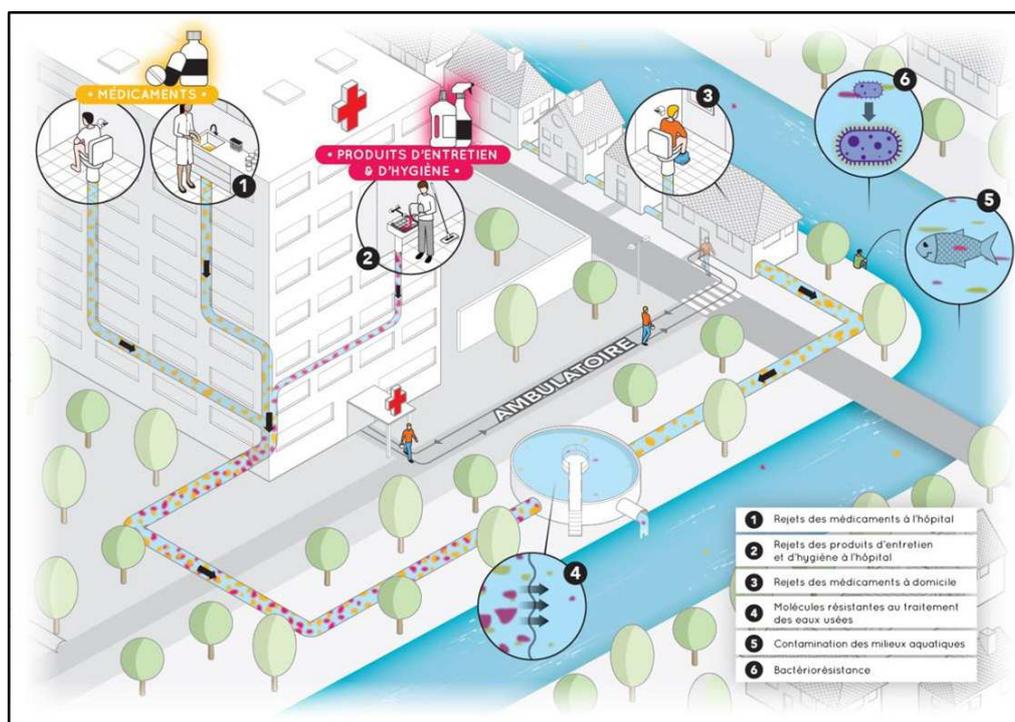
Plusieurs préconisations ont ainsi été formulées, et ont donné lieu à une fiche action produite par REGARD. L'évaluation envisagée ici ne consiste pas à évaluer précisément ces propositions d'actions,

---

<sup>1</sup> Geoffrey Carrère, 2016. « Vers une gestion à la source des résidus de médicaments et des biocides. Analyse sociologique de la source hospitalière », rapport de recherche post-doctorale.

<sup>2</sup> Denis Salles, 2019. « Bilan des actions issues des préconisations de l'étude sociologique sur la réduction à la source des résidus médicamenteux d'origine hospitalière », livrable n°341.

mais présente la façon dont il pourrait être réalisée une telle évaluation sur la base en particulier de ces actions préconisées à la source hospitalière.



### Quelle(s) proposition(s) d'évaluation économique à la source hospitalière ?

L'évaluation économique des bénéfices attendus de la réduction des micropolluants à la source hospitalière a pour objectif de mesurer de façon monétaire les bénéfices (ou coûts) que retireraient les individus d'une amélioration de la qualité des eaux du milieu naturel s'il y avait moins de micropolluants à la source hospitalière. Ce type de démarche permettrait d'identifier les coûts ou les bénéfices « non marchands » associés à une stratégie de réduction des micropolluants à la source hospitalière. Dans le but d'alimenter une éventuelle analyse coûts-bénéfices que pourrait souhaiter mener les gestionnaires de l'eau.

Cependant comme rappelé plus haut, les enjeux connus par le secteur hospitalier nous ont amenés à faire évoluer notre proposition, et l'adapter à ce contexte. En particulier, l'entrée par la source peut ne pas être judicieuse dans certains cas, et il s'agirait alors de déplacer l'analyse à l'échelle d'une famille de micropolluants.

Nous distinguons donc (à l'instar d'autres études comme celle du projet RILACT Sipibel) les résidus de médicaments et les biocides, produits chimiques de nettoyage et de désinfection. Ces deux familles de produits renvoient à des acteurs variés et à des leviers en matière de changements de pratiques différents. Il s'agit donc de deux pistes d'évaluation économique intéressantes, qui pourraient être menées en parallèle ou indépendamment l'une de l'autre (cf. schéma ci-dessous). Chacune de ces deux pistes amène une proposition d'évaluation économique spécifique.

Agir sur les résidus médicamenteux

La première piste consisterait à agir sur résidus médicamenteux, avec un objectif de santé constant. La priorisation de la santé sur l'environnement est en effet une contrainte majeure associée aux pratiques de soin, et reste donc centrale dans les propositions d'étude que nous formulons ci-dessous. L'hospitalisation à domicile est une première évolution importante que connaît l'hôpital et qui déplace finalement la question de la réduction des résidus médicamenteux à la source domestique aussi. Par conséquent, sur ce point, l'enquête que nous avons menée dans REGARD à la source domestique peut servir de référence pour qualifier et mesurer les préférences des ménages de la métropole pour une réduction des micropolluants à la source domestique<sup>3</sup>.

Pour autant, cette enquête ciblait plusieurs familles de micropolluants et pas seulement les résidus médicamenteux. Il serait donc nécessaire d'affiner la problématique en ciblant les pratiques de soin qui permettraient, pour une efficacité de soin identique, de limiter le rejet de résidus médicamenteux dans le milieu. Il s'agit de la proposition 1 que nous formulons à l'intention de gestionnaires de l'eau ci-dessous.

PROPOSITION 1 : Comment les patients perçoivent-ils une évolution des pratiques de l'usage des médicaments dans le but d'améliorer la qualité chimique du milieu ?

Quelle marge d'évolution autour des pratiques de soins en milieu hospitalier et en ambulatoire tout en respectant « la santé avant tout » ? Il s'agirait ici de chercher à mesurer les bénéfices (sociaux) que retireraient les patients si on réduisait les résidus dans le milieu du fait de nouvelles pratiques de soin. Les scénarios qui seraient présentés aux enquêtés (habitants) traduiraient des nouvelles politiques de soin qui soient plus respectueuses de l'environnement en limitant l'émission de résidus médicamenteux, ou en évitant leur rejet dans le milieu. Ces scénarios (hypothétiques) se structureraient autour de quelques attributs associés au soin et qui pourraient être les suivants :

- Substitution de médicaments traditionnels par des médicaments verts composés de molécules biodégradables (Larsen et al., 2013) -> en supposant l'adoption d'une classification environnementale selon le modèle de la Suède, ces médicaments substitués seraient de niveaux différents selon leur impact environnemental mesuré selon cette classification.
- Collecte et traitement des urines en ambulatoire : il s'agirait ici d'agir en aval de l'émission en collectant les urines contenant les résidus médicamenteux. Ce type de dispositif supposerait la mise en place d'une filière spécifique de ramassage et traitement de ces déchets.
- Attribut monétaire : un montant forfaitaire (non remboursable par la sécurité sociale) qui soit payé par le patient.

Un rapprochement des services hospitaliers serait nécessaire pour le choix et la définition même de ces attributs. Les ambassadeurs du développement durable du CHU de Bordeaux pourraient jouer ce rôle de relais/conseil dans la mise en œuvre des enquêtes. Ce type d'enquête pourrait être administrée auprès d'un échantillon de résidents de Bordeaux, tous possiblement patients. Se poserait la question de l'échantillonnage (malades/non malades ?, selon l'âge ?...), et par conséquent celle des voies

---

<sup>3</sup> Nous renvoyons sur ce point au rapport de post-doctorat fourni et au livrable n°421 prévu pour juin 2019.

d'administration du questionnaire (web ? salles d'attente ? domicile ?). Selon les choix faits, un partenariat avec les structures de soin pourraient être préférable de manière à faciliter le déploiement de l'enquête.

Pourrait être explorés de façon complémentaire sur ce sujet la perception des acteurs hospitaliers du soin (médecin, infirmier, pharmacien) à travers l'application de la grille d'entretien utilisée dans le projet Mediates Sipibel (mai 2016), de façon à produire des données qualitatives comparables à cette première enquête et enrichir la connaissance partagée.

#### Réduire l'usage de biocides

---

La source hospitalière est émettrice de biocides du fait de pratiques d'entretien impliquant des produits détergents et désinfectants.

Au sein du projet REGARD, l'étude en sociologie a pu mettre en évidence que les services d'entretien du CHU de Bordeaux avaient amorcé un processus d'écologisation mais partiel, distinguant l'hygiène hôtelière (destinée aux espaces à faible risque sanitaire tels que les couloirs, salles d'attente, bureaux...) de l'hygiène hospitalière (relative aux espaces à plus fort risque sanitaire tels que les blocs opératoires). L'adoption de nouveaux produits ou techniques d'hygiène moins polluants semble donc une option possible pour les espaces dits « hôteliers » des structures de soin. Plusieurs hôpitaux ont déjà initié une transition dans ce sens. Le groupe de santé Bordeaux Nord a ainsi expérimenté de nouvelles pratiques d'entretien en adoptant de nouveaux produits sans CMR<sup>4</sup> ni perturbateurs endocriniens testés sur leur capacité à nettoyer efficacement<sup>5</sup>. La mobilisation des salariés a été motivée par l'argument de santé au travail (qualité de l'air) plutôt que l'argument écologique de la qualité des rejets d'eaux usées. Ils ont dans un deuxième temps travaillé avec la direction des achats de manière à rédiger un cahier des charges permettant d'ouvrir à ce type de produits.

De ces expériences locales, on comprend que la réduction de biocides dans le milieu ne pourra être envisagée qu'à travers la motivation des agents d'entretien et des personnels administratifs de la centrale d'achats. Notre enquête ciblerait donc le personnel hospitalier, qui doit être le fer de lance de cette transition. Par ailleurs, une autre contrainte forte souvent avancée par le personnel hospitalier renvoie aux contraintes de marché public (bloquant l'ouverture à d'autres fournisseurs). Par conséquent, l'action renvoyant à l'ouverture de la direction des achats à de nouveaux produits et fournisseurs, via la définition d'un cahier des charges adapté doit être intégré à l'analyse. Enfin, il nous faut garder à l'esprit l'objectif de la réduction des micropolluants dans les eaux. Dès lors l'argumentaire de la santé au travail, qui pourtant a été identifié par l'étude en sociologie comme une clé d'entrée intéressante pour motiver les changements de pratiques, ne pourra pas être mobilisé (puisque dans ce cas les produits étaient problématiques via le contact cutané ou la qualité de l'air).

PROPOSITION 2 : Comment les professionnels des structures de soin envisagent-ils les changements de pratiques liés à l'usage des produits d'entretien et de désinfection ?

---

<sup>4</sup> Substances cancérigènes mutagènes ou reprotoxiques.

<sup>5</sup> Cf vidéo sur <https://hsen.org>

Il s'agit de mener une évaluation économique de la demande (interne) pour une réduction d'émission des biocides à l'hôpital. L'objectif serait de mettre en évidence les préférences du personnel hospitalier en matière de changements de pratiques d'entretien, sans pour autant chercher à traduire ces préférences en termes monétaires. En effet, l'hôpital fait l'objet de nombreux débats autour de la rémunération des agents et de leur pénibilité au travail, il serait mal venu et certainement trop polémique de proposer d'étudier les gains retirés par le personnel hospitalier en réduisant les biocides dans les eaux urbaines, qui leur demanderaient d'arbitrer avec un véhicule de paiement ou un effort en termes de temps de travail.

L'objectif ne serait pas de produire une estimation de consentement à payer, ou de bénéfices sociaux liés à la réduction des biocides dans les eaux, mais plutôt de comprendre les arbitrages en termes de pratiques de la part des agents hospitaliers. Les attributs (à définir avec les partenaires hospitaliers) seraient supposés traduire ces pratiques et pourraient donc être basés sur les actions suivantes identifiées dans la fiche action à la source hospitalière :

Action 201 : Réduire les doses, les fréquences d'utilisation et le nombre de produits utilisés
Action 202 : Promouvoir l'usage de produits moins impactant
Action 203 : Remplacer l'usage de produits chimiques par des pratiques mécaniques
Action 302 : Intégrer le critère « micropolluants » dans les clauses des marchés

Les attributs structurant les scénarios pourraient être les suivant :

- Types de Produits d'entretien utilisés : classiques ou sans CMR pour les espaces « hoteliers » (action 202)
- Quantité de produits utilisée : Réduire/mesurer les quantités utilisées de biocides pour les salles nécessitant les produits traditionnels (action 201)
- Nettoyage vapeur (action 203)
- Négociation centrale d'achats (action 302)
- Autre ?

## Conclusion

Nous avons formulé deux propositions qui sont deux pistes d'évaluation à mettre en œuvre par les gestionnaires, dans une perspective de réduction des micropolluants à la source hospitalière.

Plusieurs leviers d'actions avaient été identifiés dans les lots 2 et 3 du projet REGARD. Ils renvoient selon nous à deux options qui renverraient donc à une entrée plutôt axée sur les résidus médicamenteux, indépendamment de la source (hospitalière ou domestique). L'autre option concernerait plus directement la source hospitalière, en ciblant l'analyse sur les pratiques non médicales mais les pratiques d'entretien utilisant des biocides.

Quelle que soit la proposition suivie, nous recommandons de mener l'enquête dans le respect des règles méthodologiques associée à la méthode d'évaluation des choix multi-attributs<sup>6</sup>. En particulier, de manière à présenter aux enquêtés l'enjeu de la réduction des micropolluants à la source hospitalière, dans le but de limiter le biais cognitif au cours de l'enquête, nous conseillons de faire visionner aux enquêtés la vidéo-scribing produite dans le cadre de REGARD<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> L'enquête réalisée à la source domestique, dont les détails d'implémentation ont été notamment détaillés dans le rapport de post-doctorat de Thao Pham

<sup>7</sup> Lien Youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=eIY8dFf7bk4>



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 4 : SUIVI ET EVALUATION MULTI-CRITERES DES SOLUTIONS DE REDUCTION

## TACHE 4.2 ÉVALUATION ECONOMIQUE

### Sous-tâche 4.2.3 : Évaluation économique des bénéfices de réduction des micropolluants de la source industrielle par la méthode des transferts

Livrable n°423 : La réduction des micropolluants de la source industrielle : étude de l'applicabilité d'une évaluation économique par la méthode des transferts de bénéfices

Version finale - Juillet 2019

Auteurs : Jeanne Dachary-Bernard, Tina Rambonilaza, Maxime Lassiaz,  
:





# Synthèse opérationnelle

Nos activités anthropiques sont à l'origine de nombreux impacts sur l'environnement. En particulier, elles émettent un certain nombre de micropolluants qui se retrouvent dans les milieux naturels et impactent la qualité des masses d'eau et des écosystèmes. Se pose donc la question des scénarios d'actions visant à réduire les micropolluants dans les eaux urbaines, dans un but de préservation de la qualité des milieux et de protection de la biodiversité. Compte tenu des coûts inhérents à la mise en œuvre de ces scénarios d'action, l'élaboration des décisions peut et doit s'appuyer sur des argumentaires économiques.

Depuis la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau, l'évaluation économique est devenue une impérative des processus de décisions publiques dans le domaine de l'eau. L'évaluation n'est jamais un exercice simple. Les coûts apparaissent surtout sous la forme des dépenses directes que représente la protection de l'environnement par rapport au laisser-faire qui entraîne des dégâts aux milieux et à la biodiversité suffisamment visibles pour que leur réduction s'impose.

Les bénéfices de la réduction des micropolluants (MPs) résultent souvent d'impacts décalés dans le temps par rapport à leurs causes, d'effets diffus dans les milieux, de phénomènes alliant la biologie à la chimie, l'écologie aux comportements des populations et des entreprises.

La maîtrise de l'évaluation économique n'est pas tout à fait acquise en matière de décision publique concernant la réduction des micropolluants d'origine urbaine. Cette étude vise à faire un état des méthodes mobilisables et leur applicabilité pour le cas des micropolluants de source industrielle. Elle esquisse par la suite quelques pistes de recherche après avoir établi un diagnostic très fin pour un cas d'étude de référence : la restauration de l'état chimique de la Jalle de Blanquefort.

## **Des méthodes d'évaluation économique à différencier selon les indicateurs de bénéfices...**

La conception d'une méthode d'évaluation économique des actions publiques est une préoccupation permanente pour les décideurs publics pour apprécier l'efficacité dans l'utilisation des moyens de financement et éclairer les arbitrages. La littérature offre un panel de méthodes, cependant les plus couramment retenues sont l'approche coût-efficacité (ACE) et l'approche coût-bénéfice (ACB).

L'ACE s'applique pour les situations où les normes sont partagées et peu controversées et que différentes solutions techniques performantes au regard de ces normes peuvent être envisagées. Le but est dans ce cas d'identifier l'option la plus performante en termes environnementale étant donné son coût.

L'ACB est privilégiée lorsqu'on est face à des normes discutées, des objectifs environnementaux négociés, et qu'il existe peu de solutions, qui sont généralement coûteuses et qui nécessitent de mobiliser des fonds. Le but de l'évaluation économique est dans ce cas de fournir des arguments pour justifier la mise en œuvre d'une telle solution. D'une manière générale, on cherche à traduire les bénéfices sociaux de ces solutions en termes monétaires, en s'appuyant sur les consentements à payer des principaux bénéficiaires des solutions envisagées du fait de leurs intérêts pour une meilleure protection de l'environnement naturel. C'est donc un argumentaire socio-économique qui est déployé dans ce cas.

C'est l'approche que nous proposons de mobiliser pour le cas de la réduction des micropolluants, et notamment pour trancher sur les scénarios d'action visant à réduire les micropolluants de source

industrielle. Les bénéfices attendus des actions de réduction des MPs d'origine industrielle à l'échelle de la métropole Bordelaise, sont d'abord à associer aux préoccupations environnementales de ses habitants qui de ce fait seraient prêts à soutenir financièrement la réduction de ces MPs.

### **Disposer des mesures des bénéfices socio-économiques via la méthode des transferts**

Conduire des évaluations originales pour disposer des mesures des bénéfices de la protection de l'environnement par les consentements à payer, nécessite de mettre en place des enquêtes souvent coûteuses en temps et en argent. La méthode dite de transfert de bénéfice permet de s'affranchir de ces contraintes car elle s'appuie sur les enquêtes menées plus tôt sur d'autres sites, dans le cadre d'autres études. Elle procède par répliquabilité des valeurs des consentements à payer obtenues sur un site « similaire » au site d'étude (appelé site d'application), permettant de faire « l'économie » d'une nouvelle enquête et de s'inscrire dans un courant de travaux existants.

La mise à l'épreuve de cette méthode de transfert de bénéfice dans le cadre du projet de recherche REGARD, doit permettre de se prononcer sur sa faisabilité pour d'autres territoires en France, et en particulier ceux concernés par d'autres projets du même appel à projet.

### **CONDUIRE UNE METHODE DE TRANSFERT DE BENEFICES**

L'application de la méthode de transfert des bénéfices (MTB) procède en deux temps : (i) la caractérisation du site d'étude au regard de certains indicateurs qui serviront de base au transfert et (ii) l'identification dans la littérature scientifique des valeurs à transférer sur notre cas d'étude.

- La caractérisation du site d'étude consiste à répondre aux questions suivantes, dans le but de rapprocher notre terrain de ceux étudiés dans la littérature : Quel est l'enjeu? Quel est l'état de la pollution? Quels sont les acteurs en présence? Quels sont les bénéficiaires d'une éventuelle amélioration du milieu? Quelles sont les caractéristiques socio-économiques du terrain?
- Il s'agit d'identifier dans la littérature économique des études ayant traité des mêmes problématiques, et ayant produit les indicateurs de bénéfices (consentements à payer, CAP) destinés à être transférés. Le transfert est une opération technique, qui se fait de manière plus ou moins complexe (avec ou sans ajustement). Par exemple :

$$CAP_e = CAP_r \text{ ou } CAP_r = CAP_e (Y_e/Y_r)^a$$

indiquant que les CAP peuvent être transférés entre le site d'étude e et le site d'application ou répliquabilité r, de façon linéaire ou proportionnellement aux revenus (Y) par exemple.

### **Les résultats d'évaluations potentiellement transférables**

L'application de la MTB pour disposer des mesures de bénéfices des réductions de pollutions industrielles de l'eau par les consentements à payer a été faite par Koundouri et al. (2014) pour le cas de région industrielle d'Asopos en Grèce. Les auteurs font le constat que si les évaluations des bénéfices de l'amélioration de la qualité des eaux sont foisonnantes, trouver des études pertinentes pour le cas des pollutions industrielles n'est pas chose aisée. Ils n'ont donc retenu pour leur évaluation que les mesures de CAP fournis par l'étude menée par Martin-Ortega et al., (2009) qui ont mis en place une évaluation économique pour une amélioration de la qualité des eaux dans le bassin versant du

Guadalquivir, en Espagne. L'enjeu de ce territoire est une pollution principalement due à des eaux usées urbaines et industrielles (même si la distinction n'est pas faite).

Il s'en suit que les bénéfices attendus d'une amélioration de la qualité des milieux aquatiques par la réduction des micropolluants d'origine industrielle peuvent être approchées par les valeurs mises à disposition par ces études. Cependant, un tel transfert soulève deux problèmes qui peuvent remettre en question la validité opérationnelle de cette transférabilité.

Le premier problème majeur renvoie à l'enjeu environnemental qui est mis en avant. Il s'agit dans les deux cas de pollutions industrielles qui impactent la qualité *écologique* du milieu. Dans notre cas, nous traitons de la préservation de la qualité chimique des masses d'eau, en plus et en lien avec la préservation de leur qualité écologique. Nous pouvons alors supposer que les bénéfices seraient sous-estimés. Le second problème tient aux spécificités mêmes des supposés bénéficiaires des actions de réduction de MPs. Les deux études précitées sont conduites auprès de l'ensemble des habitants à l'échelle d'un bassin versant, qui seront dans ce cas localisés pour une grande partie dans des zones rurales. Dans notre cas, l'enjeu est de pouvoir circonscrire les bénéfices à l'échelle d'un territoire métropolitain, une échelle socio-économique et administrative qui ne se confondrait pas à une échelle écologique qu'est le bassin versant.

Sélection de références scientifiques pour un possible transfert de valeurs :

KOUNDOURI P., N. PAPANDREOU, M. STITHOU, O. DÁVILA (2014) A Value Transfer Approach for the Economic Estimation of Industrial Pollution: Policy Recommendations. In Koundouri and Papandréou (eds), *Water Resources Management Sustaining Socio-Economic Welfare*. Springer.

MARTIN-ORTEGA J., R. BROUWER, E. OJEA, J. BERBEL (2012) Benefit Transfer and Spatial Heterogeneity of Preferences for Water Quality Improvements. *Journal of Environmental Management* 106: 22-29.

MARTIN-ORTEGA J., R. BROUWER, J. BERBEL (2009) Economic analysis of spatial preferences heterogeneity of water quality. Contributed Paper, International Association of Agricultural Economists Conference. Beijing, China, August 2009, pp. 16-22.

### **La contribution des MPs de source industrielle à l'état chimique de la Jalle de Blanquefort**

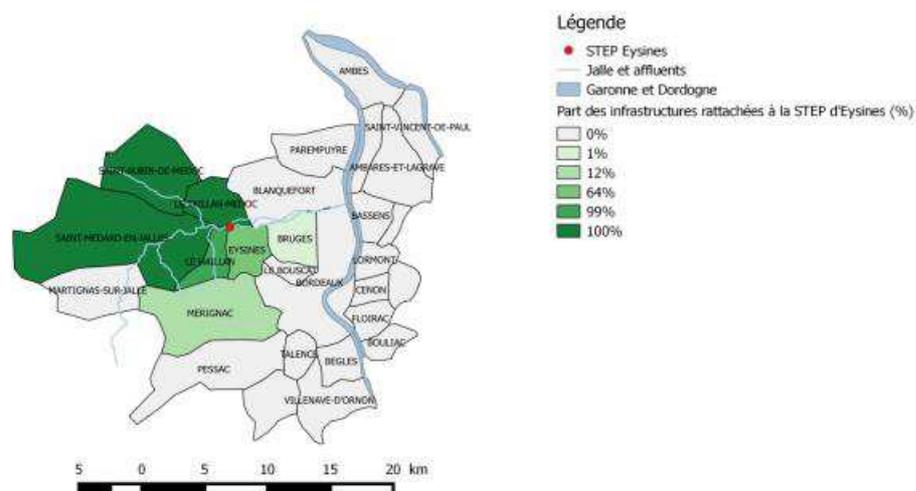
Dans tous les cas, la mise en place d'une évaluation économique doit s'appuyer sur un cas d'étude concret, qui pourrait faire à l'avenir l'objet d'une évaluation originale. Nous avons choisi le site de la Jalle de Blanquefort pour trois raisons principales.

D'un point de vue écologique, la Jalle est une masse d'eau qui doit atteindre « le bon état » au sens de la DCE, et doit suivre également un programme de surveillance. Les secteurs amont et aval de la Jalle, de par leurs caractéristiques propres, doivent répondre à des objectifs et des délais différents pour les atteindre. Pour ces deux secteurs de la Jalle, le bon état écologique (ou bon potentiel écologique) n'est pas atteint, tandis que l'état chimique est bon. Les deux sites subissent par ailleurs des pressions importantes issues des rejets des sources domestiques et industrielles, ainsi que des altérations fortes de la morphologie et de la continuité du cours d'eau (État des lieux 2013, Agence de l'eau Adour Garonne). De plus, il existe un certain nombre de zones protégées pour des motifs écologiques reliées à la Jalle (ZNIEFF, Zone Natura 2000, Réserve naturelle de Bruges, ...), qui sont particulièrement sensibles à la présence de micropolluants.

Au niveau des pressions exercées, la Jalle reçoit une partie des effluents du réseau d'assainissement de la métropole bordelaise (rejets d'une station de traitement des eaux usées d'une capacité de 85 500 équivalents habitants) ainsi que plus d'une vingtaine d'exutoires pluviaux. Elle est représentative de ce qu'un petit cours d'eau peut subir en termes de pressions urbaines, et elle est moins complexe à étudier que la Garonne en raison de l'absence du phénomène de marée sur la quasi-totalité de son cours grâce aux écluses et portes à flots.

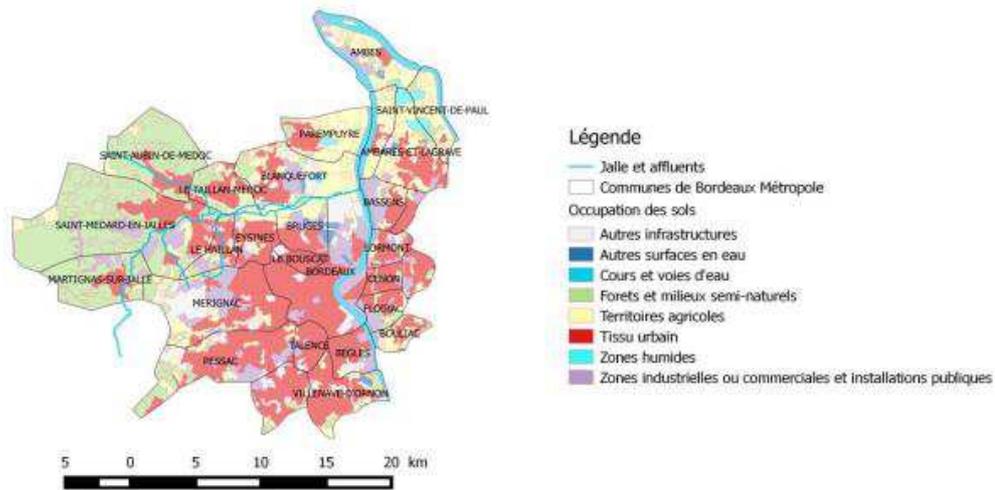
Enfin, sur le plan économique, la Jalle est une rivière périurbaine du nord de l'agglomération présentant des enjeux importants et de nombreux usages. Le bassin versant de la Jalle est une zone maraîchère très développée, la majorité des maraichers utilise l'eau de la Jalle pour arroser leur culture. La Jalle de Blanquefort est également un enjeu fort de la politique bordelaise car il s'agit du « poumon vert » de la Métropole et de nombreuses activités s'y déroulent (pêche, promenade, vélotourisme, chasse,..). Elle est également une zone utilisée pour l'alimentation en eau potable de Bordeaux (champs captants de Thil Gamarde). Enfin, les zones amont de la Jalle de Blanquefort sont des zones de développement économique importantes avec l'implantation de nombreuses entreprises.

Nous avons collationné un certain nombre de données socioéconomiques qui avaient été produites ou éditées dans d'autres travaux ainsi que des données environnementales. Nous avons pu ainsi qualifier notre territoire d'étude au regard de la pression industrielle sur le milieu (via la part des entreprises rattachées à la STEP d'Eysines par exemple, comme le montre la Carte 1 ci-dessous). L'occupation des sols (Carte 2) est assez différente entre le secteur amont et le secteur aval de la Jalle, de même que la section centrale. La section amont est principalement représentée par des zones « forestières et semi naturelles » ainsi que quelques zones « industrielles, commerciales et installations publiques » pour les villes de Saint-Médard-en-Jalles et le Haillan. La section centrale est constituée par des surfaces de type « tissu urbain », avec les communes de Saint-Médard-en-Jalles, le Haillan, Eysines et le Taillan-Médoc. Par ailleurs, nous avons cherché à caractériser la pression industrielle sur la Jalle en localisant les industries dont les rejets peuvent impacter la Jalle (Carte 3).



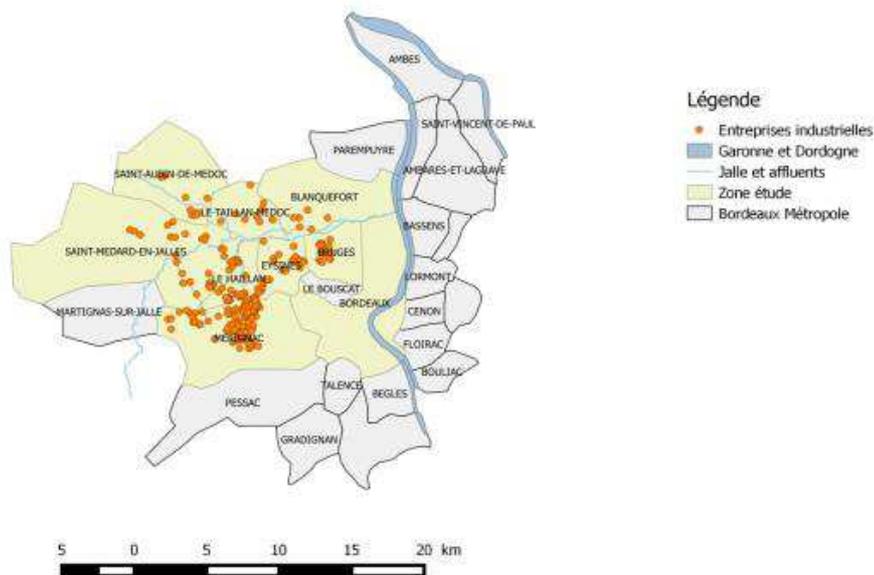
Source : Eau France (Adour-Garonne), 2014 (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/step/0533162V005>) ;  
Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

**Carte 1. Part des infrastructures rattachées à la STEP d'Eysines, par commune**



Source: CORINE Land Cover (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/lj/1825.html>)  
 Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

**Carte 2. Occupation des sols sur le territoire de Bordeaux Métropole**



Source : LyRE, Bordeaux Métropole (29)  
 Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

**Carte 3. Répartition des entreprises du secteur industriel dont les rejets en eaux usées directs ou indirects peuvent aller dans la Jalle de Blanquefort et/ou ses principaux affluents**

## QUELQUES PISTES DE RECHERCHE

Finalement, sur ce premier pan de résultats, la pression industrielle sur la métropole bordelaise semble modérée. Le diagnostic produit par les chimistes dans le projet REGARD nous permet à ce stade d'indiquer que :

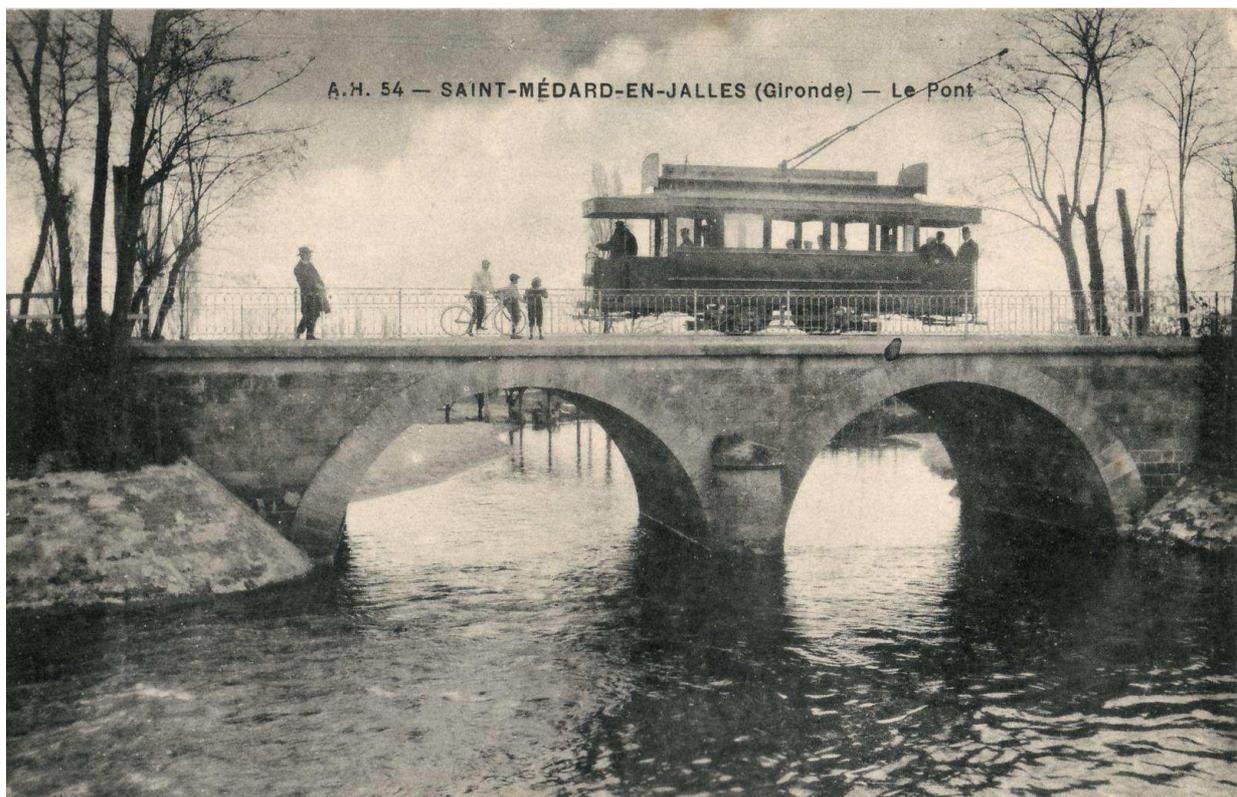
- les rejets industriels sont difficilement dissociables des rejets domestiques : ainsi les actions de réduction des MPs via des systèmes de traitement renforcés au niveau des stations d'épuration viseront également les sources industrielles. Il peut donc être intéressant de disposer des mesures de consentement à payer des entreprises métropolitaines pour des solutions types amélioration des stations d'épuration ;
- En outre, les MPs d'origine industrielle sont principalement constitués par des métaux, auxquels cas, il pourrait être intéressant de voir dans quelle mesure l'extraction des métaux dans les boues serait une des solutions de remédiation à envisager et à évaluer économiquement.

Nos conclusions mettent en évidence finalement deux points importants au regard des bénéfices attendus de la réduction des micropolluants à la source industrielle.

A l'échelle de la métropole bordelaise, si de nouvelles actions de réduction des MPs à l'échelle de la métropole doivent être engagées, ce n'est sans doute pas la source industrielle qui doit être privilégiée. En revanche, l'effort de surveillance déjà en place au travers des suivis réguliers doit être maintenu.

A l'échelle plus large, nos résultats signifient que le transfert de bénéfices n'est pas une technique adaptée à l'évaluation des bénéfices de réduction des MPS à la source industrielle. Si une telle évaluation doit être menée, il s'agira de développer une enquête originale.

## RAPPORT DE RECHERCHE : PROJET REGARD SOUS TÂCHE 4.2.3



Photographie de la Jalle à Saint-Médard-en-Jalles



**Irstea – centre de Bordeaux**

50, avenue de Verdun Gazinet

33612

Cestas

cedex

Tél : 05 57 89 08 00

Fax : 05 57 89 08 01

<http://www.irstea.fr/bordeaux>

## SOMMAIRE

Liste des tableaux .....	p.5
Liste des figures .....	p.6
Listes des annexes .....	p.7
Introduction .....	p.8
Partie 1 : Terminologie et clarification des enjeux de réduction des micropolluants d'origine industrielle .....	p.9
1.1 – Notion de bon état chimique et rejets industriels .....	p.9
1.2 – Les différents types de micropolluants et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement .....	p.12
1.3 – Action de réduction des micropolluants à la source industrielle .....	p.13
Partie 2 : Une étude de cas : la pollution chimique de source industrielle dans la Jalle de Blanquefort .....	p.15
2.1 – Contexte du cas d'étude .....	p.15
2.2 – Présentation de la Jalle de Blanquefort .....	p.16
2.3 – Délimitation du territoire de l'étude .....	p.20
2.4 – Caractéristiques socioéconomiques du territoire de l'étude .....	p.23
2.5 – Pression industrielle sur la Jalle de Blanquefort .....	p.26
2.6 – Identification des micropolluants d'origine industrielle présents dans la Jalle .....	p.33
2.7 – Mesures et actions prévues par le SDAGE et le SAGE pour la pollution industrielle .....	p.34
2.8 – La question de la prise en compte de l'artisanat dans l'approche industrielle .....	p.38
Partie 3 - Principes économiques guidant l'évaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants de source industrielle .....	p.41
3.1 – Rappel du cadre conceptuel développé pour la sélection des mesures permettant d'atteindre les objectifs environnementaux .....	p.41
3.2 – Evaluation économique des bénéfices de la réduction des métaux d'origine industrielle en STEU (partie non rédigée) .....	p.50
Références .....	p.52
Annexes .....	p.56

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau 1** : Liste non exhaustive de micropolluants émergents en rapport avec l'activité industrielle

**Tableau 2** : Les paramètres de qualité à prendre en compte dans l'évaluation des cours d'eau (Porcher, 2009)

**Tableau 3** : État écologique et chimique de la Jalle et de ses principaux affluents

**Tableau 3 bis** : État écologique et chimique de la Jalle et de ses principaux affluents (suite)

**Tableau 4** : Pressions sur les masses d'eau de la Jalle (État des lieux 2013)

**Tableau 5** : Part des infrastructures reliées à la STEU d'Eysines pour chaque commune rattachée à la STEU

**Tableau 6** : Communes intégrées au territoire de l'étude

**Tableau 7** : Indicateurs socio-économiques pour les communes prises en compte dans le cas d'étude

**Tableau 8** : Occupation des sols pour chaque commune exprimée en pourcentage de la superficie totale

**Tableau 9** : Dénomination des ICPE de type industrielle dont les rejets d'eaux usées se font dans la Jalle et/ou ses principaux affluents.

**Tableau 10** : Répartition des entreprises par secteur industriel (code NAF 2) et par commune

**Tableau 11** : Libellé des codes NAF (niveau 2) des entreprises présentes sur le site de l'étude

**Tableau 12** : Mesures appliquées à l'UHR Garonne Atlantique pour l'industrie et l'artisanat

**Tableau 13** : Répartition des entreprises artisanales par secteur industriel (code NAF 2) et par commune

## LISTE DES FIGURES

**Figure 1 :** Localisation des secteurs amont (en jaune foncé) et aval (en jaune clair) du bassin versant de la Jalle

**Figure 2 :** Représentation du bassin versant de la Jalle sur la métropole bordelaise

**Figure 3 :** Représentation des communes rattachées à la STEU d'Eysines en fonction du pourcentage d'infrastructures rattachées à celle-ci.

**Figure 4 :** Carte de l'occupation des sols pour la métropole bordelaise

**Figure 5 :** Répartition des entreprises de type ICPE dont les rejets d'eaux usées se font dans la Jalle et/ou ses principaux affluents

**Figure 6 :** Répartition des entreprises du secteur industriel dont les rejets en eaux usées direct ou indirect peuvent aller dans la Jalle de Blanquefort et/ou ses principaux affluents.

**Figure 7 :** Représentation d'une partie du réseau d'assainissement pour trois sites industriels rattachés à la STEU de Blanquefort

**Figure 8 :** Répartition des entreprises artisanales dont les rejets en eaux usées direct ou indirect peuvent aller dans la Jalle de Blanquefort et/ou ses principaux affluents.

## LISTE DES ANNEXES

**Annexe 1** : Liste non exhaustive de micropolluants pouvant provenir de la source industrielle, en fonction de l'origine de la valeur seuil (DCE ou INERIS) et de leur nature (organique ou inorganique)

**Annexe 2** : Liste des ICPE sur le territoire de l'étude, et les matériaux employés lors de leurs activités

**Annexe 3** : Extrait de la Matrice Activité-Groupe substances pour quelques métaux et métalloïdes, en lien avec les secteurs industriels du cas d'étude

**Annexe 4** : Représentation des points de prélèvements sur la Jalle de Blanquefort

**Annexe 5** : Substances chimiques retrouvées sur les sites industrielles qui dépassent les normes environnementales pour la Jalle

**Annexe 6** : Valeur des écarts à la norme environnementale (PNEC ou NQE) des substances chimiques retrouvées sur les zones industrielles (en %)

## INTRODUCTION

La problématique des macropolluants a laissé place à celle des micropolluants, qui sont pour les milieux aquatiques définis comme étant « des agents chimiques – issus de produits commerciaux ou industriels, composés organiques ou métalliques, susceptibles d’avoir une action toxique pour l’homme et/ou les organismes aquatiques, même des concentrations très faibles dans l’eau » (Gest’Eau).

Ces substances chimiques, qui sont encore mal connues – et pour la plupart en cours d’étude –, peuvent provenir de sources très variées comme celles de l’industrie, l’agriculture, domestique, etc. ; et peuvent appartenir à des familles très différentes : inorganique (métaux, metalloïdes) et organique (médicaments, pesticides, BTEX, HAP,...).

Les risques potentiels liés à leur présence dans les milieux aquatiques doivent être avec une grande considération, comme la Directive Cadre Eau (DCE) l’affirme en appliquant des normes visant à la réduction progressive et à la suppression de certaines de ces substances chimiques (dites prioritaires) présentes dans les rejets d’eaux usées vers le milieu naturel.

La maîtrise de ces rejets est donc un véritable enjeu pour la préservation des milieux aquatiques, aussi bien sous des aspects environnementaux, pour les espèces aquatiques, que sous des aspects sanitaires, avec les risques que les micropolluants peuvent comporter pour la santé.

Dans la première partie, nous revoyons la terminologie utilisée par les politiques de l’eau mises en place dans le cadre de la DCE, pour la réduction des micropolluants d’origine industrielle dans le milieu aquatique, en explicitant les enjeux que cela implique.

Dans la seconde partie, nous présentons un cas d’étude avec la pollution chimique d’origine industrielle dans la Jalle de Blanquefort, un petit cours d’eau situé au nord-ouest de Bordeaux.

Dans la troisième et dernière partie, nous voyons les principes économiques pour estimer les bénéfices liées à la réduction des rejets de micropolluants d’origine industrielle et son application avec le cas d’étude précédent.

## Partie 1 : Terminologie et clarification des enjeux de réduction des micropolluants d'origine industrielle

### 1.1 - Notion de bon état chimique et rejets industriels

Il n'est pas possible de traiter de manière claire la problématique de la réduction des micropolluants d'origine industrielle sous l'angle économique, sans faire référence à la Directive Cadre sur l'Eau (DCE - 2000/60/CE) (1) et les principes réglementaires qui guident sa mise en œuvre à l'échelle locale. La DCE s'est imposé comme le référentiel qui définit les objectifs environnementaux pour chaque pays membre, à savoir l'atteinte d'une situation de bon état écologique et chimique des masses d'eaux, qui sont des tronçons de cours d'eau et constituent les unités de base de la DCE. Elles sont différenciées en fonction de typologies, notamment la distinction entre les eaux de surface (elles-mêmes distinguées en plusieurs sous catégories) et les eaux souterraines. La DCE fixe comme objectif d'atteindre pour chaque masse d'eau d'une qualité satisfaisante appelée « bon état », qui se traduit par l'atteinte simultanée de deux aspects clefs : le bon état écologique et le bon état chimique.

L'évaluation de l'état écologique des eaux de surface (rivières, lacs, eaux de transitions ...), qui nous intéresse plus particulièrement dans cette étude, s'appuie sur l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à cette masse d'eau.

Le bon état est défini comme un écart « léger » à une situation de référence, correspondant à des milieux non ou très faiblement impactés par l'homme. L'objectif n'étant pas d'atteindre cette situation de référence (qui est en fait un repère), mais d'en être le plus proche possible en fonction de ce qui écologiquement souhaitable, socialement acceptable et économiquement réaliste. Lorsque les masses d'eau sont profondément modifiées, de manière irréversible, il est demandé alors d'atteindre un « bon potentiel » au lieu d'un « bon état écologique ». Par ailleurs cette situation de référence n'est pas prise comme un équilibre stable, fixe, et comprend les variabilités naturelles du milieu et de son évolution au cours du temps (adaptation de la biocénose, modification la morphologie, effet du changement climatique ...) (Roche P-A et al, 2005) (2).

L'évaluation procède par le calcul d'un certain nombre d'indicateurs qui ont été considérés comme des paramètres pouvant décrire la qualité écologique d'une masse d'eau :

- Des paramètres biologiques : prise en compte de la composition et abondance de la flore aquatique, de la composition et abondance de la faune benthique invertébrée et de la composition, abondance et structure de l'âge de l'ichtyofaune pour les rivières.
- Des paramètres hydromorphologiques (structure de la rive, variation de la profondeur et de la largeur de la rivière, etc...) et physico-chimiques (salinité, température de l'eau, bilan d'oxygène, polluants prioritaires ou non présents, etc...).

L'état chimique d'une masse d'eau de surface est déterminé au regard du respect des normes de qualité environnementales (NQE) définie comme « [les valeurs de seuils] de la concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ».

La notion de « bon état chimique » permet de vérifier le respect des NQE fixées par la Commission européenne dans la Directive 2008/105/CE (3) (modifiée par la Directive

2013/39/CE (4)) qui prévoit deux classes d'état : le respect ou le non-respect des normes - qui correspondent respectivement au bon et mauvais état chimique - en référence à des paramètres chimiques attestant la présence de 13 (21 depuis 2013) substances prioritaires dangereuses dont les rejets devront être progressivement arrêtés et 20 (24 depuis 2013) substances prioritaires dont la présence dans l'eau doit être réduite (annexes X et IX de la DCE). Si la réduction de ces différents polluants est nécessaire pour atteindre les objectifs environnementaux en matière de bon état des masses d'eaux, il n'est pas exclu que les États Membres prennent des mesures supplémentaires pour certaines substances, dites substances pertinentes, et définissent des normes pour certaines rivières ou cours d'eau, ainsi que des mesures supplémentaires dans le but d'atteindre ou de conserver la qualité chimique des milieux. Ce dispositif vise plus particulièrement les installations classées (ICPE), et les valeurs limites d'émissions liées à leurs activités qui doivent être définies en accord avec l'état du milieu aquatique (en référence au Schéma du SDAGE).

Si le bon état chimique est déterminé par le respect des normes environnementales pour un petit nombre de substances chimiques, la DCE pousse à prendre en compte des substances dites émergentes, des substances moins documentées mais dont les effets toxiques sur la santé humaine ou l'environnement sont suspectés ou avérés. Souvent il n'y a pas suffisamment de travaux réalisés sur les effets de la substance pour conclure à une norme, nécessitant alors que d'autres études soient réalisées pour statuer sur ces substances émergentes. Ces substances émergentes représentent un véritable enjeu pour le cadre de la DCE, qui est susceptible de voir sa réglementation évoluée en fonction de ces «nouvelles substances », avec la révision des paramètres écologiques et chimiques des masses d'eau, et doivent donc être considérées avec une grande attention. Si un grand nombre de ces substances émergentes proviennent des médicaments ou encore des pesticides, un certain nombre d'entre elles sont issues du secteur industriel (cf. Tableau 1). Il est important de garder en mémoire, que certaines substances peuvent avoir des usages très différents et donc être utilisées dans plusieurs secteurs (industriels ou non).

**Tableau 1** : Liste non exhaustive de micropolluants émergents en rapport avec l'activité industrielle

Substances	Exemples d'utilisation dans la production industrielle
4-tert-butylphenol	adhésif, encre, résine, revêtement, produits cosmétiques, peintures, ...
Benzo(a)anthracène	sidérurgie, verre, bois, alimentaire, ciment, caoutchouc, hydrocarbure ...
Bisphénol A	matières plastiques (PVC ...), résine époxyde (boite de conserve ...), ...
Butylglycol (EGBE)	peintures, vernis, laques, encres, produits ménagers, colorants capillaires, ...
Chlorure de vinyle (Chloroethylene)	matières plastiques (principalement)
Decabromodiphenylether (BDE-209)	ignifugeants : textile, matières plastiques, revêtements, composants électriques ...
Decahydronaphtalene	résines, cires, huile, naphtalène, ...
Diethylene glycol monobutyl ether (DEGBE)	textile, détergents ménagers, peintures, vernis, ...
Diisononyl phtalate (DINP)	PVC, revêtement, construction (impermeabilité), câbles électriques, ...
Tributylphosphate	agent mouillant (papier, textile), retardateur de flamme (résine, laque, ..), ...

Source : INERIS, INRS (6), divers

Les valeurs seuils de chaque micropolluant (ou groupe de micropolluants) sont définies par leur NQE spécifique, définie dans la DCE (Annexe IX et X), bien que ces valeurs puissent être inférieures aux NQE pour certaines masses d'eau qui comportent des écosystèmes particulièrement sensibles à certains polluants. Celles-ci sont distinguées en deux formats, les NQE-MA et les NQE-CMA, qui correspondent aux seuils dit de « Moyenne Annuelle » et « Concentration Maximale Autorisée ». Le premier type, de concentration limite plus faible, correspondrait alors à une toxicité chronique (des effets sur la santé et/ou l'écosystème à moyen, long terme), tandis que le second format correspondrait à une toxicité aiguë (des effets sur la santé et/ou l'écosystème « immédiat » - à court, très court terme). Les NQE entrent en vigueur à un niveau européen, par le biais de la Commission, en consensus avec les États Membres de l'Union Européenne. Celles-ci résultent d'un certain nombre d'études réalisées en laboratoire pour évaluer les effets des substances sur l'environnement (mortalité des espèces, effets génotoxiques, reprotoxiques, ...), qui aboutissent à la désignation d'une concentration maximale d'une substance qui n'entraîne pas d'effets néfastes pour l'environnement, appelée PNEC (Predicted No Effect Concentration). En France, c'est l'INERIS (5) (5bis) qui se charge de proposer des valeurs pour les PNEC, en fonction des études pertinentes (cf. Annexe 1).

Il est important de noter qu'il existe des facteurs d'extrapolation entre les valeurs les plus faibles issues des études en laboratoire et les PNEC, et entre les PNEC et les NQE, correspondant à des facteurs d'incertitudes en lien avec le principe de précaution, ceux-ci peuvent aller de 1 à 1000 des études en laboratoire à la norme finale.

Il existe également des valeurs liées aux usages de l'eau, notamment pour l'eau de boisson, fixée à différents niveaux : l'OMS, l'UE et national. En général, ces valeurs sanitaires sont identiques d'un organisme à l'autre, et sont beaucoup plus élevées que les normes environnementales, à quelques exceptions près.

## 1.2 – Les différents types de micropolluants et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement

On parle de pollution de l'eau lorsque les qualités naturelles de l'eau sont dégradées et le fonctionnement de l'écosystème perturbé. La pollution chimique des eaux se manifeste ainsi de différentes manières :

- Par la toxicité élevée des milieux aquatiques sensibles (ressources d'alimentation en eau potable, eaux de baignade) au regard de certains polluants tels que certains métaux (mercure, chrome, plomb, cadmium, nickel), des nitrates, des pesticides ;
- Par la contamination des différents compartiments des écosystèmes par des polluants très peu biodégradables qui peuvent altérer la fonctionnement de l'écosystème par la présence de matières en suspension, ou l'eutrophisation, ou qui peuvent affecter directement les organismes vivants (poissons) par bioaccumulation ou bioamplification, pour le cas des eaux de surfaces.

Dans ce contexte, le bon état est défini à la fois par l'état écologique et l'état chimique. En effet, l'état écologique est évalué à la fois à travers l'état des composantes biologiques de l'écosystème aquatique, et la composition physicochimique des eaux afin de statuer sur leur aptitude à permettre le bon déroulement des cycles biologiques (cf. Tableau 2).

**Tableau 2** : Les paramètres de qualité à prendre en compte dans l'évaluation des cours d'eau (Porcher, 2009)

			ELEMENTS DE QUALITE	
ETAT ECOLOGIQUE	Paramètres biologiques	Végétaux	Flore aquatique (composition et abondance)	
		Invertébrés	Faune benthique invertébrée (composition et abondance)	
		Poissons	Ichtyofaune (composition, abondance et structure de l'âge)	
	Paramètres hydromorphologiques soutenant la biologie	Régime hydrologique		Débit d'eau (quantité et dynamique)
				Connexion aux masses d'eau souterraines
		Continuité		Continuité de la rivière
		Conditions morphologiques		Variation de la profondeur et de la largeur de la rivière
				Structure et substrat du lit
				Structure de la rive
	Paramètres Chimiques et Physicochimiques soutenant la biologie	Paramètres généraux		Température de l'eau
				Bilan d'oxygène
				Salinité
				Etat d'acidification
			Concentration en nutriments	
Polluants spécifiques			Autres substances recensées comme déversées en quantité significative	
ETAT CHIMIQUE	Chimie		33 substances prioritaires (ann. X) et 8 substances dangereuses (ann. IX)	

Source : Porcher, 2009 (7)

Les NQE, et autres valeurs seuils pour les micropolluants, prennent surtout en compte les effets sur l'environnement, puisque les concentrations de substances dangereuses pour l'environnement sont généralement plus basses que celles conduisant à des effets sur la santé humaine. Cependant, même des faibles concentrations de certaines substances dans les eaux peuvent avoir des conséquences néfastes pour l'être humain. En effet, certaines études établissent un lien potentiel entre le risque de développer un cancer (vessie, poumon, peau, ..) et la présence de micropolluants dans les eaux de boisson, en particulier les métaux (arsenic, radon), nitrates ou encore l'amiante (Morris R.D., 1995 (8)) (Smith H. et al. 1997 (9)) (Karagas M. R. et al. 1998 (10)). De même la présence d'aluminium dans l'eau potable, pourrait augmenter les risques de développer la maladie d'Alzheimer (Rondeau et al. 1999 (11)) (Flaten et al. 2001 (12)). La consommation d'espèces aquatiques contaminées par les micropolluants comporte aussi des risques sanitaires, comme avec les poissons contaminés par les pesticides (Yang N. et al. 2006 (13)) (Albering et al. 1999 (14)) (Li X. et al, 2008 (15)). D'autres études montrent le lien entre la présence de micropolluants dans les eaux (notamment de baignade (16)) et d'autres types de risque sanitaire : effet génotoxiques, effets reprotoxiques, maladies (gastro intestinales), etc.

Si chaque micropolluant a des caractéristiques propres, notamment ses effets sur les différents organismes vivants et son comportement dans le milieu aquatique, il est possible de distinguer les micropolluants en deux groupes : les micropolluants organiques et les micropolluants inorganiques. En chimie, les composés organiques sont des composés qui contiennent la molécule du carbone (C), tandis que les composés inorganiques n'en contiennent

pas. Dans notre cas, les micropolluants inorganiques sont des composés de type minéraux, qui sont généralement des métaux ainsi que leurs dérivés, des métalloïdes. Les micropolluants organiques sont plus nombreux et plus diversifiés (pesticide, médicament, solvants, ...). Il faut faire attention également à la distinction entre composé (in)organique et matière (in)organique, où le premier terme fait référence à la présence (ou non) de l'élément carbone, tandis que le second désigne la matière produite par les organismes vivants (ou non).

La distinction est notamment importante dans deux aspects pour la pollution des milieux aquatiques :

- Les comportements dans le milieu aquatique et sur les organismes, où les composés inorganiques (métaux et métalloïdes) ont une forte tendance à s'accumuler (dans les sédiments et parfois dans le biote)
- L'élimination dans les STEU, puisque les micropolluants inorganiques et organiques ne sont pas traités de la même manière, et font donc appel à des technologies différentes, et donc des procédés spécifiques.

### 1.3 – Action de réduction des micropolluants à la source industrielle

La première technique de réduction des émissions de polluants dans l'eau est la réduction « à la source » (technologie propre) des effluents par la maîtrise des procédés, soit par la substitution des matériaux nécessaires à la production, soit par une modification des méthodes de production, avec une diminution des rejets de micropolluants par des procédés plus efficaces, ou encore une combinaison de celles-ci.

La seconde technique correspond à des technologies de type fin de processus (« end of pipe »), avec des traitements en station d'épuration plus performant que ceux actuels, et cela que ces stations soit collectives, mixtes, ou individuelles. Ce sont ces techniques en particulier qui nous intéresseront par la suite.

Les efforts de réduction des rejets de **matières organiques** d'origine industrielle, dont les principales sources sont les activités relevant du secteur de la chimie, papeterie, textile, et agroalimentaire, ont été entamés au début des années 1970, par l'adoption de procédés minimisant la présence de polluants dans les effluents liquides, et le cas échéant par la mise en place, rendue obligatoire par la réglementation, de stations d'épuration performantes, ou le raccordement à une STEU (Station de Traitement des Eaux Usées) collective. On atteint actuellement des taux moyens d'épuration de l'ordre de 70% à 80 %, telle que la diminution des rejets industriels dans l'eau a été plus importante que celle des rejets domestiques en matière de pollution organique, azotée ou phosphorée.

Les **micropolluants minéraux**, constitués principalement de métaux et métalloïdes, représentent un risque considérable pour le milieu aquatique. En effet, ils ne sont pas biodégradables, et leurs effets sur le milieu aquatique sont cumulatifs. Les principaux métaux suivis sont actuellement le cadmium, le mercure, le cuivre, le chrome, le zinc, le nickel, et le plomb. Les industries et les entreprises ont deux solutions pour limiter leurs émissions de métaux toxiques dans le milieu naturel :

- Soit les traiter sur site avant rejet des effluents industriels dans le milieu naturel. Cette solution peut donner des rendements avoisinant 90% et cible les secteurs d'activités qui sont très polluantes ;

- Soit emprunter les réseaux collectifs de traitement, où la performance d'abattement des métaux est plus faible (avoisinant de 70%).

Dans tous les cas, la présence de boues issues des traitements épuratoires des eaux industrielles peuvent contaminer les sols agricoles et limiter ainsi la valorisation de ces boues, qui obéissent à des normes strictes pour l'autorisation d'épandage.

## Partie 2 - Une étude de cas : la pollution chimique de source industrielle dans la Jalle de Blanquefort

### 2.1 – Contexte du cas d'étude

Le cas d'étude suivant s'inscrit dans le cadre du projet REGARD (REduction et Gestion des micropolluants dans la métropole BorDelaise) (17), qui est un projet de recherche sur les micropolluants, sous le LOT 4 « Suivi et évaluation des gains des différentes solutions mises en œuvre », et plus particulièrement dans la sous-tâche 4.2.3 « Évaluation économique des bénéfices de réduction des micropolluants de la source industrielle par la méthode des transferts ».

Le projet REGARD est un programme de recherche pluridisciplinaire ayant démarré en mars 2015 pour une durée de 4 ans. Il s'intéresse à la question des micropolluants dans le milieu aquatique pour le territoire de Bordeaux Métropole. Celui-ci est ordonné en quatre étapes clés dites LOT :

LOT 1 : Identification des substances et des sources

LOT 2 : Diagnostic et priorisation des risques à l'échelle du territoire urbain

LOT 3 : Mise en œuvre des actions de réduction des flux de micropolluant sur les sites d'études

LOT 4 : Suivi et évaluation des gains des différentes solutions mises en œuvre

Il distingue par ailleurs les sources de micropolluants dans son approche, qui constituent les différentes sous tâches de chaque LOT. Les quatre différentes sources présentes et étudiées sont les sources d'origine domestique, hospitalière, industrielle, et pluviale.

Le site de la Jalle de Blanquefort a été choisi comme cas d'étude pour trois raisons principales (Livrable 1-1 du projet REGARD, décembre 2015) (18) :

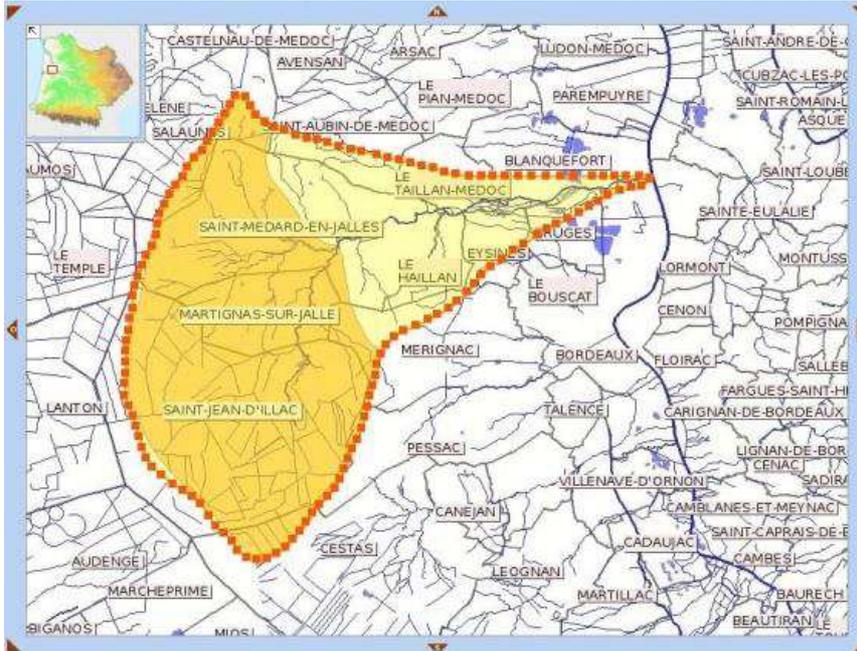
- (1) **Écologique** : la Jalle est une masse d'eau qui doit atteindre « le bon état » au sens de la DCE, et doit suivre également un programme de surveillance. La Jalle peut être distinguée en deux secteurs : amont et aval, qui de par leurs caractéristiques propres doivent répondre à des objectifs et des délais différents pour les atteindre. Pour les deux secteurs de la Jalle, le bon état écologique (ou le bon potentiel écologique) n'est pas atteint, tandis que l'état chimique est bon pour les deux secteurs. Les deux sites subissent par ailleurs des pressions importantes issues des rejets des sources domestiques et industrielles, ainsi que des altérations fortes de la morphologie et de la continuité du cours d'eau (État des lieux 2013, Agence de l'eau Adour Garonne) (19). De plus, il existe un certain nombre de zones protégées pour des motifs écologiques reliées à la Jalle (ZNIEFF, Zone Natura 2000, Réserve naturelle de Bruges, ...), qui sont particulièrement sensibles à la présence de micropolluants.

- (2) **Scientifique** : La Jalle reçoit une partie des effluents du réseau d'assainissement de la métropole bordelaise (rejets d'une station de traitement des eaux usées d'une capacité de 85 500 équivalents habitants) ainsi que plus d'une vingtaine d'exutoires pluviaux. Elle est représentative de ce qu'un petit cours d'eau peut subir en termes de pressions urbaines, de plus elle est moins complexe à étudier que la Garonne en raison de l'absence du phénomène de marée sur la quasi-totalité de son cours grâce aux écluses et portes à flots.
- (3) **Économique** : La Jalle est une rivière périurbaine du nord de l'agglomération ayant des enjeux importants et de nombreux usages. Le bassin versant de la Jalle est une zone maraîchère très importante pour la métropole. La majorité des maraîchers utilise l'eau de la Jalle de Blanquefort pour arroser. La Jalle de Blanquefort est également un enjeu fort de la politique bordelaise, en effet, il s'agit du « poumon vert » de la Métropole et de nombreuses activités s'y déroulent (pêche, promenade, vélo-tourisme, chasse,..). Elle est également une zone utilisée pour l'alimentation en eau potable de Bordeaux (champs captant du Thill). Enfin, les zones amont de la Jalle de Blanquefort sont des zones de développement économique importantes avec l'implantation de nombreuses entreprises.

## 2.2 – Présentation de la Jalle de Blanquefort (Livraison 1-1 du projet REGARD, décembre 2015)

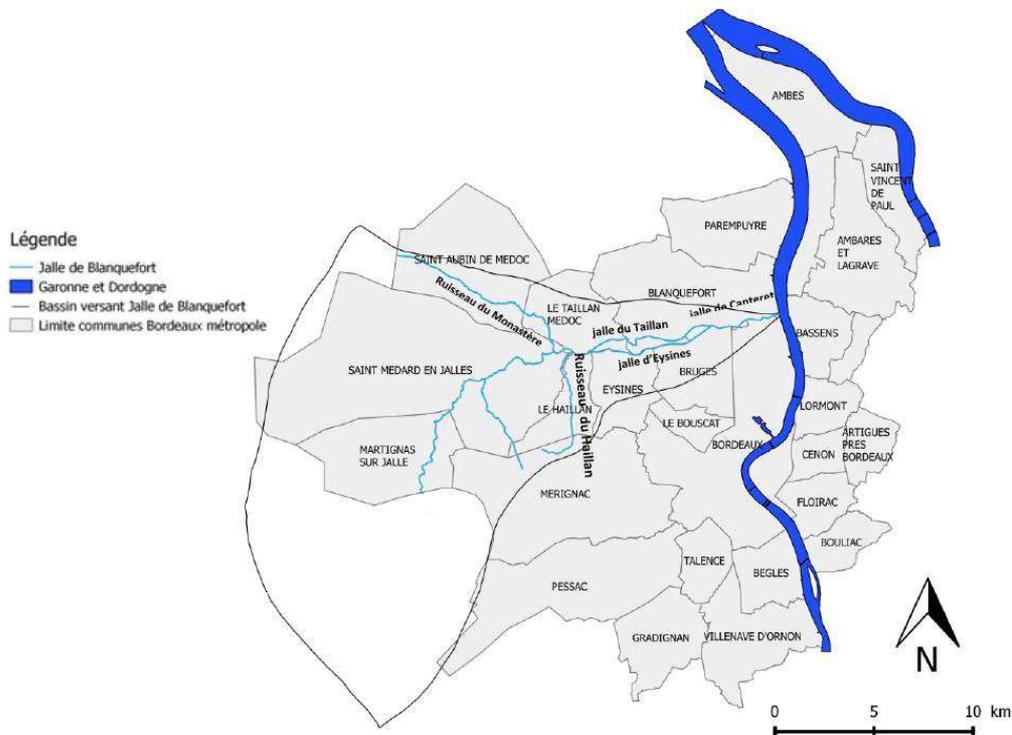
La Jalle (aussi appelée Jalle de Blanquefort) est une rivière péri-urbaine située au nord-ouest de l'agglomération bordelaise. Elle prend sa source sur la commune de Saint-Jean-d'Ilac et se jette dans la Garonne au nord de Bordeaux. La Jalle seule fait 31,8 km, mais représente 176 km de linéaire de cours d'eau avec l'ensemble de ses affluents. Elle draine un bassin versant de 347 km<sup>2</sup> qui peut être divisé en 2 secteurs (rapport de la continuité écologique, 2013 (20)) (cf. figure 1 et figure 2) :

- Le secteur amont qui est essentiellement forestier, dominé par des plantations de pins maritimes, et peu urbanisé. La limite amont de ce secteur est occupée par des cultures de maïs et reste difficilement appréciable en raison d'un réseau dense de fossés souvent connectés à des bassins versants voisins. L'aval de ce secteur (section centrale de la Jalle) correspond à un secteur plus urbanisé.
- Le secteur aval qui correspond à la plaine alluviale de la Garonne et qui borde les coteaux de Blanquefort, Bruges et Eysines. L'occupation des sols est dominée par l'activité maraîchère et des prairies généralement pâturées. Dans ce secteur, la Jalle est peu ramifiée, souvent rectiligne et endiguée. Ses pentes sont faibles et les écoulements sont régulés par de nombreux ouvrages (moulins, écluses, portes à flots, ...).



**Figure 1 :** Localisation des secteurs amont (en jaune foncé) et aval (en jaune clair) du bassin versant de la Jalle, échelle 1/200'000

Source : Carte issue du site internet de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/carto>)



Source des bases de données: Open Data Bordeaux Métropole, LyRE

**Figure 2 :** Représentation du bassin versant de la Jalle sur la métropole bordelaise

La Jalle, cours d'eau, est divisée également en deux parties, aval et amont qui correspondent à deux masses d'eau de type rivière (cf. Tableau 3 et Tableau 4) :

- La Jalle (21), est la masse d'eau située en amont qui traverse les communes de Saint-Jean-d'Illac jusqu'à Saint-Médard-en-Jalles, elle est considérée comme naturelle. Son état chimique est bon, l'objectif 2015 est donc atteint, cependant son état écologique est de qualité moyenne, son bon état est prévu pour 2021. Son état écologique n'est pas bon dû à la présence de matières azotées, matières organiques, métaux, matières phosphorées et de conditions morphologiques.
- La Jalle de Blanquefort du confluent de Bibey à la Gironde (22), est la masse d'eau située en aval qui traverse les communes de Saint-Médard-en-Jalles à Bordeaux, où elle rejoint la Garonne, elle est considérée comme fortement modifiée. Son état chimique est bon, l'objectif 2015 est donc atteint, cependant son état chimique est de qualité médiocre, son bon potentiel est prévu pour 2027. Son état écologique n'est pas bon dû à la présence de matières azotées, matières organiques, métaux, matières phosphorées, pesticides et de conditions morphologiques.

Concernant les principaux affluents de la Jalle, les ruisseaux de Magudas, du Haillan et du Monastère (23) :

- Leur état chimique est bon, sauf pour le ruisseau de Magudas qui dont l'état chimique est considéré comme mauvais (présence de métaux et autres micropolluants)
- Leur état écologique est moyen, les raisons divergent pour chaque masse d'eau. Notamment pour le ruisseau de Magudas, le bon état n'est pas atteint dû à la présence de métaux, de matières azotées, de matières organiques, de matières phosphorées et de pesticide, qui peuvent reliées à des pressions industrielles, domestiques, et agricoles. Il en va de même avec le ruisseau du Monastère avec la présence de nitrates et de pesticides, pour des pressions industrielles et agricoles.

**Tableau 3** : État écologique et chimique de la Jalle et de ses principaux affluents

Code	Cours d'eau	état écologique	état chimique (avec ubiquiste)*
FRFR51	La Jalle de Blanquefort du confluent de Bibey à la Gironde	médiocre	bon
FRFR51_1	La Jalle	moyen	bon
FRFR51_2	Ruisseau de Magudas	moyen	mauvais
FRFR51_3	Ruisseau du Haillan	moyen	bon
FRFR51_4	Ruisseau du Monastère	moyen	bon

Source : Agence de l'eau Adour – Garonne (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/>)

\* une substance est dite ubiquiste quand elle est persistante, bio accumulatrice et toxique.

**Tableau 3 bis : État écologique et chimique de la Jalle et de ses principaux affluents (suite)**

Cours d'eau	Type	État écologique			État chimique (sans molécule ubiquiste)	
		Objectif	Types de dérogation	Paramètre(s) à l'origine de l'exemption	Objectif	Paramètre(s) à l'origine de l'exemption
La Jalle de Blanquefort (...)	fortement modifiée	bon potentiel 2027	conditions naturelles, raisons techniques	matières azotées, matières organiques, métaux, matières phosphorées, pesticides, conditions morphologiques	bon état 2015	
La Jalle	naturelle	bon état 2021	conditions naturelles, raisons techniques	Matières azotées, matières organiques, métaux, matières phosphorées, conditions morphologiques	bon état 2015	
Ruisseau de Magudas	naturelle	bon état 2027	raisons techniques	Matières azotées, matières organiques, métaux, matières phosphorées, conditions morphologiques, pesticide, flore aquatique, benthos invertébrés, conditions morphologiques	bon état 2015	métaux, autres micropolluants
Ruisseau du Haillan	fortement modifiée	bon potentiel 2027	conditions naturelles, raisons techniques	conditions morphologiques	bon état 2015	
Ruisseau du Monastère	naturelle	bon état 2021	raisons techniques	nitrate, pesticides, conditions morphologiques, hydrologie	bon état 2015	

Source : Agence de l'eau Adour – Garonne (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/>)

Si les motifs de non atteinte du bon état (ou du bon potentiel) écologique peuvent être reliés à des modifications artificielles de la structure hydromorphologiques, la présence de certaines substances ne sont pas à négliger et tendent à désigner des pressions sur ces masses d'eau liées à des activités humaines, notamment :

- Des pressions significatives, liées aux rejets des stations d'épurations domestiques pour les deux masses d'eau.
- Des pressions significatives, liées aux rejets des stations d'épuration industrielles (micropolluants et métaux), aux sites industriels abandonnés, et aux prélèvements d'irrigation pour la masse d'eau en amont (la Jalle).
- Des pressions significatives liées à des substances toxiques des industries pour la masse d'eau en aval (la Jalle de Blanquefort du confluent de Bibeau à la Gironde).

Ces éléments traduisent bien des pressions issues des activités agricoles, domestiques (STEU collectives) et industrielles (STEU individuelles et collectives).

**Tableau 4** : Pressions sur les masses d'eau de la Jalle (État des lieux 2013)

La Jalle		La Jalle de Blanquefort du confluent de Bibey à la Gironde	
	Pressions		Pressions
<b>Pression ponctuelle :</b>		<b>Pression ponctuelle :</b>	
Pression des rejets de stations d'épurations domestiques :	Significative	Pression des rejets de stations d'épurations domestiques :	Significative
Pression liée aux débordements des déversoirs d'orage :	Non significative	Pression liée aux débordements des déversoirs d'orage :	Significative
Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (macro polluants) :	Non significative	Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (macro polluants) :	Non significative
Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (MI et METOX) :	Significative	Pression des rejets de stations d'épurations industrielles (MI et METOX) :	Non significative
Indice de danger « substances toxiques » global pour les industries :	Non significative	Indice de danger « substances toxiques » global pour les industries :	Significative
Pression liée aux sites industriels abandonnés :	Significative	Pression liée aux sites industriels abandonnés :	Non significative
<b>Pression diffuse :</b>		<b>Pression diffuse :</b>	
Pression de l'azote diffus d'origine agricole :	Non significative	Pression de l'azote diffus d'origine agricole :	Non significative
Pression par les pesticides :	Non significative	Pression par les pesticides :	Non significative
<b>Prélèvements d'eau :</b>		<b>Prélèvements d'eau :</b>	
Pression de prélèvement AEP :	Non significative	Pression de prélèvement AEP :	Non significative
Pression de prélèvements industriels :	Non significative	Pression de prélèvements industriels :	Non significative
Pression de prélèvement irrigation :	Significative	Pression de prélèvement irrigation :	Non significative
<b>Altérations hydromorphologiques et régulations des écoulements :</b>		<b>Altérations hydromorphologiques et régulations des écoulements :</b>	
Altération de la continuité :	Minime	Altération de la continuité :	Elevée
Altération de l'hydrologie :	Minime	Altération de l'hydrologie :	Modérée
Altération de la morphologie :	Elevée	Altération de la morphologie :	Elevée

Source : Agence de l'eau Adour – Garonne (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/>)

### 2.3 – Délimitation du territoire de l'étude

La délimitation du territoire de l'étude doit refléter les pressions anthropiques de type rejets d'eaux usées industrielles exercées sur la Jalle de Blanquefort, pour cela il est nécessaire de prendre en compte deux types de rejets :

- Les rejets d'eaux usées directs, où l'entreprise rejette directement dans la Jalle ses eaux usées, après traitement en STEU individuelle. Il est alors nécessaire de considérer toute entreprise située sur la Jalle de Blanquefort, et dans son bassin versant aval du fait que les rejets effectués dans le bassin pourraient se retrouver dans la Jalle.

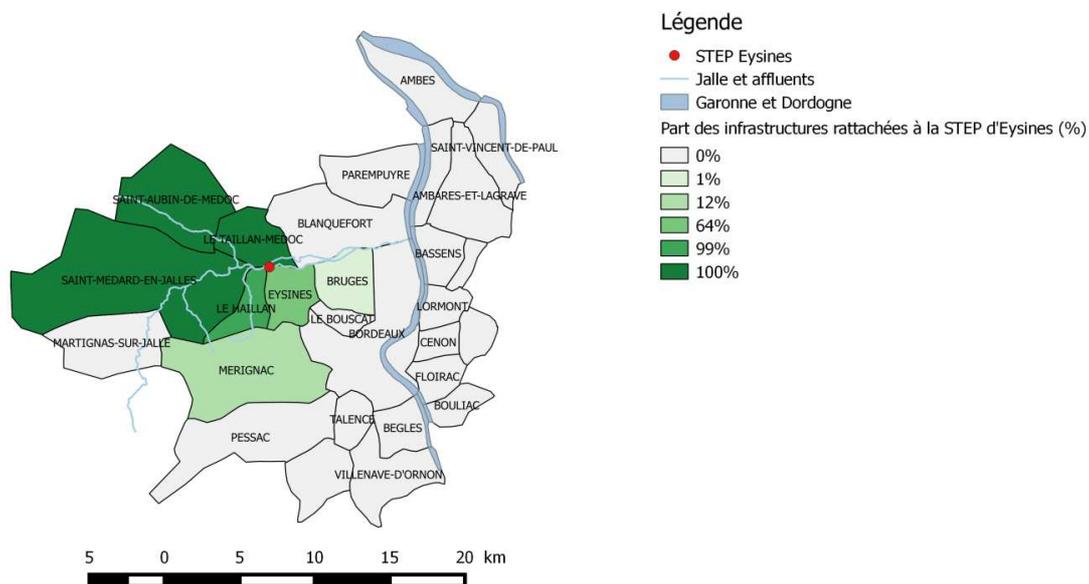
- Les rejets d'eaux usées indirects, où les entreprises rejettent leurs eaux usées, par le biais d'un réseau d'assainissement collecte mixte (il y a également des rejets d'origine domestique). Pour cela il est nécessaire de prendre en considération les entreprises qui sont reliées au réseau d'assainissement dont la STEU rejette ses effluents dans la Jalle. Il s'agit ici de la STEU d'Eysines (Cantinolle 2) (cf. tableau 6 et figure 3), la STEU de Blanquefort rejetant directement dans la Garonne à présent, bien que située à proximité de la Jalle.

A noter : une entreprise peut émettre lors de son activité les deux types de rejet.

**Tableau 5** : Part des infrastructures reliées à la STEU d'Eysines pour chaque commune rattachée à la STEU

	<b>STEU EYSINES (Cantinolle 2)</b>
<b>BRUGES</b>	1%
<b>EYSINES</b>	64%
<b>LE HAILLAN</b>	99%
<b>LE TAILLAN-MEDOC</b>	100%
<b>MERIGNAC</b>	12%
<b>SAINT-AUBIN-DE-MEDOC</b>	100%
<b>SAINT-MEDARD-EN-JALLES</b>	100%

Source : Eau France (Adour-Garonne), 2014 (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/step/0533162V005>)



**Figure 3 :** Représentation des communes rattachées à la STEU d'Eysines en fonction du pourcentage d'infrastructures rattachées à celle-ci.

Source : Eau France (Adour-Garonne), 2014 (<http://adour-garonne.eaufrance.fr/step/0533162V005>) ; Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

Ces deux aspects doivent être pris en compte pour délimiter le territoire, il subsiste cependant quelques complexités (cf. Tableau 7) :

- Déterminer avec précision, quelles sont les infrastructures reliées au réseau d'assainissement (STEU de Cantinolle), et les traduire en surface.
- Déterminer avec précision, quelles sont les infrastructures à l'intérieur du bassin versant aval, et en déduire le territoire.
- Déterminer le territoire communal précis, lorsque que la ville est à la fois inscrite dans le bassin versant aval et est desservie par le réseau d'assainissement.

Ces problèmes peuvent être adressés en partie, avec une modélisation sous un Système d'Information Géographique (SIG) (réalisée ici sous QGIS), mais avec un manque relatif de précision, qui ne permet pas d'établir une carte précise pour le territoire de l'étude. Notamment, l'obtention de la couche-vecteur du réseau d'assainissement sur l'ensemble des villes reliées n'a pas été possible pour tout le réseau de la STEU de Cantinolle.

De plus, il faut distinguer la localisation d'une entreprise et son point de rejet qui ne correspondent pas toujours, dans le cas des rejets directs, et de même dans le cas des rejets indirects, puisqu'il peut exister une certaine distance entre le réseau d'assainissement principal et le raccordement d'une entreprise à ce réseau, bien que cette distance soit en réalité généralement faible (de l'ordre de 100 mètres).

**Tableau 6** : Communes intégrées au territoire de l'étude

Communes	Motif d'inclusion	Commune en intégralité ?	Proportion*	Origine de la proportion
BLANQUEFORT	Bassin	NON	~ 31%	Bassin
BORDEAUX	Bassin	NON	~ 4%	Bassin
BRUGES	STEU + Bassin	NON	~ 53%	Bassin
EYSINES	STEU + Bassin	NON	~ 70%	Bassin
LE HAILLAN	STEU + Bassin	OUI	100%	STEU / Bassin
LE TAILLAN-MEDOC	STEU + Bassin	OUI	100%	Bassin
MERIGNAC	STEU + Bassin	NON	~ 32%	Bassin
SAINT-AUBIN-DE-MEDOC	STEU + Bassin	OUI	100%	STEU
SAINT-MEDARD-EN-JALLES	STEU + Bassin	OUI	100%	STEU

\* La proportion maximale, lorsqu'elle provient de la STEU est donnée par le pourcentage d'établissements rattachées à la STEU (cf. Tableau 5). Lorsqu'elle provient du Bassin, elle est liée au pourcentage de la surface comprise dans le bassin versant pour la commune, elle est approximative (visionner sous QGIS par des mesures d'aire), mais reste proche de la réalité.

Il est néanmoins nécessaire de faire une distinction entre les deux aspects : s'il est cherché ici de déterminer le territoire géographique au sens large pour l'étude, il faudra prendre en compte les territoires des deux types de rejets séparément.

Le territoire déterminé par les infrastructures reliées au réseau d'assainissement, à la STEU de Cantinolle plus particulièrement, correspondra aux rejets indirects, tandis que le territoire du bassin versant correspondra aux rejets directs.

## 2.4 – Caractéristiques socioéconomiques du territoire de l'étude

Pour mieux comprendre le cas d'étude et le contexte dans lequel il se place, il est nécessaire d'établir un portrait socio-économique de celui-ci, à travers des indicateurs représentatifs pour les communes (cf. tableau 7), mais également l'occupation des sols (cf. figure 4), de sorte à traduire en termes d'espace les pressions rencontrées pour la Jalle.

Il est assez difficile de dégager des grandes tendances du fait que la commune de Bordeaux est incluse et exerce un grand poids dans les indicateurs pour la représentation du territoire d'étude, de par sa grande population et son nombre important d'établissements. Et retirer la commune de Bordeaux de ces indicateurs pourrait fausser le portrait socioéconomique du territoire.

Une autre difficulté tient également au fait que les communes ne sont pas toujours considérées en intégralité (comme Bordeaux ou Blanquefort), utiliser des pondérations en fonction des surfaces comprises dans le territoire d'étude n'est pas possible en pratique du fait que les disparités de densité (de population, d'entreprises) peuvent être importantes sur chaque commune, et peut donc fausser en partie les interprétations socioéconomiques.

**Tableau 7** : Indicateurs socio-économiques pour les communes prises en compte dans le cas d'étude

Communes	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population	Revenu disponible médian annuel (€)	Taux de chômage (15 – 64)	Nombre emploi	Nombre d'établissements	Part de l'industrie (nb établissements)
BLANQUEFORT	33,7	15 149	21 652,70	8,80%	9 347	1 289	5,60%
BORDEAUX	49,4	241 287	20 561,00	15,20%	166 149	34 531	3,20%
BRUGES	14,2	16 269	21 812,00	8,60%	9 587	1 701	3,50%
EYSINES	12	21 063	20 731,00	10,80%	7 549	1 827	5,00%
LE HAILLAN	9,3	9 632	22 838,00	7,90%	7 207	961	6,10%
LE TAILLAN-MEDOC	15,2	9 335	23 814,00	9,10%	1 213	592	4,40%
MERIGNAC	48,2	66 660	21 305,20	11,10%	50 424	7 478	4,30%
SAINT-AUBIN-DE-MEDOC	34,7	6 350	27 859,70	7,20%	851	414	6,30%
SAINT-MEDARD-EN-JALLES	85,3	28 839	23 577,70	8,80%	9 731	2 021	4,70%
<b>TOTAL TERRITOIRE HORS BORDEAUX</b>	<b>252,6</b>	<b>173 297</b>	<b>22 152,00</b>	<b>9,60%</b>	<b>102 521</b>	<b>16 283</b>	<b>4,61%</b>
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>302</b>	<b>414 584</b>	<b>21 226,00</b>	<b>12,80%</b>	<b>268 670</b>	<b>50 814</b>	<b>3,65%</b>
<b>C.U. DE BORDEAUX</b>	<b>578,3</b>	<b>737 492</b>	<b>20 766,70</b>	<b>13,20%</b>	<b>391 286</b>	<b>77 752</b>	<b>4,00%</b>
<b>TERRITOIRE ETUDE (*)</b>	<b>188,5</b>	<b>111 938</b>	<b>22 523,91</b>	<b>9,87%</b>	<b>54 594</b>	<b>10 233</b>	<b>4,55%</b>

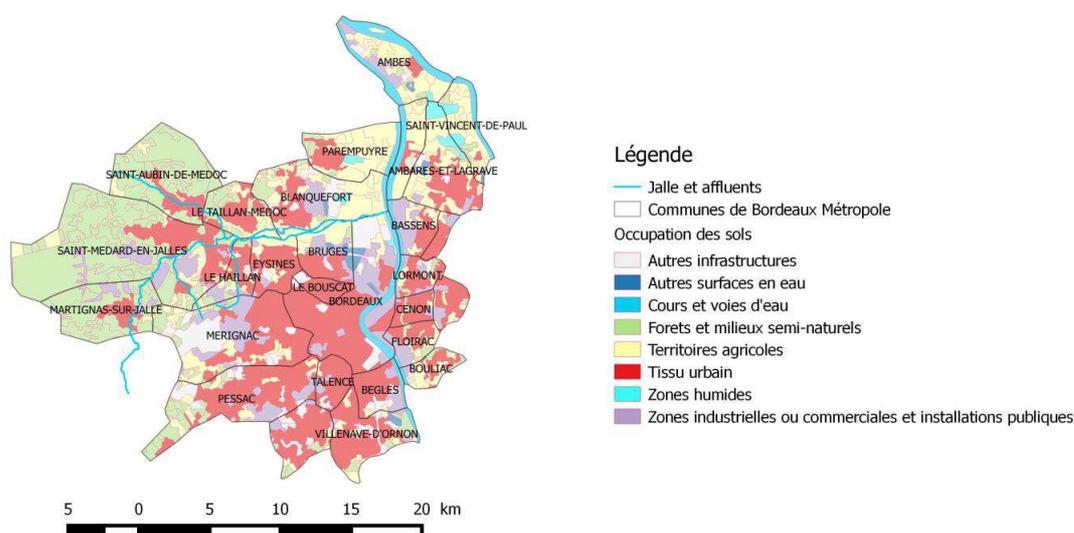
Source : INSEE, 2012 – 2013 (<http://www.insee.fr/fr/>)

Note : (\*) correspond aux territoires de l'étude en prenant en compte les proportions du tableau 6, en supposant que la répartition de la population et des entreprises est constante (ce qui s'avère être incorrect dans notre cas d'étude).

Il est cependant possible de dégager quelques tendances :

- Le territoire comprendrait 15% de la population de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB, désormais appelée Bordeaux Métropole) avec près de 112 000 habitants, et 32% de sa superficie, avec 188,5 km<sup>2</sup> en moyenne.
- Les habitants des communes ont des revenus plus importants que la moyenne nationale (13-14%), soit 2 738,41 € de plus en moyenne par rapport à un revenu médian annuel disponible par unité de consommation supérieure à 19 785,50 € pour la France (INSEE, 2013).
- Le taux de chômage reste bas par rapport à Bordeaux Métropole (13,20%) et par rapport à la moyenne nationale (13,10%) de plus de 3 points.
- Le nombre d'emploi sur le territoire d'étude est plus faible par rapport à Bordeaux Métropole (13,95%) avec 54 594 emplois. La même proportion est retrouvée pour le nombre d'établissements (13,16%) avec 10 233 établissements. Les établissements sont surtout localisés sur Mérignac (2 393), Saint-Médard-en-Jalles (2 021), Bordeaux (1 381), Eysines (1 169), le Haillan (961) et Bruges (902). Le reste des communes à moins de 600 établissements.
- La part de l'industrie est en moyenne plus faible que la moyenne nationale (5,2%), avec près de 0.7 points en moins. Cependant quelques communes ont des activités industrielles plus importantes : Saint-Aubin-de-Médoc (6,30%), Le Haillan (6,10%) et Blanquefort (5,60%)

## OCCUPATION DES SOLS SUR BORDEAUX MÉTROPOLE



**Figure 4 :** Carte de l'occupation des sols pour la métropole bordelaise

Source: CORINE Land Cover (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/li/1825.html>)  
Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

### Note :

Les données ont été retravaillées pour obtenir la légende ci-dessous, il n'a pas été possible de distinguer les zones industrielles des zones commerciales et/ou installations publiques. Néanmoins, différentes zones industrielles sont connues dans le bassin versant de la Jalle (les ZI de Blanquefort, de Saint-Médard-en-Jalles, de Bruges, d'Eysines, de Mérignac et du Haillan). Il y a donc bien l'existence d'un tissu industriel, qui peut être en partie responsable de l'état écologique actuel de la Jalle (moyen / médiocre).

**Tableau 8 :** Occupation des sols pour chaque commune exprimée en pourcentage de la superficie totale

Communes	Zones urbanisées	Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication	Autres infrastructures	Territoires agricoles	Forêts et milieux semi-naturels	Zones humides	Surfaces en eau
BLANQUEFORT	18,64%	9,58%	11,73%	46,76%	9,11%	1,87%	3,17%
BORDEAUX	49,91%	24,21%	10,68%	3,10%	0,02%	1,30%	11,21%
BRUGES	35,08%	20,80%	3,19%	28,81%	4,26%	0,00%	8,11%
EYSINES	62,98%	6,21%	5,37%	25,70%	0,00%	0,00%	0,00%
LE HAILLAN	39,04%	17,66%	6,41%	20,71%	17,04%	0,00%	0,00%
LE TAILLAN-MEDOC	36,83%	0,18%	1,06%	25,83%	35,39%	0,00%	0,00%
MERIGNAC	36,97%	31,09%	5,54%	14,80%	10,88%	0,00%	0,00%
SAINT-AUBIN-DE-MEDOC	13,84%	0,00%	0,18%	4,53%	81,59%	0,00%	0,00%
SAINT-MEDARD-EN-JALLES	15,40%	8,53%	0,22%	7,29%	68,11%	0,00%	0,00%

Source: CORINE Land Cover (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/li/1825.html>)

Comme introduit dans la présentation de la Jalle, l'occupation des sols est assez différente entre le secteur amont et le secteur aval, de même que la section centrale :

- La section amont est surtout représentée par des zones « forestières et semi naturelle » ainsi que quelques zones « industrielles, commerciales et installations publiques » pour les villes de Saint-Médard-en-Jalles et le Haillan.
- La section centrale est surtout constituée par des surfaces de type « tissu urbain », avec les communes de Saint-Médard-en-Jalles, le Haillan, Eysines et le Taillan-Médoc.
- La section aval est quant à elle majoritairement constituée de « territoires agricoles », mais également de « tissu urbain », de zones « industrielles, commerciales et installations publiques » et « d'autres infrastructures » pour les communes d'Eysines, le Taillan-Médoc, Bruges, Blanquefort et le nord-ouest de Bordeaux.

Si les pressions directes subies en amont sont principalement liées à l'activité industrielle et domestique, le secteur aval subie des pressions diverses : industrielles, domestiques et agricoles. Quant à la section centrale, il s'agit principalement de pressions d'origine domestique.

#### En résumé :

Le territoire d'étude concernerait près de 112 000 habitants et 188,5 km<sup>2</sup> sur 9 communes de Bordeaux Métropole. Le territoire semble dynamique avec un taux de chômage relativement bas, et des revenus conséquents, bien que le secteur industriel serait moins important qu'en moyenne (mais il serait nécessaire d'obtenir d'autres données pour conclure). En moyenne, l'étude pourrait porter sur plus de 450 établissements industriels, voire plus étant donné que le tissu industriel sur le territoire semble assez élevé, de même que le tissu urbain. L'amont du bassin versant est surtout forestier, tandis que l'aval est composé de tissu urbain, industriel et agricole.

#### 2.5 – Pression industrielle sur la Jalle de Blanquefort

Après avoir déterminé le territoire de l'étude et ses caractéristiques, nous nous intéressons à présent aux entreprises de la source industrielle qui rejettent leurs eaux usées dans la Jalle de Blanquefort, directement ou indirectement. Il est également pris en compte les affluents de la Jalle de Blanquefort, et plus généralement son bassin versant aval, dans le cas des rejets directs.

Dans un premier temps, il est nécessaire de déterminer ce que le secteur industriel représentera dans notre étude, pour cela nous nous appuyons sur la dénomination NAF au niveau 2, nous prenons en compte les codes NAF allant de 05 à 39, soit :

- Les industries extractives, agricoles, alimentaires (05 à 09)
- Les industries manufacturières (10 à 33)
- Electricité, gaz, vapeur et air conditionné (35)
- Production et distribution d'eau ; assainissement, gestion des déchets et dépollution (36 à 39)

Dans notre étude, n'ont donc pas été pris en compte :

- L'agriculture, sylviculture, pêche (de 01 à 03), qui correspond à la source agricole, qui n'est pas incluse dans le projet REGARD.
- Le BTP (de 41 à 43), le commerce (de 45 à 47) et les services (de 49 à 99), qui n'entrent pas dans la définition de la production industrielle classique.

Dans un premier temps, nous faisons une distinction dans les entreprises en ne prenant en compte que les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) et celles soumises à la réglementation SEVESO, dont les classifications se font en parallèles.

Les ICPE sont des installations, usines susceptibles de générer des risques ou des dangers, et sont donc soumises à une législation et réglementation particulières. Aussi toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une installation classée. Localement ce sont les services de l'inspection des installations classées au sein des DREAL (sauf élevage) qui font appliquer, sous l'autorité du préfet de département, les mesures de cette police administrative (Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer).

Ces ICPE peuvent être distinguées en plusieurs catégories en fonction de l'importance des risques ou des inconvénients qui peuvent être engendrés :

- **Déclaration (D)** : pour les activités les moins polluantes et les moins dangereuses. Une simple déclaration en préfecture est nécessaire.
- **Autorisation (A)** : pour les installations présentant les risques ou pollutions les plus importants. L'exploitant doit faire une demande d'autorisation avant toute mise en service, démontrant l'acceptabilité du risque. Le préfet peut autoriser ou refuser le fonctionnement de l'entité.
- **Enregistrement (E)** : pour les secteurs dont les mesures techniques pour prévenir les inconvénients sont bien connues (stations-service, entrepôts ...), un régime d'autorisation simplifiée, ou régime dit d'enregistrement, a été créé en 2009.

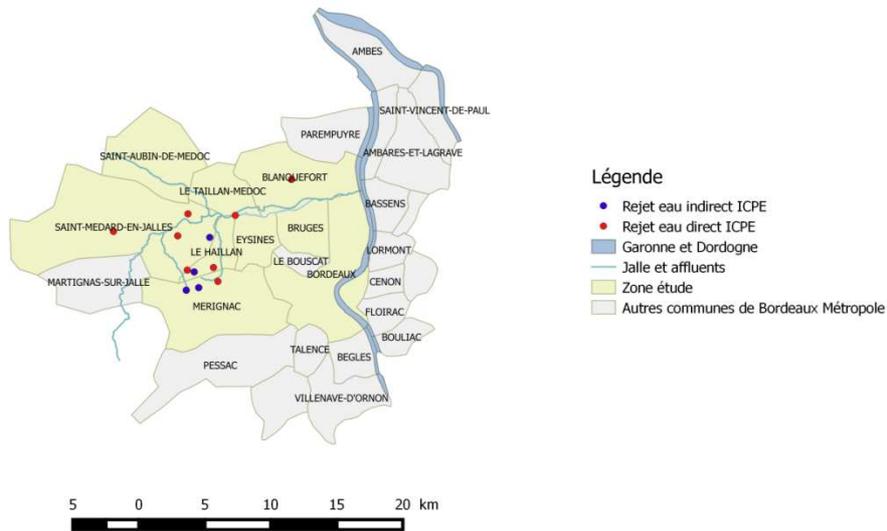
Concernant l'autre type de réglementation, la directive « concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses » (dite directive Seveso) établit des règles pour la prévention des accidents majeurs impliquant des substances dangereuses et la limitation de leurs conséquences pour la santé humaine et l'environnement. Elle vise à assurer de façon cohérente et efficace un niveau de protection élevé dans toute l'Union Européenne. La directive Seveso distingue deux types d'établissement (INERIS) (26):

- les établissements Seveso seuil haut (SH), qui ont sur le site de grandes quantités de substances dangereuses et se voient appliquer des obligations en conséquence ;
- les établissements Seveso seuil bas (SB), avec de moindres quantités de substances et par conséquent moins d'obligations

Les deux réglementations sont parallèles, aussi une entreprise peut être à la fois classée comme ICPE et soumise à la réglementation SEVESO. De même, une réglementation n'entraîne pas nécessairement l'autre. Ce qui nous intéressera surtout pour la suite est la

règlementation ICPE, du fait que nous portons davantage attention aux risques environnementaux (qui peuvent également conduire à des risques sanitaires).

### Localisation des ICPE rejetant dans la Jalle et ses affluents



**Figure 5** : Répartition des entreprises de type ICPE dont les rejets d’eaux usées se font dans la Jalle et/ou ses principaux affluents

Source : data.gouv.fr, août 2014 ; (27)  
Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

**Tableau 9** : Dénomination des ICPE de type industrielle dont les rejets d'eaux usées se font dans la Jalle et/ou ses principaux affluents.

NOM	REGIME	SEVESO	TYPE_REJET	MASSE D'EAU REJET	COMMUNES
ALTIA SAINT MEDARD (ex HALBERG-AQUIDEC)	A	NON	Indirect via Cantinolle	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	SAINT-MEDARD-EN-JALLES
ASTRIUM (ex EADS)	A	NON	Direct	La Jalle	SAINT-MEDARD-EN-JALLES
DASSAULT - MERIGNAC	A	NON	Direct	Ruisseau de Magudas	MERIGNAC
DASSAULT - MERIGNAC	A	NON	Indirect via Cantinolle	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	MERIGNAC
GUYENNE ENROBES	A	NON	Direct	Ruisseau du Haillan	MERIGNAC
HERAKLES SA	A	SH	Direct	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	SAINT-MEDARD-EN-JALLES
SAFRAN HERAKLES SAS	A	SB	Direct	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	LE HAILLAN
LARROUDE	A	NON	Direct	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	BLANQUEFORT
PROUST AUTOMOBILES	E	NON	Direct	Ruisseau du Haillan	LE HAILLAN
ROXEL FRANCE	A	SH	Direct	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	SAINT-MEDARD-EN-JALLES
SABENA TECHNICS BOD (ex SOGERMA SERVICE)	A	NON	Direct	Ruisseau de Magudas	MERIGNAC
SABENA TECHNICS BOD (ex SOGERMA SERVICE)	A	NON	Indirect via Cantinolle	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	MERIGNAC
SNECMA PROPULSION SOLIDE (ex SEP)	I	NON	Direct	Ruisseau de Magudas	LE HAILLAN
SNECMA PROPULSION SOLIDE (ex SEP)	I	NON	Indirect via Cantinolle	La Jalle de Blanquefort du confluent du Bibey à la	LE HAILLAN

**Légende** : A : Autorisation ; E : Enregistrement ; I : Inconnu ; SB : Seuil Bas ; SH : Seuil Haut

**Source** : data.gouv.fr, mars 2014 ; (27)

Ces entreprises industrielles, surveillées (par auto surveillance et/ou par inspection des services en charge) en raison de leur danger potentiel pour l'environnement ne peuvent expliquer à elles seules les pollutions retrouvées dans la Jalle, et la raison de son mauvais état écologique (cf Annexe 2 et les rapports de chaque fiche d'ICPE sur <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/recherchelCForm.php>).

En effet, les services en charge de ces installations prennent des mesures strictes pour la régulation des activités industrielles qui dépassent les normes autorisées en matière de rejet. Si les premières fois donnent lieu à un rappel à l'ordre sous la forme d'une mise en demeure par le service (sous l'autorité du préfet), une situation non conforme peut entraîner la cessation de l'activité (ou d'une partie des activités) mise en cause jusqu'à retour à une situation satisfaisante (Exemple de SNECMA PROPULSION SOLIDE (ex SEP), aujourd'hui en cessation d'activité : <http://documents.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/commun/B/4/8aa100b14402299601440259f3150004.pdf>).

Il est donc nécessaire de prendre en compte l'ensemble des entreprises industrielles sur le territoire d'étude, de sorte à avoir un portrait des rejets de la source industrielle dans la Jalle. Il ne nous est pas possible cependant de distinguer avec précision quelles entités industrielles ont des rejets directs et lesquelles ont des rejets indirects. De même, il ne nous est pas possible de distinguer avec précision quelles entreprises relèvent de l'industrie et de l'artisanat, bien que des filtres ont pu être opérés.

Toutes les entreprises sur les communes reliées à la STEU de Cantinolle et/ou sur le bassin versant de la Jalle ont été retenues. L'opération de traitement des données a été réalisée sous SIG (QGIS) (cf. figure 6).

Ceci tenant au fait que nous travaillons avec l'ensemble des entreprises sur la métropole bordelaise, les autres bases de données disponibles n'étant pas assez complètes pour notre cas d'étude (Par exemple celle de l'agence de l'eau Adour Garonne qui ne retient qu'une quarantaine d'entreprises seulement sur le territoire, avec la redevance sur l'eau (28)).

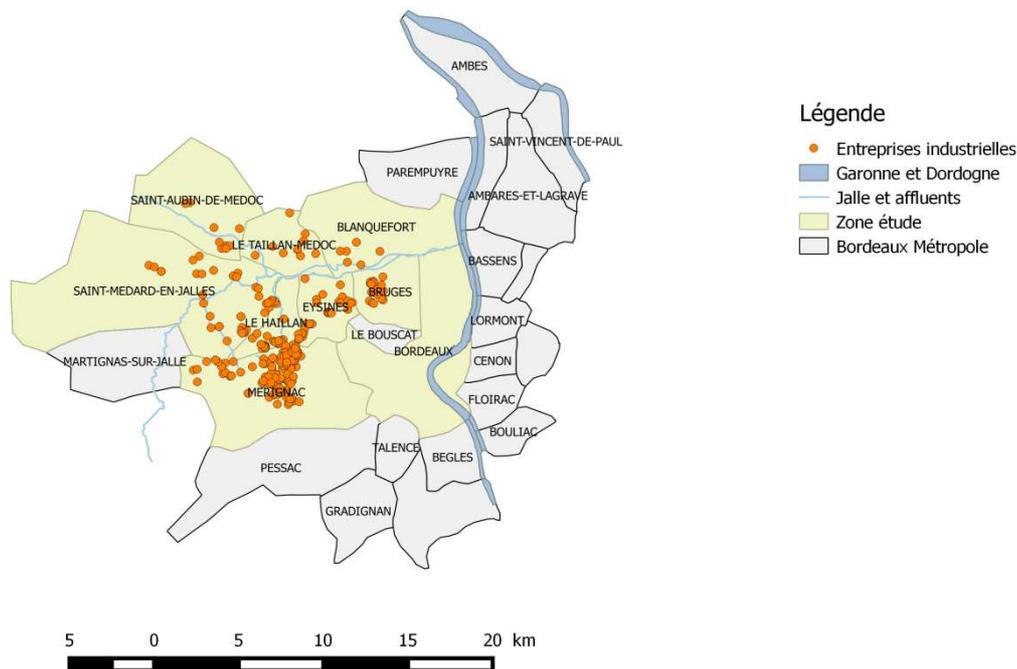
Suite aux traitements successifs (filtres), nous obtenons un total de 417 entreprises pouvant potentiellement rejeter directement ou indirectement ses effluents dans la Jalle. Une analyse simple nous donne certaines informations (cf. tableau 10 et tableau 11) :

- Certains secteurs industriels ne sont pas représentés sur le territoire d'étude : extraction de houille et de lignite (05) ; extraction d'hydrocarbures (06) ; extraction de minerais métalliques (07) ; fabrication de produit à base de tabac (12) ; industrie de l'habillement (14) ; dépollution et autres services de gestion de déchet (39)
- Certains secteurs industriels ne sont représentés que sur une ou quelques communes
- Les entreprises sont majoritairement (~75%) réparties sur trois communes dont une à près de 50% : Mérignac (48%), Le Haillan (13%) et Saint-Médard-en-Jalles (12%).
- Près de 40% des entreprises appartiennent à seulement trois secteurs : Réparation et installation de machines et d'équipements (33) (15%), Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (35) (12%) et Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements (25) (11%).

A partir des données précédemment obtenues, il est possible de relier un micropolluant (ou un groupe de micropolluants) avec un secteur d'activité, grâce à une matrice Activité-Polluant sous la forme d'un fichier Excel (cf. Annexe 3), disponible sur le site du Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Matrice-Activites-Polluants.html>). Si cet outil permet une première approche exploratoire, il ne remplace pas une étude spécifique et précise sur un territoire donné, aussi il n'est pas adapté à notre étude présente.

Dans la même logique, le nombre d'entreprises par secteur ne permet pas d'identifier les pollueurs potentiellement responsables pour la Jalle, et d'autres indicateurs pertinents (chiffre d'affaire, volume de production) ne permettent pas non plus d'arriver à cette fin. Les processus de production peuvent être très différents d'une entreprise à une autre, en plus de leurs autres caractéristiques (taille, volume de production, produits, ...), et de ce fait les rejets d'effluents peuvent être tout aussi différents.

S'il est possible de caractériser la pression industrielle par un portrait sectoriel, il n'est cependant pas possible de déterminer ici la part de chaque entreprise ou de chaque secteur dans celle-ci. Ceci devrait être réalisé dans une autre étude.



**Figure 6 :** Répartition des entreprises du secteur industriel dont les rejets en eaux usées direct ou indirect peuvent aller dans la Jalle de Blanquefort et/ou ses principaux affluents.  
**Source :** LyRE, Bordeaux Métropole (29)  
 Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

**Tableau 10 :** Répartition des entreprises industrielle par secteur industriel (code NAF 2) et par commune

CODE NAF NIV 2	8	9	10	11	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37	38	TOTAL	%		
COMMUNES																																
BLANQUEFORT			1	2		1	3		2		1	1	1	2		1	1	3	1	4			3	5	3		3	1	39	9%		
BRUGES			1		1		1		1		2		2	1		1	3			1		1	1	5					21	5%		
EYSINES			1				2	1	4		1		2	1	2	3	2	1	1				2	5	6		1	1	36	9%		
LE HAILLAN			2		1		1	1	4		2		6	2		9	1		10		1	2	2	10	1			55	13%			
LE TAILLAN MEDOC			1		1			1	1											1		1	2	1				1	10	2%		
MERIGNAC	5	1	3	1	1	1	4	3	5	1	8		9	17	2	20	8	9	9	2	5	4	5	28	38	1	3	6	199	48%		
SAINT AUBIN DE MEDOC					1			1	1							1				1				4					9	2%		
SAINT MEDARD EN JALLES			2				2	1	3				3	3		11		1	3	1	4	2	2	5	3		1	1	48	12%		
TOTAL	5	1	11	3	5	2	13	8	21	1	14	1	23	26	4	46	15	14	25	9	10	10	17	63	51	1	8	10	417	100%		
%	1%	0%	3%	1%	1%	0%	3%	2%	5%	0%	3%	0%	6%	6%	1%	11%	4%	3%	6%	2%	2%	2%	4%	15%	12%	0%	2%	2%	100%			

**Source :** LyRE, Bordeaux Métropole (29)

**Tableau 11** : Libellé des codes NAF (niveau 2) des entreprises présentes sur le site de l'étude

Code NAF niveau 2	Libellé code NAF
8	Autres industries extractives
9	Services de soutien aux industries extractives
10	Industries alimentaires
11	Fabrication de boissons
13	Fabrication de textiles
15	Industrie du cuir et de la chaussure
16	Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles ; fabrication d'articles en vannerie et sparterie
17	Industrie du papier et du carton
18	Imprimerie et reproduction d'enregistrements
19	Cokéfaction et raffinage
20	Industrie chimique
21	Industrie pharmaceutique
22	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique
23	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques
24	Métallurgie
25	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements
26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
27	Fabrication d'équipements électriques
28	Fabrication de machines et équipements n.c.a.
29	Industrie automobile
30	Fabrication d'autres matériels de transport
31	Fabrication de meubles
32	Autres industries manufacturières
33	Réparation et installation de machines et d'équipements
35	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
36	Captage, traitement et distribution d'eau
37	Collecte et traitement des eaux usées
38	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération

Source : INSEE, 2015 (<http://www.insee.fr/fr/>)

**Note :**

Concernant les entreprises industrielles, la difficulté pour déterminer si elles effectuent des rejets directs et/ou indirects est liée au fait que les données disponibles dépendent des caractéristiques des entreprises. Les données de rejets sont disponibles notamment lorsqu'une entreprise comporte un risque pour l'environnement (ICPE, SEVESO, ...) ou encore si l'entreprise est soumise à une redevance sur l'eau (Agence de l'eau, DREAL, ...). De même les données de rattachement des entreprises au réseau d'assainissement sur le territoire sont liées à un contrat triparti entre Bordeaux Métropole, l'entité en charge du réseau d'assainissement et l'entreprise. Ces données n'ont pas été mises sous la forme d'une base de données consultable, et ne sont pas accessibles. Toutefois d'une manière générale, la plupart des entreprises effectuent des rejets indirects via les stations d'épuration, plutôt que des rejets directs.

## 2.6 – Identification des micropolluants d'origine industrielle présents dans la Jalle

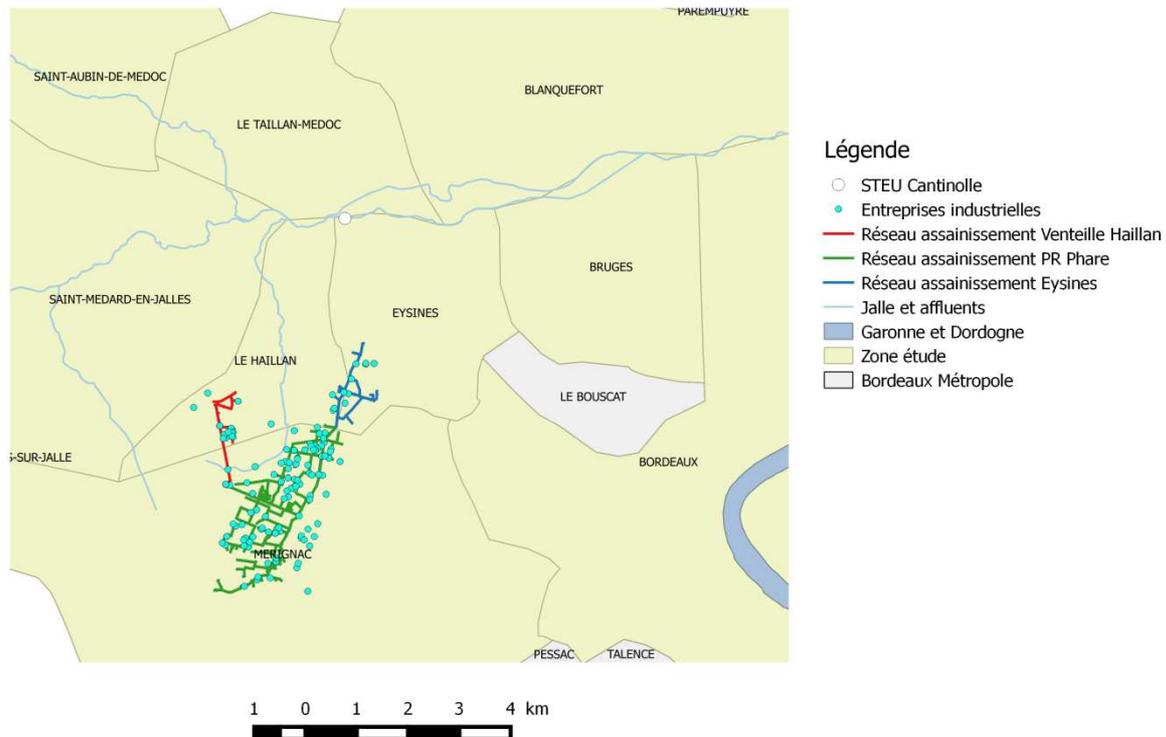
L'identification des micropolluants, même dans une approche exploratoire peut être une tâche ardue, notamment dans notre cas du fait de problèmes techniques et chimiques :

- **Rejets directs** : l'information des rejets directs d'eaux usées des entreprises dans la Jalle peut être obtenue par les mesures réalisées en continu en auto-surveillance et/ou par la police de l'eau (ONEMA). Cependant les points de rejets sont différents d'une entreprise à l'autre, et les rejets ne sont pas réguliers, ce qui rend difficile une appréciation de l'ensemble des rejets directs. Néanmoins il est possible de connaître la nature de certains des micropolluants rejetés.
- **Rejets indirects** : l'information des rejets indirects d'eaux usées est plus complexe à obtenir que la précédente. Les rejets industriels et les rejets domestiques se retrouvent ensemble dans la STEU de Cantinolle, et le réseau d'assainissement tel qu'il existe ne permet pas de séparer clairement ces deux types de rejets, de sorte à connaître d'où proviennent ces micropolluants. Il est toutefois possible d'isoler quelques sites industriels situés en amont du réseau, qui constituent alors des « têtes de pont », ceci a pu être le cas notamment pour trois parties du réseau d'assainissement reliées à la STEU de Cantinolle (cf. Figure 7), dénommés « Ventaille Haillan », « PR Phare » et « Eysines » qui couvrent en partie les communes du Haillan, de Mérignac et d'Eysines. Toutefois, cela ne permet dans l'absolu que de connaître des micropolluants qui sont (en partie) d'origine industrielle, et qui sont responsables (en partie) de la pollution de la Jalle de Blanquefort. Des mesures ont été réalisées dans le projet pour évaluer les différents rejets des différentes sources par le biais d'un certain nombre de prélèvements effectués en différents points, notamment sur différents lieux de la Jalle (cf. Annexe 4), sur la fin de chaque section du réseau d'assainissement, et à l'entrée / sortie de la STEU de Cantinolle. En appliquant certains filtres sur ces données, il a été possible de retenir un certain nombre de micropolluants pertinent au vu de notre étude. Il s'agit de 8 métaux (aluminium, antimoine, arsenic, cadmium, cuivre, mercure, uranium et zinc) et de 2 HAP (fluoranthène et pyrène) (cf. Annexe 5). Les mesures effectuées sur les différents points de prélèvement tendent à montrer qu'il s'agit surtout des métaux qui sont en cause (en particulier l'aluminium, le cuivre et le mercure) (cf. Annexe 6), et est donc en lien avec l'état des lieux de la Jalle, avec la problématique des métaux pour les paramètres écologiques.

De même, il est difficile de suivre les micropolluants tout au long du réseau d'assainissement ainsi que le long de la Jalle : les substances organiques peuvent subir de nombreux changements tout au long de leur transition, de même les métaux peuvent s'accumuler en certains endroits ou se fixer à d'autres composés.

Toutefois cette approche exploratoire n'est pas suffisante pour connaître exactement ce qu'il en est, et devra faire l'objet de recherches et d'études beaucoup plus poussées, bien que les mesures réalisées tendent à montrer que les rejets d'eaux usées chargées en métaux sont une des caractéristiques importantes de la source industrielle et doit être adressé, dans le but

d'atteinte du bon état de la Jalle, et des risques sanitaires et environnementaux que cela comporte.



**Figure 7 :** Représentation d’une partie du réseau d’assainissement pour trois sites industriels rattachés à la STEU de Blanquefort et des entreprises industrielles à proximité

Source : LyRE ; carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

Note : le réseau d’assainissement « PR Phare » est inclus dans le réseau d’assainissement « Eysines »

## 2.7 – Mesures et actions prévues par le SDAGE et le SAGE pour la pollution industrielle

En France, la réglementation de la DCE s’exerce par le biais des SDAGE (Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion de l’Eau) pour chaque bassin hydrographique. Pour notre cas d’étude il s’agit du SDAGE Adour-Garonne et concerne la période 2016-2021 (la période antérieure étant 2010-2015) (30).

Les actions entreprises dans le cadre du SDAGE 2010-2015 ont permis l’amélioration de l’état écologique et de l’état chimique des masses d’eau mais reste en dessous des objectifs du bon état, notamment pour l’état écologique (43% des rivières l’ont atteint à la fin de la période). Le SDAGE 2010-2015 préconisait deux actions importantes et nécessaires pour la réduction des pollutions ponctuelles (source domestique et source industrielle) :

- Fiabiliser les performances des réseaux d’assainissement et des ouvrages d’épuration, [...]
- Développer l’assainissement non collectif là où il est souhaitable et possible mais également des solutions alternatives et innovantes, notamment dans les zones de

montagne et l'amont des bassins versants. [...] Réduire les émissions de toutes les substances toxiques dans le cadre d'une approche préventive mais aussi de mieux connaître les substances d'origine médicamenteuse ou à caractère cancérigène, mutagène ou reprotoxique.

La continuité du SDAGE et de son PDM (Programme De Mesure) pour la période 2016-2021 est nécessaire pour assurer l'amélioration des masses d'eau sur le territoire Adour-Garonne : « sans nouvelle action dans le prochain SDAGE-PDM, 62% des masses d'eau rivières risqueraient de ne pas atteindre le bon état écologique en 2021 » (SDAGE 2016-2021 document d'accompagnement).

Le PDM 2016-2021 constitue le recueil des actions dont la mise en œuvre est nécessaire pour atteindre les objectifs environnementaux fixés par le SDAGE 2016-2021, essentiellement en application de la DCE, ces objectifs se rapportent entre autres à :

- La non dégradation des masses d'eau superficielles (cours d'eau, lacs, côtières et de transition) et souterraines
- L'obtention des objectifs d'état des eaux souhaités pour les masses d'eau superficielles et souterraines
- La réduction progressive, ou selon les cas, la suppression des émissions, rejets et pertes de substances prioritaires pour les eaux de surface

Le SDAGE et le PDM 2016-2021 définissent également des mesures à prendre en fonction de chaque objectif, notamment celui de la réduction des pollutions issues de l'industrie et de l'artisanat, ces mesures devraient permettre à contribuer à :

- L'atteinte du bon état écologique des eaux de surface par la réduction des émissions de macropolluants constituant des paramètres physico-chimiques de l'état écologique ainsi que la réduction des émissions de polluants spécifiques de l'état écologique
- L'atteinte du bon état chimique des eaux de surface et la non augmentation de manière significative des concentrations de substances dans les sédiments et le biote
- L'objectif de suppression des flux de substances dangereuses prioritaires et de réduction des flux de substances
- La prévention de la détérioration de la qualité des eaux qui inclut les concentrations qui n'augmentent pas de manière significative dans les sédiments et le biote

Ces mesures consisteront de manière générale à :

- Renforcer la surveillance des rejets industriels ponctuels de substances, par exemple la recherche de substances dangereuses dans l'eau (RSDE) pour les établissements ICPE
- Recourir aux meilleures techniques disponibles pour les exploitations en activités
- Remettre en état des sites industriels
- Régulariser et/ou réviser des autorisations de déversement dans les réseaux publics
- Gérer et collecter les déchets dangereux dispersés
- Gérer les déchets pour limiter les émissions de polluants de toute nature

La commission territoriale Atlantique a également défini des mesures spécifiques pour l'industrie / artisanat pour l'UHR (Unité Hydrographique de Référence) Garonne Atlantique (cf. Tableau 13).

**Tableau 12** : Mesures appliquées à l'UHR Garonne Atlantique pour l'industrie et l'artisanat

Industrie - Artisanat		
Code de la mesure	Libellé de la mesure	Descriptif de la mesure
IND01	Etude globale et schéma directeur	Réaliser une étude globale ou un schéma directeur portant sur la réduction des pollutions associées à l'industrie et à l'artisanat
IND04	Dispositif de maintien des performances	Adapter un dispositif de collecte ou de traitement des rejets industriels visant à maintenir et à fiabiliser ses performances
IND06	Sites et sols pollués	Mettre en place des mesures visant à réduire les pollutions des « sites et sols pollués » (essentiellement liées aux sites industriels)
IND08	RSDE	Améliorer la connaissance de pressions polluantes de substances dangereuses pour la définition d'actions visant leur réduction (RSDE)
IND12	Ouvrage de dépollution et technologie propre – Principalement substances dangereuses	Créer et/ou aménager un dispositif de traitement des rejets industriels visant principalement à réduire les substances dangereuses (réduction quantifiée)
		Mettre en place une technologie propre visant principalement à réduire les substances dangereuses (réduction quantifiée)
IND13	Ouvrage de dépollution et technologie propre – Principalement hors substances dangereuses	Créer et/ou aménager un dispositif de traitement des rejets industriels visant à réduire principalement les pollutions hors substances dangereuses
		Mettre en place une technologie propre visant à réduire principalement les pollutions hors substances dangereuses

Source : Eau France Adour Garonne ([http://adour-garonne.eaufrance.fr/upload/DOC/SDAGE/PDM/mesures\\_uhr\\_Litt5.pdf](http://adour-garonne.eaufrance.fr/upload/DOC/SDAGE/PDM/mesures_uhr_Litt5.pdf))

Un certain nombre de ces mesures nous intéresse dans le cadre de notre étude, vis-à-vis de la réduction et la gestion des micropolluants issus de la source industrielle :

- **IND01** : Il est nécessaire en premier lieu d'étudier, et d'analyser la pollution de la Jalle de Blanquefort de sorte à en déterminer les sources, notamment la pollution issue de l'industrie (LOT 1 et LOT 2), suite à quoi il est nécessaire de trouver des leviers d'action pour la réduction de la pollution d'origine industrielle (LOT 3)
- **IND08** : Parallèlement, il est nécessaire de déterminer quelles substances, quels micropolluants pourraient avoir des effets néfastes pour l'environnement et la santé, de sorte à pouvoir réduire les éventuelles substances. Dans notre cas d'étude, il s'agit de déterminer quelles substances sont pertinentes.
- **IND04, IND12 et IND13** : Les systèmes actuels de traitement des eaux usées (STEU collectives et individuelles) ne sont pas suffisamment performants, notamment pour les métaux, et ne préviennent donc pas la pollution de la Jalle. Il est nécessaire d'adapter ces réseaux d'assainissements aux nouveaux impératifs (IND04). La réduction des substances dangereuses (IND12) –règlementées - et hors dangereuses (IND13) – non règlementées (substances émergentes, pertinentes) – doit être réalisé par le biais de deux méthodes : les technologies (plus) propres et des dispositifs de traitement de rejets d'eaux usées plus performant. Dans notre cas d'étude, il s'agira surtout de la seconde technique.

Si les SDAGE établissent les actions et mesures nécessaires pour la préservation de la ressource en eau sur les différents bassins hydrographiques, les SAGE établissent des actions plus spécifiques pour les sous bassins hydrographiques. Chaque SAGE reprend, et dépend en grande partie des objectifs du SDAGE référent, du bassin hydrographique dont lequel il

dépend. Dans notre cas d'étude, le SAGE référent est le SAGE « Estuaire de la Gironde et milieux associés » pour la période 2016-2021 (31). Le SAGE définit par ailleurs des actions à entreprendre pour la Jalle de Blanquefort :

- Tête de bassin définie comme secteur à forts enjeux environnementaux (Pc3)
- Diagnostic de la qualité de l'eau et de l'origine des rejets sous 5 ans (Bv 8)
- Réduction des transferts au milieu naturel des substances dangereuses du SDAGE et des substances critiques du SAGE (Pc1)
- Forte réduction des rejets domestiques programmée par la CUB, mais questions restantes sur les rejets du pluvial : sur la Jalle elle-même (suivi à réaliser en lien avec l'observatoire de la Jalle) dans la Garonne par temps de pluie en situation à risque (Ox2)
- Restauration de la franchissabilité des portes à flot aux migrateurs (Bv3)
- Définition si nécessaire d'un DOE en appui à la gestion quantitative (Bv7)
- Suivre les niveaux, formaliser les pratiques actuelles (Bv6), intégrer le cas échéant les enjeux du brochet (Bv5) dans les marais non définis en ZHIEP ou ZSGE

Deux mesures sont particulièrement en rapport avec la pollution d'origine industrielle.

Le diagnostic de la qualité et de l'origine des rejets sous 5 ans (Bv8) est nécessaire pour identifier la pollution liée à l'activité industrielle et son impact sur la qualité de l'eau (sur l'état écologique de la Jalle dans notre cas). Cette mesure est liée à la disposition BV8 (voir ci-dessous) du SAGE, qui traite de la question des matières organiques qui peuvent être important dans certains secteurs industriels. Mais cette disposition peut être moins pertinente dans notre contexte, dans le sens où la question des micropolluants (organique et inorganique) n'est pas traitée dans son ensemble.

#### **Disposition BV 8** : Réduire les rejets de matières organiques

La question des pollutions chimiques (métaux, HAP, PCB, produits phytosanitaires, ...) est traitée dans le chapitre dédié. La question du suivi de la qualité de l'eau est traitée dans l'enjeu pollutions chimiques au travers d'une disposition visant l'évaluation des réseaux existants (DCE, RCD, ...) au vu des enjeux du SAGE.

L'objectif de cette disposition est que les rejets de matières organiques de l'assainissement collectif, non collectif, des industries et des effluents vinicoles ne remettent pas en cause les objectifs du SAGE en termes de reconquête des habitats piscicoles et les objectifs de Bon Etat fixés par le SDAGE.

La réduction des transferts au milieu naturel des substances dangereuses du SDAGE et des substances critiques du SAGE (Pc1) est essentielle pour l'atteinte du bon état des masses d'eaux qui composent la Jalle, pour les facteurs chimiques qui interviennent pour l'état écologique notamment. La disposition Pc1 cherche à identifier les substances présentes dans les masses d'eau de l'estuaire et ses affluents et d'en déterminer les risques (voir ci-dessous). Plus généralement les dispositions de type « Pc X » sont pertinentes dans notre approche, puisqu'elles concernent la Pollution Chimique et les enjeux de réduction de celle-ci.

**Disposition Pc 1** : Préciser les substances critiques pour l'estuaire et ses affluents, et améliorer leur connaissance

Il est entendu par "substances critiques pour l'estuaire et ses affluents", les substances représentant un risque d'écotoxicité chronique ou vis-à-vis des usages, notamment parmi les substances visées par la circulaire RSDE (04/02/02 et 05/01/09), la circulaire du 7 mai 2007, le SDAGE et les substances médicamenteuses.

Certaines de ces substances sont d'ores et déjà identifiées (substances dangereuses et pertinentes du SDAGE : cadmium, HAP, PCB, tributylétain, ...). Le groupe d'experts, mis en place dans le cadre de la disposition Oa8, complètera et actualisera cette liste, sur la base des travaux en cours dans le cadre du PDM ou de toute autre source de données disponibles.

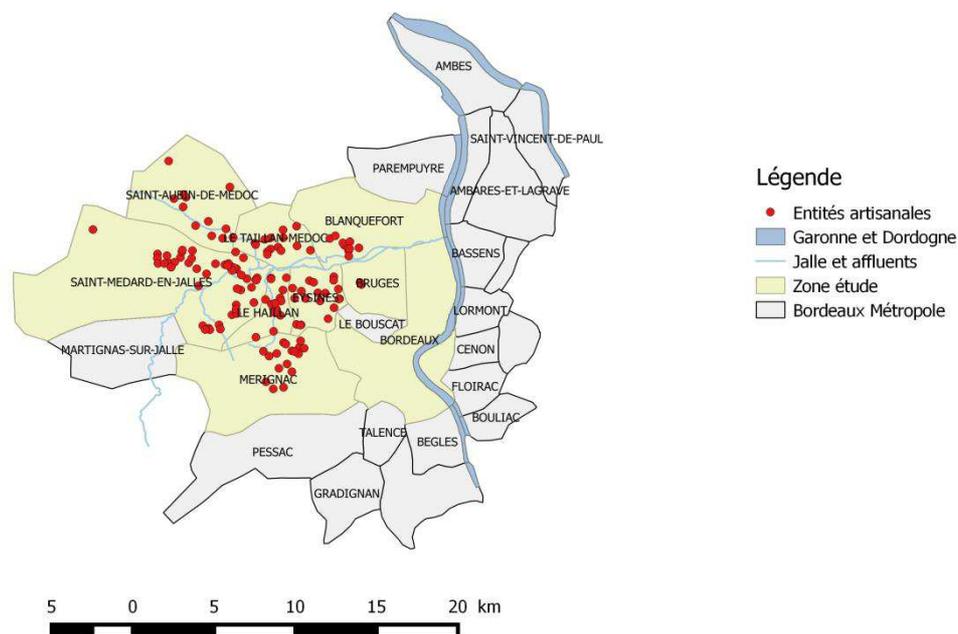
Les origines des rejets et des transferts de substances critiques vers les milieux sensibles, définis à la disposition Pc3, sont étudiées par le groupe d'experts, dès la mise en évidence d'une substance critique.

## 2.8 – La question de la prise en compte de l'artisanat dans l'approche industrielle

Notre cas d'étude s'intéresse à la source industrielle et ne prend pas en compte les structures artisanales. Cependant, les actions et mesures prévues par le SDAGE Adour Garonne et le SAGE Estuaire de la Gironde et milieux associés concernent aussi bien l'industrie que l'artisanat.

Sur le territoire de l'étude, 142 entreprises de type artisanale ont pu être localisées (cf. figure 7), soit plus d'un tiers du nombre d'établissements industriels (417). Par ailleurs, la répartition et les caractéristiques des entreprises artisanales sont assez différentes de celles des entreprises industrielles, notamment plus d'un tiers (36%) des entreprises artisanales sont situées sur Saint-Médard-en-Jalles et les secteurs d'activité les plus représentés ne sont pas les mêmes que ceux des entreprises industrielles (cf. tableau 13).

Cependant pour les mêmes raisons que celles évoquées pour les entreprises industrielles, il n'est pas possible à ce moment de déterminer la part des entreprises dans la pollution chimique de la Jalle de Blanquefort. Il n'est pas donc pas possible de savoir pour l'instant si l'inclusion de l'artisanat est pertinent ou non pour cette étude, comme le suggère le SDAGE et le SAGE.



**Figure 8 :** Répartition des entreprises artisanales dont les rejets en eaux usées direct ou indirect peuvent aller dans la Jalle de Blanquefort et/ou ses principaux affluents.

Source : LyRE, Bordeaux Métropole (29)

Carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

**Tableau 13 :** Répartition des entreprises artisanales par secteur industriel (code NAF 2) et par commune

CODE NAF 2	8	10	11	13	14	15	16	18	20	23	25	26	27	28	30	31	32	33	35	38	Total	%	
COMMUNES																							
BLANQUEFORT			1														2	4		2	9	6%	
BRUGES						1												1			2	1%	
EYSINES					3		1	3		1						2	5	4		1	20	14%	
LE HAILLAN		1			2	2		3			1	1					2	2	1		15	11%	
LE TAILLAN MEDOC				1	1						1					3	3		2	3	14	10%	
MERIGNAC				1	1	1		3		2			1	2	1	2	1	2			17	12%	
SAINT AUBIN DE MEDOC					2			1	1		1					2	2	1	3	1	14	10%	
SAINT MEDARD EN JALLES	1	3		2	8	1	5	9		2	2	1		1			6	5	5		51	36%	
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>12%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>13%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>6%</b>	<b>15%</b>	<b>13%</b>	<b>8%</b>	<b>5%</b>	<b>100%</b>		

Source : LyRE, Bordeaux Métropole (29)

Note :

Il est assez difficile de déterminer avec précision quelle entreprise appartient à l'industrie et à l'artisanat. La base de donnée fournie par le LyRE comprenait l'ensemble des entreprises présentes sur Bordeaux Métropole (ex-CUB) et n'avaient pas suffisamment d'informations pour déterminer à quel type appartenait les entreprises. Aussi la précision des résultats, pour la détermination de l'industrie et de l'artisanat n'est pas élevée. L'ensemble des deux bases de données cependant est fiable pour déterminer les entreprises issues de l'industrie et de l'artisanat, qui pourraient polluer la Jalle par ses rejets d'eaux usées.

## Partie 3 – Principes économiques guidant l'évaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants de source industrielle

### 3.1 – Rappel du cadre conceptuel développé pour la sélection des mesures permettant d'atteindre les objectifs environnementaux

- a) L'approche coût-efficacité des mesures pour établir un programme de mesure pour chaque bassin hydrographique

La politique de l'eau en France, constituée en grande partie par le cadre de la DCE, est gérée par bassin hydrographique, soit « toute zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de ruisseaux, rivières, lacs et fleuves vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta » (DCE). Ces bassins constituent l'unité de base pour l'application des mesures relatives à la gestion des ressources en eaux. Pour chacun des six bassins hydrographiques en France, la DCE impose un certain nombre d'objectifs à atteindre, notamment le respect des conditions chimiques et écologiques par le biais de normes quantitatives et qualitatives. Cette obligation entraîne par conséquent un ensemble de mesures à entreprendre de sorte à ce que les normes établies à l'échelle européenne et nationale, soient respectées pour la totalité des composants d'un bassin hydrographique (ou d'un sous bassin hydrographique).

La DCE définit le cadre pour ces programmes de mesures à l'article 11 (cf. encadré ci-dessous), notamment avec le rappel de respecter les conditions de l'article 4 (et de l'article 5). L'article définit également que ces programmes se doivent d'être efficaces et de réaliser les objectifs définis par la DCE.

#### **Directive 2000/60/CE**

##### Article 11

##### Programme de mesures

1. Chaque État membre veille à ce que soit élaboré, pour chaque district hydrographique ou pour la partie du district hydrographique international située sur son territoire, un programme de mesures qui tienne compte des résultats des analyses prévues à l'article 5, afin de réaliser les objectifs fixés à l'article 4. Ces programmes de mesures peuvent renvoyer aux mesures découlant de la législation adoptée au niveau national et couvrant tout le territoire d'un État membre. Le cas échéant, un État membre peut adopter des mesures applicables à tous les districts hydrographiques et/ou aux portions de districts hydrographiques internationaux situés sur son territoire.

L'annexe III de la DCE (cf. encadré ci-dessous) fait quant à elle une référence à l'analyse économique, avec deux intérêts :

- La récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau
- Le programme de mesures le plus efficace au moindre coût

Cette dernière mention est à mettre directement en lien avec une analyse coût-efficacité (ACE), pertinente dans notre cas puisque la question de réaliser ou non les mesures ne se posent pas car imposées par le cadre de la DCE (et de la politique de l'eau plus généralement en France), et donc ne doivent pas comparer les coûts et les bénéfices de ces mesures, ces derniers supposés beaucoup plus importants que les coûts, comme il serait le cas pour une analyse coût-bénéfice (ACB). Il s'agit donc bien de comparer les coûts du programme de mesures avec les résultats qu'il engendre.

### Directive 2000/60/CE

#### ANNEXE III

#### ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'analyse économique doit comporter des informations suffisantes et suffisamment détaillées (compte tenu des coûts associés à la collecte des données pertinentes) pour:

a) effectuer les calculs nécessaires à la prise en compte, en vertu de l'article 9, du principe de récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau, compte tenu des prévisions à long terme de l'offre et de la demande d'eau dans le district hydrographique et, le cas échéant:

- une estimation des volumes, prix et coûts associés aux services liés à l'utilisation de l'eau, et
- une estimation des investissements pertinents, y compris la prévision de ces investissements;

**b) apprécier, sur la base de leur coût potentiel, la combinaison la plus efficace au moindre coût des mesures relatives aux utilisations de l'eau qu'il y a lieu d'inclure dans le programme de mesures visé à l'article 11.**

Toutefois l'analyse économique n'est pas obligatoire, y compris l'ACE, bien que sa mise en œuvre soit fortement recommandée, notamment pour être en cohérence avec la mise en œuvre de la DCE. Une telle démarche reste novatrice, et est avant tout un outil d'aide à la décision, complémentaires aux autres outils (techniques, politiques...) (Gest'Eau, 2008 (32)). Des études récentes montrent par ailleurs que son utilisation en Europe n'est pas systématique, varie beaucoup d'un pays européen à l'autre, et surtout n'est que peu décisif dans la prise de décision pour les projets de gestion des ressources en eau (ONEMA) (33).

Étant donné les coûts importants que peuvent engendrer ce type de projet, notamment avec l'objectif du bon état de toutes les masses d'eau pour chaque bassin versant européen, la question de l'analyse économique est d'autant plus importante, et l'utilisation de l'ACE peut fournir en parti des moyens pour mettre en œuvre des programmes de mesures efficaces et le moins coûteux possibles.

Il est alors nécessaire de définir ici, ce qu'on entend par Analyse Coût-Efficacité (ACE) (cf. les deux encadrés suivants).

### Analyse coût-efficacité

L'analyse coût-efficacité permet de déterminer les différentes options ou mesures à mettre en œuvre pour atteindre, au moindre coût, un objectif fixé. Cette analyse permet ainsi de classer les actions ou les projets envisagés en fonction de leur efficacité pour atteindre un but environnemental défini.

L'analyse coût-efficacité a pour objectif de garantir que les ressources financières limitées des acteurs et contributeurs seront utilisées au mieux. Elle a ainsi pour but de minimiser la dépense requise pour atteindre un objectif pré-spécifié. Par contraste avec l'analyse coût-bénéfice, il ne s'agit pas de chiffrer les bénéfices associés à l'atteinte de cet objectif. Ce type d'analyse ne permet donc ni de statuer sur la pertinence d'une action ou d'un projet en tant que tel, ni de sélectionner le meilleur projet au regard des bénéfices attendus. En revanche, l'analyse coût-efficacité permet de déterminer la combinaison d'actions la moins chère permettant d'atteindre un objectif fixé.

**Source** : Les évaluations économiques en appui à la gestion de l'eau et des milieux aquatiques (Chapitre 2-2), (ONEMA, 2013) (34)

<http://www.onema.fr/IMG/pdf/chapitre2-2.pdf>

### Analyse coût-efficacité

L'analyse coût-efficacité vise à comparer systématiquement les coûts et les impacts attendus (efficacité) sur le milieu aquatique (en amélioration de la qualité de l'eau, réduction des prélèvements, etc.) de différentes actions. La comparaison des coûts et de l'efficacité de chaque action permet d'estimer un indicateur de coût-efficacité (exprimé par exemple en € par m<sup>3</sup> ou par kg de nitrates non rejeté dans le milieu) et ainsi de classer les actions selon les valeurs croissantes de cet indicateur. Les actions choisies en premier seront celles qui auront le ratio le plus faible.

**Source** : Guide pratique pour la mise en œuvre d'analyses socio-économiques en appui à l'élaboration de SAGE et de contrats de rivières (Eau Loire Bretagne, 2013) (35)  
[http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace\\_documentaire/documents\\_en\\_ligne/guides\\_milieux\\_aquatiques/Guide-analyse-socioeco\\_2013.pdf](http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Guide-analyse-socioeco_2013.pdf)

L'ACE cherche à déterminer quelle est la combinaison de d'actions qui permettent d'atteindre un objectif donné au moindre coût (e.g. l'atteinte du bon état pour toutes les masses d'eau d'un bassin hydrographique). Le programme qui coûte le moins cher est alors appelé « programme coût-efficace », il permet de garantir que les ressources financières allouées au secteur de l'eau, ressources qui sont par ailleurs limitées, seront allouées de la meilleure façon possible. « Le guide pratique pour la mise en œuvre d'analyses socio-économiques en appui à l'élaboration de SAGE et de contrats de rivières » (Eau Loire Bretagne, 2013) (35) décrit par ailleurs une méthodologie pour l'ACE dans le cadre de la gestion des ressources en eau (fiche méthode 7), détaillées en plusieurs étapes :

- Identifier les différentes actions possibles pour atteindre un objectif de gestion de l'eau prédéfini ;
- Pour chaque action, estimer (voir fiche méthode n° 5) :

- Les coûts de l'action (investissement, fonctionnement, autres coûts)
  - Son impact (efficacité) attendu sur l'état des milieux aquatiques, exprimé qualitativement ou quantifié. Par exemple en km de cours d'eau renaturés, en réduction de pressions polluantes (quantité d'azote n'étant pas rejetée dans le milieu) ou en réduction de pressions quantitatives (réduction de prélèvements individuels en m<sup>3</sup>)
  - La période de vie de l'action (en années).
- Les données sur les coûts permettent ensuite de calculer la valeur actualisée des coûts, en prenant en compte la durée de vie des équipements et un taux d'actualisation choisi (voir encadré) ;
  - La valeur actualisée des coûts est ensuite confronté aux indicateurs d'efficacité pour estimer un ratio coût-efficacité (en €/kg de nitrate, €/m<sup>3</sup> d'eau économisé ou €/description qualitative de l'amélioration écologique attendue de l'action), ceci permettant de classer ensuite les actions proposées par ordre croissant de cet indicateur coût-efficacité ;
  - Le programme coût-efficace est ensuite défini en choisissant les actions les plus coûts-efficaces par ordre croissant jusqu'à ce que la combinaison d'actions permette d'atteindre l'objectif défini.

#### Note n°1 :

Les analyses coût-efficacité sont généralement peu utilisées dans l'appui à l'élaboration de programmes d'actions territoriaux du fait de la grande diversité d'impacts attendus sur les milieux aquatiques des différentes actions proposées. Elles trouvent une utilité plus grande pour des actions ciblant à réduire a) des pollutions ou b) des prélèvements dans les milieux, l'efficacité d'actions potentielles pouvant alors plus facilement être quantifiée (en réduction de pressions polluantes en kg de nitrate ou en réduction de prélèvements en m<sup>3</sup>) et des ratios coût-efficacité estimés (en kg de nitrate par € ou en m<sup>3</sup>/€) et classés par ordre décroissant pour prioriser les actions à mettre en œuvre.

Par rapport au ratio coût-efficacité estimé, on notera la possibilité d'utiliser le ratio inverse efficacité sur coût (m<sup>3</sup> d'eau économisée par € ou kg de nitrates par €), les mesures étant alors choisies par ordre décroissant de cet indicateur (Eau Loire Bretagne) (35).

#### Note n°2 :

Les ACE peuvent être également compliquées lorsqu'elles se prêtent à évaluer l'état écologique, puisque certains paramètres écologiques ne peuvent être aisément quantifiés, et sont alors définis de manière qualitative. L'ACE alors cherchera à définir comment atteindre une qualité recherchée à un moindre coût.

b) L'approche coût-efficacité des mesures permettant de contrôler les substances prioritaires au moindre coût

Les rejets des substances prioritaires (et des substances prioritaires dangereuses) doivent progressivement réduits (supprimés), comme l'exige pour la DCE sur l'ensemble des masses d'eau. Il est donc nécessaire que ces rejets soient limités, et se situent en dessous des normes définies par le DCE, de sorte à ce que ces rejets n'occasionnent pas de risques environnementaux et/ou sanitaires.

Lorsque les concentrations de ces substances, dites prioritaires, se situent au-dessus de la norme, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures pour contrôler les rejets responsables de ces concentrations trop élevées. Ces mesures de contrôles de substances prioritaires imposent des coûts, qui peuvent être conséquents, ce qui nécessitent au préalable de rechercher les programmes de mesures de réduction des rejets de substances prioritaires les plus efficaces, et aux moindres coûts, et donc requiert l'utilisation d'une ACE.

En effet, en matière de stratégie de réduction des substances prioritaires (Article 16), la DCE préconise l'emploi de critères de coût-efficacité pour déterminer la meilleure combinaison d'actions à mettre en œuvre pour réduire puis progressivement supprimer ce type de rejets (Annexe III) (ONEMA, 2013) (34).

L'emploi de l'ACE dans le cadre de l'objectif de réduction des rejets de substances prioritaires n'est cependant pas systématique et obligatoire, bien que recommandé.

L'utilisation d'une ACE dans ce contexte, peut avoir lieu à différents moments, et pour des motifs sensiblement différents :

- **Avant la mise en œuvre des mesures** : il s'agit de chercher quels programmes de mesures répond aux objectifs fixés, soit la réduction des substances prioritaires qui posent problème pour une masse d'eau à un niveau satisfaisant (norme en vigueur ou absence de rejets), et de déterminer celui, ou ceux, dont le coût monétaire est le plus faible. (C'est le cas de notre étude pour la Jalle de Blanquefort).
- **Pendant la mise en œuvre** : il est possible que certaines informations clefs ne soient disponibles et/ou n'apparaissent que pendant la mise en œuvre d'un programme, dans ce cas présent précis, il s'agit de s'assurer que le projet est toujours pertinent, et peut donc être modifié en cours de route, qu'il s'agisse d'informations relatives aux coûts des mesures, ou encore des résultats attendus.
- **Après la mise en œuvre** : les incertitudes liées aux coûts et aux résultats attendus (i.e. l'efficacité du programme de mesures) peuvent être parfois importantes, la conduite d'une ACE une fois que les mesures soient réalisées permet de s'assurer que le programme de mesures étaient bien le meilleur choix.

En reprenant la logique de la méthodologie précédemment vue (fiche méthode 7) et en faisant le lien avec notre cas d'étude de la Jalle de Blanquefort, l'ACE pour les programmes de mesures visant au contrôle des substances prioritaires consisteraient à :

- Identifier les substances chimiques pertinentes (responsables de la non-atteinte du bon état) et leurs provenances (la source).  
*Cas étude : pour la source industrielle, il s'agirait principalement des métaux.*
- Identifier les différentes actions possibles pour réduire les rejets des substances prioritaires en cause.

*Cas étude : il existe différentes solutions : avec la mise en place de STEU individuelles performantes (ou que celles déjà en place le soient davantage), une STEU collective plus performante du point de vue des métaux, des procédés de fabrication plus propres et plus efficaces d'un point de vue de rejets/déchets, ...*

- Pour chaque action, estimer :
  - Les coûts de l'action (investissement, fonctionnement, autres coûts).
  - Son impact (efficacité) attendu sur la réduction des rejets de substances prioritaires (métaux dans notre cas) exprimé en unité pertinente (kg/an, tonne/an, g/jour, ou encore sur la réduction de concentration attendue dans la masse d'eau...).
  - La période de vie de l'action (en années).
- Les données sur les coûts permettent ensuite de calculer la valeur actualisée des coûts, en prenant en compte la durée de vie des équipements et un taux d'actualisation choisi.
- La valeur actualisée des coûts est ensuite confronté aux indicateurs d'efficacité pour estimer un ratio coût-efficacité, ceci permettant de classer ensuite les actions proposées par ordre croissant de cet indicateur coût-efficacité.
- Le programme coût-efficace est ensuite défini en choisissant les actions les plus coûts-efficaces par ordre croissant jusqu'à ce que la combinaison d'actions permette d'atteindre les normes imposées par la DCE en matière de concentration de substances prioritaires maximales dans une masse d'eau.

Note :

La mise en place d'une ACE pour la réduction des substances prioritaires (des métaux dans notre cas) peut être complexe, car multidimensionnelle avec la prise en compte de chacune des substances (métaux) individuellement. L'efficacité recherchée ici est la maîtrise des rejets de substances prioritaires, de sorte à ce qu'ils ne dépassent pas les normes. Pourtant la question de la réduction des rejets la plus grande est une considération importante dans le contexte de la DCE, qui en fait un de ses enjeux à terme, avec une réglementation qui évolue vers la diminution, voire la suppression, progressive de ces rejets.

c) L'approche coût-bénéfice (ACB) des actions de réduction des micropolluants

La DCE impose un certain nombre de normes à respecter, notamment pour définir le bon état des masses d'eau dont la réduction des rejets de substances prioritaires, auxquelles il n'est pas possible de déroger. Toutefois il est possible que dans certains cas, ces objectifs soient revus à la baisse, comme prévu à l'article 4 de la DCE (cf. encadré ci-dessous).

## Directive 2000/60/CE

### Article 4

**5. Les États membres peuvent viser à réaliser des objectifs environnementaux moins stricts que ceux fixés au paragraphe 1, pour certaines masses d'eau spécifiques**, lorsque celles-ci sont tellement touchées par l'activité humaine, déterminée conformément à l'article 5, paragraphe 1, **ou que leur condition naturelle est telle que la réalisation de ces objectifs serait impossible ou d'un coût disproportionné**, et que toutes les conditions suivantes sont réunies:

a) les besoins environnementaux et sociaux auxquels répond cette activité humaine ne peuvent être assurés par d'autres moyens constituant une option environnementale meilleure et dont le coût n'est pas disproportionné;

b) les États membres veillent à ce que:

- les eaux de surface présentent un état écologique et chimique optimal compte tenu des incidences qui n'auraient raisonnablement pas pu être évitées à cause de la nature des activités humaines ou de la pollution,

- les eaux souterraines présentent des modifications minimales par rapport à un bon état de ces eaux compte tenu des incidences qui n'auraient raisonnablement pas pu être évitées à cause de la nature des activités humaines ou de la pollution;

c) aucune autre détérioration de l'état des masses d'eau concernées ne se produit;

d) les objectifs environnementaux moins stricts sont explicitement indiqués et motivés dans le plan de gestion de district hydrographique requis aux termes de l'article 13 et ces objectifs sont revus tous les six ans.

Dans le cas des coûts disproportionnés, c'est-à-dire que les coûts liés aux mesures nécessaires à la mise en conformité dans le cadre de la DCE soient (beaucoup) plus élevés que les bénéfices qu'elles engendrent, il est possible d'obtenir une dérogation et de définir des objectifs moins ambitieux. S'il est sous-entendu que les bénéfices obtenus par les mesures réalisées pour atteindre le bon état des masses d'eau sont généralement plus grands que les coûts qu'ils engendrent, il est possible que ce ne soit pas toujours le cas, aussi la question de la comparaison entre les coûts et les bénéfices de ces mesures se pose. Ce qui nous amène à considérer l'analyse coût-bénéfice (ACB). Par ailleurs, étant les dépenses (publiques et/ou privées) importantes pour ce type de projets, l'ACB est un outil économique pouvant également servir de justification des politiques, projets publics, auprès de la population et d'autres agents économiques, susceptibles d'être concernés.

Ceci nous amène à considérer l'ACB en tant qu'analyse économique et outil de décision pour les mesures de réduction des micropolluants, qu'il nous faut à présent définir (cf. encadré ci-dessous).

## L'analyse coûts-bénéfices

L'analyse coûts-bénéfices (ACB) compare tous les bénéfices à tous les coûts d'un projet donné et de ses alternatives, en intégrant notamment les impacts ne faisant pas l'objet de flux monétaires (ce qui concerne souvent l'environnement).

C'est un outil d'aide à la décision qui permet de comparer les variantes d'un projet, de discuter leur pertinence.

En fonction de la valeur du ratio bénéfice/coût, le projet évalué est jugé rentable ou non.

En pratique, l'ACB diffère selon que les bénéfices à évaluer sont marchands ou non marchands (notamment améliorations environnementales comme la dépollution de l'eau...). Dans ce dernier cas, sa mise en œuvre nécessite l'utilisation de méthodes appropriées pour monétariser des bénéfices non marchands attendus.

**Source** : Les évaluations économiques en appui à la gestion de l'eau et des milieux aquatiques (Chapitre 2-2), (ONEMA, 2013) (34)

<http://www.onema.fr/IMG/pdf/chapitre2-2.pdf>

Une ACB dans une approche générale permet de déterminer la pertinence d'un projet d'un point de vue socio-économique (et environnementale), si elle est souvent réalisée avant la mise en place du projet, elle peut être réalisée à différents moments, notamment dans le cas de réduction des micropolluants dans le milieu aquatique :

- **Avant la mise en œuvre** : elle permet de déterminer si le ou les programmes de mesures de réduction des micropolluants sont pertinents d'un point de vue économique en comparant les bénéfices attendus et les coûts demandés.
- **Pendant la mise en œuvre** : il est possible que des éléments nouveaux, ou connus uniquement lors de la mise en œuvre du projet interviennent dans la mise en œuvre d'un projet, et peuvent en modifier l'essence, que ces informations relèvent des coups ou encore des impacts du projet.
- **Après la mise en œuvre** : il est également possible que des impacts ou encore que des incertitudes sur impacts ne deviennent que visible après la mise en place des mesures, aussi la conduction d'une ACB ex-post peut être pertinente.

Dans notre cas, il s'agirait d'une ACB réalisée avant la mise en œuvre des programmes de mesures de réduction de micropolluants issus de la source industrielle pour la Jalle de Blanquefort.

Si la théorie derrière l'ACB, comparer coûts et bénéfices, est relativement simple, la conduction d'une ACB peut être complexe à plusieurs niveaux :

- Certains coûts et bénéfices ne sont pas de nature marchande, ce qui peut rendre difficile l'estimation monétaire de ceux-ci (monétarisation) ou encore la fiabilité de ces éléments.
- Certaines informations sont difficilement disponibles voire ne le sont pas
- L'ACB prend du temps et peut être couteuse.
- L'ACB dépend beaucoup des hypothèses de bases (scénario, éléments pris en compte,...), etc.
- 

Une ACB requiert un certain nombre d'étapes principales, qui peuvent varier en fonction du projet (Fiche méthode 8 - Eau Loire Bretagne, 2013 (35)), notamment dans le cadre d'une ACB portant sur la réduction des micropolluants, et pour la Jalle de Blanquefort :

- Elaborer le scénario de référence (ou tendanciel) par rapport auquel les différents impacts (positifs ou négatifs) seront estimés ;  
*Cas étude : scénario où il n'y a pas de mesures prises pour réduire les rejets actuels de substances prioritaires d'origine industrielle pour la Jalle de Blanquefort.*
- Identifier le ou les programmes d'actions proposés pour atteindre un ou différents objectifs ;  
*Cas étude : STEU individuelle (plus) performante, STEU collective plus performante, modification des procédés de production (plus propres), etc.*
- Décrire et monétariser les coûts des actions et spécifier leur distribution dans le temps ;  
*Cas étude : les coûts seront déterminés par les solutions en lien avec l'étude ACE, soit le programme de mesures le plus efficace au moindre coût.*
- Décrire, quantifier et monétariser les bénéfices attendus de l'atteinte de l'objectif ou des objectifs – et spécifier leur distribution dans le temps ;  
*Cas étude : cf. paragraphe suivant sur les bénéfices attendus*
- Présenter dans un tableau récapitulatif l'ensemble des impacts positifs et négatifs, en associant texte explicatif, données quantifiées et valeurs monétaires ;
- En utilisant un taux d'actualisation, calculer
  - a) la valeur actualisée des coûts,
  - b) la valeur actualisée des bénéfices
  - et les combiner (soustraire) pour calculer la valeur actualisée nette des bénéfices ;
- Compléter l'analyse coût-bénéfice par :
  - a) des analyses de sensibilité permettant de voir l'impact de certaines hypothèses sur la valeur actualisée nette finale ;  
*Cas étude : il est possible que les coûts soient plus ou moins importants que prévus, de même il existe des incertitudes sur les bénéfices environnementaux et sanitaires, du fait qu'ils s'agissent de biens non marchands, mais également sur les possibles retombées économiques.*
  - b) une analyse distributionnelle spécifiant la distribution des principaux coûts et bénéfices entre les différents secteurs et usages de l'eau du territoire.  
*Cas étude : les coûts peuvent supportées par les entreprises et/ou la collectivité (BM) et pourraient toucher la population (avec une augmentation du prix des services), ...*

A noter, que l'ACB donne un résultat positif ou négatif, il est nécessaire de prendre en compte les hypothèses prises, et les éléments pris en compte dans l'étude et des incertitudes liées à ceux-ci, de sorte à pouvoir organiser une discussion autour des résultats obtenus, avant de prendre une décision sur la suite du projet.

La réduction des micropolluants sur la Jalle de Blanquefort permettrait l'obtention de bénéfices de nature différente, liés notamment aux usages de la Jalle, de manière non exhaustive :

- Préservation / Restauration des services écosystémiques de la Jalle de Blanquefort
- Préservation / Restauration du cadre des activités (promenade, pêche, sports divers, tourisme)
- Préservation / Restauration des espèces aquatiques (poissons, mollusques, amphibiens, flores ...) notamment pour des espèces en danger
- Préservation / Restauration des sites protégés (marais de Bruges, ZNIEFF, zone Natura 2000, ...)
- Diminution des risques sanitaires
- Ressource en eau de meilleure qualité pour les exploitations agricoles et maraichères (biologiques) ( ?)
- Réutilisation possible du point de captage d'eau (non utilisé à ce jour pour cause de pollution chimique)
- ...

Les bénéfices environnementaux (et autres bénéfices non marchands) ne peuvent être exprimés directement dans une ACB du fait que ceux-ci n'ont pas de prix (il n'existe pas de marché pour les biens environnementaux). Il est donc nécessaire, pour les estimer, de passer par des méthodes indirectes pour avoir une appréciation de ces bénéfices.

Ceux-ci peuvent notamment être estimés par enquête auprès d'une population pertinente (évaluation contingente), par les dépenses réalisées pour les activités en lien avec le bien environnemental évaluées, par la méthode des coûts de transport, etc.

Il est également possible de transférer les bénéfices issus d'un autre site d'étude, où une évaluation a été préalablement conduite (méthode de transfert des bénéfices), il faut cependant prendre de grandes précautions lors du transfert, en faisant attention à ce que les contextes économiques, sociologiques, et le ou les biens environnementaux (sa nature, ses caractéristiques, le stress, et la nature et la portée des modifications) soient comparables.

Dans notre cas d'étude, il s'agira de la méthode de transfert des bénéfices, ce choix est notamment motivé par le fait qu'une étude prendrait un temps considérable, et qu'elle coûterait chère, or ce projet est inscrit dans une limite temporelle et un budget fini. Par ailleurs, il est pensé qu'il existe un nombre satisfaisant d'études comparables pour transférer le(s) bénéfice(s) estimé(s).

### 3.2 – Evaluation économique des bénéfices de la réduction des métaux d'origine industrielle en STEU (non rédigée)

Définir les objectifs environnementaux des actions de réduction des micropolluants en référence notamment à la notion de bon état qu'impose la DCE impose d'anticiper sur la dynamique de la situation du bassin hydrographique de référence afin d'établir dès maintenant et à l'avance les bénéfices attendus de ces programmes d'actions (cf plus haut) susceptibles de réduire ou de supprimer les micropolluants d'origine industrielle,.

Comment anticiper cette dynamique, en considérant les micropolluants comme des externalités environnementales

- (1) Les effets de la réglementation sur la régulation des externalités négatives à court, moyen terme par la réduction des micropolluants à la source – adoption de produits substitués et technologies propres (pour les métaux est-ce vraiment une option)

Comment anticiper cette dynamique, en considérant les micropolluants comme des risques environnementaux et sanitaires

- (2) Mise en place d'un dispositif de traitement ou de collecte des rejets industriels : raccordement de toutes les entreprises à un STEU collectif (STEU individuel étant peut-être un peu cher pour les petits établissements) avec un subventionnement des collectivités publiques pour les investissements à prendre en charge pour l'opérateur au départ.

Le doc Marina Coquery dit justement que les métaux sont assez bien éliminés par les stations d'épuration domestique qui peuvent accueillir aussi les rejets industriels ? , mais après problème dans les boues (mais ce sera un problème à traiter à part) ...et mettre ça en lien avec doc INERIS pour dire qu'en fine on est réduit à faire de l'évaluation économique des bénéfices de l'amélioration de l'état chimique des masses d'eau par la réduction des taux de métaux en sortie de STEU, étant donné qu'il est difficile de dissocier bénéfice attribué à la réduction des sources indus, et domestique en STEU collectif....et que l'on ne dispose que deux technologies alternatives ?

Il faut donc identifier les principaux bénéficiaires et le bénéfice d'amélioration de l'état chimique des masses d'eau en lien avec STEU (cf. papier des suisses Molinos-Senante, María; Francesc Hernández-Sancho and Ramón Sala-Garrido. 2010. "Economic Feasibility Study for Wastewater Treatment: A Cost–Benefit Analysis." *Science of The Total Environment*, 408(20), 4396-402. Qui porte plus sur les polluants d'origine médicamenteuse, mais l'enjeu c'est d'emprunter le raisonnement et Kondouri...plus ciblé métaux, mais moins STEU.

- (3) Quels scénarios se dessinent pour le cas de la Jalle de Blanquefort ?

## RÉFÉRENCES

- (1) Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060>
- (2) « Les enjeux de recherches liés à la directive cadre européenne sur l'eau », P.-A. Roche et al., *C. R. Geoscience* 337 (2005) 243-267
- (3) Directive 2008/105/CE du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CE  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>
- (4) Directive 2013/39/UE du parlement européen et du conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32013L0039>
- (5) INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques)  
<http://www.ineris.fr/>
- (5bis) INERIS (Portail Substances Chimiques) : Normes de Qualité Environnementale et Valeurs Guides Environnementales  
<http://www.ineris.fr/substances/fr/page/9>
- (6) INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles) – Fiches toxicologiques  
<http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html>
- (7) « Le cadre proposé par la Directive Cadre Européenne sur l'eau : outils de mesure et évaluation de l'état des eaux », Jean-Pierre Porcher, *La Houille Blanche*, N°3 (Juin 2009), pp. 41-45
- (8) « Drinking water and cancer », R D Morris, *Environ Health Perspect.* 1995 Nov; 103(Suppl 8): 225–231.
- (9) « Marked Increase in Bladder and Lung Cancer Mortality in a Region of Northern Chile Due to Arsenic in Drinking Water », Allan H. Smith, Mario Goycolea, Reina Haque, and Mary Lou Biggs, *Am. J. Epidemiol.* (1998) 147 (7): 660-669
- (10) « Design of an epidemiologic study of drinking water arsenic exposure and skin and bladder cancer risk in a U.S. population », Karagas, M. R., Tosteson, T. D., Blum, J., Morris, J. S., Baron, J. A., & Klaue, B. *Environmental Health Perspectives*, 106(Suppl 4), 1047–1050 (1998)
- (11) « Relation between Aluminum Concentrations in Drinking Water and Alzheimer's Disease: An 8-year Follow-up Study », Virginie Rondeau, Daniel Commenges, Hélène Jacqmin-Gadda, and Jean-François Dartigues, *Am. J. Epidemiol.* (2000) 152 (1): 59-66 doi:10.1093/aje/152.1.59

- (12) « Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water », Trond Peder Flaten, Brain Research Bulletin, Volume 55, Issue 2, 15 May 2001, Pages 187–196  
Metals and the Brain
- (13) « PCBs and organochlorine pesticides (OCPs) in edible fish and shellfish from China », Naiqing Yang, Muneaki Matsuda, Masahide Kawano, Tadaaki Wakimoto, Chemosphere, Volume 63, Issue 8, May 2006, Pages 1342–1352
- (14) « Human health risk assessment in relation to environmental pollution of two artificial freshwater lakes in The Netherlands », Albering, H. J., Rila, J. P., Moonen, E. J., Hoogewerff, J. A., & Kleinjans, J. C. Environmental Health Perspectives, 107(1), 27–35 (1999).
- (15) « Human health risk of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in edible fish from Huairou Reservoir and Gaobeidian Lake in Beijing, China », Xuemei Li, Yiping Gan, Xiangping Yang, Jun Zhou, Jiayin Dai, Muqi Xu, Food Chemistry, Volume 109, Issue 2, 15 July 2008, Pages 348–354
- (16) Eau baignade
- (17) Projet REGARD (trois documents) :  
*Réunion de lancement (4 mars 2015) : Présentation générale / kick-off REGARD*  
*REGARD – Pièce E – Fiche descriptive technique complémentaire du projet*  
*Schéma REGARD*
- (18) Livrable 1.1 sites prélèvement protocoles expérimentations (décembre 2015)
- (19) Fiche technique de la Jalle (cours d'eau) de l'agence de l'eau Adour Garonne  
<http://adour-garonne.eaufrance.fr/coursdeau/O97-0400>
- (20) Rapport continuité écologique (2013)  
Lien non trouvé (cf. Damien GRANGER (LyRE) pour des informations complémentaires)
- (21) Fiche technique de la Jalle (masse d'eau) de l'agence de l'eau Adour Garonne  
[http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau/SDAGE2016/FRFRR51\\_1](http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau/SDAGE2016/FRFRR51_1)
- (22) Fiche technique de la Jalle de Blanquefort (masse d'eau) de l'agence de l'eau Adour Garonne  
<http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau/SDAGE2016/FRFRR51>
- (23) Fiches techniques du ruisseau du Haillan, du ruisseau de Magudas et du ruisseau du Monastère (masses d'eau) de l'agence de l'eau Adour Garonne  
Haillan : [http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFRR51\\_3&submitMasdo=Acceder+%C3%A0+la+fiche](http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFRR51_3&submitMasdo=Acceder+%C3%A0+la+fiche)  
Magudas : [http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFRR51\\_2&submitMasdo=Acceder+%C3%A0+la+fiche](http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFRR51_2&submitMasdo=Acceder+%C3%A0+la+fiche)  
Monastère : [http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFRR51\\_4&submitMasdo=Acceder+%C3%A0+la+fiche](http://adour-garonne.eaufrance.fr/massedeau?id=FRFRR51_4&submitMasdo=Acceder+%C3%A0+la+fiche)
- (24) ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) :  
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Installations-Classees-pour-la-.html>

- (25) SEVESO :  
<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Risques-accidentels.html>
- (26) Guide pratique de la classification ICPE et SEVESO (INERIS) :  
[http://www.etiquetage-legal.eu/dbimages/document/fichier/49/Guide\\_Ineris\\_classification\\_des\\_substances\\_2014-06.pdf](http://www.etiquetage-legal.eu/dbimages/document/fichier/49/Guide_Ineris_classification_des_substances_2014-06.pdf)
- (27) Localisation des rejets des ICPE en Aquitaine  
 rejets directs : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/aquitaine-rejets-aqueux-direct-des-icpe/>  
 rejets indirects : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/aquitaine-rejets-aqueux-indirect-des-icpe/>  
 Localisation des ICPE (tout type rejet) : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/aquitaine-installations-classees-pour-la-protection-de-lenvironnement-icpe-localisation/>
- (28) Rejets industriels (agence de l'eau Adour Garonne) – catalogues données SIG  
 Point de rejet industriel : <http://adour-garonne.eaufrance.fr/catalogue/59769ca0-099b-11de-97dd-001517506978>  
 Station d'épuration industrielle : <http://adour-garonne.eaufrance.fr/catalogue/54d67d10-099a-11de-97dd-001517506978>  
 Établissements industriels : <http://adour-garonne.eaufrance.fr/catalogue/c4b78fa0-0988-11de-97dd-001517506978>  
 Données de rejet des industriels : <http://adour-garonne.eaufrance.fr/catalogue/762c267b-8419-4f33-9179-6e4b4b7e61ba>
- (29) Base de données entreprises sur la CUB / Bordeaux Métropole :  
 Fichier Excel « CUB entreprises géocodés\_Mars 2016 » de Fanny IMART, stagiaire au LyRE
- (30) SDAGE Adour Garonne :  
 2010-2015 : <http://www.eau-adour-garonne.fr/fr/quelle-politique-de-l-eau-en-adour-garonne/un-cadre-le-sdage/sdage-pdm-2010-2015.html>  
 2016 – 2021 : <http://www.eau-adour-garonne.fr/fr/quelle-politique-de-l-eau-en-adour-garonne/un-cadre-le-sdage/sdage-pdm-2016-2021.html>  
 UHR Garonne Atlantique : [http://adour-garonne.eaufrance.fr/upload/DOC/SDAGE/PDM/mesures\\_uhr\\_Litt5.pdf](http://adour-garonne.eaufrance.fr/upload/DOC/SDAGE/PDM/mesures_uhr_Litt5.pdf)
- (31) SAGE « Estuaire de la Gironde et milieux associés » 2016-2021  
<http://www.smiddest.fr/media/1772.pdf>
- (32) Guide méthodologique SAGE (Analyse économique et SAGE – Annexe n°4) (Juillet 2008)  
<http://www.gesteau.eaufrance.fr/sites/default/files/annexe4-analyseeconomique.pdf>
- (33) Articles « Quelle utilisation de l'analyse coût-efficacité dans la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau ? » (ONEMA)  
<http://www.onema.fr/Quelle-utilisation-de-l-analyse>

- (34) Les évaluations économiques en appui à la gestion de l'eau et des milieux aquatiques (Chapitre 2-2), (ONEMA, 2013)  
<http://www.onema.fr/IMG/pdf/chapitre2-2.pdf>
- (35) Guide pratique pour la mise en œuvre d'analyses socio-économiques en appui à l'élaboration de SAGE et de contrats de rivières (Eau Loire Bretagne, 2013) (35)  
[http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace\\_documentaire/documents\\_en\\_ligne/guides\\_milieux\\_aquatiques/Guide-analyse-socioeco\\_2013.pdf](http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Guide-analyse-socioeco_2013.pdf)

# ANNEXES

## Annexe 1

Liste non exhaustive de micropolluants pouvant provenir de la source industrielle, en fonction de l'origine de la valeur seuil (DCE ou INERIS) et de leur nature (organique ou inorganique)

Nom de la substance	Origine de la valeur seuil	Nature de la substance
1,2-dichloroéthane	DCE	Organique
Acide perfluorooctanesulfonique et ses dérivés (perfluoro-octanesulfonate PFOS)	DCE	Organique
Anthracène	DCE	Organique
Benzène	DCE	Organique
Cadmium et ses composés	DCE	Inorganique
Chloroalcanes, C10-13	DCE	Organique
Di (2-ethylhexyle) phthalate (DEHP)	DCE	Organique
Dichlorométhane	DCE	Organique
Dioxines et composés de type dioxine	DCE	Organique
Diphényléthers bromés	DCE	Organique
Fluoranthène	DCE	Organique
Hexabromocyclododécane (HBCDD)	DCE	Organique
Hexachlorobenzène	DCE	Organique
Hexachlorobutadiène	DCE	Organique
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	DCE	Organique
Mercure et ses composés	DCE	Inorganique
Naphtalène	DCE	Organique
Nickel et ses composés	DCE	Inorganique
Nonylphénols	DCE	Organique
Octylphénols (6)	DCE	Organique
Pentachlorobenzène	DCE	Organique
Pentachlorophénol	DCE	Organique
Plomb et ses composés	DCE	Inorganique
Trichlorobenzène	DCE	Organique
Trichlorométhane (chloroforme)	DCE	Organique
Acide chloroacétique	INERIS	Organique
Ammoniaque	INERIS	Organique
Antimoine	INERIS	Inorganique
Argent	INERIS	Inorganique
Baryum	INERIS	Inorganique
Benzidine	INERIS	Organique
Beryllium	INERIS	Inorganique
Bore	INERIS	Inorganique
Chloro-1 Dinitrobenzène-2,4	INERIS	Organique
Chloro-4 Méthylphénol-3	INERIS	Organique
Chloro-4 Nitroaniline-2	INERIS	Organique

Chloroaniline-2	INERIS	Organique
Chloroaniline-3	INERIS	Organique
Chloroaniline-4	INERIS	Organique
Chloroéthanol-2	INERIS	Organique
Chloronaphtalène-1	INERIS	Organique
Chloronaphtalène-2	INERIS	Organique
Chloronaphtalènes (autres que les monochlorés)	INERIS	Organique
Chloronitrobenzène-1,2	INERIS	Organique
Chloronitrobenzène-1,3	INERIS	Organique
Chloronitrobenzène-1,4	INERIS	Organique
Chloronitrotoluènes (dont Chloro-4 Nitrotoluène-2)	INERIS	Organique
Chlorophénol-2	INERIS	Organique
Chlorophénol-3	INERIS	Organique
Chlorophénol-4	INERIS	Organique
Chlorotoluène-2	INERIS	Organique
Chlorotoluène-3	INERIS	Organique
Chlorotoluène-4	INERIS	Organique
Chlorure cyanurique (2,4,6-Trichloro-1,3,5-triazine)	INERIS	Organique
Chlorure de benzyle (Alpha-chlorotoluène)	INERIS	Organique
Chlorure de benzylidène (Alpha, alpha-dichlorotoluène)	INERIS	Organique
Cobalt	INERIS	Inorganique
Cyanures	INERIS	Organique
Dichloro-1,3 propan-2-ol	INERIS	Organique
Dichloroaniline-3,4	INERIS	Organique
Dichlorobenzidine-3,3'	INERIS	Organique
Dichloroéthylène-1,1	INERIS	Organique
Dichloronitrobenzène-2,3	INERIS	Organique
Dichloronitrobenzène-2,4	INERIS	Organique
Dichloronitrobenzènes	INERIS	Organique
Dichlorure de dibutylétain	INERIS	Organique
Diéthylamine	INERIS	Organique
Diméthylamine	INERIS	Organique
EDTA	INERIS	Organique
Epichlorohydrine	INERIS	Organique
Etain	INERIS	Inorganique
ETU (éthylène thiourée)	INERIS	Organique
Fluorures	INERIS	Organique
Formol (=formaldéhyde)	INERIS	Organique
Hexachloroéthane	INERIS	Organique
Hydrate de chloral	INERIS	Organique
Isopropylbenzène	INERIS	Organique
Molybdène	INERIS	Inorganique
Monobutylétain	INERIS	Organique
Monochloramine	INERIS	Organique
Nitrite	INERIS	Organique
Oxyde de dibutylétain	INERIS	Organique
Perchlorate d'ammonium	INERIS	Organique

Phosphore total	INERIS	Inorganique
Propiconazole	INERIS	Organique
Sélénium	INERIS	Inorganique
Tétrachloroéthane-1,1,2,2	INERIS	Organique
Thallium	INERIS	Inorganique
Titane	INERIS	Inorganique
Trichloroéthane -1,1,2	INERIS	Organique
Triclosan	INERIS	Organique
Uranium	INERIS	Inorganique
Vanadium	INERIS	Inorganique

Source : INERIS, 2015

## Annexe 2

Liste des ICPE sur le territoire de l'étude, et les matériaux employés lors de leurs activités

NOM	ACTIVITE PRINCIPALE	MATERIAUX EMPLOYES
ALTIA SAINT MEDARD (ex HALBERG-AQUIDEC)	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Acétylène, acide acétique/chlorhydrique/formique/..., soude ou potasse caustique, métaux, solvants organiques ...
ASTRIUM (ex EADS)	Fabrication d'autres matériels de transport	Toxiques, oxyde d'azote, composés métalliques, poudres, explosifs, hydrogène, houille/coke/..., vernis, colle, peinture, polymère, matière plastique, caoutchouc, métaux, alliages, ...
DASSAULT - MERIGNAC	Fabrication d'autres matériels de transport	Oxygène, poudre, explosifs, liquide inflammable, métaux, alliages, vernis, colle, peinture, GES, ...
GUYENNE ENROBES	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	Houille, coke, produits minéraux, bitume, liquides inflammables, ...
HERAKLES SA	Industrie chimique	(Très) toxiques, poudres, explosifs, peroxydes organiques, liquides inflammables, métaux, alliages, matières plastiques, caoutchouc, ...
SAFRAN HERAKLES SAS	Fabrication d'autres matériels de transport	Inflammables, terphenyles, poudres, explosifs, houille, coke, matière plastique, caoutchouc, solvants, métaux, alliages, ...
LARROUDE	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	Liquides inflammables, métaux, substances végétales, caoutchouc, papiers usés, bois, plastiques, ...
ROXEL FRANCE	Fabrication d'autres matériels de transport	(Très) toxiques, GES, peroxydes organiques, poudres, explosifs, liquides inflammables, vernis, colle, peinture, ...
SABENA TECHNICS BOD (ex SOGERMA SERVICE)	Réparation et installation de machines et d'équipements	(Très) toxiques, poudres, explosifs, liquides inflammables, métaux, alliages, cadmium, cyanure, ...
SNECMA PROPULSION SOLIDE (ex SEP)	Fabrication d'autres matériels de transport	Liquides inflammables

Source : <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php>

**Note 1** : certains établissements et certaines activités de ces établissements sont arrêtés

**Note 2** : il n'a pas été possible de procéder par rejets pour ces installations classées, les indicateurs n'étant pas toujours disponibles, ni exhaustifs

### Annexe 3

Extrait de la Matrice Activité-Groupes substances pour quelques métaux et métalloïdes, en lien avec les secteurs industriels du cas d'étude

Substances	RSDE	NAF	B08	B09.10Z	C	C10	C11	C13	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C29.10Z	C29.20Z	C29.31Z	C30	C31.0	C32	C33.20C	D35	E36	E37	E38	
		niv3																																	
Aluminium et ses dérivés			2	1			1		2	1			2	2			2	2	2		1			1	2	2		2		2	1		2	2	
Arsenic et ses dérivés	L2					1	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1		2	2	2		1		2	1		2	2
Cadmium et ses dérivés	SDP		1	2			2	1	1	1			2	2		2	2	2	2	2	2	1	2		1	1	2		1					2	2
Chrome et ses dérivés	L2		1	2			2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2			2			2		2	1		2	2	
Cuivre et ses dérivés	L2					1	2	2	1	2	2	2		2			1	2	2	2	2	2			2	2	2		2		2	1		2	2
Fer et ses dérivés			2	2	1	1	2	1	2	2	2	1		2	1	2	2	2	2	2	2	2	1		2	2	2		2		2	2	1	2	2
Magnésium et ses dérivés																									1										
Manganèse et ses dérivés			1			1	2		1		2			2			2	2	2	1		1			2	2	2		2		2			2	2
Mercure et ses dérivés	SDP							2	1	1		1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1			2		2		2		2			2	2
Molybdène et ses dérivés														2			2	2							2	2								2	2
Nickel et ses dérivés	SP			2		1	1	1	1	2	1	2	2	2			2	2	2	2	2	2			2	2	2		2		2	1		2	2
Plomb et ses dérivés	SP*		1	2		1	2	1	1	1	1	2	2	2			1	2	2	2	2	2			2	2	2		1	1	2	1		2	2
Uranium et ses dérivés																		2		2															
Zinc et ses dérivés	L2		1	2		1	2	1	1	2	2	2	1	2			1	2	2	2	2	2			2	2	2		2		2	1		2	2
Autres métaux et métalloïdes				2		1	2	1	1	2	2			2			1	2	2	2	2	2			2	2	2		2		2	2		2	2

Source : Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Matrice-Activites-Polluants.html>)

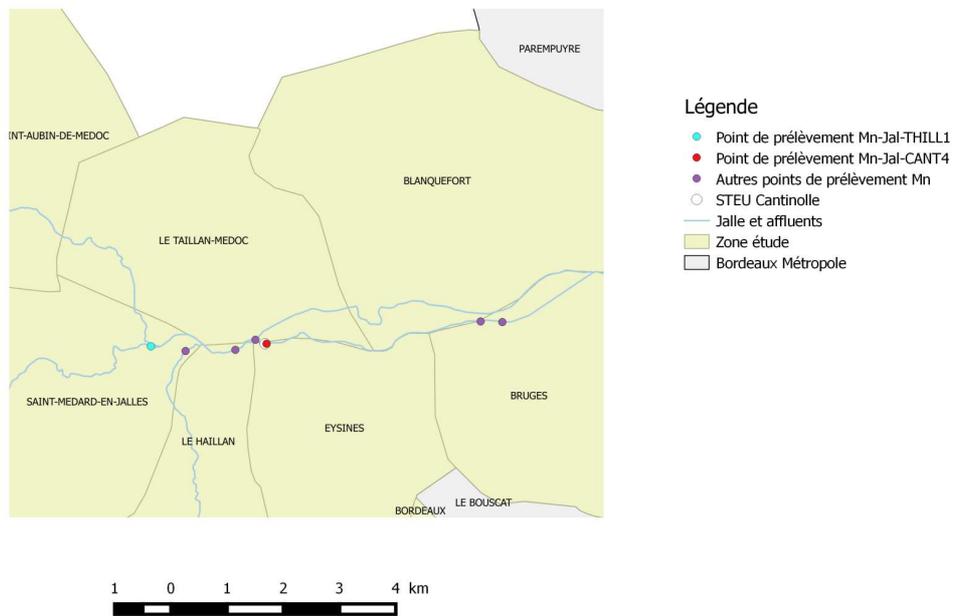
Légende : (1) : probabilité faible de présence – la substance ou famille de substances est peu souvent détectée

(2) : probable (probabilité moyenne à forte) – la substance ou famille de substances est détectée fréquemment

SDP : Substance Dangereuse Prioritaire ; SP : Substance Prioritaire ; L2 : Substance appartenant à la liste II

## Annexe 4

Représentation des points de prélèvements sur la Jalle de Blanquefort



Source : LyRE ; carte réalisée à IRSTEA de Bordeaux (2016)

## Annexe 5

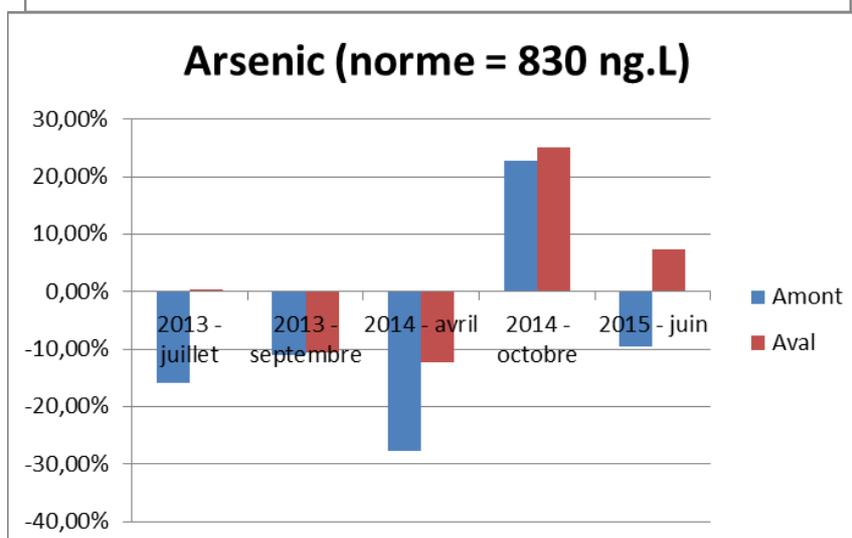
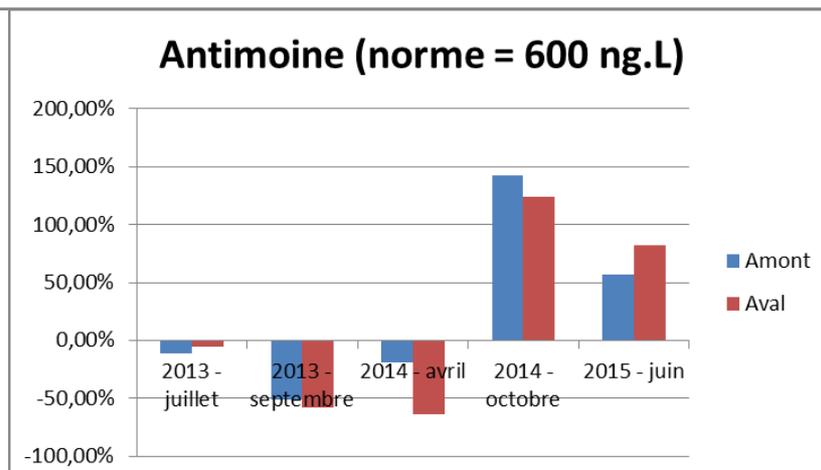
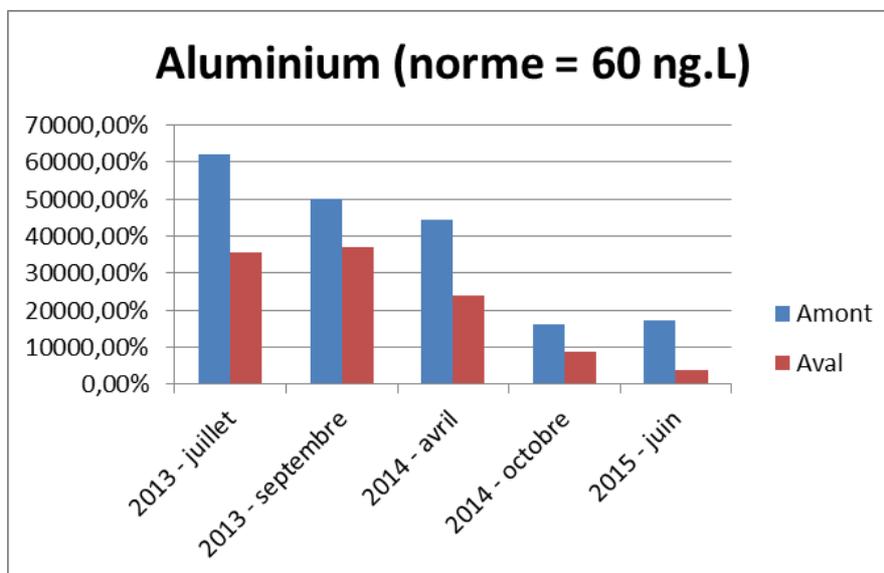
Substances chimiques retrouvées sur les sites industrielles qui dépassent les normes environnementales pour la Jalle

Substances mesurées	Famille	Seuil environnemental (ng.L)	Type de seuil
Fluoranthène	HAP	6,3	NQE-MA
Pyrène	HAP	12	PNEC (INERIS)
Cuivre	Métaux	1400	NQE-MA
Zinc	Métaux	3100	NQE-MA
Aluminium	Métaux	60	VGE (INERIS)
Arsenic	Métaux	830	NQE-MA
Cadmium	Métaux	80	NQE-MA
Antimoine	Métaux	600	VGE (INERIS)
Mercure	Métaux	70	NQE - CMA
Uranium	Métaux	300	VGE (INERIS)

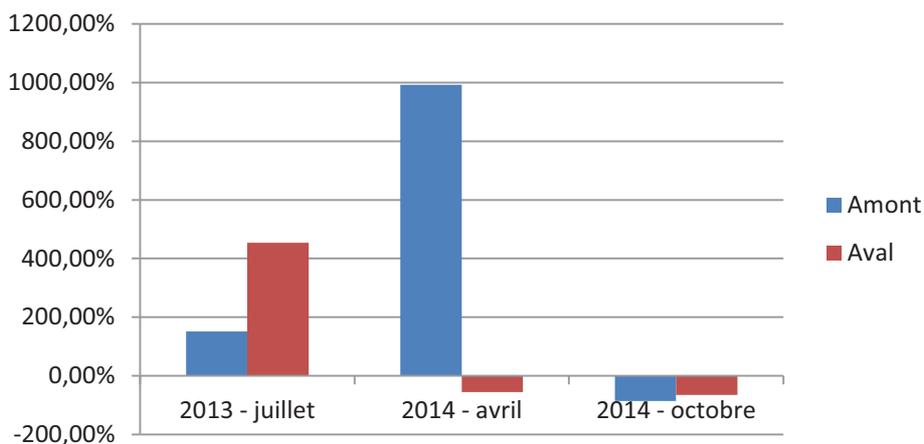
Source : INERIS ; Données transmises par le LyRE (fichier Excel Zi\_Bilan\_resultat\_chimieV2016-01-29)

## Annexe 6

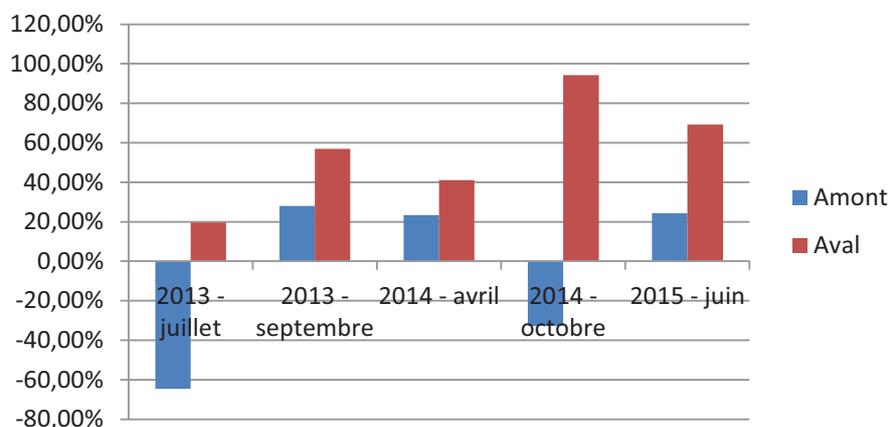
Valeur des écarts à la norme environnementale (PNEC ou NQE) des substances chimiques retrouvées sur les zones industrielles (en %)



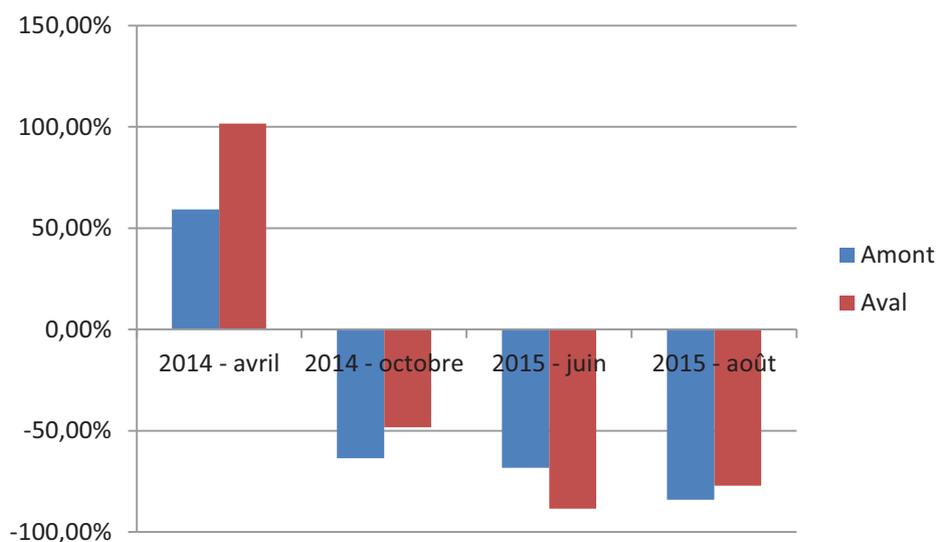
### Cadmium (norme = 80 ng.L)

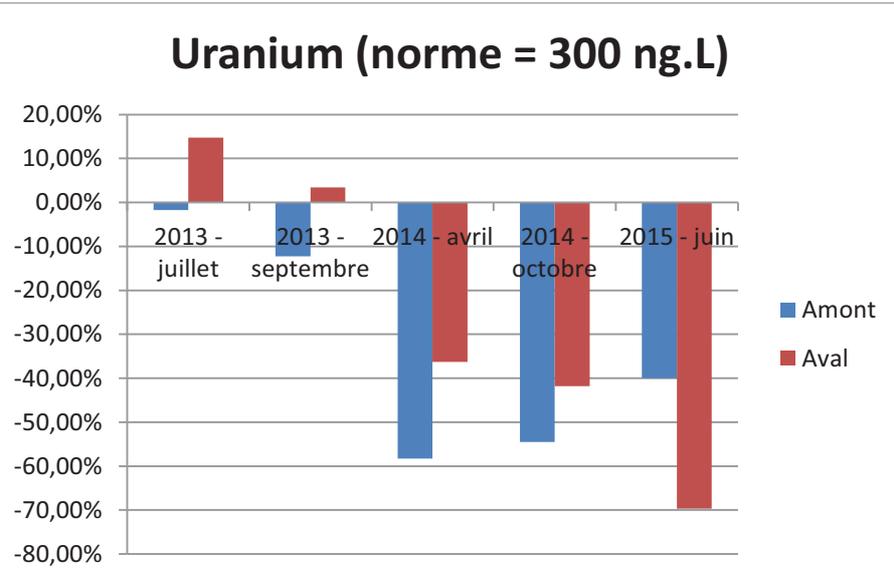
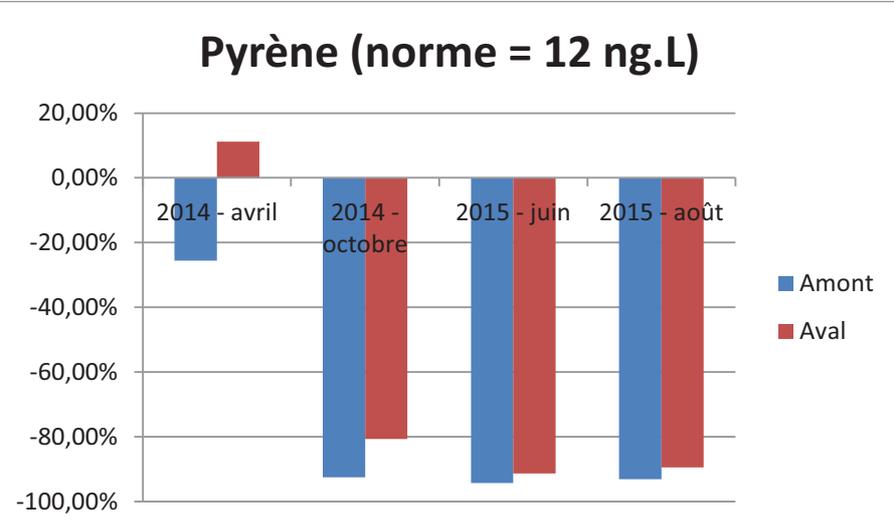
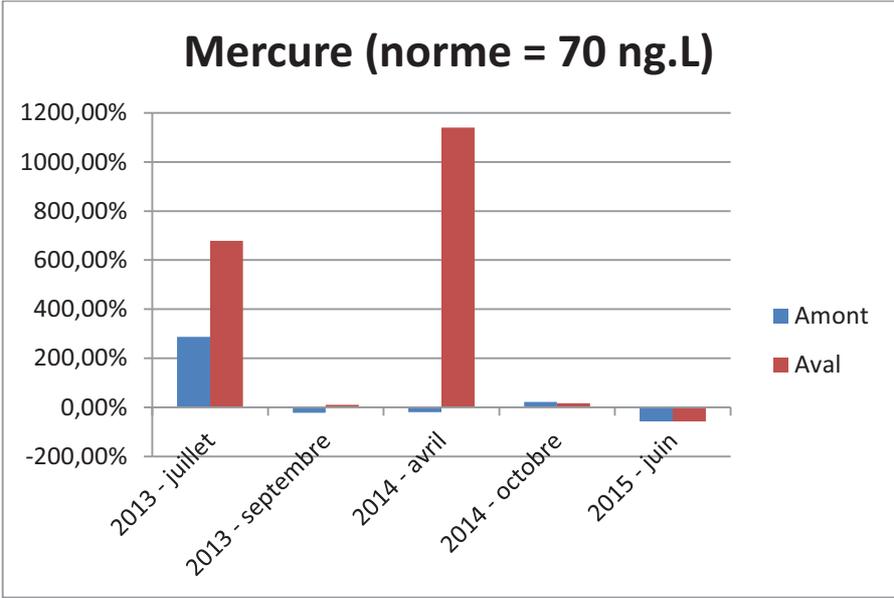


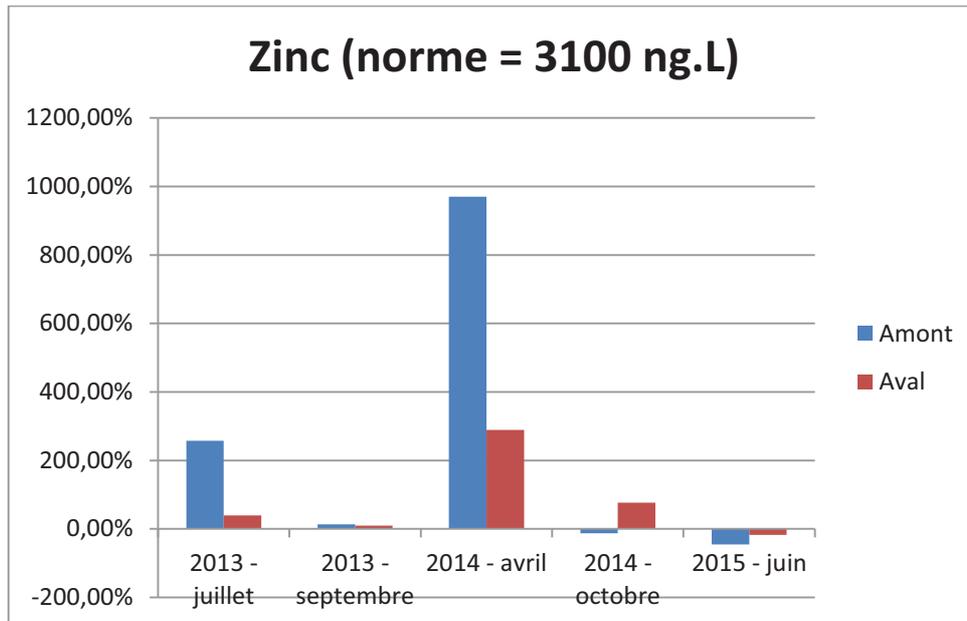
### Cuivre (norme = 1400 ng.L)



### Fluoranthène (norme = 6,3 ng.L)







**Source :** Données transmises par le LyRE (fichier Excel Zi\_Bilan\_resultat\_chimieV2016-01-29)

**Lecture :** En juillet 2013, la concentration en amont de la STEU pour le zinc était de 257.58% plus importante que son seuil environnemental (NQE de 3100 ng.L), et dépassait de 38.80% sa norme en aval de la STEU pour la même période.



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

*RÉduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise*

LOT 4 : SUIVI ET EVALUATION DES GAINS DES DIFFERENTES SOLUTIONS  
MISES EN PLACE

## TACHE 4.3 EVALUATION SOCIETALE

**Livrable 4.3.1 : Rapport sur les gains et les contraintes des actions de  
réduction des MP dans les eaux urbaines d'un point de vue sociétal**

**Version finale**  
Aout 2019

Auteurs : Julia Barrault

université  
de BORDEAUX



Université  
BORDEAUX  
MONTAIGNE

suez  
le lyre



suez

INERIS



CAP SCIENCES  
Eau, Climat, Santé



# Table des matières

Table des matières .....	3
Introduction.....	4
1. Evaluation sociétale des actions mises en place sur la source domestique .....	5
1.1. Gains.....	5
1.2. Contraintes : .....	6
2. Evaluation sociétale des actions réalisées sur la source hospitalière.....	7
2.1. Des difficultés avérées .....	7
2.2. Evaluation des tentatives d'actions mises en œuvre.....	8
3. Evaluation sociétale des actions réalisées sur la source Collectivité.....	10
3.1. Actions dératisation .....	10
3.2. Actions cimetières .....	11
3.2.1. Actions auprès des gestionnaires des sites .....	11
3.2.2. Actions auprès des usagers .....	12
3.3. Actions terrains de sport.....	12
4. Evaluation sociétale des actions réalisées sur la source industrielle.....	13
Conclusions et discussion .....	14
Annexe La gestion à la source des résidus de médicaments et des biocides : quelques exemples d'initiatives hospitalières .....	16
Fiche n°1 - L'application de l'indice Persistance, Bioaccumulation, Toxicité (PBT) aux prescriptions médicales : l'exemple de l'hôpital des Portes de Camargue.....	17
Fiche n°2 - Mesures de séparation à la source : l'exemple du Marienhospital en Allemagne et du Centre Hospitalier E. Mayrisch à Esch-sur-Alzette au Luxembourg (Projet No-Pills) .....	19
Fiche n°3 - Stratégies à la gestion des résidus de médicaments dans l'eau potable (Projet Start) .....	21
Fiche n°4 - Risques et leviers d'action relatifs aux rejets de médicaments, détergents et biocides dans les effluents hospitaliers : l'exemple du centre hospitalier Alpes-Léman .....	22
Fiche n°5 - La mise en place d'une filière de traitement des déchets des agents cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) et non-anticancéreux: l'exemple de l'hôpital Necker.....	25
Fiche n°6 - La politique de bon usage du médicament et des biocides du CHU de Poitiers ..	26
Fiche n°7 - Le bio-nettoyage à la vapeur : le cas de l'hôpital de Versailles.....	28

## Introduction

L'objectif de ce rapport est de mesurer les impacts (situation avant/après), la pertinence, et l'acceptabilité des actions testées dans le cadre REGARD, **du point de vue des acteurs**, et ce, par source de micropolluants étudiée (domestique, hospitalière, pluviale, industrielle et collectivité).

Compléter les évaluations techniques, environnementales et économiques par des aspects sociologiques (acceptabilité, faisabilité, bien-être et qualité de vie...) nous apparaît en effet indispensables, ce d'autant que ce sont très essentiellement des mesures de réduction des micropolluants à *la source* dont il a été question dans le projet et que « les sources » sont d'abord et avant tout des humains. Mais **des humains qu'on ne peut soustraire aux contextes sociaux, familiaux, économiques, politiques, organisationnels qui influencent, orientent, encadrent, prescrivent, guident, voire dictent les pratiques ; désignées, aujourd'hui, comme génératrices de micropolluants.**

# 1. Evaluation sociétale des actions mises en place sur la source domestique

L'action phare menée dans REGARD a consisté à accompagner des familles dans une expérimentation de changements de pratiques domestiques. « Familles EAU défi » visait ainsi 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. L'objectif de cette démarche était, *in fine*, de préconiser des leviers d'action à l'échelle du ménage pour réduire les émissions domestiques de micropolluants.

Les familles s'engageaient sur un changement de leur choix relatif à l'entretien de la maison ou à l'hygiène corporelle et visant soit :

- la substitution de leur produit traditionnel par un produit écolabellisé
- la substitution de leur produit traditionnel par un produit naturel/fait maison
- la substitution de leur produit traditionnel par un traitement mécanique
- la réduction du nombre de produits
- la réduction de la fréquence de l'usage
- la réduction de la quantité utilisée
- l'arrêt complet de la pratique.

Les gains et les contraintes vus du point de vue des familles engagées sont décrits précisément dans les **livrables de la tâche 3.2** sur les actions mises en œuvre sur la source domestique ; ils ne sont alors repris que synthétiquement ici.

## 1.1. Gains

Concrètement et succinctement, à partir de l'analyse des entretiens collectifs de restitution de l'expérimentation menés avec les participants à Familles Eau Défi, voici les principaux gains relevés par les participants eux-mêmes vis-à-vis de leur participation à l'expérimentation et des changements mis en place au quotidien :

- Adoption de **pratiques vertueuses** (éco-gestes), y compris dans d'autres champs que celui des micropolluants.
- **Acquisition de connaissances et de compétences** au sujet des micropolluants, de leurs origines, de leurs impacts concrets et localisés
- **Appropriation des enjeux environnementaux**
- Augmentation du **sentiment de devoir/pouvoir agir**
- Augmentation de l'**estime de soi**
- **Renforcement des liens sociaux par la dynamique de groupe** qui a motivé les changements et surtout leur durabilité.
- **Nouveau rapport à 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.
- Volonté de se faire « **ambassadeurs du changement** ».
- Prise de conscience du (trop) **grand nombre et de la diversité de produits utilisés** (pour l'hygiène corporelle notamment) et donc **réduction du nombre de produits**.

- **Gains de pouvoir d'achat** par la diminution du nombre de produits, des doses et la fabrication de produits maison
- **Réduction des déchets** (emballages et flacons plastique notamment)
- **Prise de conscience** des limites de l'action individuelle et demande de législation en matière de micropolluants afin de réduire l'offre des produits domestiques sur le marché à ceux reconnus comme non nocifs pour l'environnement et la santé.

## 1.2. Contraintes :

Dans le même esprit, voici les contraintes que les participants à Familles Eau défi relèvent quant à l'expérimentation en elle-même et les changements mis en œuvre :

### Vis-à-vis de l'expérimentation :

- Participation **chronophage**
- Remplissage de l'application numérique **fastidieuse**
- **Frustration** de ne pas pouvoir participer à l'ensemble des activités proposées (ateliers, balades urbaines, visites de sites...)
- Manque de temps entre la période de référence et la période de changement pour organiser le changement (terminer les flacons déjà entamés avant de commencer à utiliser d'autres produits, achat de matières premières nécessaires aux produits "faits maison, ...)

### Vis-à-vis des changements de pratiques :

- Il est plus facile pour les ménages de substituer que de réduire l'usage des produits et encore plus que d'éliminer carrément la pratique
- Il a été plus aisé de changer les pratiques de nettoyage de la maison que celles liées à l'hygiène du corps où les individus recherchent des « attributs » tels qu'une odeur et une texture agréable etc. Les habitudes sont très ancrées par exemple sur les produits cosmétiques (crèmes de jour, maquillage).
- Cosmétiques certifiés plus onéreux que les classiques
- Manque de temps et parfois de compétences ou de substances de base pour fabriquer soi-même des produits
- Moins accompagnées (ateliers, mails, forum de discussion...), les familles sont moins encouragées à changer
- Au sein de la famille et quand une personne seulement était engagée dans l'expérimentation au départ (participation aux réunions, aux ateliers), des résistances au changement apparaissent, notamment chez les adolescents et vis-à-vis des produits/pratiques liés à l'hygiène corporelle

Concernant cette expérimentation, très riche et fructueuse pour les participants, ainsi que pour l'équipe de chercheurs l'ayant menée à bien, force est de constater que la question du passage à une échelle plus large se pose. Elle fera l'objet de développement, à la fois dans le cadre des derniers livrables « Méthodologie et actions reproductibles » de REGARD et lors de la table-ronde organisée spécifiquement sur ce thème majeur, lors du séminaire de restitution du programme le 25 juin 2019.

## 2. Evaluation sociétale des actions réalisées sur la source hospitalière

### 2.1. Des difficultés avérées

Si la source hospitalière investiguée dans REGARD au prisme du CHU de Bordeaux a fait l'objet d'une attention particulière avec une personne (Geoffrey Carrère) et une étude de 12 mois dédiée, de nombreuses réunions (10 précisément sur 3 ans) rassemblant diversement chercheurs du projet et personnes référentes à l'hôpital, force est de constater que peu d'actions ont réellement été mises en œuvre concrètement. La temporalité de la recherche versus le temps pour faire bouger conséquemment les lignes d'une structure telle qu'un CHU est un des facteurs explicatifs majeurs. Sans assimiler tous les établissements hospitaliers à celui étudié dans le cadre de REGARD, nous avons essayé de repérer les freins structurels à la mise en place d'une politique ambitieuse de lutte contre les micropolluants générés par les activités hospitalières. Evidemment, il faut garder en tête, à la lecture de ces lignes, les conclusions de l'enquête sociologique menée à Bordeaux mais également celle menée dans le cadre de SIPIBEL-RILACT qui posent avec acuité la question de l'ambulatoire et ce que cette organisation des soins implique en termes de diffusion sur les territoires des résidus de médicaments.

Les difficultés rencontrées pour envisager des changements de pratiques vis-à-vis des actions tentées auprès du CHU doivent être considérées comme un résultat de l'étude elle-même qui renseigne (et qu'on retrouve d'ailleurs dans les résultats de l'enquête menée durant 12 mois), sur la place des préoccupations environnementales au sein des organisations de soin et pour les professionnels soignants. La santé est toujours prioritaire sur l'environnement et cette priorisation est la contrainte majeure de l'écologisation des pratiques des médecins et des soignants de façon générale.

D'autres freins entrent en ligne de compte tels que les aspects économiques, organisationnels, culturels et temporels. Toutes ces dimensions explicitées dans REGARD mais également d'autres projets au sein de l'AAP (SIPIBEL-RILACT notamment) permettent aujourd'hui de penser que sans mesure structurelle forte et ligne politique affichée qui chercherait à intégrer le plus en amont possible les questions, éminemment liées, d'environnement et de santé, la prise en compte des impacts des activités hospitalières sur l'environnement (et par rétroaction sur la santé) sera minimale et ne permettra pas de répondre aux enjeux forts que recouvrent cette problématique.

Si les rejets et les impacts sur les milieux naturels des médicaments ne font pas l'objet de réglementation en France, toutefois, plusieurs signes annonciateurs d'une éventuelle évolution réglementaire font jour en Europe :

- La Suède a établi une liste classant les médicaments en fonction de leur dangerosité environnementale ; Il est ainsi possible de choisir parmi deux molécules ayant les mêmes effets thérapeutiques, celle qui a le moins d'impact environnementale
- La Suisse a mis en place dans ses STEU des dispositifs de traitement des micropolluants ;
- Lors de la conférence environnementale en 2015, la grande majorité des pays européens se sont déclarés favorables à la mise en place de tels dispositifs techniques.

D'ailleurs, plusieurs hôpitaux français et européens se sont d'ores et déjà positionnés sur le sujet des micropolluants. **7 fiches synthétiques** présentant de brefs retours d'expérience

accompagnés d'éléments sur les contraintes des solutions testées sont présentées en annexe de ce document (Annexe p.15).

## 2.2. Evaluation des tentatives d'actions mises en œuvre

Des actions ont tout de même été menées, mais elles sont restées plutôt épisodiques et n'ont pas donné lieu à la structuration d'une véritable stratégie de lutte contre les micropolluants.

- Visite et présentations/discussion des résultats de REGARD sur le CHU, dédiées aux **Ambassadeurs du Développement durable du CHU**
  - Vif intérêt du réseau des ambassadeurs du DD rencontré plutôt en début de projet mais pas suivi d'actions menées spécifiquement par les ambassadeurs dont les « missions » concernent davantage la mobilité et les économies d'énergie.
- Diffusion d'une **vidéo de sensibilisation** à la problématique des résidus de médicaments et des biocides créée par les chercheurs de REGARD au Directeur Général du CHU et au Comité de Direction en Plénière (environ 60 personnes présentes)
  - Les retours sur la vidéo, considérée comme informative, ont été positifs mais elle n'a pas été davantage diffusée (s'est posée la question des salles d'attente mais il aurait fallu la sous-titrée et il a été jugé qu'en l'état, sans pouvoir ouvrir de discussion à son propos, elle pourrait générer des interrogations, des incompréhensions voire des angoisses) ni suivi d'action spécifique.
- Mise en ligne de la vidéo sur le site internet du CHU et diffusée lors de formation pour le développement durable, pour les élèves infirmiers, pour les ambassadeurs du développement durable et dans le réseau RSE de l'ANAP (Agence Nationale Appui Performance qui est un appui du ministère de la santé aux publics (hôpitaux) et privés (clinique)).
  - Pas de réaction du personnel remontée suite à ces diffusions. Celle dans le réseau ANAP a suscité **l'intérêt des hôpitaux de Nîmes et de Niort** qui ont souhaité que leur soit présentée la démarche ; ce qui a été fait et constitue un premier pas dans une collaboration inter-établissements à venir au sujet des micropolluants.
- Articles dans le journal interne (Passerelle) et dans la revue « Le quotidien des médecins » (rédigé suite à un congrès où les travaux de Geoffrey ont été présentés, sans que l'équipe de recherche n'en ait été informée) sur l'engagement du CHU dans REGARD et les objectifs du projet
  - La direction du CHU a encadré de près la communication sur le sujet et soumis sa participation aux actions du projet à une stricte maîtrise de la communication.
- Détergents : **changement de pratique** concernant le volume de préparation et de dilution des détergents-désinfectants
  - Le personnel en charge de l'entretien n'a pas souhaité mettre en œuvre cette pratique pour des raisons de commodité et par conséquent de temps de réalisation. Par ailleurs, la désinfection à la vapeur qui avait également été identifiée et proposée comme une option pertinente (pour les espaces non liés aux soins) n'a pas retenu l'attention des responsables du service d'hygiène, essentiellement pour des raisons

de pénibilité liée au portage de l'appareil à vapeur et à une précédente mauvaise expérience.

Le cas des **marchés publics** pour le ménage et l'entretien qui sont conclus dans un objectif d'économies d'échelle et qui ne contiennent pas tous, loin de là, des clauses environnementales mérite d'être souligné car il s'avère qu'ils sont bien souvent un frein à l'adoption de nouvelles pratiques ou produits qui pourraient limiter les flux de micropolluants. Par exemple, le savon désinfectant utilisé au CHU de Bordeaux est le même partout : des salles d'opération, aux chambres des patients, aux bureaux des personnels administratifs. Or il contient un puissant bactéricide, certes nécessaire aux blocs opératoires mais pas du tout dans les espaces administratifs.

- Programme « **Naissance environnementale** » à la maternité
  - Sans être directement issu de REGARD, le programme « naissance environnementale » lancé en 2018 à la maternité du CHU est inspiré des questions de recherche posées dans REGARD et illustre la volonté du CHU de se saisir de la problématique des micropolluants ; ici en 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.
- La création et la distribution aux patients d'un **flyer d'information/sensibilisation à la pharmacie** de l'hôpital n'a finalement pas été retenue comme une actions à mettre en œuvre. Le CHU a estimé que les patients étaient déjà submergés de dépliants et autres flyers sur des sujets divers et que le message n'en ressortirait pas clairement.

Les échanges, le partenariat et les actions entamés étaient certainement une première étape, certes longue et difficile, de sensibilisation, mais indispensable à la mise en action plus concrète de la structure hospitalière.

La construction des messages, le passage à l'action est délicat car la santé prime, mais en même temps et nous l'avons montré dans REGARD a de nombreuses reprises, c'est par le risque 'santé' lié aux micropolluants qu'on arrivera à mobiliser.

Le besoin de temps semble incompressible pour des structures telles que le CHU de Bordeaux afin d'intégrer de nouvelles pratiques adaptées dans son contexte et elles passeront très certainement par le partage d'expériences entre établissement, voire par la mise en concurrence qui s'opère entre établissements de santé à l'échelle nationale voire internationales.

## 3. Evaluation sociétale des actions réalisées sur la source Collectivité

Les actions d'une collectivité, génèrent des apports de micropolluants aux milieux aquatiques, en partie via les eaux pluviales. Au niveau des actions testées dans REGARD, c'est la diminution de l'usage des intrants chimiques qui a été ciblée et ce sur 3 domaines d'application : la dératisation et l'entretien des cimetières et des terrains de sport. Quels gains et quelles contraintes peuvent être identifiées du point de vue des habitants de la ville mais également des professionnels qui mettent en œuvre, concrètement, les actions.

### 3.1. Actions dératisation

En lieu et place d'une dératisation à l'aide de rodenticides chimiques, une solution de dératisation mécanique pendant 6 mois sur 2 quartiers de Bordeaux a été testée. Elle consiste en la pose de pièges munis de pieux qui s'abattent sur les rats pour les écraser d'un coup après les avoir détecté à l'aide d'un capteur thermique (pour la chaleur corporelle du rongeur) et d'un capteur infra-rouge (pour le mouvement).

Une enquête a été réalisée, après la période test, pour évaluer l'acceptabilité sociale et la perception des usagers vis-à-vis de cette solution alternative.

Sans surprise, le sentiment le plus fréquent ressenti par les usagers vis-à-vis des rats est le dégoût (70%), puis la peur (23%) et la tolérance (21%).

Des rats ont été vu, la nuit plutôt, par plus de 90% des répondants dont 56% qui déclarent en voir souvent. Parmi les répondants, 57% se disent dérangés par leur présence mais seulement 15% ont déjà déposé une plainte (en mairie, aux services d'hygiène et de santé, à la direction de l'eau et de l'assainissement, à Suez Eau France ou encore aux bailleurs sociaux).

Concernant les moyens de lutte contre les rongeurs, 89% des personnes interrogées trouvent intéressant d'envisager une démarche sans produit chimique. Les personnes n'ayant pas d'opinion sur le sujet sont soit des personnes ne se sentant pas concernées par les questions environnementales d'une manière générale, soit des personnes soucieuses du bien-être animal et craignant une souffrance chez les rats au moment de leur mort avec cette nouvelle technique.

Interrogés sur la perception de la présence des rats avant/après la période de test de la solution mécanique, 30% enquêtés déclarent noter une amélioration de la situation.

D'une façon générale, les habitants estiment qu'il est important, voire urgent de traiter le problème des rats en ville qui génèrent craintes et dégoûts ; **le moyen pour y parvenir est secondaire de leur point de vue pourvu qu'il soit efficace**. Si son impact sur l'environnement peut être moindre tant mieux mais ce n'est pas le critère prioritaire.

Vis-à-vis des exploitants du service de l'assainissement qui mettent en œuvre les solutions de dératisation, le fait d'agir pour diminuer une nuisance, **sans impact sur l'environnement, leur santé** (pas de manipulation de produits chimiques) ainsi qu'**en générant moins de douleur** chez les rats est notable. Cependant, les **contraintes logistiques** de la solution alternatives sont relevées à commencer par le **temps** d'installation et de maintenance, bien supérieur à celui nécessaire pour installer des blocs de rodenticides.

Il ressort au final que cette problématique des rats, largement répandue au sein des services d'assainissement en France, gagnerait à être gérée plus globalement, notamment en faisant travailler de concert les services d'assainissement et les services de la propreté urbaine et de la collecte de déchets. Cela implique une nouvelle organisation des services, moins en silo. Cette problématique peut justement être l'occasion de la mise en œuvre de cette transversalité.

Outre les services publics, une implication et des changements de pratiques des professionnels, notamment des restaurateurs et des usagers sera indispensable pour lutter efficacement et le plus en amont possible, contre la prolifération des rats.

## 3.2. Actions cimetières

Au sein de REGARD et avec Bordeaux Métropole, la problématique des pesticides utilisés dans l'entretien des cimetières a rapidement été identifiée comme pertinente pour tester des actions de réduction à la source. Deux types d'acteurs sont essentiels dans la mise en place de solutions alternatives : les gestionnaires des sites qui doivent composer avec de nouvelles pratiques et les usagers qui seront face à des changements qu'il leur faut comprendre et accepter.

### 3.2.1. Actions auprès des gestionnaires des sites

En 2017 : une communication engageante a été mise en œuvre auprès de 6 responsables d'entretien des cimetières à Bordeaux.

Suite à celle-ci, 3 d'entre eux ont dit souhaiter modifier leurs techniques d'entretiens, les 3 autres ont accepté d'insérer dans le règlement intérieur du cimetière une phrase interdisant l'utilisation de pesticides par les usagers.

Lors des discussions, de nombreux freins ont été mis en avant par les gestionnaires des sites :

- le **coût financier des changements de pratiques**. En effet, d'après les interlocuteurs rencontrés, les produits biologiques sont plus onéreux que les produits « classiques ».
- la **frilosité politique des élus** d'aller vers des changements potentiellement générateurs de plaintes de la part des usagers
- la **résistance des gestionnaires et techniciens de terrain au changement**

En 2018, les discussions ont repris avec une réunion d'échanges organisée par la Direction des espaces verts de Bordeaux Métropole en collaboration avec la Direction de l'eau et le LyRE. Une vingtaine de communes de la métropole étaient représentées et environ une quarantaine de personnes, aussi bien élus que personnel technique, étaient présentes. Cette diversité des acteurs a été un réel atout lors de cette réunion pour permettre des retours d'expériences variés (techniques et administratifs) et obtenir divers points de vue.

Le marché d'Assistance à Maitrise d'Ouvrage (AMO) programmé par la direction des espaces verts de Bordeaux Métropole a été présenté aux gestionnaires des cimetières. Il a comme objectif d'accompagner les communes volontaires pour passer en 0 pesticide dans leurs cimetières ou pour améliorer la gestion des cimetières déjà en 0 pesticide. La métropole de Bordeaux finance ce marché et bénéficie d'un co-financement de l'Agence de l'Eau Adour Garonne.

Une étude d'Avant-Projet Sommaire (APS) proposant plusieurs scénarios de gestion accompagnés d'une estimation des coûts a également été produite et pourra servir de document

préparatoire pour l'AMO. L'APS propose en outre des outils de communication à destination des usagers.

L'enherbement des allées et la végétalisation des espaces allié à un désherbage mécanique (à l'aide d'un rotofil) et manuel est la solution qui a été priorisée pour les cimetières de Bordeaux Métropole. Discussions et retours d'expérience ont été analysés afin d'anticiper les gains et les contraintes de cette solution, vus ici sous l'angle sociétal.

Les gains de la mise en place de solutions alternatives aux pesticides dans les cimetières sont tout d'abord une **anticipation** d'un probable élargissement de la Loi Labbé qui pour l'instant ne concerne pas les cimetières. Les agents sont aussi conscients de participer à un **mouvement écologique** plus global ainsi que de protéger leur santé. Un gain au niveau du **cadre de travail** en termes d'esthétique et de rapprochement avec la nature et la biodiversité sont à noter également.

Les contraintes remontées par les agents sont celles du **temps** (actions plus chronophages pour l'entretien régulier que celles de pulvériser des herbicides 2 fois dans l'année), de la **pénibilité** (tonte et désherbage manuel) et de la « **gestion** » **des plaintes** remontées par les usagers.

Ainsi, outre la communication auprès du grand public, des formations et de l'accompagnement au changement sont nécessaires, aussi, pour les gestionnaires et techniciens de l'entretien des cimetières.

### 3.2.2. Actions auprès des usagers

Les cimetières sont des lieux à part, considérés comme sensibles vis-à-vis des usagers, parfois très exigeants quant à l'esthétique et la propreté de ces espaces de recueillement ; l'esthétique relevant, pour une partie d'entre eux, de l'absence de « mauvaises herbes ». Les changements au sein de ces lieux peuvent entraîner un sentiment de surprise, de peur (d'abandon) ou de mécontentement chez les usagers. L'un des éléments fondamentaux pour l'**acceptabilité sociale** du changement de pratiques au sein d'un cimetière, sur lequel nous avons insisté auprès des gestionnaires, est une bonne communication. Plusieurs pistes ont ainsi été travaillées dans REGARD et laissées à la discrétion des gestionnaires.

### 3.3. Actions terrains de sport

L'usage des produits phytosanitaires est encore autorisé au niveau des terrains de sport car ce ne sont pas des lieux de promenade avérés. A l'inverse des cimetières au sein desquels de nombreuses communes ont d'ores et déjà proscrit l'utilisation des produits phytosanitaires, au niveau des terrains de tennis, elles continuent d'utiliser des produits chimiques anti-mousse.

L'étude menée dans REGARD auprès des gestionnaires montre que ces derniers estiment que les produits chimiques anti-mousse sont efficaces et peu coûteux, et qu'à l'inverse les techniques alternatives sont coûteuses et chronophages et n'ont pas fait leur preuve. Par ailleurs, elles sont souvent peu connues des gestionnaires. Une expérimentation a été mise en œuvre pour justifier de leur efficacité comparativement aux techniques actuellement employées mais les résultats ne seront visibles que sur le long terme et pas connus au moment de rédiger ce rapport.

## 4. Evaluation sociétale des actions réalisées sur la source industrielle

REGARD n'a pas axé autant ses actions de changement auprès de la source industrielle que sur les autres sources. Le test sur l'extraction de métaux n'a pas pu être mené *in situ* car nous n'avons pas trouvé d'industriels volontaires pour différentes raisons :

- Pour celles dont les métaux rejetés peuvent présenter un intérêt stratégique (ex lithium), la question de la concurrence a été soulevée car elles pourraient se positionner elles-mêmes sur l'extraction.
- La plupart des industries contactées a des rejets d'eaux usées qui les placent sous les seuils de pénalité dans les conventions de déversement. L'absence de réglementation ne les poussent donc pas à agir.
- Des problèmes de confidentialité vis-à-vis des activités industrielles ont également été énoncés.
- Des problèmes d'autorisation d'accès aux sites ont également eu lieu (aéroport par exemple) qui reflètent la défiance vis-à-vis d'études ayant comme objectif de diagnostiquer la présence de micropolluants dans les rejets d'eaux pluviales alors que ce diagnostic n'est pas réglementaire aujourd'hui.

Du fait du coût grandissant de la redevance assainissement dûe à la collectivité, le Service Inter-établissements de Gestion du Domaine Universitaire (SIGDU)<sup>1</sup>, s'est montré intéressé par la problématique des micropolluants et **a demandé une sensibilisation** pour mieux comprendre les transferts de micropolluants dans les eaux usées et pluviales.

Deux réunions de sensibilisation ont été organisées, 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.

---

<sup>1</sup> Service qui a en charge la gestion de l'eau, de l'assainissement et des eaux pluviales d'une grande partie du domaine universitaire de Talence et Pessac et notamment des établissements du CROUS (logements étudiants, restaurants universitaires, blanchisserie, etc.) et des laboratoires de recherche dans des disciplines où sont manipulées de nombreux produits chimiques et réactifs

## Conclusions et discussion

Les freins à la mise en œuvre d'actions concrètes et efficaces pour réduire les flux et les impacts des micropolluants sur l'environnement et la santé, apparaissent nombreux et relèvent (liste non exhaustive !) :

- De la méconnaissance du terme micropolluant, de leur présence, de leurs impacts potentiels
- De l'invisibilité de la problématique des pollutions de l'eau mais aussi des efforts qu'on déploie pour limiter les impacts
- Du nombre de problématiques environnementales qui allongent la file d'attente des urgences à traiter ; le tout finissant par être très anxiogène pour les acteurs
- Du temps de mise en œuvre des actions VS le temps des organisations, la gestion court-termiste ou le rythme de la vie quotidienne
- Des coûts inhérents à la mise en œuvre de solutions, notamment quand il s'agit de dédier des ressources humaines à ces questions qui n'ont pas d'autres choix que d'être accompagnées, animées, relancées etc.
- De problème de logistique et d'organisation
- De priorisation de la question des micropolluants face à d'autres problématiques environnementales jugées par les acteurs, organisations, plus prégnantes ou moins contraignantes telles que la réduction des gaz à effet de serre via la mobilité alternative, les économies d'énergie, le tri des déchets, l'alimentation bio et en circuit court etc.
- Des incertitudes encore nombreuses ou du moins d'un consensus encore trop « mou » sur les impacts environnementaux et sanitaires des micropolluants
- De l'aspect jugé rétrograde de certaines solutions qui font pourtant appel au bon sens et à la modération
- De l'incompréhension des acteurs et notamment des consommateurs quand les produits incriminés par ailleurs sont en vente libre et le fruit de nombreuses publicités

Quand des actions sont testées, les gains qu'elles génèrent sont, d'après les acteurs eux-mêmes :

- Le sentiment d'œuvrer pour un intérêt supérieur, collectif, un bien commun, les générations futures
- Une image valorisée, de soi ou du collectif dans lequel s'inscrit le projet qui se traduit par une volonté d'essaimer, de rallier d'autres personnes, groupes...
- Un renforcement du lien social grâce au sentiment d'appartenance à un groupe, un projet collectif
- Certains, notamment les citoyens, font état de gains économiques quand ils passent à la fabrication maison de plusieurs de leur produits cosmétiques/d'entretien mais ce n'est pas ce qui est le plus motivant pour eux.
- Un sentiment d'être plus responsable face au diktat de la société de consommation et des messages publicitaires

### Discussion

Chercher à réduire les pollutions à la source revient à dire que les pratiques actuelles ne sont plus en phase avec la cible qu'il serait souhaitable d'atteindre. Mais qui décide de la cible à atteindre et quelle est-elle ? Comment sont définies les pratiques en question, les « bonnes pratiques » ?

Malgré le foisonnement de textes réglementaires à différentes échelles, de l'Europe au local, sur l'environnement, la santé, le champ des micropolluants contenus dans les produits d'usages plus ou moins courants, est **très peu normé**.

Dans la construction de son questionnement et les réponses attendues, l'AAP « Micropolluants dans les eaux urbaines » de l'AFB et des Agences de l'eau, orientait les études vers les innovations et les changements de pratiques : **la source** des micropolluants était donc à chercher du côté des pratiques. Or, la véritable source (l'origine, la cause) est dans l'immense majorité des cas, « **en amont** » **des pratiques** qui ne font que faire usage, d'une certaine façon, à un certain moment, d'objets, de produits qui contiennent des molécules impactantes pour l'environnement. C'est alors la sphère de la production industrielle et de la mise sur le marché qu'il apparaît essentiel d'adresser.

En effet, le paradigme principal dans lequel s'inscrit actuellement le problème des micropolluants, comme ceux, avant lui, des pesticides (« ce n'est pas les pesticides le problème, c'est la façon dont ils sont utilisés »), des armes (« ce n'est pas l'arme en soi le problème, mais ce à quoi elle est utilisée ») etc. est celui de la **responsabilité individuelle**. Responsabilité individuelle et donc solutions et choix individuels là où le problème apparaît relever au moins autant d'une **responsabilité collective**, mais aussi de **responsabilités et de choix politiques, économiques et industriels**.

Il ne s'agit pas de minimiser ou de mettre de côté la responsabilité des usagers, de ceux qui font usage, à tous les niveaux, mais de l'inscrire aux côtés d'autres ; qui semblent aujourd'hui dans le contexte économique mondialisé et extra-libéral, plus difficile à atteindre...

Plutôt que de travailler de façon sectorielle, ce qui amène souvent les acteurs à se monter les uns contre les autres, à opérer des transferts de responsabilité (l'exemple des agriculteurs vis-à-vis des jardiniers amateurs est à cet égard démonstratif), il s'agirait de **faire de ces questions d'environnement et de santé publique des enjeux de territoire à mener collectivement** (« Tous acteurs ») **et soutenus activement (financièrement mais aussi au niveau de la communication, de la sensibilisation) par les collectivités locales**. L'animation mise en place pour piloter ces projets de territoire est cruciale et doit être réalisée par un tiers (local) neutre des intérêts en place. La **territorialisation des actions** et **l'exemple** que représentent certains acteurs (usagers, entreprises, associations, collectivités, hôpitaux, qu'importe), « pionniers » ou particulièrement engagés sur ces questions (et qui subissent parfois des échecs qui sont tout aussi intéressants à partager), apparaissent déterminantes pour générer la mise en mouvement des acteurs et leur inscription dans un mouvement collectif.

## **Annexe**

# **La gestion à la source des résidus de médicaments et des biocides : quelques exemples d'initiatives hospitalières**

## **Fiche n°1 - L'application de l'indice Persistance, Bioaccumulation, Toxicité (PBT) aux prescriptions médicales : l'exemple de l'hôpital des Portes de Camargue**

### **Origines de l'action**

Initiative lancée à partir de 2011 dans le secteur de la gériatrie suite à la formation dispensée dans le cadre d'un diplôme universitaire en développement durable en santé et aux réflexions menées dans le cadre des réunions thématiques sur l'eau du comité développement durable santé.

### **Action menée**

L'objectif n'était pas d'imposer l'usage de l'indice PBT aux médecins mais d'initier une stratégie pédagogique et de sensibilisation des acteurs hospitaliers à la contamination de l'environnement par les médicaments.

Aussi, l'indice PBT a été introduit dans le livret thérapeutique de l'hôpital en 2012. Cette action s'inscrivait dans le cadre d'une stratégie plus globale sur les médicaments visant à accompagner la prise de conscience de l'impact environnemental des médicaments :

- Mise en place d'une filière spécifique sur les médicaments non anticancéreux. Les fonds de flacons, les ampoules injectables sont notamment visés par cette filière.
- Des sachets à usage unique comprenant la dose médicamenteuse nécessaire aux patients ainsi qu'un pilon sont distribués aux soignants. Le broyage des médicaments étant fréquemment utilisés pour les personnes âgées.
- Les médicaments non utilisés font l'objet d'un retour à la pharmacie par les différents services dans des paniers de plastiques.
- A travers le groupement d'achat une demande aux industriels pharmaceutiques de fournir l'indice PBT des médicaments produits a été faite.
- Un système d'échange de médicaments entre les hôpitaux a été mis en place pour éviter les gaspillages et participer à la réflexion autour de la problématique médicamenteuse.

### **Éléments ayant permis la mise en œuvre**

Cette action a pu être rendue possible par l'usage singulier des médicaments en gériatrie. La gériatrie s'inscrit dans le cadre d'une approche réflexive. En effet, les personnes âgées sont des patients polyopathologiques soumis à de nombreux traitements. L'interaction entre les molécules médicamenteuses prescrites peut entraîner des risques graves pour la santé des personnes âgées. Ce risque est appelé risque iatrogène. A ce titre, lorsque les gériatres osculent un patient, ces derniers peuvent être amenés à réduire, voire éliminer des médicaments en fonction de son évolution pathologique.

### **Contraintes**

Depuis 2006, l'évaluation de l'impact environnemental des médicaments est obligatoire mais les données environnementales restent difficiles d'accès voire confidentielles. Ces données sont détenues par les industriels qui ont pour charge la réalisation de ces études et par l'agence européenne du médicament qui centralise aujourd'hui les autorisations de mise sur le marché (AMM).

Dans la mesure où l'évaluation environnementale des médicaments a été mise en place depuis 2006, l'impact environnemental des molécules antérieures n'est pas renseigné.

La liste suédoise contient quelques lacunes. L'indice PBT n'est pas entièrement renseigné pour tous les médicaments.

Les hôpitaux achètent les médicaments dans le cadre de marchés publics. Aussi, parmi les médicaments proposés dans le cadre de ces marchés publics, certains n'apparaissent pas dans la liste suédoise.

### **Informations et contacts**

L'hôpital privé nord Parisien ainsi que le centre hospitalier de Cannes expérimentent également l'application de l'indice PBT. Actuellement des start-up développent des bio-indicateurs (ex : têtards) pour évaluer la présence de perturbateurs endocriniens dans les effluents hospitaliers.

Un collectif de médecins de ville des Vosges (ASOQS) applique aussi l'indice PBT dans le cadre d'une action volontaire d'éco-prescription et de sensibilisation des patients aux risques environnementaux que représentent les médicaments.

Contact Hôpital des Portes de Camargue : [Catherine.TAILLEFER@hdpdc.fr](mailto:Catherine.TAILLEFER@hdpdc.fr)

Pour l'ASOQS : Dr Patrick BASTIEN, [contact@ecoprescription.org](mailto:contact@ecoprescription.org)

## Fiche n°2 - Mesures de séparation à la source : l'exemple du Marienhospital en Allemagne et du Centre Hospitalier E. Mayrisch à Esch-sur-Alzette au Luxembourg (Projet No-Pills)

### Origines de l'action

Le projet No-Pills<sup>2</sup> est un programme de recherche scientifique sur la contamination de l'environnement par les médicaments réalisé sur trois ans de 2012 à 2015. Il s'organise dans le cadre d'un consortium scientifique comprenant six partenaires issus de cinq pays différents : l'Allemagne, la France, le Luxembourg, la Hollande et le Royaume-Uni.

S'inscrivant dans la continuité du projet Pills réalisé quant à lui de 2008 à 2012, le projet No-Pills propose des solutions de réduction de la contamination des eaux par les médicaments.

### Actions menées

Des poches à urine pour femmes et pour hommes ont été distribuées à des patients en soins ambulatoires suite à l'injection de produits contrastants iodés. Ces produits de contraste, qui restent 24h dans l'organisme après leur administration, ont une faible toxicité environnementale. Toutefois, ils sont très présents dans les milieux aquatiques tant dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines. Ils sont présents aussi dans les eaux de boisson.

Ces poches d'urine contiennent une substance qui gélifie l'urine. Après usage, ces poches sont jetées parmi les déchets résiduels (Lyko et al., 2015, p.71).



Poche à urine pour femmes et hommes

### Éléments ayant permis la mise en œuvre

La distribution des poches à urine auprès des patients s'accompagnait d'un kit de communication (Lyko et al., 2015, p.71) comprenant un questionnaire interrogeant les patients sur le genre, la classe d'âge, le nombre de poches à urine utilisées et l'opinion du patient quant à l'usage de ces sacs. Par ailleurs, une fiche d'information présentant l'expérimentation menée ainsi qu'une fiche d'information destinée aux enfants ont été distribuées aux patients. Le temps d'explication aux patients fut estimé entre 5 et 10 minutes par les membres du service de radiologie.

<sup>2</sup> Cette partie fait la synthèse des travaux réalisés par Lyko S., Klepizewski K., Venditti S., No Pills report 2012-2015, Emschergenossenschaft, Essen, 2015, 133p. Disponible à l'adresse suivante [http://www.no-pills.eu/conference/BS\\_NoPills\\_Final%20Report\\_long\\_EN.pdf](http://www.no-pills.eu/conference/BS_NoPills_Final%20Report_long_EN.pdf)

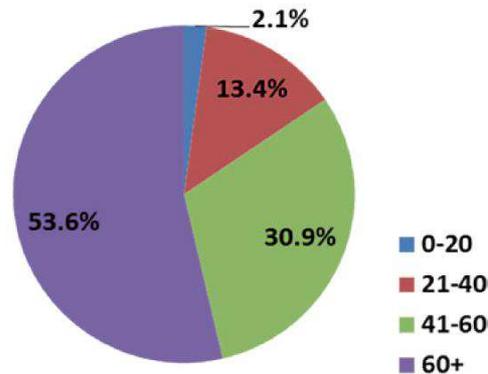


Outils de communication

### Contraintes

Bien que 93% des 93 participants ont estimé que les proches à urine étaient simples d'usage, les femmes se sont senties moins à l'aise tant pour parler de ce sujet que dans l'utilisation des poches.

Une majorité des patients ayant décidé de participer à l'expérience était âgée de plus de 60 ans. La catégorie des plus de 40 ans était également très présente. Les patients plus jeunes ont moins souhaité participer à l'expérience (Lyko et al., 2015, p.72).



Tranches d'âges ayant participées à l'expérience

### Contact

Contact : [dagot@ensil.unilim.fr](mailto:dagot@ensil.unilim.fr)

## Fiche n°3 - Stratégies à la gestion des résidus de médicaments dans l'eau potable (Projet Start)

### Origines de l'action

Le projet Start est un programme de recherche transdisciplinaire réalisé entre 2006 et 2008 en Allemagne. L'objectif de ce programme était de réfléchir aux possibilités de réduction de la présence des médicaments dans l'environnement.

Ce programme de recherche a été notamment réalisé par des sociologues et des écotoxicologues. Au-delà des scientifiques, des membres du secteur médical, de l'industrie pharmaceutique, des associations de pharmaciens, de l'administration publique, de la gestion de l'eau, des caisses d'assurance maladie étaient conviés à la réflexion.

Trois champs d'actions ont été mis en exergue :

- Le développement de principes actifs écologiques
- L'utilisation des médicaments
- Le contrôle des émissions par la gestion des eaux urbaines

### Actions menées

Une campagne de formation et d'information des professionnels médicaux a été réalisée à travers des médias spécialisés, des colloques scientifiques et des conférences.

Une proposition de l'introduction de la thématique de la contamination environnementale par les médicaments dans les formations professionnelles des médecins et des pharmaciens a été proposée.

Une recommandation de classification environnementale des médicaments permettant aux médecins de choisir des principes actifs plus respectueux de l'environnement a été faite. L'introduction de cette classification environnementale dans le Vidal ou dans les logiciels de choix des médicaments a également été proposée.

Enfin, l'incitation à des prescriptions non médicamenteuses en promouvant la prévention de maladies par des activités physiques ou une meilleure nutrition a été soumise par le consortium.

### Éléments ayant permis la mise en œuvre

Dépasser le principe du pollueur-payeur en développant une responsabilité commune.

### Contraintes

Deux contraintes peuvent être relevées :

- Les contraintes professionnelles relatives au temps de travail des acteurs concernés.
- La priorisation de l'enjeu sanitaire sur les problèmes environnementaux.

### Contact

Contact : [keil@isoe.de](mailto:keil@isoe.de)

## Fiche n°4 - Risques et leviers d'action relatifs aux rejets de médicaments, détergents et biocides dans les effluents hospitaliers : l'exemple du centre hospitalier Alpes-Léman

### Origines des actions

La spécificité de la présence d'un site pilote en région Rhône-Alpes s'explique par l'édiction d'un arrêté préfectoral en 2009 qui, de par la construction du nouveau Centre Hospitalier Alpes- Léman (CHAL), imposait l'agrandissement de la station d'épuration de Bellecombe et le raccordement séparé des effluents domestiques et hospitaliers. Cet arrêté préfectoral a, de fait, confronté les acteurs politiques et hospitaliers au problème de la gestion des résidus médicamenteux faisant de la Haute-Savoie un département pilote en la matière.

Mis en oeuvre depuis 2011, le programme de recherche SIPIBEL<sup>3</sup>, complété en 2015 par le projet RILACT, lauréat de l'AAP Micropolluants de l'ONEMA, a pour objectif d'étudier la caractérisation et la traitabilité des impacts des effluents hospitaliers en STEP. Il s'organise autour d'un consortium composé du Centre Hospitalier Alpes-Léman, de la station d'épuration de Bellecombe, du Syndicat de Bellecombe et du Graie.

### Actions menées

Le CHAL a participé à la mise en place d'une méthode (Laquaz et Di Majo, 2015) visant à rechercher des substituts aux médicaments pouvant générer une contamination environnementale. Les substances actives de remplacement ont été soumises à la validation des pharmaciens.

Les molécules de remplacement ont été déterminées à partir des éléments suivants (Laquaz et Di Majo, 2015, p.41-42) :

- Le guide pratique Maloine 32<sup>ème</sup> édition
- La liste de classification suédoise sur la dangerosité des médicaments établie par le Stockholm County Council dans son document Environmentally classified pharmaceuticals disponible à l'adresse suivante : <https://noharm-europe.org/documents/environmentally-classified-pharmaceuticals-2014-2015>
- La Predicted No Effect Concentration (PNEC) qui est une valeur permettant d'estimer l'impact environnemental d'une molécule. Au-dessus de la PNEC une molécule est considérée comme pouvant être dangereuse pour l'environnement. En-dessous de la PNEC la molécule ne doit pas avoir d'effet sur le milieu.
- Le Bioconcentration Factor (BCF) qui est un indice permettant de mesurer le degré de bioaccumulation d'une molécule.
- Le degré d'abattement des molécules en STEP a été également pris en compte pour l'identification de molécules de substitution à partir d'une recherche réalisée dans le cadre du projet SIPIBEL. Les molécules les moins éliminées par la STEU ont été considérées comme prioritaires.
- Le coût des médicaments de substitution a été également pris en compte.

Partant, plusieurs produits pharmaceutiques de substitution ont été déterminés (Laquaz et Di Majo, 2015, p.43-45) :

- L'Omeprazole substitut du Pantoprazole
- Le Nadolol substitut du Propranolol
- Le Ciprofloxacine substitut de l'Ofloxacine
- Le Lisinopril substitut du Ramipril

D'autres mesures ont été également envisagées comme l'intégration d'un indice environnemental des

---

<sup>3</sup> Cette partie fait la synthèse des travaux réalisés par Marine Laquaz et Pascal Di Majo, *Mise en évidence de solutions pour limiter les rejets polluants d'un établissement de soins : Etude au centre hospitalier alpes-Léman*, CHAL/ENTPE, octobre 2015, 101 p.

médicaments au niveau de la centrale d'achat, une réflexion sur le bon usage du médicament ou des collectes de polluants à la source par la distribution de poche à urine pour le patient comme celle utilisée dans le cadre du projet No-Pills.

Concernant les biocides plusieurs actions ont également été menées au sein du CHAL. Ainsi, le nettoyage à la vapeur y a été favorisé (Laquaz et Di Majo, 2015, p.50-57) avec l'usage actuellement de 25 machines. Des actions ont également été menées pour mieux contrôler les doses de détergents utilisés et donc diminuer les rejets dans les réseaux d'assainissement : grâce à des « centrale de dilution » qui préparent « automatiquement » les mélanges et limitent le contact des agents avec les produits, l'utilisation de vaporisateur à plus faible contenance et par la proposition de mettre en place une graduation dans les bacs de trempage en utilisant de simples autocollants.



Au niveau des achats, la volonté de mettre en œuvre une politique environnementale commune entre les centres hospitaliers participant à la centrale d'achat a également été proposée. Afin de mettre en œuvre cette politique environnementale commune, les critères suivants ont été déterminés dans le cadre de la recherche SIPIBEL-RILACT :

- Achat de détergents ecolabélisés ou écocertifiés
- Achats de détergents et/ou de désinfectants dont la composition génère moins d'impacts sur l'environnement
- Utilisation d'un même produit pour la réalisation de plusieurs tâches plutôt que de multiplier l'usage de produits différents.

Face à la méconnaissance de la composition des produits d'hygiène pouvant entraîner des sur ou sous-dosages, des actions de sensibilisation et des formations ont été également envisagées. Les informations suivantes ont été proposées pour être affichées sur les produits d'entretien :

- *Le nom du produit et sa nature (ex : détergent, détergent désinfectant, etc.),*
- *Une photo du bidon pour l'identifier,*
- *Les zones/matériels destinés à être nettoyés avec ce produit (ex : sols, mobilier, matériel réutilisable type ciseaux, plateaux, etc.). Cette rubrique devrait être la plus complète possible pour délimiter précisément l'usage attendu d'un produit,*
- *Les consignes d'utilisation comprenant : la dilution (par la centrale ou manuelle, avec un tableau de dilution et des consignes de pré-imprégnation), les étapes de préparation de la solution dans son contenant avec une mention de sensibilisation quant au gaspillage, le temps de trempage pour les solutions de décontamination, la durée de validité du produit dilué et les consignes à suivre pour l'élimination du bidon de produit vide ou périmé,*
- *Les précautions d'emploi précisant les équipements de protection individuelle (EPI) à porter pour manipuler le produit et les pictogrammes de danger de celui-ci,*
- *Les protocoles hygiènes auxquels se référer et l'invitation à consulter la base de données de l'hôpital pour retrouver cette fiche.*

## Éléments ayant permis la mise en œuvre

Une méthode a été mise en place pour cibler les médicaments sur lesquels agir. Trois critères ont été retenus (Laquaz et Di Majo, 2015, p.8). Il s'agit des médicaments<sup>4</sup> :

- Les plus distribués. 10 médicaments sur la base des prescriptions médicales ont été sélectionnés. Les molécules les plus utilisées par les services hospitaliers ont été sélectionnées à partir du logiciel de prescription du CHAL « Pharma ». Un score de 1 à 3 a été attribué aux services les plus consommateurs d'un médicament.
- Les 15 plus dangereux pour l'environnement de par leur écotoxicité et leur bioaccumulation. Ces médicaments ont été sélectionnés à partir des articles suivants :
  - F. Orias et Y. Perrodin, 2014, « Pharmaceuticals in hospital wastewater: Their ecotoxicity and contribution to the environmental hazard of the effluent », *Chemosphere* 115, 2014.
- Les 14 les plus bioaccumulables ont été sélectionnés à partir de cet article : J. Jean, Y. Perrodin *et al.* 2012, « Identification and prioritization of bioaccumulable pharmaceutical substances discharged in hospital effluents », *Journal of Environmental Management* 103, 2012.

Concernant les biocides deux critères ont été pris en compte : le type de produits utilisés et la consommation par service (Laquaz et Di Majo, 2015, p.17).

Le type de produits biocides utilisés a été déterminé à partir du logiciel de gestion des stocks et des commandes. La consommation par service a quant à elle été définie à partir du logiciel « Elite » ; logiciel de suivi des consommations du CHAL. Une consommation approximative a été établie en divisant la quantité globale consommée par le nombre de services composant un pôle.

### Contraintes

Les principales contraintes relevées dans le cadre de ce projet furent les contraintes économiques et les réticences à un changement de pratiques des acteurs hospitaliers.

### Contact

Contacts : Marine Laquaz : [marine.laquaz@entpe.fr](mailto:marine.laquaz@entpe.fr) et Pascal Di Majo (CHAL) 04 50 82 24 59

---

<sup>4</sup> Les antibiotiques et les médicaments radio-pharmaceutiques n'ont pas été détaillés. Ils représentaient donc une catégorie à part entière ramenant le nombre total de médicaments à 34.

## Fiche n°5 - La mise en place d'une filière de traitement des déchets des agents cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) et non-anticancéreux: l'exemple de l'hôpital Necker

### Origines de l'action

La réflexion sur la mise en place d'une filière de traitement des déchets des agents cancérigènes, mutagènes et repro-toxiques (CMR) a débuté en 1994 suite à la publication de l'arrêté relatif à la bonne exécution des analyses de biologie médicale. Cet arrêt posait la nécessité de séparer les déchets dangereux et non dangereux. Dans la catégorie des déchets dangereux rentraient les déchets à risques infectieux, chimiques et radioactifs.

Partant, une réflexion portée par l'institution a été menée sur la mise en place d'une nouvelle filière de tri. Les recherches réalisées ont montré que la définition de l'Union Européenne (UE) des agents chimiques intégrait aussi les médicaments.

Or en pédiatrie, la problématique de la gestion des déchets de médicaments se pose au regard des conditionnements de médicaments qui ne sont pas adaptés aux posologies. Ainsi, des médicaments partiellement utilisés (ex : ampoules, comprimés) pouvaient partir dans les éviers, les vidoirs ou les toilettes avant de jeter le reste dans le sac de DASRI qui était incinéré à 850°C.

C'est à ce titre qu'il a été décidé d'élargir la question du tri des déchets issus des analyses des laboratoires de biologie médicale à l'ensemble des activités de soins.

### Actions menées

Deux nouvelles filières ont été mises en place faisant la distinction entre les médicaments anticancéreux et non-anticancéreux. Pour les médicaments liquides des bidons étaient utilisés, pour les déchets solides des fûts étaient mobilisés. Pour les déchets mixtes les ampoules ou les poches de perfusion des poubelles adaptées ont été mises en place.

Une signalétique a été également mise en place sur les bidons et les fûts reprenant les pictogrammes qui figurent déjà sur les agents chimiques (ex : tête de mort, poisson mort...) et pour le transport des déchets dangereux. Des étiquettes avec un système de couleurs différentes et fournies par le prestataire ont été collées sur les bidons et les fûts afin de veiller à la traçabilité du produit. Elles reprenaient les informations réglementaires, la classification du produit (anticancéreux/non-anticancéreux), le nom du producteur et la date.

Les contenants n'avaient pas de couleur particulière comme le jaune pour les DASRI.

### Éléments ayant permis la mise en œuvre

Un programme de formation et d'information a été mis en œuvre. Deux formations par mois pendant trois ans et adaptées en fonction du public ont été dispensées dans les services. Sur 15 ans une centaine de formations a été réalisée. Le tri en amont des déchets a permis à l'hôpital Necker de réduire les coûts de traitement par le prestataire entre 25 et 27%.

### Contraintes

Le nom de filière « CMR » était compris par les laboratoires de biologie mais pas par les autres agents hospitaliers. Lorsque les filières se sont appelées filière anticancéreux/filière non anticancéreux, le nombre de déchets a été multiplié par 10.

La gestion des déchets doit être bien contrôlée par l'hôpital et non par le prestataire. L'hôpital doit demander à ce que le prestataire lui fournisse des types de contenants adaptés aux déchets produits.

### Contact

Contacts : [p.parvy@orange.fr](mailto:p.parvy@orange.fr)

## Fiche n°6 - La politique de bon usage du médicament et des biocides du CHU de Poitiers

### Origines de l'action

Après une recherche menée sur l'identification des molécules contenues dans les effluents hospitaliers et les possibilités de traitement, la pharmacie du CHU de Poitiers a mené une étude sur l'identification des sources et des pratiques en matière d'usages des médicaments. Partant, la politique du « bon usage du médicament » a été identifiée comme un levier d'action important. Par ailleurs, lauréat de l'appel à projet de l'ONEMA pour le projet Biotech, le CHU de Poitiers s'est également donné pour objectif d'évaluer la présence de produits biocides dans les effluents du centre hospitalier et de mettre en place des dispositifs de gestion à la source.

### Action menée

Une méthodologie<sup>5</sup> (Lavaud, et al., 2015) visant à estimer les quantités rejetées par rapport à l'activité du CHU a été mise en place. La méthodologie mise en place s'articule autour des étapes suivantes (Lavaud, et al., 2015 p.46-48) :

- 1) Afin d'effectuer des prélèvements aux différents points de rejets, des bâtiments cibles ont été sélectionnés en fonction de leurs activités.
- 2) Les molécules étudiées ont été identifiées au regard de la quantité consommée par service et des processus de métabolisme des molécules une fois ingérées par les patients. Ces processus de métabolisme ont été déterminés à partir de la littérature.
- 3) Deux campagnes de prélèvement ont été réalisées en juillet et août 2012.
- 4) Une estimation des concentrations minimales et maximales (Lavaud, et al., 2015, p.48) a été réalisée en prenant en compte les paramètres suivants : le volume d'effluent ( $V_m$ ), la quantité de principe actif consommé (Masse « M », nombre d'unités « N ») et les données de métabolisme des molécules (entre X et Y% de la dose administrée et excrétée). Partant, le calcul suivant a été réalisé (Lavaud, et al., 2015, p.48).

L'estimation de concentrations minimales ( $C_{min}$ ) et maximales ( $C_{max}$ ) se résume au calcul suivant :

$$C_{min} = \frac{M \times N}{V_m} X \quad C_{max} = \frac{M \times N}{V_m} Y$$

Concernant la réduction des biocides, plusieurs actions de gestion à la source ont été menées dans le cadre du projet Biotech:

- Les produits détergents achetés sont des produits écolabélisés.
- Une diminution de l'usage de désinfectants a été effectuée en les remplaçant par des détergents pour certaines parties des locaux.
- Le ménage est effectué par imprégnation totale du produit sur la serpillère.
- Le nettoyage à la vapeur a été étendu.
- L'eau de javel a été largement diminué afin d'éviter l'effet amplificateur du chlore sur la nocivité des produits biocides.
- Les doseurs ont été remplacés par des sachets de détergents ou désinfectants afin de veiller à ce qu'une juste dose soit utilisée.
- Une graduation dans les éviers a été mise en place.

<sup>5</sup> Cette partie fait la synthèse des travaux réalisés par A. Lavaud, A. Dupuis, F. Nauleau, F. Cuq, N. Karpel, P. Boivin, « Développement d'une méthodologie pour l'estimation des concentrations en résidus médicamenteux dans les eaux de rejets hospitaliers », *Techniques, Sciences et Méthodes*, n°10, 2015, p.45-56.

- Les produits désinfectants utilisés pour le trempage des dispositifs médicaux et qui ont une durée d'action de 24h sont laissés durant toute leur durée d'action et non remplacés à chaque changement d'équipe.

### **Eléments ayant permis sa mise en œuvre**

Les réflexions menées autour du « bon usage du médicament » accompagnées par le tournant de l'activité pharmaceutique vers la pharmacie clinique, c'est-à-dire une activité pharmaceutique qui accompagne le patient dans la gestion de ses médicaments ont permis la mise en place de cette méthode.

Pour les actions « biocides », le CHU de Poitiers s'appuie sur le réseau des « correspondants en hygiène » qui relaient dans les services la politique environnementale du CHU sur la question. Par ailleurs, des formations ont été menées auprès des agents d'entretien sur l'utilisation du lavage à la vapeur.

### **Contraintes**

Si la position des agents d'entretiens est actuellement entrain de changer quant à l'utilisation de la désinfection à la vapeur, la principale contrainte soulevée vis-à-vis de cette technique est celle de l'augmentation du temps de travail.

Concernant, l'imprégnation totale des produits, le problème de la contamination des effluents est reporté à la laverie lors des nettoyages des serpillères. Toutefois, les quantités retrouvées en sortie sont minimales.

### **Contact**

Contact « bon usage du médicament » : [Antoine.DUPOIS@chu-poitiers.fr](mailto:Antoine.DUPOIS@chu-poitiers.fr)

Contact biocides : [marie.deborde.delage@univ-poitiers.fr](mailto:marie.deborde.delage@univ-poitiers.fr) et [Sarah.AYRAUD-THEVENOT@chu-poitiers.fr](mailto:Sarah.AYRAUD-THEVENOT@chu-poitiers.fr)

Pour des informations générales sur l'hygiène hospitalière alternative à l'utilisation de biocides/désinfectants (+ économie circulaire, gestion durable des déchets) : D. Philippe CARENCO, médecin hygiéniste au Centre hospitalier de Hyères : [pcarenco@ch-hyeres.fr](mailto:pcarenco@ch-hyeres.fr)

## Fiche n°7 - Le bio-nettoyage à la vapeur : le cas de l'hôpital de Versailles

### Origines de l'action

Partant des études scientifiques menées sur l'efficacité biocide de la méthode vapeur et de la position de la société française d'hygiène hospitalière sur la question, le centre hospitalier général de Versailles a mis en œuvre, sur l'ensemble de l'établissement, la désinfection à la vapeur.

### Actions menées

Le bio-nettoyage à la vapeur a été appliqué dans différents services : bloc opératoire, réanimation, pédiatrie, cardiologie, chambre mortuaire, brancardage...

Le bio-nettoyage demande une certaine minutie. Il faut sortir les meubles de la salle puis traiter à la vapeur les sols. Deux agents sont sollicités. Le premier vaporisant alors que le deuxième sèche les parties désinfectées avec un chiffon.

Pour les souillures importantes (ex : tâche de sang), celles-ci sont préalablement nettoyées au détergent-désinfectant.

### Éléments ayant permis sa mise en œuvre

Une dimension de santé au travail a participé au développement du bio-nettoyage à la vapeur, ce dernier ne provoquant pas d'allergie. Par ailleurs, ne produisant pas de pollution le critère environnemental a également participé à sa mise en œuvre.

### Contraintes

Plusieurs contraintes ont été relevées par le centre hospitalier de Versailles. L'utilisation des appareils vapeur est bruyante et chronophage. Elle demande une formation spécifique des agents et un entretien soutenu du matériel.

### Contact

[ichilaire@ch-versailles.fr](mailto:ichilaire@ch-versailles.fr)



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 4 : SUIVI ET EVALUATION DES GAINS DES DIFFERENTES SOLUTIONS MISES EN PLACE

### TACHE 4.2. EVALUATION ECONOMIQUE

#### SOUS-TACHE 4.2.1 ÉVALUATION ECONOMIQUE DES BENEFICES DE LA REDUCTION DES MICROPOLLUANTS D'ORIGINE DOMESTIQUE

Livrable n° 421 : Rapports sur l'analyse bénéfice-coût des solutions techniques à la source domestique

Version définitive - Octobre 2019

Auteurs : Thao Pham, Jeanne Dachary-Bernard





# Synthèse

## Introduction générale – rappel de la problématique

### Contexte générale des MP

Les eaux usées d'origine domestique rejetées dans les cours d'eau constituent une des principales sources de contamination des milieux aquatiques par les micropolluants chimiques. Les comportements des ménages à leur domicile génèrent en effet une contamination chimique des eaux urbaines à travers le rejet dans les eaux usées de différents déchets. Si le lien entre la présence de ces molécules chimiques dans les milieux aquatiques et les effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine n'est pas encore clairement établi, la réduction de ces micropolluants constitue actuellement une préoccupation majeure des collectivités locales (principe de précaution dans la politique environnementale). Les seules solutions techniques que sont les stations de traitement ne sont plus les seules options envisageables, mais la sensibilisation et l'information dans le but de faire changer les pratiques à domicile sont également des mesures désormais envisagées. Nous défendons l'idée qu'une combinaison de ces deux types d'actions est à privilégier.

Dans ce contexte, la proposition que nous avons faite est de mener une évaluation économique des bénéfices attendus d'une réduction des micropolluants dans les eaux urbaines à la source domestique. En particulier, nous mettons en œuvre la méthode des choix multi-attributs auprès d'habitants de la métropole bordelaise pour recueillir leurs préférences au regard des stratégies possibles à mettre en place pour réduire les MP.

Cette tâche a été menée dans le cadre d'un post-doctorat dont le rapport a été fourni précédemment. Cependant, seule une première vague d'enquête a pu être réalisée dans le cadre de ce post-doctorat, et présentée dans le rapport. C'est pourquoi cette synthèse doit être vue comme un complément au rapport de post-doctorat, en présentant de façon synthétique les résultats de la deuxième vague d'enquêtes réalisées, dans la perspective de la première vague d'enquêtes.

La présente note reviendra donc dans un premier temps sur le protocole méthodologique suivi, et justifiera de l'intérêt scientifique de mener deux vagues d'enquêtes. Une deuxième partie de la synthèse présentera de façon comparative les caractéristiques des deux échantillons constitués. Enfin, la dernière section présentera et discutera les principaux résultats de l'évaluation à proprement parler, en particulier ceux de la vague 2.

## Protocole méthodologique – une enquête en deux temps

### Deux vagues d'enquêtes

---

L'évaluation économique des bénéfices attendus de la réduction des micropolluants à la source domestique a pour objectif de mesurer de façon monétaire les bénéfices (ou coûts) que retireraient

les individus d'une amélioration de la qualité des eaux du milieu naturel s'il y avait moins de micropolluants issus de la source domestique. Par bénéfique on entend bénéfice social, ou amélioration du bien-être de l'individu. Il s'agit donc, par le biais d'une enquête auprès des habitants de la métropole de comprendre et mesurer les arbitrages que ces individus font entre certains attributs associés aux MP (et sur lesquels une politique publique puisse intervenir) et le coût qu'ils auraient à supporter pour mettre en œuvre une telle politique.

Une enquête a donc été réalisée. Mais la littérature en économie sur l'implémentation de ce type de dispositif d'enquête, en particulier lorsqu'il s'agit de problèmes environnementaux nouveaux comme le sont les MP dans les eaux urbaines, souligne les biais associés à ces modes de recueil des préférences des individus : instabilité des préférences, phénomène d'apprentissage chez les répondants, influence de l'information fournie sur les réponses etc. nous développons donc un protocole empirique en 2 vagues d'enquêtes, qui doivent s'adresser à des échantillons d'habitants de la métropole bordelaise statistiquement identiques mais qui diffèrent au regard de certains éléments du contenu de l'enquête. En s'appuyant sur ce protocole en deux temps, notre recherche doit donc pouvoir mettre en évidence les préférences des individus pour différentes solutions (techniques et ou comportementales) de réduction des MP, mais également apporter des éléments de réponses quant aux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : Fournir une meilleure information aux enquêtés impacte les préférences que les individus accordent aux différentes mesures de réduction des MP dans les eaux ;

Hypothèse 2 : Il existe une hétérogénéité spatiale des préférences, autrement dit le lieu d'habitation des enquêtés impacte les préférences qu'ils ont pour les différents modes de réduction des MP dans les eaux ;

Hypothèse 2a : la distance entre le lieu d'habitation des enquêtés et les principaux cours d'eau métropolitains influe sur leur préférence en termes de stratégies de réduction des MP ;

Hypothèse 2b : la distance entre le lieu d'habitation des enquêtés et la station de traitement des eaux usées la plus proche influe sur leur préférence en termes de stratégies de réduction des MP ;

## Design de l'enquête

---

L'enquête consiste donc à présenter aux enquêtés plusieurs scénarios hypothétiques qui traduisent différentes situations de stratégie de réduction de MP. Les enquêtés doivent choisir parmi ces différents scénarios celui qu'ils préfèrent. Ces scénarios sont construits autour de plusieurs attributs et de niveaux d'attributs illustrés par des images pour faciliter l'exercice cognitif des répondants. Le questionnaire présentait ces attributs aux enquêtés de la façon suivante :

Chaque scénario comporte 5 attributs :

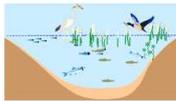
    	<p><b>1. Etat écologique des milieux aquatiques</b> L'état écologique des milieux aquatiques se traduit par la présence des espèces floristiques et faunistiques, qui peuvent en partie et potentiellement être impactées par la présence des micropolluants dans les cours d'eau. Cet état écologique peut être bon ou très bon suivant le programme d'action mis en place.</p>
	<p><b>2. Les familles de micropolluants traités avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées</b> Les technologies de traitement peuvent être modernisées de manière à traiter 1, 2 ou 3 familles de micropolluants supplémentaires.</p>
	<p><b>3. Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement</b> La nouvelle technologie de traitement pour les stations d'épuration des eaux usées pourrait être mise en place dans 5 ans, 10 ans, 20 ans ou jamais.</p>
	<p><b>4. Les micropolluants ciblés par les campagnes de sensibilisation</b> Les campagnes de sensibilisation pour que chacun réduise l'usage de produits domestiques contenant ces micropolluants ciblés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Les produits ménagers et de nettoyage : produits lessives, produits vaisselles, nettoyants des sols et des WC...</li> <li> Les produits cosmétiques et de soins corporels : Crème solaire, Crème hydratant, dentifrice, savon, gel douche, shampooing...</li> <li> Les produits pharmaceutiques : Paracétamol, Ibuprofène, Aspirine...</li> </ul>
	<p><b>5. Augmentation de la facture d'eau annuelle</b> Une contribution financière vous serait demandée au travers de l'augmentation de la facture d'eau annuelle de 10 %, 15%, 20%, 25%, 30% ou 35% selon les scénarios d'action envisagés.</p>

Figure 1. Présentation des attributs de choix dans le questionnaire (Vague 1)

Comme présenté en détail dans le rapport de post-doctorat, un processus statistique a permis de réduire le nombre de scénarios à présenter et d'aboutir ainsi à 6 versions de questionnaires, chaque version étant composée de 4 expériences de choix pour lesquelles l'enquêté devait choisir à chaque fois le scénario A, B ou aucun des deux (cf. ci-dessous un exemple d'expérience de choix).

Quel est votre scénario préféré ? [Revoir les explications](#)

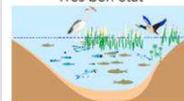
	Scénario A Bon état	Scénario B Très bon état		
Etat écologique des milieux aquatiques				
Le nombre de famille de micropolluants traité avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées				
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement			Ni Scénario A, ni scénario B	
Les produits domestiques ciblés par les campagnes de sensibilisation				
Augmentation de la facture d'eau annuelle				
Votre choix	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>

Figure 2. Exemple d'expérience de choix présentée aux enquêtés

Pour la vague 2 de l'enquête, le questionnaire devait rester identique, à l'exception de légères modifications apportées de façon à tester les hypothèses posées. Nous avons par conséquent ajouté dans le questionnaire une information en présentant l'attribut « sensibilisation à des changements de pratiques au domicile » (cf. illustration ci-dessous). Celle-ci avait pour but de préciser pour que 40% des enquêtés de la première vague de l'enquête croient en l'effort de chacun pour atteindre l'objectif zéro polluant en 2030. Nous pourrions alors tester en quoi cette nouvelle information impacte ou pas le consentement à payer des individus pour de la sensibilisation.

Chaque scénario comporte 5 attributs :

Figure 3 illustrates five attributes of choice in the questionnaire, each with an icon and a descriptive text box:

- 1. État écologique des milieux aquatiques**  
L'état écologique des milieux aquatiques se traduit par la présence des espèces floristiques et faunistiques, qui peuvent en partie et potentiellement être impactées par la présence des micropolluants dans les cours d'eau. Cet état écologique peut être bon ou très bon suivant le programme d'action mis en place.
- 2. Les familles de micropolluants traités avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées**  
Les technologies de traitement peuvent être modernisées de manière à traiter 1, 2 ou 3 familles de micropolluants supplémentaires.
- 3. Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement**  
La nouvelle technologie de traitement pour les stations d'épuration des eaux usées pourrait être mise en place dans 5 ans, 10 ans, 20 ans ou jamais.
- 4. Les micropolluants ciblés par les campagnes de sensibilisation**  
Les campagnes de sensibilisation pour que chacun réduise l'usage de produits domestiques contenant ces micropolluants ciblent :
  - Les produits ménagers et de nettoyage : produits lessives, produits vaisselles, nettoyants des sols et des WC...
  - Les produits cosmétiques et de soins corporels : Crème solaire, Crème hydratant, dentifrice, savon, gel douche, shampooing...
  - Les produits pharmaceutiques : Paracétamol, Ibuprofène, Aspirine...

Une précédente enquête nous indique que plus de 40% des répondants de Bordeaux Métropole considèrent que l'objectif « zéro polluant » en 2030 est atteignable grâce aux efforts de chacun.
- 5. Augmentation de la facture d'eau annuelle**  
Une contribution financière vous serait demandée au travers de l'augmentation de la facture d'eau annuelle de 10 %, 15%, 20%, 25%, 30% ou 35% selon les scénarios d'action envisagés.

Figure 3. Présentation des attributs de choix dans le questionnaire avec apport d'information (Vague 2)

Nous avons par ailleurs ajouté une question sur les réseaux mobilisés par les individus dans le cas de problèmes sur la gestion d'un bien public (cf. ci-dessous) de façon à étudier si le voisinage de l'enquêté est susceptible d'influencer ses préférences.

Q21bis. Quand vous identifiez autour de chez vous des problèmes de gestion liés aux équipements et services publics urbains (déchets, éclairage public, eau...), à qui en parlez-vous en priorité :

- Vos voisins
- Vos collègues
- Votre famille/vos amis
- Vos représentants municipaux ou de Bordeaux Métropole
- Je n'en parle pas
- Autre (à préciser) : .....

Figure 4. Nouvelle question dans le questionnaire de la vague 2 de l'enquête

## Constitution de la base de données ou déploiement de l'enquête sur le terrain

Tout comme pour la première vague d'enquêtes, l'administration du questionnaire a été confié à l'institut de sondage OpinionWay, qui a pu mobiliser un panel répondant à nos critères d'échantillonnage. Les deux échantillons constitués sont donc tous les deux représentatifs de la population des habitants de la métropole bordelaise au regard des critères de quotas retenus (lieu d'habitation, âge et revenus). Le questionnaire était auto-administré en ligne auprès de 419 personnes. Après suppression de certaines observations pour des raisons de qualité de la donnée, nous avons constitué un échantillon de 389 individus.

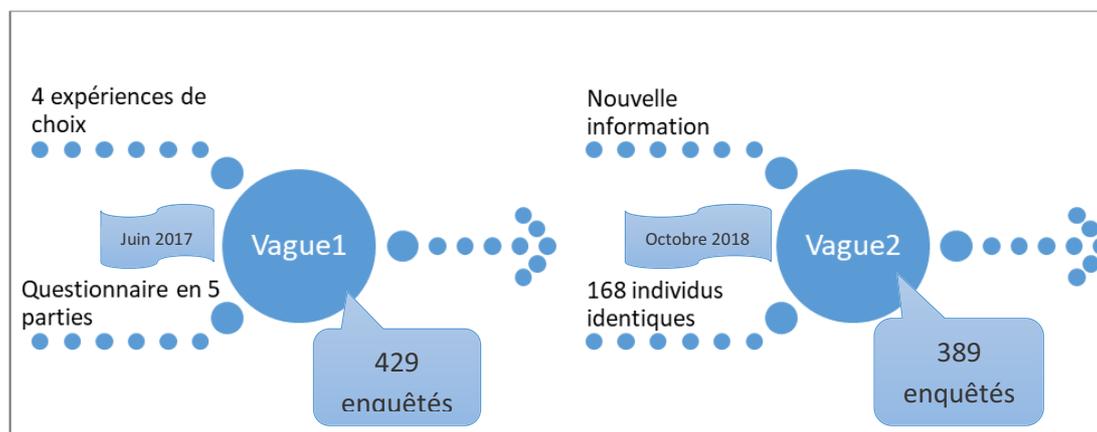


Figure 5. Schéma du protocole d'enquête

Avant de présenter les résultats des modèles à proprement parler, voici quelques éléments caractérisant cet échantillon.

On constate qu'au sein de cette seconde vague, 168 répondants parmi les 389 ont effectivement répondu au questionnaire de 2017, soit 43,2% des répondants de la vague 2 avaient déjà répondu à la vague 1. Les deux échantillons permettent ainsi de distinguer plusieurs groupes autour desquels portera l'analyse :

- Les individus n'ayant répondu qu'à la première vague d'enquête :  $N_{11}=261$
- Les individus n'ayant répondu qu'à la seconde vague d'enquête :  $N_{21}=221$
- Les individus ayant répondu aux deux vagues :  $N_{12}=N_{22}=168$ .

Le Tableau 1 ci-après présente quelques statistiques caractéristiques de ces deux échantillons.

Variable socio-éco	Modalités	VAGUE 1 (N=429)	VAGUE 2 (N=389)
Sexe	Homme	55%	60,5%
	Femme	45%	39,5%
Age	Moyenne	47 ans	48 ans
	Sd	12 ans	15 ans
Niveau d'éducation	Aucun diplôme	2,5%	1,3%
	Jusqu'à BAC ou équivalent	31%	28%
	BAC +	66,5%	70,7%

Variable socio-éco	Modalités	VAGUE 1 (N=429)	VAGUE 2 (N=389)
Revenu mensuel par UC	Moyen	1599 €	1968 €
	Médian	1450 €	1800 €
	< 1000€	36,5%	13,8%
	> 3000€	8,3%	13,6%
Taille du ménage	1 membre	47%	32,1%
	>1 membre	53%	67,9%
Lieu d'habitation	Bordeaux	32%	40,1%
	Périphérie	68%	59,9%

**Tableau 1. Statistiques descriptives des deux échantillons (vague 1 et vague 2)**

Pour ce qui relève plus particulièrement des choix de scénarios faits (Tableau 2), on notera que les choix sont relativement stables d'une vague à l'autre et équilibrés, avec le scénario de l'opt-out (« ni l'un ni l'autre ») choisi 27% ou 23% des fois. Si on ramène cela au niveau des individus enquêtés, l'opt-out a été choisi au moins une fois par 44% (resp. 41%) des enquêtés lors de la première (resp. seconde) vague d'enquêtes.

Alternatives	VAGUE 1	VAGUE 2
A	37%	38,5%
B	36%	38,5%
Opt-out	27%	23%
	0x 56%	41%
	1x 13%	16%
	2x 11%	9,5%
	3x 8%	5%
	4x 12%	10,5%

**Tableau 2. Distribution des choix de scénarios faits**

### Résultats de l'évaluation – préférences en termes de stratégies de réduction des MP

Nous présenterons ici les résultats de la modélisation des choix des individus de la vague 2, de façon à répondre aux 2 hypothèses formulées précédemment. Précisons qu'il s'agit de résultats non définitifs, car certaines modélisations doivent être enrichies. Mais les modèles ici présentés suffisent à ce stade pour apporter les conclusions que nous avançons. Nous estimons un modèle de choix discret de type « mixed logit » (HENSHER, GREENE, 2003) de manière à tenir compte de l'hétérogénéité éventuelle des préférences des individus. Pour rappel, les résultats de la première vague (explicités dans le rapport de post-doctorat, et publiés dans la *revue économique*<sup>1</sup>) mettaient en évidence plusieurs points importants. Tout d'abord, les ménages sont prêts à soutenir des politiques de réduction des micropolluants dans les eaux urbaines de façon à améliorer la qualité du milieu. Il y a donc un réel bénéfice social associé à la préservation de la biodiversité par une réduction des MP à la source domestique. Ensuite, les ménages soutiennent aussi bien des campagnes de sensibilisation que des politiques de type technique, mais ils accordent une valeur

<sup>1</sup> T. RAMBONILAZA, T. PHAM, J. DACHARY-BERNARD (2019) « Household willingness to pay for micropollutant removal in domestic wastewater: a choice experiment study », *Revue économique*, 70 (5), pp. 859-879.

plus importante à la modernisation technologique qu'à la sensibilisation. La combinaison des deux types de mesures étaient également valorisé par les individus.

Nous cherchons avec cette deuxième vague d'enquêtes à confirmer ou infirmer cet optimisme technologique. En testant les différentes hypothèses présentées plus haut, nous cherchons également à mettre en évidence le caractère spatial de l'hétérogénéité de ces préférences.

#### *Confirmation de l'optimisme technologique*

Le Tableau 3 ci-dessous présente les résultats de base du mixed logit estimé (dans l'espace des consentements à payer) pour cette deuxième vague d'enquêtes. Ils confirment les tendances observées lors de la première vague, avec un optimisme technologique qui s'exprime à travers des consentements à payer significativement positifs pour une modernisation des STEP et pour une campagne de sensibilisation ciblant les 3 familles de pratiques domestiques à l'origine de micropolluants, et des consentements plus élevés en faveur de la solution technologique. Un autre résultat conforté dans cette deuxième enquête est celui de la volonté que cette modernisation des stations se fasse dans les 5 ans. Enfin, cibler une campagne de sensibilisation sur les pratiques de santé au domicile est en revanche non souhaité par les enquêtés puisque cela génère un consentement à payer négatif (ou consentement à recevoir).

VARIABLES	Mean	SD
eco	3.305*** (1.247)	8.477*** (0.509)
step1	4.422** (2.049)	-
mcost	-3.067*** (0.144)	0.713*** (0.232)
delai_5ans	6.467*** (1.741)	-
delai_10ans	3.908** (1.587)	-
delai_20ans	-8.765*** (2.288)	-
cible3	3.208* (1.733)	-
ciblemedoc	-3.302** (1.639)	-
ciblecosmeto	1.347 (1.588)	-
asc_nochoice	-58.516*** (8.566)	-73.790*** (12.20)
Observations	4,668	

**Tableau 3. Résultats du mixed logit dans l'espace des consentements à payer (vague 2)**

Plusieurs autres résultats peuvent être avancés en rapport avec les hypothèses énoncées plus haut que nous avons souhaité tester à l'occasion de cette deuxième vague d'enquêtes.

### *Quel apport de la nouvelle information ?*

On teste ici l'hypothèse 1 énoncée plus haut selon laquelle l'apport d'une nouvelle information impacterait les consentements à payer des individus. Cette information était spécifiquement associée à l'attribut lié à la sensibilisation, comme l'illustre la Figure 3 ci-dessus. En termes de contenu, cette information concernait la croyance des habitants de la métropole dans l'effort de chacun pour réduire la présence de MP dans les eaux. Sur la base du Tableau 4 présenté ci-après (qui donne les résultats dans l'espace des consentements à payer et non des préférences), il s'agit de comparer les résultats des colonnes  $N_{12}$  et  $N_{22}$ . On constate que les préférences des 168 individus sont restées stables d'une vague à l'autre de l'enquête : un consentement à payer pour soutenir une politique de sensibilisation ciblant les 3 familles de pratiques au domicile, ainsi que pour une modernisation des stations. Un consentement à payer pour une sensibilisation dirigée vers les cosmétiques se révèle significative dans cette deuxième vague d'enquêtes. On observe cependant une légère baisse de ces coefficients entre la vague 1 et la vague 2 en général, traduisant une baisse de l'effort financier à consentir une fois l'information connue. En revanche, une différence intéressante entre ces 2 modèles est celle relative au caractère aléatoire des attributs du modèle. On observe en effet que, après avoir eu connaissance de l'information, ce groupe d'individus présente des préférences plus homogènes par rapport à une politique de sensibilisation, et plus hétérogènes par rapport à une modernisation de stations.

Pour conclure sur ce point, la fourniture d'information a impacté les préférences des individus pour les différentes stratégies, en orientant plutôt (de façon homogène) vers un soutien à la sensibilisation des ménages à des changements de pratiques à leur domicile. La modernisation technologique reste une stratégie valorisée par les ménages, mais de manière moins partagée, plus hétérogène. L'information diffusée semble en revanche réduire le montant des contributions que les individus se déclaraient prêts à payer. On constate ici que l'information fournie a permis (comme cela est le but) de réduire l'incertitude. Les individus ont ainsi pu réviser leurs consentements à payer vers leurs « vraies » valeurs (d'où les valeurs plus faibles des paramètres estimés) et l'attribut « cible 3 » se retrouve désormais non aléatoire. En revanche, l'attribut « step » devient aléatoire ce qui signifie que les individus devant cette information au sujet de la sensibilisation réinterrogent en quelque sorte l'intérêt d'une solution technologique.

VARIABLES	Mixed logit in WTP-space			
	Vague 2		Vague 1	
	N <sub>22</sub> : les 168 dans V2	N <sub>22</sub> : V2 hors 168	N <sub>12</sub> : les 168 dans V1	N <sub>11</sub> : V1 hors 168
<b>Mean</b>				
eco	2.414* (1.274)	3.024* (1.642)	4.288** (1.919)	5.401*** (1.621)
step1	4.754** (2.048)	2.056 (2.568)	5.475* (3.035)	8.459*** (2.796)
delai_5ans	5.881*** (1.093)	6.971*** (2.100)	-20.54*** (5.726)	3.411 (2.133)
delai_10ans	3.874** (1.777)	3.587* (2.189)	4.886** (2.245)	-0.876 (1.727)
delai_20ans	-8.692*** (2.533)	-7.973*** (3.063)	-11.81*** (4.096)	-10.57*** (3.054)
cible3	3.518** (1.587)	2.133 (2.307)	8.918*** (2.949)	2.676 (2.057)
ciblemedoc	-5.512*** (1.649)	-0.562 (2.053)	-4.205* (2.446)	-2.431 (1.770)
ciblecosmeto	2.929** (1.370)	0.391 (2.104)	-0.143 (2.438)	2.009 (1.865)
asc_nochoice	-55.626*** (5.871)	-56.265*** (8.339)	-41.39*** (9.440)	-33.81*** (6.394)
mcost	-2.595*** (0.301)	-3.081*** (0.169)	-2.921*** (0.206)	-2.694*** (0.180)
<b>SD</b>				
eco	9.010*** (1.587)	6.851*** (2.312)	-	8.709*** (1.958)
step1	4.009*** (1.067)	-	-	7.814 (6.391)
delai_5ans	-	-	-20.54*** (5.726)	-12.06** (5.251)
delai_10ans	-	11.824*** (4.697)	-	-
delai_20ans	-	-	-	-
cible3	-	8.657** (4.303)	9.289* (5.118)	-
ciblemedoc	-	-	-	-
ciblecosmeto	-	-	-	-
asc_nochoice	82.717*** (13.534)	-52.914*** (10.927)	76.79*** (17.96)	57.27*** (10.81)
mcost	1.421** (0.582)	0.285 (0.312)	0.0974 (0.528)	-0.598** (0.291)
Observations	2,016	2,652	2,016	3,132

**Tableau 4. Résultats du mixed Logit estimé dans l'espace des consentements à payer**

### Une hétérogénéité spatiale des préférences ?

Nous cherchons ici à tester l'hypothèse 2 énoncée plus haut. Nous avons donc étudié les préférences des individus au regard de leur situation dans l'espace en fonction a) des cours d'eau et b) des STEP. Nous situons dans le tableau ci-après la distance moyenne (en mètres) des individus à chacun des 6 principaux cours d'eau de la métropole.

Distance au cours d'eau (m)	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Le Peugue	3771	3488,4	25	18491,7
Estey Ste Croix	5610,3	4299,6	23,1	22428,1
La Garonne	4649,7	3808,9	328	18191,1
Eau Blanche	9729,7	4773	77,6	26846,6
Le Gua	9048,2	4279,5	155,1	22882,4
La Jalle	7436	3531,4	138,2	16378

*Lecture : les habitants se situent en moyenne à environ 3,7 km du Peugue ; au plus près à 25 mètres et au plus loin à plus de 18 km.*

**Tableau 5. Distribution de la variable de distance aux différents cours d'eau (en mètres)**

Au total, 66% des répondants vivent à proximité (c'est-à-dire à moins de 1,5 km) d'un cours d'eau.

De façon similaire, nous avons regardé comment se distribuait spatialement l'échantillon constitué par rapport aux STEP. En moyenne, les ménages se situent à 4,6km d'une station, et au plus près à 510 mètres, et au plus loin à 12 km.

Nous avons sous-échantillonné selon des seuils de distance pour estimer les modèles mixed logit.

Pour tester l'hypothèse 2a, deux modèles ont été estimés pour les individus selon qu'ils habitent à 1,5 km d'un cours d'eau ou moins, ou à plus. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6. Les individus vivant à proximité d'un cours d'eau sont plus favorables pour des solutions technologiques que ceux vivant plus loin du milieu. Les habitants vivant à proximité de l'eau ont développé une conscience des enjeux de la protection de la ressource du fait des différentes aménités dont ils bénéficient en vivant dans cette proximité. Cela renforce encore l'idée d'optimisme technologique dans le sens où à proximité du milieu, alors même qu'on est prêt à payer plus (toute chose égale par ailleurs) pour améliorer la qualité chimique de l'eau, on s'oriente de façon prioritaire sur des solutions technologiques. Les ménages s'assurent ici d'une efficacité du traitement, la sensibilisation à des futurs changements de pratiques étant associés à des effets à plus long terme et moins certains.

Mixed Logit in preference space				
VARIABLES	Sub sample < ou = 1,5 km		Sub sample >1,5km	
	Mean	SD	Mean	SD
asc	2.582*** (0.394)		3.386*** (0.362)	
delai_20ans	-0.548*** (0.136)		-0.574*** (0.128)	-0.626** (0.299)
ciblemedoc	-0.230** (0.114)		-0.215** (0.101)	
ciblecosmeto	0.0465 (0.118)		0.0303 (0.104)	
cible3	0.204 (0.128)		0.239** (0.117)	
eco	0.203** (0.0817)	0.599*** (0.112)	0.172** (0.0732)	0.655*** (0.106)
cost	-0.0812*** (0.0137)	0.128*** (0.0145)	-0.109*** (0.0130)	0.137*** (0.0126)
step1	0.251* (0.137)	0.653*** (0.123)	0.0388 (0.116)	0.690*** (0.116)
delai_5ans	0.289** (0.145)	0.752*** (0.286)	0.474*** (0.132)	-0.888*** (0.238)
delai_10ans	0.163 (0.117)	-0.559* (0.292)	0.306*** (0.106)	-0.666*** (0.234)
Observations	3,108	3,108	4,668	4,668

Standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tableau 6. Estimation du modèle dans l'espace des préférences pour les 2 sous-échantillons de distance au cours d'eau le plus proche**

De façon similaire, nous avons testé l'hypothèse 2b en estimant le modèle mixed logit pour les deux sous-échantillons d'individus vivant à 5 km ou moins d'une STEP, ou à plus de 5 km. Les résultats sont présentés dans le Tableau 7. Les individus vivant à proximité d'une STEP favorisent plutôt les solutions comportementales visant les 3 types de pratiques domestiques. En revanche, pour les ménages vivant loin des STEP, la modernisation technologique est préférée aux solutions comportementales. Là encore, on retrouve l'efficacité technologique qui prime sur le changement de pratiques, mais avec une mise en évidence des effets négatifs associés aux STEP pour le voisinage : odeurs, bruits....

<b>Mixed Logit in preference space</b>				
VARIABLES	Sub sample < ou = 5 km		Sub sample > 5km	
	Mean	SD	Mean	SD
asc	4.384*** (0.630)	3.448*** (0.494)	2.463*** (0.615)	2.928*** (0.549)
eco	0.135 (0.091)	0.581*** (0.494)	0.237** (0.103)	0.457*** (0.156)
step1	-0.093 (0.141)	-	0.402** (0.166)	-
cost	-0.101*** (0.017)	0.127*** (0.018)	-0.078*** (0.018)	0.095*** (0.019)
delai_5ans	0.734*** (0.177)	-0.754** (0.312)	0.063 (0.197)	-
delai_10ans	0.213 (0.138)	0.834*** (0.284)	0.368** (0.146)	-
delai_20ans	-0.501*** (0.163)	0.658* (0.365)	-0.629*** (0.184)	-
cible3	0.271** (0.138)	-	0.206 (0.172)	-
ciblemedo	-0.218* (0.125)	-	-0.189 (0.157)	-
ciblecosmeto	0.084 (0.138)	-0.837*** (0.269)	-0.009 (0.156)	-

**Tableau 7. Estimation du modèle dans l'espace des préférences pour les 2 sous-échantillons de distance à la STEP la plus proche**

## Conclusion

Pour conclure, cette évaluation économique des bénéfices attendus de stratégies de réduction des MP à la source domestique a permis de mettre en évidence plusieurs grands résultats. Tout d'abord, les habitants de la métropole valorisent une politique de préservation de la biodiversité par l'amélioration de la qualité chimique des eaux urbaines. Les stratégies pour lesquelles ils acceptent de payer (via une augmentation de leur facture d'eau) consistent en priorité en une modernisation technologique de STEP ainsi qu'en des campagnes de sensibilisation vis-à-vis des 3 grandes familles de pratiques à domicile qui produisent des MP. Ne cibler que la pratique de soin dans les mesures de sensibilisation produirait à l'inverse un coût social pour les habitants : la santé reste prioritaire sur l'environnement. Ces résultats traversent les deux vagues d'enquêtes, ce qui milite en faveur de préférences stables.

Pour autant, la deuxième vague d'enquêtes a permis également de mettre en évidence deux autres résultats intéressants en termes de support à la décision publique, mais ces résultats appellent à des investigations empiriques plus poussées.

Tout d'abord, nous avons montré que le fait de fournir une information nouvelle quant à la croyance des habitants de la métropole dans l'efficacité de l'effort de chacun pour réduire les MP impactait les préférences des ménages. En effet, cela rend la stratégie de type comportementale (campagne de sensibilisation) plus attractive en termes de choix, moins incertaine, et les ménages révisent leurs consentements à payer de façon plus centrée et moins hétérogène autour de ce type de dispositif de sensibilisation.

Ensuite, nous avons montré qu'il existait un optimisme technologique, c'est-à-dire une priorité donnée à la solution technologique sur la solution comportementale, qui semblait suivre une distribution spatiale intéressante. En effet, une première modélisation nous a permis de constater l'existence d'un « effet aménités » amenant les ménages vivant à proximité d'un cours d'eau à privilégier des solutions technologiques efficaces. Les individus vivant plus loin privilégient plutôt les mesures de type comportemental. En revanche, il existe un « effet nuisances » incitant les ménages vivant à proximité de STEP à privilégier des solutions comportementales pour réduire les MP, et non une modernisation technologique. Ces résultats restent cependant à développer, et des investigations plus poussées vont être menées de façon à proposer une analyse spatialisée des préférences plus fine. Un tel résultat devrait alors permettre d'orienter l'action publique en direction de mesures de réduction des MP combinant modernisation de STEP et campagnes de sensibilisation, selon un schéma de distribution spatial (gradient versus zonage).

# REGARD

## Évaluation économique des bénéfices de la réduction des micropolluants d'origine domestique

### Rapport de post-doctorat

Thao Pham  
Post-doctorante en économie  
IRSTEA/ETBX

*Sous la Direction de Tina Rambonilaza et Jeanne Dachary-Bernard  
IRSTEA/ETBX*

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	18
<b>Etat de l’art</b> .....	18
<b>Méthodologie</b> .....	19
<b>Objectifs spécifiques</b> .....	20
<b>Plan du rapport</b> .....	21
I. Micropolluants d’origine domestiques : un problème avéré et une problématique complexe en Europe .....	21
II. Protocole d’évaluation des bénéfices des politiques publiques sur la réduction de micropolluants d’origine domestique.....	25
<b>Conceptualisation du protocole d’évaluation : Différentes hypothèses</b> .....	26
a) <b>Combinaison et compromis entre les solutions techniques et comportementales</b> .....	27
b) <b>L’impact des attitudes environnementales sur les préférences des ménages</b> .....	28
c) <b>L’impact de l’information et de l’éducation sur les préférences des ménages</b> .....	31
<b>Détermination des attributs et niveaux</b> .....	33
<b>Construction des expériences de choix</b> .....	35
<b>L’enquête à Bordeaux Métropole</b> .....	36
III. Les résultats de l’enquête économique menée à Bordeaux Métropole (Vague 1).....	38
1. <b>La collection de données – Caractéristiques socio-démographiques</b> .....	39
<b>Les résultats sur l’échelle de la NEPs</b> .....	40
<b>La qualité de données des expériences de choix</b> .....	42
IV. Les résultats des modèles économétriques.....	44
1. <b>Modélisation économique et économétrique</b> .....	44
a) <b>Formulation du modèle d’utilité aléatoire</b> .....	44
b) <b>Modèles « Mixed logits » et les stratégies empiriques</b> .....	45
c) <b>Résultats des préférences et l’hétérogénéité des préférences individuelles</b> .....	46
2. <b>Résultats des consentements à payer</b> .....	50
DISCUSSION ET CONCLUSION.....	52
ANNEXES .....	53
1. <b>Périmètre d’étude</b> .....	53
2. <b>Structure de l’échantillon par la méthode des quotas</b> .....	54
3. <b>Questionnaire (Vague 1)</b> .....	54
BIBLIOGRAPHIE .....	68

## INTRODUCTION

La recherche économique menée dans le cadre du post-doc s'inscrit dans le projet pluridisciplinaire REGARD<sup>2</sup> (REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole borDelaise) dont l'objectif est de traiter la question des micropolluants sur le territoire de la métropole bordelaise depuis l'ensemble des sources émettrices existantes jusqu'à leur devenir dans le milieu naturel. Adoptant une vision intégrée et globale, le projet étudie en détail, les sources pluviales, domestiques, industrielles et hospitalières de ces micropolluants, depuis la phase de caractérisation de ces molécules jusqu'à la mise en œuvre et l'évaluation d'actions de réduction sur le terrain. Il se structure en 4 lots : 1) identification et caractérisation des substances et des sources sur le territoire urbain de la métropole ; 2) diagnostic et priorisation des risques à l'échelle du territoire ; 3) mise en œuvre des actions de réduction des micropolluants sur les sites d'expérimentation ; 4) suivi et évaluation des gains des différentes solutions mises en œuvre. Le post - doc interviendra ainsi sur le lot 4, dans le cadre de la tâche 4.2 relative à l'évaluation économique.

### *Etat de l'art*

Les eaux usées d'origine domestique rejetées dans les cours d'eau constituent une des principales sources de contamination des milieux aquatiques par les micropolluants chimiques. Les comportements des ménages à leur domicile génèrent en effet une contamination chimique des eaux urbaines à travers le rejet dans les eaux usées de différents déchets. Si le lien entre la présence de ces molécules chimiques dans les milieux aquatiques et les effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine n'est pas encore clairement établi, la réduction de ces micropolluants constitue actuellement une préoccupation majeure des collectivités locales (principe de précaution dans la politique environnementale).

Dès lors, pour permettre la réalisation d'une telle amélioration au niveau de la seule source domestique, deux moyens peuvent être envisagés (qui seront particulièrement étudiés dans les actions de recherche 1.2.3 et 3.2 notamment). Les solutions préventives consistent à développer des stratégies d'accompagnement des changements de pratiques de la part des ménages dans leurs différents comportements domestique en lien avec leurs usages de cosmétiques, médicaments, produits d'entretien. Elles s'appuient pour l'essentiel sur le registre informationnel pour faciliter, responsabiliser, voire encadrer les comportements des citoyens. Cette option ne va pas de soi car elle reste conditionnée par les dispositions des habitants à faire évoluer leurs pratiques. La deuxième solution, plutôt curative, vise à traiter les micropolluants au niveau des stations d'épuration. La mise en œuvre de cette solution impliquant un investissement financier conséquent, il pourrait se traduire par une augmentation des contributions financières demandées aux ménages pour les réaliser via une

---

<sup>2</sup> Le Projet REduction et Gestion des micropolluAnts sur la MetRopole bordelaise (REGARD) est l'un des 13 projets lauréats de l'appel à projet lancé par l'Agence Française pour la biodiversité (ex ONEMA). Plusieurs partenaires scientifiques et institutionnels concourent à ce projet : l'AFD, l'Agence de l'eau Adour-Garonne, Bordeaux Métropole, Suez le Lyre, Université de Bordeaux, le CNRS, l'IRSTEA, l'Université Bordeaux Montaigne, l'INERIS et Cap sciences.

augmentation de la tarification de l'eau par exemple. La combinaison des deux solutions (comportementale et technique) constitue certainement la voie la plus crédible pour aboutir à un objectif environnemental significatif et la minimisation des coûts des traitements, à la fois du point de vue des collectivités que du point de vue des ménages (à l'échelle individuelle).

Les politiques publiques visant à réduire les micropolluants dans les eaux urbaines fournissent des bénéfices non négligeables aux populations locales en termes de protection de l'écosystème et de réduction des risques sanitaires<sup>3</sup>. Ces bénéfices sont gratuits car ils ne sont pas reflétés dans les prix du marché (biens dits « non marchands ») mais ils ont des valeurs. Ainsi, une évaluation économique de ces valeurs est essentielle pour justifier les programmes d'actions, qui sont en générale très coûteux à mettre en œuvre. L'objectif de cette étude économique est de mesurer les bénéfices retirés par les politiques publiques de réduction de micropolluants présents dans les eaux usées domestiques, à partir de l'évaluation des préférences de la population de la métropole bordelaise pour différents programmes d'actions (comportemental et technique).

### ***Méthodologie***

Il existe deux principaux types de méthodes d'évaluation non marchandes : la préférence révélée (PR) et la préférence déclarée (PD), toutes deux fondées sur la théorie microéconomique traditionnelle du comportement du consommateur - l'utilité (Lancaster, 1966). Les méthodes de préférences révélées, développées par Samuelson, 1948, utilisent des observations de décisions d'achat et d'autres comportements pour estimer les valeurs non marchandes<sup>4</sup>. La capacité d'estimation des valeurs non marchandes des méthodes des préférences révélées est largement acceptée (Baker et al., 2014). Cependant, elles ne peuvent pas être utilisées pour estimer les valeurs de « non-usage » (par exemple, la valeur que les gens retirent de l'existence d'une espèce ou d'un écosystème). En effet, l'évaluation économique dans le cadre de cette étude doit prendre en compte cette valeur de non-usage parce que la présence de nombreux MPs dans les cours d'eau pourrait provoquer des risques potentiels sur l'écosystème aquatique, par exemple, la perturbation de la reproduction des poissons (Kidd et al., 2007).

Les méthodes de préférences déclarées, quant à elles, sont fréquemment utilisées pour estimer tous types de valeurs, y compris les valeurs de non-usage, car elles impliquent un marché hypothétique. Une enquête PD obtient généralement des valeurs en demandant aux individus de choisir entre des options politiques, dans lesquelles de meilleurs résultats environnementaux sont censés être associés à des coûts plus élevés. Bien que leur validité soit

---

<sup>3</sup> Il est toutefois important de souligner qu'à l'heure actuelle, l'impact des micropolluants émergents (d'origine domestiques) sur la santé humaine n'est pas encore prouvé scientifiquement.

<sup>4</sup> Par exemple, la méthode des coûts de déplacement utilise les dépenses de loisirs et le temps de déplacement pour estimer la valeur que les gens accordent à un site spécifique (comme un parc national) et la méthode de prix hédonique permet de mesurer, à partir des choix résidentiels de ménages, la valeur qu'ils accordent aux différents attributs environnementaux.

plus controversée que les méthodes PR, les enquêtes PD peuvent produire des données qui sont cohérentes avec la théorie économique et indiscernables de leurs homologues PR (Louviere et al., 2000). Pour cette raison, nous choisissons l'approche de préférences déclarées pour notre évaluation.

Il existe généralement deux types de modèles dans l'approche PD : l'évaluation contingente (VC) et la modélisation d'expériences de choix (EC). Les deux méthodes utilisent des enquêtes pour estimer le consentement à payer (CAP) des individus pour un bien non marchand via des estimations économétriques, basées sur le modèle d'utilité aléatoire (McFadden et al., 1973). Dans une enquête VC, les répondants doivent indiquer leur CAP maximum (ou leur consentement minimum à accepter une compensation) pour une augmentation ou une diminution prédéterminée de la qualité de l'environnement. Une enquête VC implique donc généralement seulement deux alternatives (scenario de changement et *statu quo*). D'un autre côté, dans une enquête de type EC, les répondants sont invités à choisir leur option préférée parmi un ensemble d'alternatives, chacune étant une *combinaison* de plusieurs attributs, chaque attribut prenant une valeur, généralement appelée 'un niveau'. La comparaison entre les deux méthodes sur leurs avantages et faiblesses est discutée dans, par exemple, Mogas et al., 2002 ; Hanley et al., 1998. La différence cruciale entre les deux méthodes est que, contrairement à l'évaluation contingente, la méthode d'expérience de choix permet d'estimer plusieurs attributs d'un bien ou d'une politique environnementale, ce qui est le cas dans notre étude où différents attributs de la politique de MPs font l'objet d'une évaluation (politique orientée vers des changements technologiques ou comportementaux). Nous optons pour la méthode d'expériences de choix pour cette raison.

L'évaluation économique des bénéfices des solutions proposées pour réduire les micropolluants d'origine domestique n'a pas encore été abordée dans la littérature économique. Elle renvoie cependant à la problématique de la réduction des externalités négatives (impacts négatifs sur l'environnement naturel) générées par les pratiques de consommation des différents produits polluants par les ménages et les bénéfices attendus (par ces même ménages) des mesures concrètes pour rétablir la qualité de l'environnement par des solutions comportementale et technique compte tenu de la performance environnementale de la solution technique disponible. L'évaluation de ces bénéfices renvoie de facto à différents scénarios d'évolution des pratiques de consommation de produits « polluants » étant donnés les objectifs de réduction de micropolluants (normes) qui peuvent être visés en sortie de station. Le recours à la méthode d'évaluation des préférences déclarées (Bateman et al. 2002) et en l'occurrence la mise en œuvre de *la méthode des choix multi-attributs* (Dachary-Bernard et Rambonilaza, 2007 et 2012) va permettre de reconstruire les bénéfices des programmes publics combinant solutions comportementales et traitement en station pour la réduction de micropolluants dans les eaux usées, tenant compte des préférences des ménages en référence aux produits polluants à réduire de manière prioritaire.

### ***Objectifs spécifiques***

Plus précisément, à travers cette évaluation économique, on s'attache à évaluer le consentement à payer des ménages pour soutenir les politiques publiques qui visent à réduire la présence de ces composés chimiques dans les eaux usées. Ces consentements à payer constituent ici un indicateur monétaire des bénéfices des solutions de traitements envisagés (comportementales et techniques). Leur agrégation à l'échelle de la population de la Métropole donnera le bénéfice total des solutions proposées. La méthode des choix multi-attributs permet ici de disposer à la fois des consentements à payer marginaux (pour chaque type de leviers d'action) et du consentement à payer global pour différentes combinaisons possibles de programmes d'action envisagés. Ces différents bénéfices peuvent être comparés aux coûts selon les différents scénarios explorés.

### *Plan du rapport*

Ce rapport est composé de quatre sections. Section 1 décrit différents éléments majeurs des micropolluants d'origine domestique dans la politique de l'eau européenne et nationale. Dans la section 2, nous présentons le protocole d'évaluation des bénéfices des politiques publiques sur la réduction de micropolluants d'origine domestique, qui comprend d'abord la conceptualisation du protocole avec différentes hypothèses économiques proposées, ensuite la détermination des attributs et niveaux à évaluer, la construction des expériences de choix et l'enquête menée à Bordeaux Métropole. Section 3 présente les résultats de l'enquête, à travers des analyses statistiques sur les caractéristiques des enquêtés et leurs préférences sur les politiques de réduction de micropolluants. Section 4 présente la modélisation économique et économétrique utilisée ainsi que les résultats sur les préférences et consentements à payer des ménages pour différentes options liées à la réduction de micropolluants dans les eaux urbaines de Bordeaux Métropole.

## **I. Micropolluants d'origine domestiques : un problème avéré et une problématique complexe en Europe**

Depuis une vingtaine d'année, il y a une demande évidente, non seulement de la part de la communauté scientifique, mais aussi de la part des citoyens et des organisations environnementales en Europe pour des rivières, des lacs et des eaux souterraines plus « propres ». En effet, l'augmentation de la pollution provenant des eaux usées urbaines et de l'agriculture faisait de la protection des eaux l'une des préoccupations majeures de la Commission européenne depuis la fin des années 1980<sup>5</sup>. La directive-cadre sur l'eau (DCE), adoptée en 2000, a établi un ensemble de principes réglementaires pour les États membres de l'Union européenne afin qu'ils atteignent un « bon état » écologique et chimique d'ici 2015, 2021 ou 2027 au plus tard.

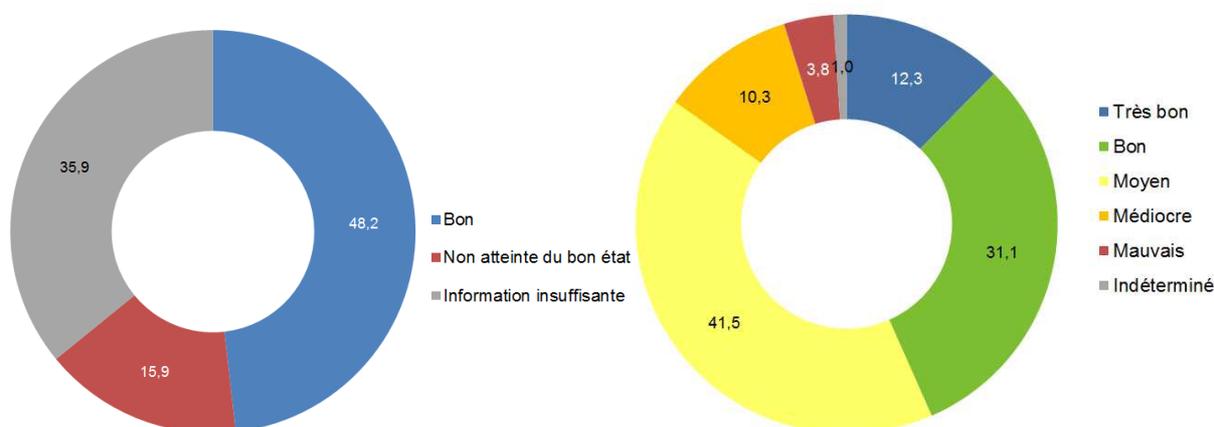
La définition de l'état écologique porte sur la qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques : l'abondance de la flore aquatique et de la faune piscicole, la

---

<sup>5</sup> La première vague de législation européenne sur l'eau a débuté en 1975 avec un ensemble de normes pour les rivières et les lacs et s'est poursuivie en 1980 avec des objectifs pour l'eau potable, les eaux poissonneuses, les eaux de baignade et les eaux souterraines.

disponibilité des nutriments et des aspects tels que la salinité, la température et la contamination par les polluants chimiques. Le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine ou de surface est déterminé par des taux maximums de concentrations de polluants fixés par les normes de qualité environnementale (NQE) et d'autres législations communautaires (DCE 2000/60/EC). Depuis la mise en œuvre de la Directive, si de grands progrès ont été réalisés en matière de protection des eaux en Europe, de nombreux problèmes sont encore non-résolus sur la qualité de l'eau, tant sur le plan chimique qu'écologique. En France, par exemple, selon une évaluation de l'Office de l'eau de l'Agence Française pour la biodiversité (ex Onema) en 2014, plus de la moitié des masses d'eau de surface est encore en dessous du « bon » état écologique et 16% dans un état chimique médiocre (Figure 1).

**Figure 1. Répartition des masses d'eau de surface en 2013 en France, en fonction de leur statut chimique (gauche) et écologique (droite)**



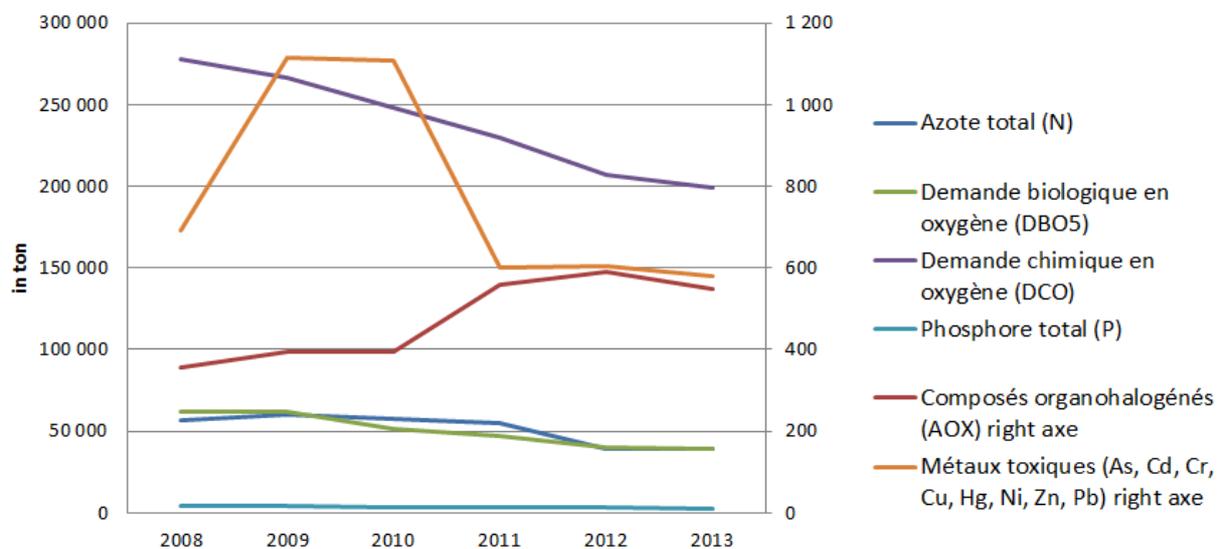
Source : Agences de l'Eau - offices de l'Eau - AFB, Mars 2014.

La contamination des masses d'eau causée par diverses substances chimiques - ou micropolluants, est un problème environnemental crucial en Europe. Les "micropolluants" désignent des substances chimiques qui, même à faible concentration, de l'ordre du nanogramme par litre ou du microgramme par litre (équivalent d'un cube de sucre dans une piscine olympique), peuvent avoir un effet négatif sur l'environnement et/ou les organismes vivants. Environ 20 millions de produits chimiques synthétiques sont connus et leur nombre augmente de 1 million chaque année. Le nombre de produits chimiques de synthèse disponibles dans le commerce est estimé entre 50 000 et 100 000, et ce nombre augmente d'environ 1 000 par an.

L'article 16 de la DCE (Stratégies contre la pollution de l'eau) a établi une liste de substances présentant un risque élevé pour le milieu aquatique. Ces efforts sont également renforcés par le règlement REACH en 2006 (EC/1907/2006), qui exige une identification des risques de 30 000 substances chimiques et, plus récemment, la directive 2008/105/CE, qui établit la NQE pour les 33 substances dangereuses prioritaires (12 substances sont ajoutées à cette liste dans la directive 2013/39/UE).

Plusieurs classes de micropolluants ont déjà fait l'objet d'études approfondies à propos de leurs sources et leurs impacts sur l'environnement ou les organismes vivants ; tels que les métaux lourds, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polybromodiphényléthers (PBDE), le nickel, le mercure, qui sont les substances dangereuses provenant principalement des rejets industriels ; les pesticides, nitrates et sulfates provenant d'activités agricoles. Cependant, de nombreuses autres molécules présentes dans les milieux aquatiques (appelées *micropolluants émergents*) ont été moins documentées mais leur présence croissante attire de plus en plus l'attention. Ces substances peuvent être trouvées dans les rejets des eaux usées ménagères provenant de l'utilisation de divers produits domestiques, par exemple des produits cosmétiques et soins corporels, des produits de nettoyage ménagers et des produits pharmaceutiques. La figure 2 illustre l'évolution des principaux rejets de polluants dans les masses d'eau, y compris les sources industrielles et domestiques au cours de la période 2008-2013 en France. Si l'on constate une diminution nette de presque tous les types de polluants, une forte augmentation a été enregistrée pour les composés organohalogénés (AOX), passant de 355 tonnes en 2008 à 550 tonnes en 2013 (54%)<sup>6</sup>.

**Figure 2. Évolution des principaux polluants rejetés dans l'eau urbaine par l'industrie et les eaux usées domestiques (2008 – 2013)**



Source : Medde/DGPR, Irep, novembre 2014. Traitements : SOeS, 2015

Les détergents ménagers et cosmétiques ont été utilisés en grande quantité avec un volume total de marché d'environ 10,6 milliards d'euros pour les cosmétiques et les soins personnels

<sup>6</sup> Les composés organohalogénés (AOX) sont des substances chimiques organiques qui contiennent une ou plusieurs liaisons entre le carbone et l'halogène (chlore, brome, fluor, iode). Certains AOX sont commercialisés dans de nombreux produits tels que les pesticides, les plastiques, les solvants, les médicaments, les liquides de javel, etc.

en France (deuxième plus grand marché d'Europe après l'Allemagne) et environ 4 milliards d'euros pour les produits ménagers (données 2014). Le marché pharmaceutique en France représente environ 5% du marché mondial : la France est également le quatrième consommateur de produits pharmaceutiques avec environ 3,1 millions de boîtes consommées en 2013 (soit 48 boîtes de médicaments par habitant et par an), avec un volume de marché total de 26,8 milliards euros en 2014 (selon "Les Entreprises du médicament").

Si les impacts des micropolluants émergents (MP) sur l'environnement sont encore mal connus, Kidd et al., 2007, par exemple, prouve que la perturbation de la reproduction des poissons pourrait être liée à l'œstrogène provenant des pilules contraceptives. Les connaissances scientifiques des effets de ces MP sur la santé humaine sont encore insuffisantes et nécessitent davantage de recherches. Cependant, l'absence de certitude scientifique ne devrait pas être une raison pour retarder l'adoption de mesures rentables (cost-effective) afin de prévenir les risques potentiellement dangereux selon le principe de précaution (article 15 de la Déclaration de Rio [1992]).

La solution technique pour éliminer certaines quantités de MPs existe via les stations d'épuration des eaux usées (STEPs). En France, si la législation nationale n'exige pas encore la mise en œuvre d'un traitement spécifique des micropolluants par l'amélioration des STEPs, les efforts de lutte contre les MPs dans les eaux urbaines représentent une préoccupation importante dans les arènes de discussions nationales et régionales. En effet, les contrôles des sorties de MPs sont obligatoires depuis 2011 pour les stations d'épuration d'une capacité de plus de 100 000 équivalent habitant (EH) et depuis 2012 pour celles d'une capacité de plus de 10 000 EH. Cependant, il est important de noter que les MPs ne peuvent généralement pas être complètement éliminés (Burkhardt-Holm, 2011) et que différentes techniques de STEPs sont nécessaires pour traiter différentes familles de MPs, ce qui implique aussi des coûts différents. Les nouvelles technologies de traitement des eaux usées permettent d'éliminer environ 80% des MPs (Burkhardt-Holm, 2011), mais elles sont très coûteuses. En Europe, la Suisse est parmi les premiers pays à avoir imposé des exigences légales pour améliorer un certain nombre de leurs STEP (123 stations sur 750), avec des coûts annuels estimés à environ 97 million dollars - équivalent 800 000 dollars par station sur 33 ans (Eggen, Hollender, Joss, Schärer & Stamm, 2014).

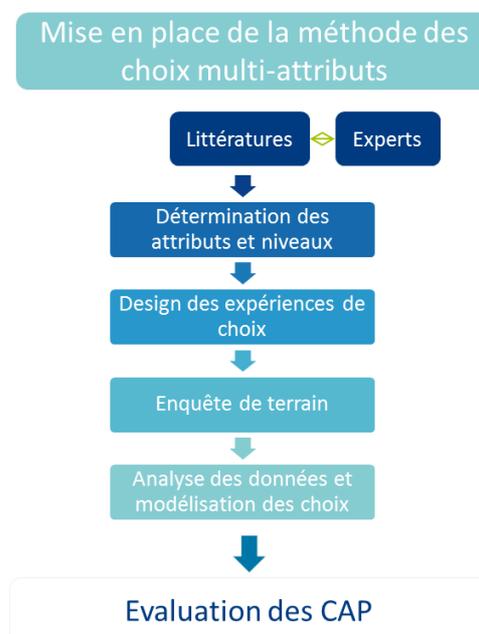
Une solution alternative moins coûteuse consiste à contrôler le niveau de MPs depuis leurs sources, c'est-à-dire en réduisant les rejets de polluants dans les eaux usées avant qu'ils rentrent dans les STEPs. Cette solution ne peut être appliquée qu'en impliquant davantage les citoyens via leurs actions, soit en réduisant la quantité de produits (ou le dosage/fréquence d'utilisation) contenant des MPs, soit en les substituant par d'autres produits dégradables. Dans les deux cas, cela implique des changements de comportement. À long terme, ce sera une solution efficace. C'est pourquoi le rôle des citoyens est considéré comme crucial dans la nouvelle politique européenne de l'eau.

La combinaison des deux solutions (comportementale et technique) constitue certainement la voie la plus crédible pour aboutir à un objectif environnemental significatif et la minimisation des coûts des traitements, à la fois du point de vue des collectivités et des ménages (à l'échelle individuelle). Les deux solutions impliquent des coûts importants : Pour le premier (solution technique), ce seront les coûts d'investissement de la modernisation des stations d'épuration et pour le second (solution comportementale), il s'agira par exemple des coûts des campagnes d'information ou éducatives destinés au grand public. Afin de fournir des preuves et des conditions légitimes pour poursuivre ces options, une évaluation économique de leurs coûts et bénéfices est essentiel. C'est du côté des bénéfices que l'ignorance serait la plus importants, la recherche s'oriente naturellement vers l'évaluation des bénéfices.

## II. Protocole d'évaluation des bénéfices des politiques publiques sur la réduction de micropolluants d'origine domestique

La mise en œuvre de la méthode des choix multi-attributs pour l'évaluation économique des bénéfices des programmes environnementaux se déroule en plusieurs étapes-clés communes aux méthodes de modélisation des choix (Bennett et al, 2001), illustrée par la figure 3 : (1) la conceptualisation du protocole d'évaluation à partir d'une revue de la littérature et de la consultation d'experts environnementaux ; (2) l'identification des attributs à considérer dans le protocole d'enquête et la définition des différents niveaux qu'ils peuvent atteindre; (3) la conception des séries de choix alternatifs qui vont être proposés; (4) l'enquête ; (5) l'analyse des données et la modélisation des choix pour une estimation des consentements à payer.

**Figure 3. La démarche de l'évaluation**



Les différents attributs selon leurs niveaux seront combinés pour générer des scénarios alternatifs qui vont être présentés aux enquêtés dans le cadre d'une « série de choix » ou «

expérience » composée généralement de deux ou trois scénarios alternatifs<sup>7</sup>. Chaque scénario est défini par un ensemble d'attributs non monétaires et un attribut monétaire correspondant à la contribution de l'individu au financement du programme public soumis à l'évaluation. Au moment de l'enquête, chaque individu doit sélectionner, pour chaque série, son scénario préféré. On peut ainsi, par le renouvellement de l'expérience de choix, analyser les relations entre les attributs et entre les différents niveaux de chacun des attributs dans les préférences individuelles. La méthode multi-attributs autorise les individus à disposer de préférences hétérogènes.

### **Conceptualisation du protocole d'évaluation : Différentes hypothèses**

La littérature depuis une vingtaine d'année a offert un large éventail de travaux sur l'évaluation économique des politiques d'amélioration de la qualité des eaux, en termes de qualité chimique et écologique des masses d'eaux. Sous l'angle de l'état écologique, plusieurs travaux ont été menés, parmi d'autres, Alvarez-Farizo, Hanley, Barberan & Lazaro, 2007 ; Birol, Koundouri & Kountouris, 2009 ; Stithou, Hynes, Hanley, & Campbell, 2013. L'association des travaux en sciences économiques à la problématique de la réduction des contaminants chimiques dans les eaux usées est relativement récente. Si pour les études de faisabilité des technologies alternatives de traitement des eaux est un exercice bien rôdé, l'intégration des enjeux sanitaires et environnementaux dans l'évaluation des bénéfices est devenue une véritable préoccupation de recherche au milieu des années 2000. L'évaluation des bénéfices associés à l'amélioration des technologies des traitements des eaux usées a déjà fait l'objet de plusieurs travaux mobilisant différentes méthodes d'évaluation.

Molinos-Senante, Hernández-Sancho & Sala-Garrido, 2010 et 2011 ont mis en œuvre une analyse coûts-bénéfices du programme de traitement des eaux usées en Espagne. Les bénéfices ont été quantifiés par la méthode du « prix fictif » (shadow price), qui représente le coût/prix associé aux outputs indésirables - les polluants - libérés dans le processus de traitement des eaux usées. Ces coûts/prix sont équivalents à des valeurs d'externalités positives si nous pouvons éviter l'émission de ces polluants dans l'environnement. Birol & Das, 2010 mobilisent la méthode des choix multi-attributs pour estimer les consentements à payer du public local pour améliorer la capacité et la technologie d'une station d'épuration des eaux usées dans la municipalité de Chandernagore, située sur les rives du Gange en Inde. Dans l'ensemble, les résultats appuient des investissements accrus pour améliorer à la fois la capacité et la technologie des STEPS pour réduire la pollution de l'eau et donc les risques environnementaux et sanitaires qui menacent actuellement la durabilité des valeurs économiques, culturelles et religieuses du Gange. Dans un contexte similaire, Ndunda & Mungatana, 2013 évaluent les consentements à payer des agriculteurs urbains et périurbains, qui utilisent les eaux usées pour l'irrigation à Nairobi, pour une amélioration de la capacité et la technologie des STEPS. Les résultats montrent que les agriculteurs urbains sont prêts à

---

<sup>7</sup> Ces scénarios peuvent être à comparer avec un scénario de référence (statu quo) qui, lui, sera commun pour l'ensemble des séries de choix soumises à l'évaluation. Si le scénario de statu-quo est défini, l'attribut monétaire prend la valeur nulle.

payer des taxes pour le traitement des eaux usées (à la fois sur la quantité et la qualité de l'eau traitée). Dans un papier récent, utilisant le même contexte de choix, Woldemariam, Seyoum & Ketema, 2016, trouvent aussi les consentements à payer positifs des résidents à Addis Abeba. Genius, Menegaki & Tsagarakis, 2012 mobilisent la méthode des choix multi-attributs afin d'évaluer les bénéfices liés aux performances techniques de la STEP et son impact pour l'environnement et l'économie dans les milieux ruraux. L'enjeu majeur de l'amélioration de la qualité des eaux par la mise en place des STEP est de limiter la pollution de l'eau pour les usages agricoles par la suite. Les résultats de ce travail suggèrent que les ménages seraient prêts à payer une augmentation de 16% de leur facture d'eau pour faire face à la pollution de l'environnement causée par les eaux usées non traitées.

L'originalité de la recherche menée ici est de s'intéresser aux enjeux de l'amélioration de l'état chimique des masses d'eaux, et cette amélioration passe par deux canaux possibles : un traitement en station d'épuration pour une réduction d'émission de micropolluant en aval (avant que ces micropolluants rentrent dans l'écosystème) ou une réduction depuis leur sources (avant qu'ils rentrent dans les STEP). Ce dernier consiste à développer des stratégies d'accompagnement des changements de pratiques de la part des ménages dans leurs différents comportements domestiques en lien avec leurs usages des différents produits polluants. Cette solution s'appuie pour l'essentiel sur le registre informationnel pour faciliter, responsabiliser, voire encadrer les comportements des citoyens.

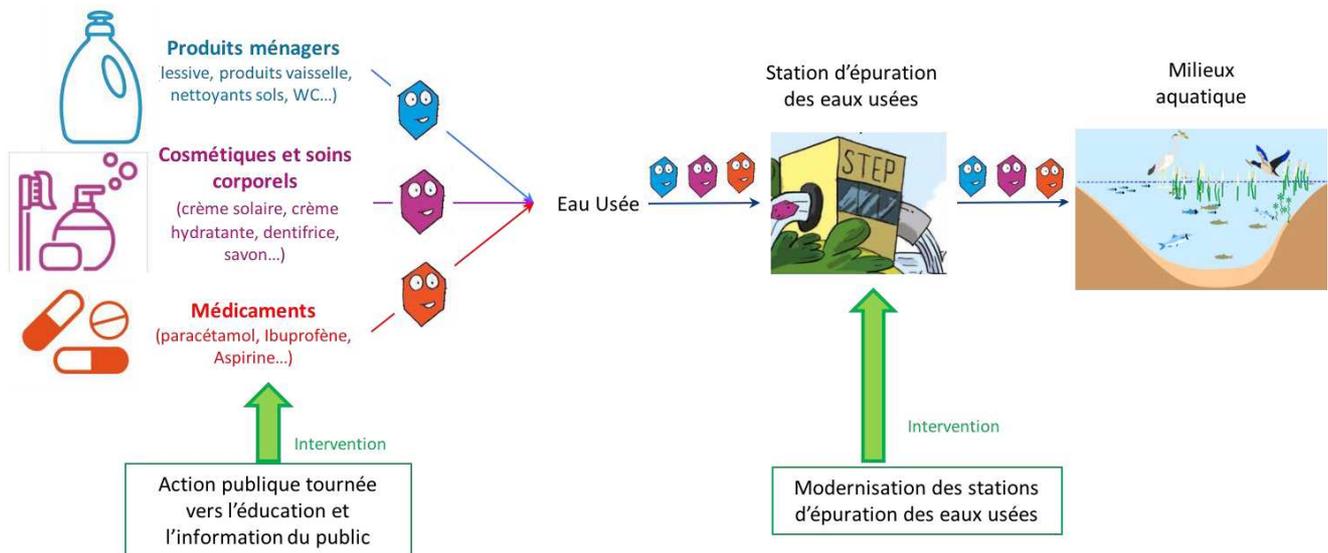
Compte tenu de ce contexte général, plusieurs hypothèses devraient être intégrées dans le protocole d'évaluation :

**a) Combinaison et compromis entre les solutions techniques et comportementales**

L'évaluation économique en matière de micropolluants d'origine domestique a été très peu abordée dans la littérature. Logar, Brouwer, Maurer, & Ort, 2014 sont parmi les premiers à traité du problème des micropolluants dans les eaux urbaines dans un cadre d'évaluation économique. Les auteurs utilisent la méthode des choix multi-attributs afin d'évaluer les bénéfices sociaux liés à la réduction des *risques* environnementaux des micropolluants dans l'eau (toutes sources confondues) grâce à une amélioration des stations d'épuration en Suisse. Les résultats suggèrent que les ménages suisses seraient prêts à payer environ 73 dollars (+- 12) par ans pour réduire les risques environnementaux causés par les micropolluants de niveaux « haut et médium » vers un niveau bas. Cependant, les externalités négatives (*risques* environnementaux) dans le contexte de notre étude sont générées par les pratiques des ménages et les bénéfices attendus (par ces même ménages) des mesures concrètes pour rétablir la qualité de l'environnement par des solutions *comportementale* et *technique*. Les scénarios de politique dans les expériences de choix devraient illustrer les compromis entre les solutions techniques (via l'amélioration des STEPs) et les solutions comportementales (via des campagnes sur le changement de pratiques des ménages). **L'une implique des coûts d'investissement considérables, mais permet une amélioration immédiate de l'état**

**chimique de l'eau tandis que l'autre est moins coûteuse, mais ses résultats ne peuvent être atteints qu'à long terme.** Le schéma dans le figure 4 illustre la problématique des micropolluants dans les eaux urbaines ainsi que la combinaison des programmes d'action envisageables :

**Figure 4. Problématique des micropolluants dans les eaux urbaines**



Nous développons cette évaluation autour des 3 principaux micropolluants d'origine domestique : les résidus médicamenteux, les substances associées à l'usage de cosmétique/produits d'hygiène corporelle et les substances associées aux tâches ménagères (lessive/vaisselle et entretien de la maison). Les programmes d'actions et l'évaluation économique de ces programmes sont ainsi envisagés autour de ces 3 familles de micropolluants. L'objectif principal est donc d'évaluer les consentements à payer des ménages pour soutenir les actions publiques visant la réduction des MPs via les solutions comportementale et technique.

## **b) L'impact des attitudes environnementales sur les préférences des ménages**

Il est important de souligner que pour le cas spécifique de Bordeaux Métropole, les bénéfices des politiques de l'eau sur la réduction de micropolluants impliquent principalement des valeurs *non-usages* : atteindre un bon état écologique et chimique des masses d'eau (eaux de surface). Les valeurs *usages* des politiques de l'eau concernent, quant à elles, l'amélioration des différents services de l'eau : qualité de l'eau potable, qualité de l'eau de baignade, ou encore qualité de l'écosystème pour des activités de pêche. Mais dans le cas de Bordeaux Métropole, ces valeurs sont beaucoup moins importantes parce que les cours d'eau bordelais ne servent pas à alimenter l'eau potable, et leur usage pour l'irrigation des exploitations agricoles localisées dans la métropole est limité. Le recours à la méthode des préférences déclarées est d'autant plus justifié que l'on doit évaluer ces valeurs de non-usage. Cela ouvre

aussi à de nombreuses questions de recherche qui s'articulent autour des enjeux théoriques et empiriques.

Comme le montre beaucoup d'études, les préoccupations éthiques (l'altruisme, les attitudes environnementales) sont susceptibles d'influencer les préférences des individus sur les valeurs *non-usages* des politiques de l'eau (Jacobsen et al., 2008, Brouwer et al., 2009). Cette étude doit ainsi intégrer dans l'évaluation la réduction à la source des micropolluants par le développement des comportements individuels vertueux. Tugara et al., 2010 ont montré que seuls les individus conscients des bénéfices environnementaux et qui se sentent responsables de plusieurs actes polluants passent à l'action. La théorie de l'action raisonnée (Reasoned Action) suggère aussi que les croyances des consommateurs à l'égard des valeurs environnementales influencent leurs intentions comportementales et, par conséquent, leurs décisions ou leurs choix d'achat finaux (Ajzen, Brown & Rosenthal, 1996). Ainsi, un comportement pro-environnemental peut contribuer de manière significative à la durabilité environnementale, et potentiellement un tel comportement aura un impact positif indirect sur l'environnement (Steg & Vlek, 2009). Le comportement pro-environnemental fait référence au comportement humain qui vise à nuire le moins possible à l'environnement ou à protéger celui-ci.

C'est pourquoi, il nous semble important de considérer les attitudes environnementales des individus dans l'estimation des consentements à payer. Les études dans l'évaluation environnementale ont montré à plusieurs reprises que les attitudes et les croyances des individus orientent leur consentement à payer pour l'environnement (Franco et Luiselli, 2014, Johnson, Bowker et Cordell, 2004, Pouta, 2004, Spash, 2000, Suziana, 2017.). Il existe également une littérature grandissante sur l'influence des motivations non économiques sur le CAP pour la protection de l'environnement et la plupart des études se concentrent sur les attitudes individuelles vis-à-vis de l'environnement (Bartczak, 2015). Au lieu d'utiliser des attitudes auto-déclarées, Dunlap et al, 2000 ont développé et mis à jour les échelles de la NEP (New Ecological Paradigm scale) qui se concentrent sur la mesure de la relation globale entre les humains et l'environnement. Le nouveau NEP révisé est composé de 15 énoncés évalués sur une échelle de Likert en cinq points (correspondant avec le degré de d'accord pour chaque énoncé : totalement d'accord, plutôt d'accord, incertitude, plutôt en désaccord, totalement en désaccord). Ces items peuvent être formulés dans le sens de la croyance (pour les items impairs) ou dans le sens opposé (pour les items pairs). Ils sont regroupés en cinq facettes principales, qui renvoient à cinq croyances et qui sont représentées par trois items chacune :

- Limite à la croissance : Croyance dans l'existence de limites environnementales à la croissance de l'activité humaine (items 1, 6, 11) ;
- Anti-anthropocentrisme : Croyance selon laquelle l'homme n'est ni le centre, ni le maître de la nature (items 2, 7, 12)
- Equilibre de la nature : Croyance dans l'importance de respecter les équilibres naturels (items 3, 8, 13)

- Anti-exemptionnalisme : croyance selon laquelle la société industrielle moderne ne permet pas à l'homme de s'affranchir des lois de la nature (items 4, 9, 14)
- Crise écologique : Croyance selon laquelle l'humanité va au-devant de perturbations graves du fonctionnement de son environnement naturel (items 5,10, 15).

Le tableau 1 présente les énoncés NEP dans leurs cinq facettes principales de l'environnement.

**Tableau 1. L'échelle de la NEP révisée**

1-Nous nous approchons 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	Anti-anthropocentrisme
3-Quand les êtres humains essaient de changer le cours de la nature cela produit souvent des conséquences désastreuses	Équilibre de la nature
4- L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons pas la terre invivable	Anti-exemptionnalisme
5-Les êtres humains sont en train de sérieusement malmener l'environnement	Crise écologique
6-La terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti	Limites à la croissance
7-Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister	Anti-anthropocentrisme
8-L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes	Équilibre de la nature
9--Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature	Anti-exemptionnalisme
10-La prétendue « crise écologique » qui guette le genre humain a été largement exagérée	Crise écologique
11-La terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités	Limites à la croissance
12-Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature	Anti-anthropocentrisme
13-L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé	Équilibre de la nature
14-Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler	Anti-exemptionnalisme
15-Si les choses continuent au rythme actuel nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure	Crise écologique

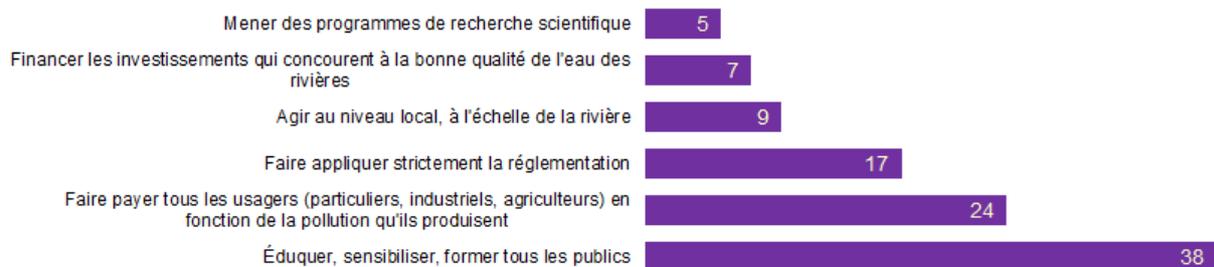
Source : Dunlap et al. 2000

L'intégration des attitudes environnementales en mobilisant les données psychométriques NEP dans le contexte de choix multi-attributs est de plus en plus courante en économie de l'environnement afin de justifier l'hétérogénéité des préférences individuelles. Des études telles que Bartczak, 2015 ; Kotchen et Reiling, 2000 ; Aldrich et al., 2007 ; Milon et Scrogin, 2006 ; Sevenant et Antrop, 2010 ; Suziana, 2017 intègrent cette échelle dans leur mesure des attitudes environnementales pour tenir compte de l'hétérogénéité des préférences des répondants. L'incorporation d'une telle hétérogénéité dans les préférences est importante pour le design des politiques publiques, car elle peut influencer les choix et les consentements à payer. Nous choisissons ainsi l'échelle de NEP pour mesurer les attitudes environnementales dans le contexte de notre étude afin de tester si ces dernières ont des impacts significatifs sur les préférences et les CAP des ménages.

### c) L'impact de l'information et de l'éducation sur les préférences des ménages

Comme mentionné précédemment, changer de comportement dans notre cas implique de réduire (et/ou de substituer) la consommation de produits contenant des micropolluants. L'implication des politiques publiques dans ce cas est de fournir une information/éducation pertinente pour dériver les choix des individus. La figure 5 illustre par exemple les perceptions des citoyens français pour les actions prioritaires afin de garantir une bonne qualité de l'eau dans une enquête récente. Il montre une forte préférence pour l'éducation publique parmi les actions proposées.

**Figure 5: Perceptions sur les actions prioritaires pour garantir une bonne qualité de l'eau (en%)**



*Question : "Selon vous, pour préserver l'état des rivières, des fleuves, des lacs, des nappes d'eau souterraine, il faut en priorité ... ?"*

Source : Agences de l'eau/Onema/Medde, Baromètre d'opinion sur l'eau, 2011, 2013 et 2015

En effet, l'éducation à l'environnement et les campagnes d'information sont présentés comme des outils permettant d'obtenir l'adoption de comportements plus respectueux de l'environnement. C'est aussi l'idée défendue par les acteurs de l'eau quand ils évoquent les solutions comportementales. Les travaux menés dans REGARD par des partenaires du projet en écologie familiale et le « living lab », dispositif dédié à cet effet, visent justement à

comprendre la corrélation que l'on peut entrevoir entre les pratiques des ménages et les informations (sur les produits substitués, les micropolluants, le fonctionnement des STEP, etc.) qui sont mises à leur disposition.

Ainsi, dans cette étude nous vérifions l'hypothèse selon laquelle, délivrer des informations pertinentes aurait un impact sur le bien-être des ménages et changerait leurs préférences en termes de politiques de micropolluants. Une littérature théorique et empirique abondante portant sur l'action collective a mis en évidence que les individus, guidés par leur intérêt individuel à court terme, peuvent opter pour une démarche plus respectueuse de l'environnement à plus long terme, quand leur action est insérée dans une dynamique collective. Délivrer une information pertinente est, en effet, supposé modifier la perception qu'un individu a des enjeux ou des attentes sociales et l'inciter à changer son choix (Tirole, 2006)). Les travaux économiques portant sur l'impact de l'information et l'éducation sont aussi bien développés. Les premières recherches dans ce domaine ont supposé que les agents économiques répondissent rationnellement de sorte que si davantage d'informations devenaient disponibles, cela améliorerait leur bien-être (Stigler, 1961 ; Hirshleifer & Riley, 1992). Des études empiriques récentes sur les aliments génétiquement modifiés (GM), à titre d'exemple, Rousu, Huffman, Shogren & Tegene, 2007, prouvent que l'information contenue dans les étiquettes des produits alimentaires affecte le consentement à payer des consommateurs pour les produits GM. Ils estiment que le CAP pour les aliments étiquetés GM est réduit en moyenne de 15% par rapport à un produit similaire non étiqueté GM. Un travail récent sur les micropolluants, Logar & Brouwer, 2017 utilisent l'approche de split-sample pour tester l'effet de l'information du risque sur les choix, le bien-être et la certitude du choix. Les résultats suggèrent que le fait de recevoir l'information sur les risques de micropolluants affecte le comportement de choix et réduit de manière significative le bien-être.

**Figure 6. Utilité de l'information sur l'eau et les rivières (en%)**



*Question : "Diriez-vous qu'il serait très utile pour vous d'avoir des informations sur chacun des sujets suivants ?"*

Source : Agences de l'Eau/Onema/Medde, Baromètre d'opinion sur l'eau, 2015

L'observation principale de ces études est que les individus pourraient manifester des préférences différentes sur les types d'informations en fonction de leur sensibilité pour la santé humaine et la protection de l'environnement. Par exemple, selon une enquête récente réalisé auprès des citoyens français en 2015 (Figure 6), les gens semblaient accorder plus d'importance à l'information sur l'état chimique des cours d'eau, la qualité des eaux de baignade ou des rivières quand ils sont enquêtés sur les types d'information qui leur seront utiles.

Pour identifier l'impact de l'information/éducation sur les préférences et les consentements à payer des ménages, nous appliquons la méthode de l'échantillonnage (split-sample), couramment utilisée dans la littérature, avec un groupe (groupe de traitement) recevant davantage d'informations avant de faire leur choix (Rambonilaza & Brahic, 2016) ; Logar & Brouwer, 2017).

### Détermination des attributs et niveaux

La détermination des attributs et leurs niveaux est basée sur plusieurs hypothèses discutées ci-dessus. Ainsi, les scénarios proposés aux enquêtés pour l'évaluation, qui ont un caractère hypothétique dans le sens où ils traduisent des solutions alternatives possibles, peuvent intégrer les attributs comme décrits dans le tableau 2.

**Tableau 2. La sélection des attributs et des niveaux**

Attribut	Définition	Niveaux
Etat écologique des milieux aquatiques	L'état écologique des milieux aquatiques se traduit par la présence des espèces floristiques et faunistiques, qui peuvent en partie et potentiellement impactées par la présence les micropolluants dans les cours d'eaux.	Maintenu Amélioré
Les familles de micropolluants traités avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées	Les technologies de traitement peuvent être modernisées de manière à traiter plusieurs familles de micropolluants supplémentaires.	0 1 2 3
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement	Le délai de la mise en place de la nouvelle technologie de traitement pour les stations d'épuration des eaux usées.	Jamais Pas avant 20 ans D'ici 10 ans Tout de suite
Les micropolluants ciblés par les campagnes de sensibilisation	Les micropolluants ciblés par les campagnes de sensibilisation pour que chacun réduise l'usage de produits domestiques contenant ces micropolluants.	Les produits ménagers et de nettoyage Les produits cosmétiques et de soins corporels Les produits pharmaceutiques Toutes les 3 familles

Attribut	Définition	Niveaux
Augmentation de la facture d'eau annuelle	Une contribution financière au travers de l'augmentation de la facture d'eau annuelle	10 % 15 % 20 % 25 % 30 % 35 %

Le premier attribut est l'état écologique des milieux aquatiques afin de rappeler aux répondants que l'enjeu principal des politiques de MPs est de préserver l'écosystème (*valeur de non-usage*). Cet état écologique pourrait être maintenu à un bon état ou amélioré pour obtenir un très bon état selon les efficacités des politiques publiques et les efforts de chacun.

Ensuite les répondants choisissent les niveaux pour 2 programmes d'action pour réduire les MPs dans les eaux urbaines : une solution technique via l'amélioration des STEPs de manière à traiter 0, 1, 2 ou 3 familles de micropolluants supplémentaires ; et une solution comportementale via les campagnes de sensibilisation qui favorisent le changement de pratiques domestiques liées à l'usage de différents produits (ménagers et de nettoyage, cosmétiques et de soins corporels, pharmaceutiques, ou toutes les 3 familles de produits). Un attribut de délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement est également introduit pour évaluer l'effet de la préférence temporelle des individus en ce qui concerne l'approche préventive de la politique environnementale. Cet attribut prend 4 niveaux : jamais, correspondant à une non mise en œuvre de la nouvelle technologie (l'attribut de STEP prendra donc systématiquement le niveau 0), pas avant 20 ans, d'ici 10 ans ou tout de suite.

Un attribut monétaire est intégré dans chaque scénario afin d'éviter aux ménages de construire eux-mêmes leur valeur en déclarant un CAP (Brown, 2003), comme dans la méthode de l'évaluation contingente. Le choix du mode de paiement est un élément crucial (et non neutre) d'une enquête d'évaluation et, néanmoins, il n'existe aucune règle précise en la matière. Il est donc d'autant plus complexe lorsque l'on souhaite estimer la valeur de biens environnementaux pour lesquels les enquêtés n'ont pas l'habitude de payer (Ryan & Wordsworth, 2000). Le véhicule de paiement choisi doit être le plus réaliste possible en relation avec le bien à évaluer, ou le plus plausible (Bennett et Adamowicz [2001]). Selon ces critères, le mode de paiement choisi dans cette étude est exprimé par une augmentation de la facture d'eau annuelle, qui est réaliste dans le sens qu'une amélioration de la qualité de l'eau, de manière générale, passe d'abord par le paiement de consommation d'eau des ménages. En effet, une part non-négligeable de la facture d'eau en France est consacrée à la qualité de l'eau. Une participation financière via une augmentation de la facture d'eau est ainsi réaliste. Ce mode de paiement est aussi largement choisi dans la littérature de l'expérience de choix sur la qualité de l'eau (Birol & Das, 2010 ; Genius et al., 2012 ; Ndunda & Mungatana, 2013 ; Woldemariam et al., 2016).

## Construction des expériences de choix

Les combinaisons de différents niveaux des attributs dans le tableau 2 donnera les scénarios hypothétiques d'évolution de l'état écologique des milieux aquatiques et des politiques visant la réduction de MPs. Ces combinaisons sont appelées « expériences de choix ». Cette construction factorielle consiste à combiner chaque niveau d'un attribut avec tous les autres niveaux de tous les autres attributs (Holmes & Adamowicz, 2003). Deux manières de procéder sont proposées dans la littérature (Bennett & Adamowicz, 2001) :

- La factorisation totale qui consiste à utiliser l'ensemble des alternatives ainsi définies ;
- La factorisation partielle qui en sélectionne certaines tout en garantissant qu'elles remplissent aux mieux les critères de *D*-efficacité (Rose & Bliemer, 2009).

Avec le nombre de niveaux et d'attribut tels qu'ils sont définis, cela donnerait  $2*3*4*4*6=576$  scénarios avec la méthode de factorisation totale. Puisque nous pouvons pas présenter tous ces scénarios aux enquêtés, nous avons choisi des processus de génération factoriels partiels plutôt que des processus complets. Nous avons donc effectué un design fractionnel pour choisir un nombre limité de scénario. Un design *D*-Efficiency (Rose & Bliemer, 2009), basé sur les estimations de paramètres les plus fiables (c'est-à-dire ayant petite standard erreur) pour un modèle logit multinomial avec les paramètres initiales égales à zero à l'exception de paramètre associé avec « facture d'eau », qui prend la valeur de 0.6 (Logar et al. 2014). Les résultats donnent un design « efficace » avec 24 expériences de choix : chaque niveau d'attribut apparaît un nombre égal de fois pour chaque attribut (balance design).

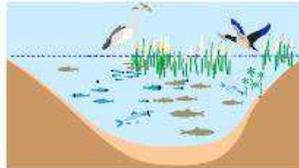
La procédure utilisée à l'étape précédente permet également de regrouper les alternatives au sein de « séries de choix » qui seront présentées aux enquêtés. Pour chaque question de choix, les répondants doivent choisir entre 2 scénarios ou une option *Ni l'un Ni l'autre*. Le fardeau cognitif faisant que chaque répondant ne peut pas répondre de manière efficace aux 24 expériences, nous les divisons par 6 blocs, chaque bloc contient donc 4 questions de choix. Afin de garantir l'objectivité de l'évaluation, les niveaux de chaque attribut sont illustrés par des pictogrammes. Un exemple d'une expérience de choix est illustré dans la figure 7.

Afin de contrôler le problème lié au biais hypothétique, les répondants sont enquêtés, après chaque exercice de choix, sur le niveau de difficulté qu'ils perçoivent pour l'expérience et le niveau de certitude de leur choix.

**Figure 7. Un exemple l'expérience de choix (choice task)**

Quel est votre scénario préféré ?

[Revoir les explications](#)

	Scénario A	Scénario B	
Etat écologique des milieux aquatiques	Bon état 	Très bon état 	
Le nombre de famille de micropolluants traité avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées			
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement			Ni Scénario A, ni scénario B
Les produits domestiques ciblés par les campagnes de sensibilisation			
Augmentation de la facture d'eau annuelle			
Votre choix	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### L'enquête à Bordeaux Métropole

Une enquête est menée auprès des ménages de Bordeaux Métropole en deux vagues : la première vague avec le questionnaire de référence, qui a été effectué au cours de Mai-Juin 2017 et la deuxième vague, qui est envisagé en Décembre 2017, avec le même questionnaire, complété par davantage d'information.

Le questionnaire de référence est constitué d'une trentaine de questions fermées à choix unique ou multiple, ordonnées et échelles (Voir Annexe 3). La durée de passation du questionnaire est environ 15-20 minutes, comprenant plusieurs parties :

- Une première partie est consacrée à la fiche signalétique avec les questions sociodémographiques usuelles (sexe, âge, catégorie socioprofessionnelle, revenu)

- Une deuxième partie interroge sur les valeurs, normes, croyances et motivations de répondants à propos de la protection de l'environnement (Les 15 énoncés de NEP)
- Une troisième partie interroge les ménages sur les enjeux liés aux micropolluants (connaissance sur la définition et les sources de micropolluants, les produits domestiques contenant, les actions pour limiter les pollutions des eaux) et notamment en lien avec leur territoire Bordeaux métropole.
- La quatrième partie est relative à la mesure des préférences des ménages. Il s'agit du cœur du questionnaire, qui vise à recueillir les préférences de choix des enquêtés en matière de réduction des micropolluants dans les eaux urbaines bordelaises. Cette partie est accompagnée de textes d'information et de visuels. Chaque enquêté est confronté successivement à 4 expériences de choix, chaque expérience de choix étant constituée de 3 options alternatives (un scénario A, un scénario B et une option « ni A ni B ») entre lesquelles choisir. Après avoir validé un choix de scénario, le répondant ne pourra pas revenir en arrière.
- La dernière interroge les ménages sur leur logement (mode d'habitation et infrastructure liée au réseau d'assainissement) et les questions concernant la localisation de résidence de l'enquêté: au niveau de la commune et au niveau de l'adresse postale.

La population cible de cette enquête est constituée des chefs de ménages de Bordeaux Métropole de plus de 18 ans. L'échantillon est constitué au minimum de 400 chefs de ménage en première vague et 400 chefs de ménage en seconde vague avec les mêmes répondants, dans la mesure du possible. L'échantillonnage vise une représentativité des chefs de ménages âgés de plus de 18 ans résidant sur 28 communes de Bordeaux Métropole (Figure 8 ci-dessous), au regard de sa répartition géographique selon les deux zonages : ville-centre et communes-périphériques (voir annexes 1 et 2).

Une phase de test du questionnaire, auprès de 30 à 50 individus dans les conditions réelles de l'enquête, est également effectuée pour but de valider le fond du questionnaire, mais aussi d'y apporter d'éventuelles améliorations. Il nous permet de détecter les questions mal comprises et le vocabulaire à modifier, d'améliorer la grille des réponses, de voir si l'évolution du questionnaire est logique, si l'enquêté ne se lasse pas et de modifier le cas échéant la présentation. Il permet enfin d'évaluer le temps de passation.

**Figure 8. Bordeaux Métropole avec 28 communes et ses grands cours d'eau**



### III. Les résultats de l'enquête économique menée à Bordeaux Métropole (Vague 1)

L'enquête a été administrée en ligne entre Mai et Juin 2017 par une compagnie de marketing OpinionWay. 429 réponses ont été recueillies, représentatives des ménages à Bordeaux Métropole au regard de leur répartition géographique selon les deux zonages : ville-centre et communes-périphériques. Dans cette partie, nous présentons la qualité des données à travers des caractéristiques socio-démographiques des enquêtés, leur attitudes environnementales (via l'échelle de NEP) ainsi que les caractéristiques des expériences de choix.

## 1. La collection de données – Caractéristiques socio-démographiques

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques socio-démographiques des répondants, qui sont les chefs de ménages résidant à Bordeaux Métropole âgés de plus de 18 ans. La proportion de répondants *hommes* reste majoritaire dans la population étudiée et dans la population totale. En termes d'âge, la majorité des répondants sont âgés de plus de 30 ans (89%) : la moyenne d'âge des chefs de ménage est de 47 ans. En ce qui concerne le niveau d'éducation, les participants sont en générale diplômés : 31 % de chefs des ménages ont obtenu leur BAC ou équivalent et 67% ont fait des études supérieures. Au regard du revenu mensuel par unité de consommation- UC <sup>8</sup>, la moyenne et le médian de revenu sont à peu près au même niveau, environ 1500 € par mois : 36.5% des ménages ont un revenu mensuel par UC inférieur à 1000 € par mois et 8.3% des ménages sont dans la tranche de revenu supérieur à 3000 € par mois. 47% de répondants déclarent vivre seul et 53% des ménages sont composées de plus de 1 personne.

**Tableau 3. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés (chefs de ménage)**

Variable	Description	Sample statistics
Sexe	Femmes	44.99%
	Hommes	55.01%
Age	Moyen	47 ans
	Ecart type	12 ans
	>30 ans	89%
Education	Aucun diplôme	2.56%
	Jusqu'à BAC ou équivalent	31%
	BAC +	67 %
Revenu mensuel par UC	Moyen	1599 €
	Médian	1450 €
	<1000 €	36.5%
	>3000 €	8.3%
Taille de ménage	1 membre	47%
	> 1 membre	53%

Quant aux caractéristiques du logement des ménages (mode d'habitation et infrastructure liée au réseau d'assainissement), la proportion de répondants déclarant vivre dans une maison individuelle et dans un appartement est presque la même. La majorité des logements a un balcon/terrace/jardin et sont tous équipés d'au moins un sanitaire (baignoire, lavabo,

---

<sup>8</sup> Selon INSEE, le nombre de personnes est ramené à un nombre d'unités de consommation (UC). Pour comparer le niveau de vie des ménages, on ne peut s'en tenir à la consommation par personne. En effet, les besoins d'un ménage ne s'accroissent pas en stricte proportion de sa taille. Lorsque plusieurs personnes vivent ensemble, il n'est pas nécessaire de multiplier tous les biens de consommation (en particulier, les biens de consommation durables) par le nombre de personnes pour garder le même niveau de vie. Aussi, pour comparer les niveaux de vie de ménages de taille ou de composition différente, on utilise une mesure du revenu corrigé par unité de consommation à l'aide d'une échelle d'équivalence. L'échelle actuellement la plus utilisée (dite de l'OCDE) retient la pondération suivante :

- 1 UC pour le premier adulte du ménage ;
- 0,5 UC pour les autres personnes de 14 ans ou plus ;
- 0,3 UC pour les enfants de moins de 14 ans.

toilettes). Pratiquement tous les logements dans la population étudiée sont reliés à un réseau d'assainissement collectif (station d'épuration des eaux usées) plutôt qu'à un système individuel (fosse septique).

Au regard de la connaissance des ménages sur les micropolluants, on constate que 36.6 % des répondants ont une perception correcte de la définition de micropolluants (ce pourcentage est calculé sur le nombre de personne qui est à la fois d'accord avec l'énoncé 2 et 4 et en désaccord avec l'énoncé 1 et 3 dans la question 9 du questionnaire<sup>9</sup>). Le degré de d'accord élevé est aussi associé à la source de micropolluants issues des activités industrielles et agricultures. Quant à la source domestique, nous observons que la fréquence de réponses *oui* et *non* à la question sur la présence de micropolluants dans les produits pharmaceutiques courants (paracétamol, ibuprofène, et aspirine) est presque la même. Des gens sont beaucoup plus d'accord sur la présence de micropolluants dans les produits ménagers (nettoyage du sol, des toilettes, les lessives ou vaisselles). Dans la famille des cosmétiques et soins corporels, la majorité des répondants pensent que le savon, le dentifrice et la crème hydratante ne contiennent pas de molécules chimiques. Seuls les produits de maquillage ou la crème solaire (parmi les produits demandés dans la liste – Voir question 12) contiennent des micropolluants selon les répondants.

En ce qui concerne les propositions qui aiderait les ménages à limiter la consommation de produits contenant des micropolluants, beaucoup de réponses portent sur : (1) une meilleur information d'une manière générale, (2) un repérage plus facile des produits verts, (3) la certitude que ces produits verts ont un meilleur impact sur l'environnement et (4) la certitude que cela ne coute pas plus cher<sup>10</sup>. La majorité des répondants est d'accord sur le fait que le grand public manque d'information concernant les micropolluants, notamment sur : Les résultats des actions de la ville dans le domaine de l'eau, ce qui peut être engagé collectivement, les aspects pratiques et moyens d'actions individuelles, et les résultats des recherches scientifiques.

### **Les résultats sur l'échelle de la NEPs**

Les données de la NEPs sont recodées numériquement de 1 à 5 (inversion de la polarité des items pairs) : 1 à la réponse "pas du tout d'accord" et 5 à "tout à fait d'accord" ; 3 à la réponse "je ne sais pas". De cette manière, une moyenne élevée correspond toujours à une attitude pro-NEP. Les moyennes et les écarts types des scores pour chaque énoncé sont résumés dans le

---

<sup>9</sup> Q9- Sur une échelle de 1 à 5 (1-Pas du tout d'accord, 2 Pas d'accord, 3 Je ne sais pas, 4 D'accord, 5 Tout à fait d'accord), diriez-vous que les micropolluants sont :

- De molécules chimiques qui ont un faible impact sur le milieu aquatique et les êtres vivants
- De molécules chimiques qui, même à très faible dose, sont dangereuses pour le milieu aquatique et les organismes vivants
- De molécules chimiques qui sont très vite éliminées par les processus naturels
- De molécules chimiques qui ne peuvent jamais être éliminées par les processus naturels

<sup>10</sup> Les 3 autres propositions sont : Un délai pour adopter des nouveaux réflexes, un choix plus large de produits, et le fait de savoir que les autres font la même chose.

tableau 4. On notera que les réponses "je ne sais pas" sont relativement peu fréquentes (de 3% à 14%). Visiblement les participants ont en grande majorité une opinion sur les relations homme-environnement. Les moyennes sont assez élevées (supérieures à 3) et les valeurs de skewness sont négatives pour tous les items à l'exception de NEP 4 et NEP 6. Les réponses pro-NEP sont très présentes (pourcentages très élevés pour 4 et 5) à l'exception de NEP6. En générale, les participants ont donc une attitude pro-environnementale. La variance reste substantielle pour tous les items : aucun écart-type n'est inférieur à 0.8.

**Tableau 4. Les caractéristiques de l'échelle de NEPs**

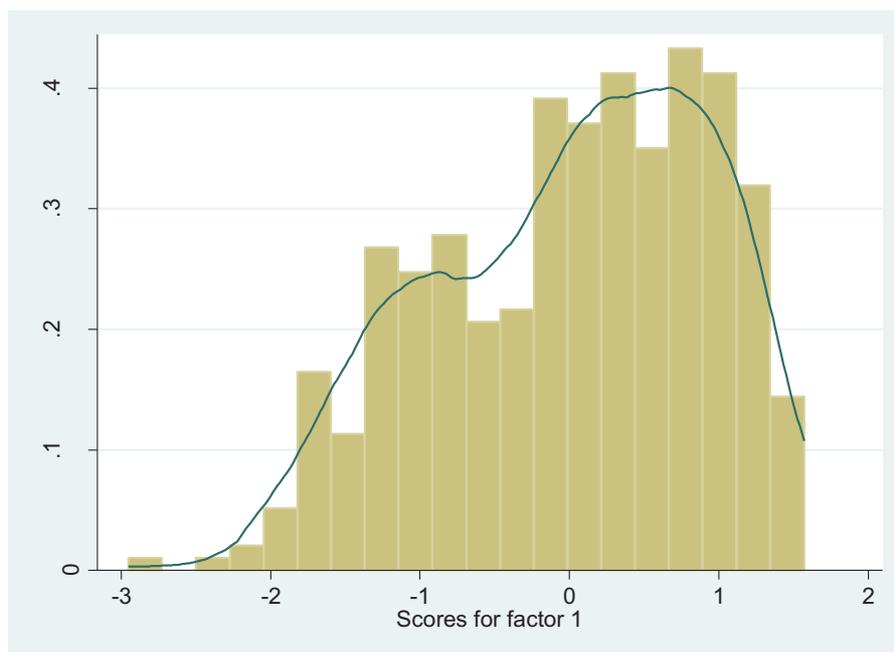
Item	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	Moyen	Ecart-type	$r_{i-t}$	alpha	F1	F2
NEP 1	5.83	20.75	9.79	37.53	26.11	3.57	1.24	<b>0.36</b>	0.78	0.26	-0.27
NEP 2	4.43	17.25	4.43	39.39	34.5	3.82	1.20	<b>0.54</b>	0.76	<b>0.47</b>	0.34
NEP 3	2.56	7.93	3.5	36.13	49.88	4.23	1.01	<b>0.51</b>	0.76	<b>0.46</b>	-0.22
NEP 4	8.86	38.69	14.22	30.54	7.69	2.90	1.16	<b>0.42</b>	0.77	<b>0.34</b>	0.37
NEP 5	1.86	4.43	3.73	32.63	57.34	4.39	0.90	<b>0.56</b>	0.76	<b>0.55</b>	-0.30
NEP 6	36.13	41.49	5.59	13.75	3.03	2.06	1.11	0.18	0.79	-0.09	0.33
NEP 7	1.4	3.03	3.73	29.84	62	4.48	0.82	<b>0.56</b>	0.76	<b>0.54</b>	-0.29
NEP 8	5.36	17.72	7.46	40.56	28.9	3.70	1.21	<b>0.66</b>	0.74	<b>0.63</b>	0.34
NEP 9	1.17	4.66	3.5	46.62	44.06	4.28	0.83	<b>0.38</b>	0.77	<b>0.34</b>	-0.14
NEP 10	4.43	13.75	8.16	36.6	37.06	3.88	1.18	<b>0.60</b>	0.75	<b>0.56</b>	0.27
NEP 11	1.86	10.26	6.99	50.58	30.3	3.97	0.97	<b>0.48</b>	0.76	<b>0.45</b>	-0.32
NEP 12	6.06	9.56	7.46	33.33	43.59	3.99	1.20	<b>0.61</b>	0.75	<b>0.59</b>	0.37
NEP 13	0.93	6.53	3.73	39.16	49.65	4.30	0.89	<b>0.50</b>	0.76	<b>0.48</b>	-0.33
NEP 14	7.93	27.51	13.99	36.83	13.75	3.21	1.21	<b>0.48</b>	0.76	<b>0.41</b>	0.45
NEP 15	0.47	6.99	6.06	38	48.48	4.27	0.89	<b>0.60</b>	0.75	<b>0.58</b>	-0.32
Eigenvalue										3.330	1.525
Variability (%)										0.692	0.317
Cumulative (%)										0.692	1.008
Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy										0.814	

Nous effectuons ensuite les tests de validité : les corrélations items-test sont majoritairement supérieures de 3 à l'exception de NEP 6 ( $r_{i-t}$ , qui mesure la corrélation entre chaque item avec le reste des items). Ces résultats sont assez similaires de Schleyer-Lindenmann et al., 2016, qui ont appliqué l'échelle de NEP sur la population au sud de Marseille en France. L'homogénéité de l'échelle est élevée : dans l'ensemble, l'échelle présente un coefficient de Cronbach's alpha supérieur à 0.7 pour tous les items (il s'agit des coefficients permettant de tester si les items sont suffisamment inter-corrélés afin de justifier leur combinaison dans un index). Ces résultats montrent que si la corrélation de l'item 6 avec le reste des items est relativement faible, l'inclusion de cet item ne réduit pas la fiabilité de l'échelle. Un tel niveau de cohérence interne pourrait être satisfaisant pour une échelle composée de plusieurs dimensions corrélées positivement.

Nous avons examiné de manière plus approfondie la dimensionnalité de cette échelle par l'analyse en composantes principales. Cette analyse réalisée sur les 15 items de la NEP révèle une structure assez uni-factorielle. Le premier facteur avant rotation présente une valeur propre (Eigenvalue) de 3.33, et explique à lui seul 69.16% de la variance des réponses. Le second facteur rend compte de 31.68% de variance supplémentaire. Les items ont des saturations (tous sauf les items 2 et 6) variant de 0.4 à 0.59 dans le premier facteur. La mesure de l'adéquation de l'échantillonnage, KMO, est à 0.81, justifiant la possibilité de garder un seul facteur.

En conclusion, ces données confirment l'homogénéité de la NEPs et permettent de conclure à l'unidimensionnalité de la NEPs. L'histogramme de l'indicateur de la NEP créé à partir de l'analyse en composantes principales est illustré dans la figure 9. D'une manière visuelle, nous observons deux clusters possibles sur la distribution de la NEP. Nous avons effectué ainsi l'analyse de clustering afin d'obtenir une variable catégoriale des attitudes environnementales. Cette variable prendra la valeur 1 pour les attitudes pro-NEP et zero pour les attitudes moins pro-NEP.

**Figure 9. Histogramme de l'indicateur de la NEP**



### **La qualité de données des expériences de choix**

Comme expliqué dans la section II.3 – Construction des expériences de choix, chaque répondant réalise 4 questions de choix : 429 questionnaires recueillis, multipliés par 4 séries de choix résulteraient 1716 expériences de choix, soit 5148 observations (1716\*3 alternatives), ce qui permet des traitements économétriques relativement fiables. Nous examinons dans cette section la qualité des données des expériences de choix.

Sur 1716 expériences de choix au total, 464 fois (27,04%) l'option Ni A ni B a été sélectionnée – moins d'un tiers du nombre total. L'échelle d'incertitude et de difficulté que les répondants accordent pour chaque question de choix est donnée dans le tableau 6 :

**Table 5. La fréquence de choix**

	Freq.	Percent	Cum.
Ni A ni B	<b>464</b>	27.04	<b>27.04</b>
Option A	497	28.96	56
Option B	755	44	100

**Tableau 6a. L'échelle de l'incertitude : (1-pas du tout certain et 5- tout à fait certain)**

	1	2	3	4	5	Total
Ni A ni B	44	59	156	82	123	464
%	9.48	12.72	33.62	17.67	26.51	100
Option A	22	65	188	150	72	497
%	4.43	13.08	37.83	30.18	14.49	100
Option B	29	63	242	264	157	755
%	3.84	8.34	32.05	34.97	20.79	100
Total	95	187	586	496	352	1,716
%	5.54	10.9	34.15	28.9	20.51	100

**Tableau 6b. L'échelle de difficulté (1 très difficile et 5 pas du tout difficile)**

	1	2	3	4	5	Total
Ni A ni B	78	63	132	90	101	464
%	16.81	13.58	28.45	19.4	21.77	100
Option A	29	80	170	144	74	497
%	5.84	16.1	34.21	28.97	14.89	100
Option B	51	91	219	232	162	755
%	6.75	12.05	29.01	30.73	21.46	100
Total	158	234	521	466	337	1,716
%	9.21	13.64	30.36	27.16	19.64	100

Nous observons que les répondants sont généralement certains de leur choix et trouvent que ce n'est pas difficile de faire ces choix : seulement 16% des enquêtés ont choisi leur préférence de façon incertaine et 22% ont trouvé difficile de faire leur choix. 55 enquêtés ont choisi 4 fois de suite option Ni A ni B (12,8%) et ils sont en générale certains de leur choix (seul 15% ont déclarés *pas du tout certains*). 84 enquêtés (19,5%) ont choisi systématiquement l'option la moins chère et ils ne sont pas forcément parmi ceux qui payent la facture d'eau la plus cher, ni ceux qui ont le revenu par unité de consommation le plus faible. En ce qui concerne les raisons pour lesquelles les enquêtés ont choisi (au moins une fois) l'option Ni A ni B : environ 28% pensent qu'ils n'ont pas les moyens de payer plus, 17.5% trouvent qu'ils ont pas eu l'information suffisante pour faire leur choix, 15.5% sont d'accord que c'est aux pouvoirs publics de trouver de nouveaux financements pour les programmes d'action, 13% accordent la responsabilité aux industriels et aux agriculteurs pour la dégradation de la qualité de l'eau et 10% pensent que les scénarios d'actions présentés ne seront pas efficaces.

#### IV. Les résultats des modèles économétriques

Dans cette section, nous allons discuter de la modélisation économique et économétrique retenue, qui permettra ensuite d'estimer les préférences des ménages à partir des données des expériences de choix tout en tenant compte de l'hétérogénéité individuelle. Les résultats des régressions et des calculs des consentements à payer seront également présentés.

##### 1. Modélisation économique et économétrique

###### a) Formulation du modèle d'utilité aléatoire

L'approche économique sous-jacente des modèles à choix discrets est sur la base de la théorie de l'utilité aléatoire (McFadden, 1974). L'hypothèse de base consiste à poser que, confronté à plusieurs choix, l'agent-consommateur va choisir l'option qui maximise son utilité sachant que cette utilité est en partie aléatoire. Ce caractère aléatoire ne traduit pas un manque de rationalité du consommateur dans son comportement, mais il reflète plutôt un manque d'information de l'observateur (l'évaluateur) quant aux caractéristiques des alternatives et/ou des consommateurs qui contribuent à expliquer le choix. On représente mathématiquement la fonction d'utilité de l'individu  $n$  sous la forme linéaire de type :

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

$$\text{avec } V_{in} = A_i + \beta' x_{in} \quad (2)$$

où  $U_{ni}$  représente l'utilité de l'individu  $n$  pour l'alternative  $i$ ,  $V_{in}$  est la composante systématique de l'utilité dite utilité « indirecte », qui est considérée comme étant expliquée par des variables  $x_i$  ainsi que par une constante spécifique à l'alternative  $i$  notée  $A_i$  ;  $\varepsilon_i$  est la composante aléatoire de l'utilité qui traduit les facteurs non observés des individus.

La probabilité  $P_{in}$  pour que, confronté à deux scénarios  $i$  et  $j$  d'une même série de choix  $S_i$ , l'individu  $n$  choisisse  $i$  plutôt que  $j$  doit être telle que  $U_{in} > U_{jn}$ . À partir des équations (1) et (2), cette condition peut être écrite :

$$P_{in} = \Pr(U_{in} > U_{jn}) = \Pr(V_{in} - V_{jn} > \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}) \quad (3)$$

Estimée par la méthode du maximum de vraisemblance, cette probabilité sera intégrée dans la fonction de vraisemblance définie comme suit :

$$\ln L = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I d_{ni} \log P_{ni} \quad (4)$$

Cette expression (4) correspond à proprement parler au modèle d'utilité aléatoire (Louviere *et al.*, 2000). Il reste néanmoins à convenir d'une distribution des éléments qui influencent cette relation de choix à l'utilité pour pouvoir estimer la fonction d'utilité. Ce choix de distribution va conditionner le modèle économétrique que nous retiendrons.

#### b) Modèles « Mixed logits » et les stratégies empiriques

A ce stade, plusieurs types de modèles à choix discrets peuvent être envisagés selon le type d'hypothèses formulées au regard du terme aléatoire (Train, 2002). Le fait de retenir une approche multi-attributs implique, par construction, d'utiliser le Logit. En effet, cet outil économétrique a été développé par McFadden afin d'apporter une formalisation à la théorie de l'utilité aléatoire. La recherche d'une certaine cohérence dans la démarche suivie nous incite donc à retenir un modèle Logit.

En revanche, plusieurs formes de Logit peuvent être envisagées. Nous retiendrons le modèle Random Parameters Logit (ou « mixed logit »), dans lequel les composantes stochastiques peuvent suivre tout type de distribution statistique et permettre ainsi de prendre en compte l'hétérogénéité des préférences des enquêtés. Dans le modèle Logit standard, les coefficients  $\beta$  dans l'équation (2) sont fixés, ce qui signifie que les  $\beta$  sont les même pour tout le monde. Dans le modèle mixed logit, d'autre part, les coefficients  $\beta$  varient pour chaque individu. Cette spécification est généralisée en permettant au  $\beta$  d'être aléatoire. L'équation (2) devient :

$$U_{in} = A_i + \beta'_{in}x_{in} + \varepsilon_{in} \quad (5)$$

avec  $\varepsilon_{in}$  sont identiques et indépendamment distribués (iid) suivant une distribution de Gumbel (distribution des valeurs extrêmes de type I) et  $\beta_n$  suivent une fonction de densité de probabilité  $f(\beta|\theta)$  where  $\theta$  sont les paramètres de la distribution des  $\beta_n$  sur la population, tels que la moyenne et la variance.

Conditionnellement aux  $\beta_n$ , la probabilité que l'individu  $n$  choisisse l'alternative  $i$  est la formule logit standard :

$$L_{in}(\beta_n) = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_j \exp(V_{jn})} = \frac{e^{\beta'_n x_{in}}}{\sum_j e^{\beta'_n x_{jn}}} \quad (6)$$

Cependant, comme  $\beta_n$  est aléatoire et inconnu, la probabilité de choix (inconditionnelle) est l'intégrale de cette formule logit (6) sur la densité des  $\beta_n$  :

$$P_{in} = \int L_{in}(\beta) f(\beta|\theta) d\beta \quad (7)$$

Toute fonction de densité de probabilité peut être spécifiée pour la distribution des coefficients dans la population, c'est-à-dire pour la fonction  $f(\beta|\theta)$ . La distribution la plus largement utilisée est la distribution normale, principalement pour sa simplicité. Pour les coefficients qui prennent le même signe pour tout le monde, comme un coefficient de prix qui est nécessairement négatif ou le coefficient d'un attribut souhaitable, des distributions avec un support d'un seul côté de zéro, comme le lognormal, sont utilisées (Train, 2002). Lorsque les coefficients ne peuvent logiquement être grands ou petits, les distributions bornées sont souvent utilisées, comme des distributions triangulaires (Kragt & Bennett, 2011).

Nous utilisons donc le model mixed logit pour examiner l'hétérogénéité des préférences. Ce model permet aussi d'ajuster le standard errors des estimations d'utilité afin de prendre en compte les choix répétés par les mêmes individus (Hole, 2007). Dans les estimations économétriques des modèles mixed logits, nous choisissons de manière arbitraire la distribution normale pour toutes les variables attributs  $x_{in}$  sauf pour la variable coût (facture d'eau), qui est spécifiée comme fixée dans tous les modèles. Si une spécification aléatoire pourrait améliorer la qualité d'ajustement du model (model fit), un coefficient fixé assure que l'estimation de l'utilité de coût a un signe correct et cela est aussi préférable pour les calculs et l'interprétation des consentements à payer, parce qu'il évite les problèmes liés à la division des distributions sur les distributions.

Une précision doit être apportée à ce stade, concernant la manière d'intégrer les variables-attributs  $x_{in}$  dans l'équation (5). Les trois attributs (Etat écologique - *Etat*, délai de la mise en œuvre de la nouvelle technologie - *Delai*, et familles de MPs ciblés dans les campagnes d'information - *Familles\_MPs*) sont en effet des variables qualitatives discrètes. Le système de codage « effect coding » va être appliqué pour ces variables afin d'éviter certains risques de mauvaises interprétations liés au codage de dummy traditionnel (Bech & Gyrd-Hansen, 2005). Grâce aux effets codés, les impacts des modalités de référence ne sont plus corrélés à la constante et peuvent donc être calculés. En d'autres termes, cette technique permet d'obtenir un estimateur pour *tous* les niveaux des attributs. Leurs coefficients se déterminent, pour chaque attribut, de la manière suivante (avec  $\beta_t$  l'estimateur du niveau  $t$ ) (Louvière *et al.*, 2000):

$$\beta_t = - \sum_{i=1}^{t-1} \beta_i \tag{8}$$

### c) Résultats des préférences et l'hétérogénéité des préférences individuelles

Dans un premier temps, nous estimons le model mixed logit uniquement avec les variables attributs  $x_{in}$  - « main effects », c'est-à-dire aucun terme d'interaction n'est inclus dans la fonction d'utilité (5). Les résultats sont présentés dans le tableau 7 ci-dessous.

**Tableau 7. Model Mixed logit (main effects)**

Variable	Attribute-only model	
	Paramètre	SE
<b>Random parameter means</b>		
Très bon état écologique	0.571***	-0.114
Familles de MPs traitées par STEP	0.706***	-0.172
Délai_STEP <5 ans	0.683***	-0.18
Délai_STEP <10 ans	0.319**	-0.145
Délai_STEP <20 ans	-1.151***	-0.205
MPs ciblés par les campagnes : Médoc	-0.174	-0.126
MPs ciblés par les campagnes : Cosmétique	0.0895	-0.128
MPs ciblés par les campagnes : Tous les 3	0.405***	-0.154
<b>Random parameter standard deviations</b>		
Très bon état écologique	1.174***	-0.176
Familles de MPs traitées par STEP	1.655***	-0.193
Délai_STEP <5 ans	1.522***	-0.3
Délai_STEP <10 ans	1.194***	-0.283
Délai_STEP <20 ans	1.703***	-0.318
MPs ciblés par les campagnes : Médoc	0.377	-0.328
MPs ciblés par les campagnes : Tous les 3	1.082***	-0.255
MPs ciblés par les campagnes : Cosmétique	0.319	-0.368
<b>Non-random parameters</b>		
Facture d'eau	-0.0963***	-0.0143
asc_nochoice	-1.353***	-0.358
Log-likelihood	-1518.481	
AIC	3072.962	
BIC	3190.797	

Significativité à 1 % (\*\*\*), 5 % (\*\*), 10 % (\*)

Les moyens de coefficients estimés sont significatifs pour toutes les variables à l'exception de la famille de médicaments et de cosmétiques ciblés par les campagnes de sensibilisation. Le coefficient pour le niveau 4- les 3 familles de MPs ciblés par les campagnes d'information - est cependant significatif et positif. Les coefficients estimés de toutes les autres variables ont les signes attendus. Le paramètre associé à la facture d'eau (en moyenne) est négatif et significatif, tandis que l'augmentation de la qualité de l'écosystème et le nombre de familles de MPs traitées par les STEP sont positifs et significatifs à 5%. Toutes choses égales par ailleurs, les gens manifestent une préférence pour un très bon état écologique et choisissent plus volontiers la technologie de traitement des eaux usés plus performante. Ils préfèrent une campagne de sensibilisation sur la réduction d'usage des produits domestiques contenant des MPs en général (les 3 familles) mais ils sont indifférents sur le type de famille de micropolluants ciblé par cette campagne. Les répondants ont également une forte préférence

pour le présent en ce qui concerne l'approche de précaution de la politique environnementale : Le délai de la mise en œuvre du nouveau traitement par les STEPs qui dépasse 10 ans se traduira par une utilité négative. Le paramètre *ASC\_nochoice* (constante spécifique à l'option ni A ni B) est négatif et significatif, ce qui indique que les répondants préfèrent généralement les scénarios « d'action » au scénario de non-action, *ceteris paribus*.

Les résultats sur les écarts-types des paramètres aléatoires indiquent l'existence d'une hétérogénéité des préférences entre les répondants : les coefficients sont statistiquement significatifs pour tous à l'exception de la famille des médicaments et cosmétiques ciblés par les campagnes de sensibilisation. La non-significativité des écarts-types de ces 2 coefficients suggère l'absence de l'hétérogénéité de préférence par rapport à ces variables. Par conséquent, ces variables sont supposées être non aléatoires dans le modèle final (Kragt & Bennett, 2011). A travers l'ampleur des écarts-types par rapport aux coefficients de moyenne, nous observons que 31 % des répondants préfèrent maintenir un bon état écologique (plutôt que l'améliorer) , 33.5% préfèrent les STEPs moins performant, 35.4 % préfèrent une campagne de sensibilisation qui cible des produits ménagers et de nettoyage plutôt que les 3 familles de produits, 32% ne préfèrent pas une mise en œuvre de la nouvelle technologie de STEPs<sup>11</sup>.

Les résultats sur les estimations des paramètres aléatoires révèlent l'existence d'une hétérogénéité des préférences entre les répondants, mais ne fournissent pas d'informations sur les sources de l'hétérogénéité individuelle. Dans le deuxième modèle Mixed Logit, les caractéristiques individuelles sont croisées avec certains attributs de choix et aussi avec la constante spécifique des alternatives A ou B. Au regard de ces caractéristiques individuelles, notons que l'attitude environnementale, mesurée par la variable « Pro\_NEP » s'est avéré être la seule variable significative dans le modèle<sup>12</sup>. Nous retenons donc une interaction entre la variable pro\_NEP avec 2 attributs de choix dans la deuxième estimation : variable de STEP et MPs ciblés par les campagnes d'information (niveau tous les 3). Les résultats sont présentés dans le tableau 8.

En comparant les log-vraisemblances et AIC, BIC entre les 2 modèles, le deuxième modèle qui tient compte des sources d'hétérogénéité des préférences fournit un ajustement du modèle (model fit) légèrement meilleur que le modèle à attribut seul (main effets).

---

<sup>11</sup> Ces valeurs sont calculées à partir de :  $100 * \Phi\left(-\frac{b_k}{s_k}\right)$  où  $\Phi$  est distribution normale standard cumulative et  $b_k$  et  $s_k$  sont respectivement le moyen et écart type de coefficient k.

<sup>12</sup> Nous avons croisé aussi, dans les estimations du modèle mixed logit, les caractéristiques sociodémographiques comme âge, sexe, revenu, taille de ménage et avec certains attributs de choix et aussi avec la constant spécifique des alternatives A ou B. Les résultats, n'étant pas présentés ici, montrent que les caractéristiques socio-démographiques n'expliquent pas l'hétérogénéité des préférences. Cela n'est pas étonnant car les valeurs des politiques publiques sur les MPs qu'on cherche à évaluer dans le cadre de cette étude sont des valeurs de non-usage. Dans ce cas, les caractéristiques socio-démographiques (surtout dans le contexte de la zone urbaine dans un pays développé, où les inégalités liées au sexe, revenu ou éducation ne sont pas très marquées) sont supposés avoir très peu d'impact sur les préférences des gens à propos des politiques environnementales.

**Tableau 8. Model Mixed logit (avec interactions)**

Variable	Model with interactions	
	Parameter	SE
<b>Random parameter means</b>		
Très bon état écologique	0.541***	-0.103
Familles de MPs traitées par STEP	0.377*	-0.198
Délai_STEP <5 ans	0.636***	-0.164
Délai_STEP <10 ans	0.273**	-0.134
Délai_STEP <20 ans	-1.067***	-0.184
MPs ciblés par les campagnes : Médoc		
MPs ciblés par les campagnes : Tous les 3	0.345*	-0.205
MPs ciblés par les campagnes : Cosmetique		
<b>Random parameter standard deviations</b>		
Très bon état écologique	1.104***	-0.148
Familles de MPs traitées par STEP	1.574***	-0.164
Délai_STEP <5 ans	-1.488***	-0.254
Délai_STEP <10 ans	-1.082***	-0.261
Délai_STEP <20 ans	-1.615***	-0.296
MPs ciblés par les campagnes : Tous les 3	-1.066***	-0.237
<b>Non-random parameters</b>		
Facture d'eau	-0.0904***	-0.0123
asc_nochoice	-1.292***	-0.34
MPs ciblés par les campagnes : Médoc	-0.145	-0.114
MPs ciblés par les campagnes : Cosmetique	0.0822	-0.12
<b>Heterogeneity in mean of random parameters</b>		
STEP * NEP	0.447**	(0.200)
Les 3 MPs ciblés * NEP	0.0142	(0.237)
Log-likelihood	-1517.776	
AIC	3071.551	
BIC	3189.386	

Significativité à 1 % (\*\*\*), 5 % (\*\*), 10 % (\*)

Nous observons que les signes et la signification des paramètres restent inchangés par rapport à la première estimation et les valeurs des paramètres sont relativement robustes. Le terme d'interaction de l'attitude environnementale avec l'attribut STEP est significatif et positif, indiquant que les répondants ayant une attitude pro-environnementale préfèrent plus fortement la mise en œuvre de la nouvelle technologique de traitement des eaux usées pour réduire les MPs que ceux qui ont une attitude anti-environnementale. Cependant, l'interaction entre la variable « pro\_NEP » et la campagne de sensibilisation ciblant 3 familles de MPs n'est pas significative, ce qui signifie que l'hétérogénéité des préférences vis-à-vis de la campagne de sensibilisation ne peut pas être expliquée par l'attitude environnementale.

## 2. Résultats des consentements à payer

Le CAP de chaque individu pour un niveau d'attribut correspond au montant qui doit être retiré de son revenu afin de maintenir son utilité constante (au niveau initial). Cette valeur est calculée comme le taux marginal de substitution entre le niveau de l'attribut considéré et l'attribut monétaire. On définit donc le prix implicite (consentement à payer) du niveau  $i$  de l'attribut  $k$  ( $x_{ki}$ ) par la formule suivante (Louvière et al., 2000) :

$$PI_{ki} = -\frac{\partial V / \partial x_{ki}}{\partial V / \partial P} = -\frac{\beta_{x_{ki}}}{P} \quad (9)$$

Les résultats des consentements à payer pour différents niveaux d'attributs sont présentés dans le tableau 9 (seuls les paramètres significatifs à au moins 5% sont présentés). Notons que les montants de CAP ne varient pas beaucoup entre les deux modèles pour les attributs non-croisés.

**Tableau 9. Les consentements à payer**

		Coef.	Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
Améliorer l'état écologique	Modele 1	5.934225	1.371925	3.245302	8.623148
	Modele 2	5.984747	1.395396	3.249822	8.719672
Améliorer STEP (pour traiter 1 famille sup de MPs)	Modele 1	7.336535	2.030061	3.357688	11.31538
	Modele 2_less pro_NEP	4.168282	2.32571	-0.3900262	8.726591
	Modele 2_pro_NEP	9.113745	2.366981	4.474547	13.75294
Campagne de sensibilisation sur les 3 familles de MPs	Modele 1	4.205074	1.589194	1.09031	7.319837
	Modele 2	3.821158	2.299231	-0.6852526	8.327569
Delai < 5 ans	Modele 1	7.094165	1.624389	3.910421	10.27791
	Modele 2	7.037037	1.63445	3.833574	10.2405
Delai <10 ans	Modele 1	3.310675	1.42752	0.5127865	6.108564
	Modele 2	3.015168	1.421442	0.2291931	5.801144
Delai < 20 ans	Modele 1	-11.94917	2.295379	-16.44803	-7.450309
	Modele 2	-11.80487	2.346929	-16.40477	-7.204977

Toutes choses égales par ailleurs, des gens seraient prêts à payer en moyenne 5.93 % ( $\mp$  2.68 %) de leur facture d'eau pour améliorer l'état écologique des milieux aquatiques. Leur consentement à payer est entre 3% et 4% de leur facture d'eau annuelle pour soutenir une campagne de sensibilisation visant les 3 familles de MPs et ils seraient prêts à payer en moyenne 7,3% de leur facture d'eau pour avoir une famille supplémentaire de MPs traitée par les stations de traitement des eaux usées, tous par rapport au niveau de base. Les répondants ayant des attitudes pro-NEP seraient prêts à payer deux fois plus que ceux ayant des attitudes moins pro-NEP pour une augmentation de la performance des stations de traitement (9.11% contre 4.16 %). Une mise en place immédiate (délai < 5ans) de la nouvelle technologie de

STEPS génère un consentement à payer marginal de 7% de la facture d'eau en moyenne. Ce montant est réduit à 3% si le délai est retardé de 10 ans et deviendrait significativement négatif (-11%) si le délai passe à 20 ans.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats sur les consentements à payer présentés dans cette étude montrent l'arbitrage des choix entre les types de politiques environnementales. En effet, des ménages semblent manifester des consentements à payer plus importants pour une solution technique qu'une solution comportementale. Notons que le CAP pour qu'une famille supplémentaire de MPs soit éliminée par la modernisation des STEPs est presque deux fois supérieur au CAP pour que 3 familles de MPs soient ciblées par les campagnes de sensibilisation (par rapport au niveau de base : une seule famille de lessive). Ce résultat suggère une attitude « technocentric optimist » (Thapa, 1990 ; Spash, 1997 ; Barr & Gilg, 2006) - selon laquelle les progrès technologiques pourraient résoudre certains des problèmes environnementaux. Ou, cela pourrait suggérer tout simplement que les répondants ont plus confiance dans l'efficacité des technologies que dans l'efficacité d'une *politique* sur le changement de comportement, dont les résultats ne peuvent être atteints qu'à long terme. Cet arbitrage entre la solution *technologique* et *comportementale* reste le même pour les individus ayant des attitudes pro-environnementales, ce qui pourrait s'expliquer par un rejet ou une prévention contre les « passagers clandestins ». Ainsi, en présence des passagers clandestins, un individu ayant des attitudes environnementales, même s'il souhaiterait changer les pratiques, préfère une politique qui vise la technologie moderne que celle qui vise un changement de comportement (Notons tout de même que le CAP pour soutenir une campagne de sensibilisation sur les 3 familles de MPs, malgré qu'il soit inférieur au CAP pour soutenir une modernisation de STEP, demeure positif).

Dernièrement, ce résultat pose la question de *responsabilisation* au regard des externalités environnementales négatives (ce concept est discuté dans, par exemple, Salles, 2009). Dans ce cas, une politique publique visant un changement de comportement renvoie directement à une responsabilité *individuelle* des ménages (ce qui est appelé « la gouvernance par la responsabilité »). Ainsi, la préférence pour une solution technique dans ce cas s'apparente à relayer la responsabilité d'améliorer l'état chimique et écologique de l'eau à la *collectivité*.

Les estimations des consentements à payer pour les politiques de micropolluants montrent une hétérogénéité des préférences individuelles liées aux attitudes environnementales. Plus spécifiquement, le CAP pour améliorer la performance des STEPs augmente avec l'attitude environnementale mais cette dernière n'a pas d'impact sur la variation du CAP pour une campagne d'information visant les 3 familles de MPs domestiques. Cela ouvre la réflexion à de nombreuses questions de recherche qui s'articulent autour des enjeux théoriques et empiriques concernant l'impact de l'information sur les préférences et les consentements à payer des ménages pour soutenir une politique environnemental – l'hypothèse formulée dans la section II-2. Dans la deuxième vague de l'enquête, nous examinerons plus particulièrement cette question.

## ANNEXES

### 1. Périmètre d'étude

Classes de commune	Nom de commune	Code INSEE	Composition
Ville centre	Bordeaux	33063	133 522 ménages, soit 37%
Communes périphériques (27 communes)	Ambarès-et-Lagrave	33003	225 854 ménages, soit 63%
	Ambès	33004	
	Artigues-près-Bordeaux	33013	
	Bassens	33032	
	Bègles	33039	
	Blanquefort	33056	
	Bouliac	33065	
	Le Bouscat	33069	
	Bruges	33075	
	Carbon-Blanc	33096	
	Cenon	33119	
	Eysines	33162	
	Floirac	33167	
	Gradignan	33192	
	Le Haillan	33200	
	Lormont	33249	
	Martignas-sur-Jalle	33273	
	Mérignac	33281	
	Parempuyre	33312	
	Pessac	33318	
	Saint-Aubin-de-Médoc	33376	
	Saint-Louis-de-Montferrand	33434	
	Saint-Médard-en-Jalles	33449	
	Saint-Vincent-de-Paul	33487	
	Le Taillan-Médoc	33519	
	Talence	33522	
	Villeneuve-d'Ornon	33550	

## 2. Structure de l'échantillon par la méthode des quotas

Structure de l'échantillon par âge et sexe, suivant la méthode des quotas (tableau pour un échantillon de 500 chefs de ménage) :

		Population (INSEE, RP2013)				Échantillon		
		Hommes	%	Femmes	%	Hommes	Femmes	TOTAL
<b>Ensemble</b>		<b>79546</b>		<b>53976</b>		<b>111</b>	<b>75</b>	<b>186</b>
Ville centre	18 à 24 ans	12631	0.16	13 924	0.26	18	19	37
	25 à 39 ans	25 915	0.33	11 552	0.21	36	16	52
	40 à 54 ans	19 294	0.24	9 532	0.18	27	13	40
	55 à 64 ans	10 031	0.13	6 253	0.12	14	9	23
	65 ans et plus	11 675	0.15	12 715	0.24	16	18	34
<b>Ensemble</b>		<b>154674</b>		<b>71180</b>		<b>215</b>	<b>99</b>	<b>314</b>
Communes périphériques	18 à 24 ans	9359	0.06	7557	0.11	13	11	24
	25 à 39 ans	39926	0.26	12626	0.18	56	18	73
	40 à 54 ans	46353	0.30	17034	0.24	64	24	88
	55 à 64 ans	27422	0.18	11262	0.16	38	16	54
	65 ans et plus	31614	0.20	22701	0.32	44	32	76

## 3. Questionnaire (Vague 1)

Ce questionnaire est réalisé en ligne en partenariat avec OpinionWay

# REGARD

Réduire les micropolluants dans les cours d'eau de Bordeaux métropole : qu'en pensez-vous ?

« REGARD » signifie REduction et Gestion des micropolluAnts sur la métRopole borDelaise. C'est un programme de recherche scientifique qui étudie les micropolluants dans les eaux de la métropole bordelaise et dont le but est la protection et l'amélioration de la qualité de l'eau des milieux naturels de Bordeaux Métropole.

Dans ce cadre, nous cherchons à recueillir votre regard sur la question des micropolluants et connaître vos préférences sur la manière d'intervenir pour réduire leur présence dans les eaux urbaines de la métropole (cf. carte)

A VOUS DE JOUER !

Bordeaux Métropole



GEOLAB, Geofabrik GmbH, INSEE 2013  
Istex, 2017



- De 2461 à 2895 €/mois
- De 2896 à 3415 €/mois
- De 3416 à 4100 €/mois
- De 4101 à 5270 €/mois
- Supérieur à 5270 €/mois

## **PARTIE 2 - VOUS ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

**Q 7\*. Quel est votre degré d'accord ou de désaccord avec les énoncés suivants, sur une échelle de 1 à 5 ?**

**(1-Pas du tout d'accord, 2 Pas d'accord, 3 Je ne sais pas, 4 D'accord, 5 Tout à fait d'accord)**

- 1-Nous nous approchons du nombre limite de personnes que la terre peut nourrir
- 2- Les êtres humains ont le droit de modifier l'environnement naturel selon leurs besoins
- 3-Quand les êtres humains essaient de changer le cours de la nature cela produit souvent des conséquences désastreuses
- 4- L'ingéniosité humaine fera en sorte que nous ne rendrons pas la terre invivable
- 5-Les êtres humains sont en train de sérieusement malmener l'environnement
- 6-La terre posséderait une infinité de ressources naturelles si seulement nous savions comment en tirer mieux parti
- 7-Les plantes et les animaux ont autant le droit que les êtres humains d'exister
- 8-L'équilibre de la nature est assez fort pour faire face aux effets des nations industrielles modernes
- 9--Malgré des aptitudes particulières, les humains sont toujours soumis aux lois de la nature
- 10-La prétendue « crise écologique » qui guette le genre humain a été largement exagérée
- 11-La terre est comme un vaisseau spatial avec un espace et des ressources très limités
- 12-Les humains ont été créés pour gouverner le reste de la nature
- 13-L'équilibre de la nature est très fragile et facilement perturbé
- 14-Les humains vont un jour apprendre suffisamment sur le fonctionnement de la nature pour pouvoir le contrôler
- 15-Si les choses continuent au rythme actuel nous allons bientôt vivre une catastrophe écologique majeure

## **PARTIE 3- DES QUESTIONS SUR LES MICROPOLLUANTS**

**Q 8. Avez-vous déjà entendu parler des micropolluants de l'eau?**

- Oui et vous savez de quoi il s'agit
- Oui, mais vous ne savez pas de quoi il s'agit
- Non

**Q9- Sur une échelle de 1 à 5 (1-Pas du tout d'accord, 2 Pas d'accord, 3 Je ne sais pas, 4 D'accord, 5 Tout à fait d'accord), diriez-vous que les micropolluants sont :**

- De molécules chimiques qui ont un faible impact sur le milieu aquatique et les êtres vivants
- De molécules chimiques qui, même à très faible dose, sont dangereuses pour le milieu aquatique et les organismes vivants
- De molécules chimiques qui sont très vite éliminées par les processus naturels
- De molécules chimiques qui ne peuvent jamais être éliminées par les processus naturels
- Autres (à préciser).....

**Q10. Pour chacune des propositions suivantes, notez votre degré d'accord sur une échelle de 1 à 5 (1 étant le moins d'accord et 5 le plus d'accord) :**

**Les micropolluants sont surtout issus :**

- des rejets industriels
- des rejets des eaux usées domestiques
- des rejets des eaux pluviales
- des rejets agricoles
- des rejets des hôpitaux

**Q11. Priorisez sur une échelle de 1 à 5 (1 étant la moins priorisée et 5 la plus priorisée), chacune des propositions suivantes afin de limiter les pollutions des eaux de rivières sur Bordeaux métropole :**

Établir des nouvelles normes réglementaires pour l'usage des pesticides agricoles

Renforcer la vigilance vis-à-vis des rejets industriels

Rénover les réseaux de récupération des eaux pluviales

Envisager la modernisation des stations d'épuration des eaux usées d'ici quelques années

Sensibiliser le public à l'usage de nouveaux produits de consommation courante moins polluants

**Q12. Parmi la liste de produits de consommation courante suivante, cochez ceux qui, pour vous, contiennent des molécules chimiques présentant des dangers pour la santé humaine et celle des autres organismes vivants**

**Les produits cosmétiques et de soins corporels**

- Crème solaire
- Crème hydratante
- Produits de maquillage
- Dentifrice
- Savon
- Gel douche

**Les produits ménagers et de nettoyage**

- Lessive,
- Produits vaisselle
- Nettoyants sols
- WC

**Les produits pharmaceutiques**

- Paracétamol

- Ibuprofène
- Aspirine

**Q13. Qu'est ce qui, personnellement, vous aiderait à limiter la consommation de produits contenant des micropolluants ?**

**En premier....**

**En second....**

1. Un délai pour adopter des nouveaux réflexes
2. Un repérage plus facile des produits verts
3. Un choix plus large de produits
4. Une meilleure information d'une manière générale
5. La certitude que cela ne coûte pas plus cher
6. Le fait de savoir que les autres font la même chose
7. Ne sait pas

**Q14 Sur une échelle de 1 à 5 (1 étant le moins d'accord et 5 le plus d'accord) , diriez- vous que le grand public manque d'information sur :**

Les résultats des actions de la ville dans le domaine de l'eau

Ce qui peut être engagé collectivement

Les aspects pratiques et moyens d'actions individuelles

Les résultats des recherches scientifiques

#### **PARTIE 4 : COMMENT PRESERVER L'ETAT ECOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES MILIEUX AQUATIQUES ?**

Les analyses chimiques des cours d'eaux où se déversent les eaux usées domestiques après traitement ont détecté des traces de plusieurs micropolluants qui peuvent être associés à des produits du quotidien comme décrit dans le schéma qui suit :



Source : Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, Philippe Casse| Illustration Alain Robert

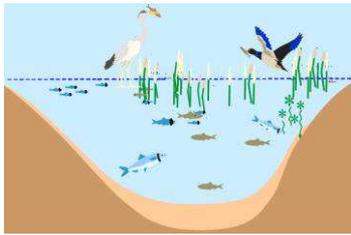
Afin de limiter voire réduire la présence de ces substances chimiques dans les cours d'eau de la métropole bordelaise, les pouvoirs publics réfléchissent à des scénarios d'actions qui vont combiner :

- des programmes de modernisation de la station de traitement des eaux usées (STEP) qui dessert votre commune pour éviter que certaines substances dangereuses partent dans les cours d'eau
- des programmes de sensibilisation du grand public, pour que chacun réduise l'usage de produits contenant des micropolluants, limitant ainsi leur présence dans les eaux usées.

Dans le cas d'une mise en place de tels programmes, il vous serait demandé de contribuer à leur financement, au travers d'une augmentation de la facture d'eau. Actuellement, une famille composée d'un couple avec 2 enfants paie en moyenne **179 €/an** pour le traitement de ses eaux usées.

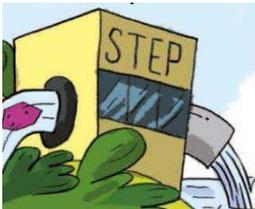
Afin d'aider la métropole à choisir les scénarios d'action à mettre en place, nous avons besoin de connaître vos préférences sur les différentes options possibles. Nous allons vous présenter différentes situations de choix qui décrivent **les résultats attendus de différentes actions hypothétiques. Vous devrez choisir le scénario que vous préférez.**

Chaque scénario comporte 5 attributs :



### 1. Etat écologique des milieux aquatiques

L'état écologique des milieux aquatiques se traduit par la présence des espèces floristiques et faunistiques, qui peuvent en partie et potentiellement être impactées par la présence des micropolluants dans les cours d'eau.



### 2. Les familles de micropolluants traités avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées

Les technologies de traitement peuvent être modernisées de manière à traiter 1, 2 ou 3 familles de micropolluants supplémentaires.



### 3. Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement

La nouvelle technologie de traitement pour les stations d'épuration des eaux usées pourrait être mise en place dans 5 ans, 10 ans, 20 ans ou jamais.



### 4. Les micropolluants ciblés par les campagnes de sensibilisation

Les campagnes de sensibilisation pour que chacun réduise l'usage de produits domestiques contenant ces micropolluants ciblent :



Les produits ménagers et de nettoyage : produits lessives, produits vaisselles, nettoyeurs des sols et des WC...



Les produits cosmétiques et de soins corporels : Crème solaire, Crème hydratant, dentifrice, savon, gel douche, shampooing...



Les produits pharmaceutiques : Paracétamol, Ibuprofène, Aspirine...



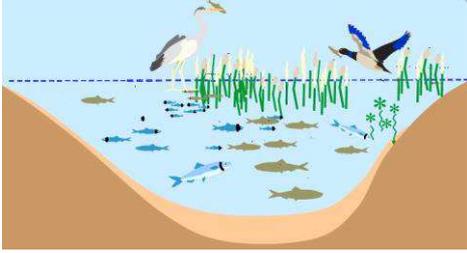
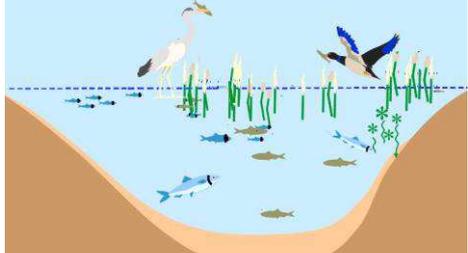
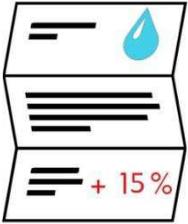
### 5. Augmentation de la facture d'eau annuelle

Une contribution financière vous serait demandée au travers de l'augmentation de la facture d'eau annuelle de 10 %, 15%, 20%, 25%, 30% ou 35% selon les scénarios d'action envisagés.

Quatre situations de choix successives vont vous être proposées. Merci d'indiquer à chaque fois le scénario qui vous satisfait le plus.

**Attention : Après avoir validé un choix de scénario, vous ne pourrez pas revenir en arrière**

[ Version 1 ] Q15\*. Quel est votre scénario préféré ?

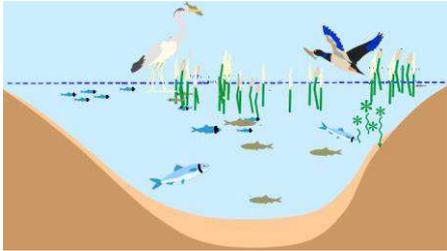
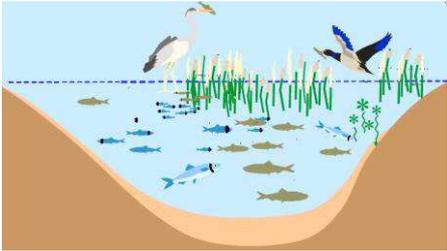
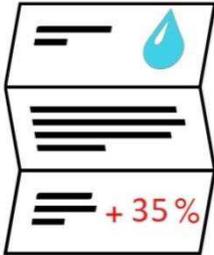
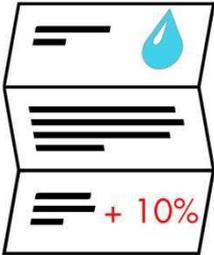
	Scénario A	Scénario B		
Etat écologique des milieux aquatiques	Très bon 	Bon 		
Le nombre de famille de micropolluants traité avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées				
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement			Ni Scénario A, ni scénario B	
Les produits domestiques ciblés par les campagnes de sensibilisation				
Augmentation de la facture d'eau annuelle				
Votre choix	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Vous venez de faire un choix.**

Q15.1\*. Vous avez trouvé : (Echelle de difficile à facile)

Q15.2\*. Vous avez choisi de façon : (Echelle de certaine à incertaine)

[ Version 1 ] Q16\*. Quel est votre scénario préféré ?

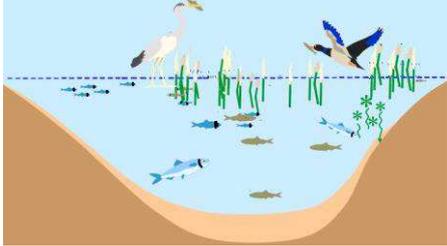
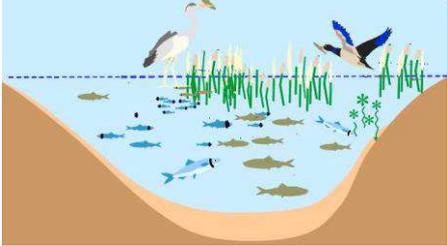
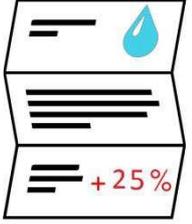
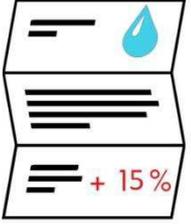
	Scénario A	Scénario B		
Etat écologique des milieux aquatiques	Bon 	Très bon 		
Le nombre de famille de micropolluants traité avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées				
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement			Ni Scénario A, ni scénario B	
Les produits domestiques ciblés par les campagnes de sensibilisation				
Augmentation de la facture d'eau annuelle				
Votre choix	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Vous venez de faire un choix.**

Q16.1\*. Vous avez trouvé : (Echelle de difficile à facile)

Q16.2\*. Vous avez choisi de façon : (Echelle de certaine à incertaine)

[ Version 1 ] Q17\*. Quel est votre scénario préféré ?

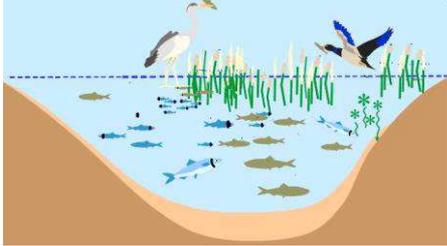
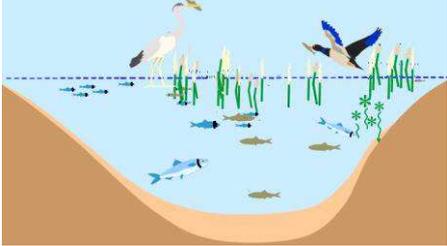
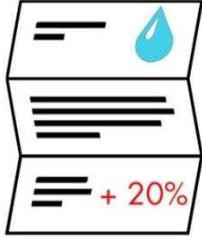
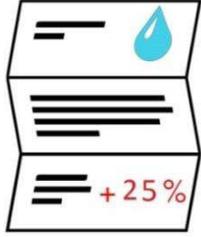
	Scénario A	Scénario B		
Etat écologique des milieux aquatiques	Bon 	Très bon 		
Le nombre de famille de micropolluants traité avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées				
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement			Ni Scénario A, ni scénario B	
Les produits domestiques ciblés par les campagnes de sensibilisation				
Augmentation de la facture d'eau annuelle				
Votre choix	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Vous venez de faire un choix.**

**Q17.1\* . Vous avez trouvé : (Echelle de difficile à facile)**

**Q17.2\* . Vous avez choisi de façon : (Echelle de certaine à incertaine)**

[ Version 1 ] Q18\*. Quel est votre scénario préféré ?

	Scénario A	Scénario B		
Etat écologique des milieux aquatiques	Très bon 	Bon 		
Le nombre de famille de micropolluants traité avec la modernisation de station d'épuration des eaux usées				
Délai de mise en place de la nouvelle technologie de traitement			Ni Scénario A, ni scénario B	
Les produits domestiques ciblés par les campagnes de sensibilisation				
Augmentation de la facture d'eau annuelle				
Votre choix	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Vous venez de faire un choix.**

**Q18.1\* . Vous avez trouvé : (Echelle de difficile à facile)**

**Q18.2\* . Vous avez choisi de façon : (Echelle de certaine à incertaine)**

**Q19\*.** Vous avez choisi « Ni scénario A, ni scénario B » pour quelle raison ?(Uniquement pour les répondants qui ont choisi au moins une fois l'option « Ni le A, ni le B » parmi les 4 choix précédents de Q14 à Q17)

- Je ne pense pas que les scénarios d'action présentés seront efficaces
- Je ne pense pas avoir les moyens de payer plus
- Je ne me sens pas vraiment concerné(e) par le problème des micropolluants
- C'est aux pouvoirs publics de trouver de nouveaux financements pour ces actions
- Ce sont surtout les industriels et les agriculteurs qui sont à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau
- Je pense que les micropolluants ne présentent pas vraiment de danger pour le milieu aquatique
- Le bénéfice de cette politique n'est pas prioritaire
- Je n'ai pas eu l'information suffisante pour faire mon choix
- Autres (à préciser) :.....

**Q20.** Bordeaux Métropole compte actuellement 760.933 habitants et vise le million d'habitants d'ici 2030. Selon vous, l'objectif de zéro micropolluant de source domestique dans les cours d'eau est-il atteignable à cette date :

**19.1 Sans l'amélioration des stations d'épuration ?**

- Je ne sais pas
- Non pas du tout
- Non probablement pas
- Probablement oui
- Oui c'est sûr

**19.2 Avec juste l'effort de tout un chacun ?**

- Je ne sais pas
- Non pas du tout
- Non probablement pas
- Probablement oui
- Oui c'est sûr

## **PARTIE 5- TERMINONS PAR DES QUESTIONS SUR VOTRE LOGEMENT**

**\*Dans quelle commune habitez-vous ?**

**Q 21.** Depuis combien de temps vivez-vous dans cette commune ?

- Moins de deux ans
- Entre 2 et 5 ans
- Entre 5 et 10 ans
- 10 ans ou plus

**Q22. Si vous deviez noter sur une échelle de 1 à 10 (1 étant le moins impliqué et 10 le plus impliqué), votre implication dans la vie de votre quartier, vous noterez ....**

.....

**Q23. Concernant votre logement principal, êtes-vous...**

- Propriétaire
- Locataire
- Occupant à titre gratuit

**Q24. Vous vivez...**

- Dans un appartement
- Dans une maison

**Q25. Avez-vous un balcon/terrasse/jardin dans votre logement ?**

Oui  / Non

**Q26. De combien de pièces se compose votre logement (en comptant seulement salon, salle à manger et chambres) ? |\_\_\_\_|**

**Q27. Combien de sanitaires avez-vous dans votre logement ?**

Douche |\_\_\_\_|

Baignoire |\_\_\_\_|

Lavabo |\_\_\_\_|

Cabinet de toilette |\_\_\_\_|

**Q28. Votre domicile est-il relié à un réseau d'assainissement :**

- Collectif (« tout à l'égout »)
- Autonome (« fosse septique »)
- Je ne sais pas

**Q29. Connaissez-vous le montant de votre facture d'eau pour une année ?**

Oui  / Non

Si Oui, précisez le montant (en €) ?.....

**Q30. Pouvez-vous donner votre adresse postale ? Ou à défaut seulement le nom de votre rue d'habitation ?\***

-----

(\* ) L'information sur votre adresse postale sera utilisée à des fins de recherche purement scientifique. Elle restera strictement confidentielle.

**Si vous avez des commentaires, vous pouvez les indiquer ici**

MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION

## BIBLIOGRAPHIE

- Aldrich, G. A., Grimsrud, K. M., Thacher, J. A., & Kotchen, M. J. (2007). Relating environmental attitudes and contingent values: how robust are methods for identifying preference heterogeneity?. *Environmental and Resource Economics*, 37(4), 757.
- Alvarez-Farizo, B., Hanley, N., Barberan, R., & Lazaro, A. (2007). Choice modeling at the “market stall”: Individual versus collective interest in environmental valuation. *Ecological economics*, 60(4), 743-751.
- Ajzen, I., Brown, T. C., & Rosenthal, L. H. (1996). Information bias in contingent valuation: effects of personal relevance, quality of information, and motivational orientation. *Journal of environmental economics and management*, 30(1), 43-57.
- Baker, R., & Ruting, B. (2014). *Environmental policy analysis: a guide to non-market valuation*. Productivity Commission.
- Barr, S., & Gilg, A. (2006). Sustainable lifestyles: Framing environmental action in and around the home. *Geoforum*, 37(6), 906-920.
- Bartczak, A. (2015). The role of social and environmental attitudes in non-market valuation: an application to the Białowieża Forest. *Forest Policy and Economics*, 50, 357-365.
- Bech, M., & Gyrd-Hansen, D. (2005). Effects coding in discrete choice experiments. *Health economics*, 14(10), 1079-1083.
- Bennett, J., & Adamowicz, V. (2001). Some fundamentals of environmental choice modelling. *The choice modelling approach to environmental valuation*, 37-69.
- Birol, E., Koundouri, P., & Kountouris, Y. (2009). Assessing the economic viability of alternative water resources in water scarce regions: the roles of economic valuation, cost-benefit analysis and discounting. *Ecological Economics*, 69, 839-847.
- Birol, E., & Das, S. (2010). Estimating the value of improved wastewater treatment: The case of River Ganga, India. *Journal of Environmental Management*, 91(11), 2163-2171.
- Brown, T. C. (2003). Introduction to stated preference methods. *A primer on nonmarket valuation*, 99-110.
- Burkhardt-Holm, P. (2011). Linking water quality to human health and environment: The fate of micropollutants. *Inst. Water Policy Natl. Univ. Singapore*, 1-62.
- Dachary-Bernard, J., & Rambonilaza, T. (2012). Choice experiment, multiple programmes contingent valuation and landscape preferences: How can we support the land use decision making process?. *Land Use Policy*, 29(4), 846-854.
- Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G., & Jones, R. E. (2000). New trends in measuring environmental attitudes: measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised NEP scale. *Journal of social issues*, 56(3), 425-442.

- Eggen, R. I., Hollender, J., Joss, A., Schärer, M., & Stamm, C. (2014). Reducing the discharge of micropollutants in the aquatic environment: the benefits of upgrading wastewater treatment plants.
- Franco, D., & Luiselli, L. (2014). Shared ecological knowledge and wetland values: A case study. *Land Use Policy*, 41, 526-532.
- Genius, M., Menegaki, A. N., & Tsagarakis, K. P. (2012). Assessing preferences for wastewater treatment in a rural area using choice experiments. *Water Resources Research*, 48(4).
- Hanley, N., MacMillan, D., Wright, R. E., Bullock, C., Simpson, I., Parsisson, D., & Crabtree, B. (1998). Contingent valuation versus choice experiments: estimating the benefits of environmentally sensitive areas in Scotland. *Journal of agricultural economics*, 49(1), 1-15.
- Hirshleifer, J., & Riley, J. G. (1992). *The analytics of uncertainty and information*. Cambridge University Press.
- Hole, A. R. (2007). Estimating mixed logit models using maximum simulated likelihood. *Stata Journal*, 7(3), 388-401.
- Holmes, T. P., & Adamowicz, W. L. (2003). Attribute-based methods. *A primer on nonmarket valuation*, 171-219.
- Johnson, C. Y., Bowker, J. M., & Cordell, H. K. (2004). Ethnic variation in environmental belief and behavior: An examination of the new ecological paradigm in a social psychological context. *Environment and behavior*, 36(2), 157-186.
- Kidd, K. A., Blanchfield, P. J., Mills, K. H., Palace, V. P., Evans, R. E., Lazorchak, J. M., & Flick, R. W. (2007). Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(21), 8897-8901.
- Kragt, M. E., & Bennett, J. W. (2011). Using choice experiments to value catchment and estuary health in Tasmania with individual preference heterogeneity. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 55(2), 159-179.
- Kotchen, M. J., & Reiling, S. D. (2000). Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: a case study involving endangered species. *Ecological Economics*, 32(1), 93-107.
- Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of political economy*, 74(2), 132-157.
- Logar, I., Brouwer, R., Maurer, M., & Ort, C. (2014). Cost-benefit analysis of the Swiss national policy on reducing micropollutants in treated wastewater. *Environmental science & technology*, 48(21), 12500-12508.

- Logar, I., & Brouwer, R. (2017). The effect of risk communication on choice behavior, welfare estimates and choice certainty. *Water resources and economics*, 18, 34-50.
- Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2000). *Stated choice methods: analysis and applications*. Cambridge university press.
- McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.
- Milon, J. W., & Scrogin, D. (2006). Latent preferences and valuation of wetland ecosystem restoration. *Ecological Economics*, 56(2), 162-175.
- Mogas, J., Riera, P., & Bennett, J. (2006). A comparison of contingent valuation and choice modelling with second-order interactions. *Journal of Forest Economics*, 12(1), 5-30.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2010). Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost–benefit analysis. *Science of the Total Environment*, 408(20), 4396-4402.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2011). Cost–benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: a case study for Spanish wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 92(12), 3091-3097.
- Ndunda, E. N., & Mungatana, E. D. (2013). Evaluating the welfare effects of improved wastewater treatment using a discrete choice experiment. *Journal of environmental management*, 123, 49-57.
- Pouta, E. (2004). Attitude and belief questions as a source of context effect in a contingent valuation survey. *Journal of Economic Psychology*, 25(2), 229-242.
- Rambonilaza, M., & Dachary-Bernard, J. (2007). Land-use planning and public preferences: What can we learn from choice experiment method?. *Landscape and urban planning*, 83(4), 318-326.
- Rambonilaza, T., & Brahic, E. (2016). Non-market values of forest biodiversity and the impact of informing the general public: Insights from generalized multinomial logit estimations. *Environmental Science & Policy*, 64, 93-100.
- Rose, J. M., & Bliemer, M. C. (2009). Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews*, 29(5), 587-617.
- Rousu, M., Huffman, W. E., Shogren, J. F., & Tegene, A. (2007). Effects and value of verifiable information in a controversial market: evidence from lab auctions of genetically modified food. *Economic Inquiry*, 45(3), 409-432.
- Ryan, M., & Wordsworth, S. (2000). Sensitivity of willingness to pay estimates to the level of attributes in discrete choice experiments. *Scottish Journal of Political Economy*, 47(5), 504-524.

- Salles, D. (2009). Environnement : la gouvernance par la responsabilité?. [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, (6).
- Samuelson, P. A. (1948). Consumption theory in terms of revealed preference. *Economica*, 15(60), 243-253.
- Schleyer-Lindenmann, A., Dauvier, B., Ittner, H., & 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.
- Sevenant, M., & Antrop, M. (2010). The use of latent classes to identify individual differences in the importance of landscape dimensions for aesthetic preference. *Land Use Policy*, 27(3), 827-842.
- Spash, C. L. (1997). Ethics and environmental attitudes with implications for economic valuation. *Journal of Environmental Management*, 50(4), 403-416.
- Suziana, H. (2017). Environmental attitudes and preference for wetland conservation in Malaysia. *Journal for Nature Conservation*, 37, 133-145.
- Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of environmental psychology*, 29(3), 309-317.
- Stigler, G. J. (1961). The economics of information. *Journal of political economy*, 69(3), 213-225.
- Stithou, M., Hynes, S., Hanley, N., & Campbell, D. (2013). Estimating the value of achieving "Good Ecological Status" in the Boyne River Catchment in Ireland using choice experiments. *The Economic and Social Review*, 43(3, Autumn), 397-422.
- Thapa, B. (1999). Environmentalism: The relation of environmental attitudes and environmentally responsible behaviors among undergraduate students. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 19(5), 426-438.
- Thapa, B. (2010). The mediation effect of outdoor recreation participation on environmental attitude-behavior correspondence. *The Journal of Environmental Education*, 41(3), 133-150.
- Tirole, J. (2006). Incentives and prosocial behavior. *The American economic review*, 96(5), 1652-1678.
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.
- Woldemariam, G., Seyoum, A., & Ketema, M. (2016). Residents' willingness to pay for improved liquid waste treatment in urban Ethiopia: results of choice experiment in Addis Ababa. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(1), 163-181.



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 4 : SUIVI ET EVALUATION MULTICRITERES DES SOLUTIONS DE REDUCTION

## TACHE 4.3 EVALUATION SOCIETALE

**Livrable n°433 : document préparatoire à un débat public sur la question de la pollution des milieux aquatiques par les micropolluants et l'innovation sociétale**

**Version finale**  
Novembre 2019

Auteurs : Julia Barrault,

université  
de BORDEAUX



Université  
BORDEAUX  
MONTAIGNE

BORDEAUX  
MÉTROPOLE

suez  
le lyre

suez INERIS

irstea

CAP SCIENCES  
Eau et Environnement



## Table des matières

<i>Introduction</i> .....	4
<i>1. Bien cerner le ou les objectifs poursuivis</i> .....	5
<i>2. Les différentes options méthodologiques</i> .....	6
<i>3. Qui pour prendre la parole ?</i> .....	10
<i>4. Propositions sur le contenu et le déroulé d'un débat public sur les micropolluants dans les eaux urbaines</i> .....	12
<i>Conclusion &amp; Discussion</i> .....	14

## Introduction

Les travaux du projet REGARD l'ont démontré, l'implication de tous les acteurs et notamment des citoyens, dans la réduction des flux de micropolluants, à quelque échelle que ce soit, est indispensable et déterminante. Dès lors se pose la question de la manière de les impliquer, à grande échelle, dans l'objectif final de susciter chez eux à la fois prise de conscience et changements concrets. On sait également que **sans information, sans compréhension des enjeux**, et dans le cas de sujets peu voire pas encadrés par des normes et réglementations (sans levier coercitif donc), les changements ne s'inscrivent souvent pas dans la durée. Puisque c'est de responsabilisation individuelle qu'il s'agit, elle ne pourra advenir que **si on fournit aux citoyens les moyens de cette responsabilisation, moyens cognitifs et pratiques**.

De façon plus générale, les injonctions environnementales imposées par la transition écologique risquent, sans le développement d'une démocratie plus participative, de conduire à un mode de gouvernement autoritaire dominé par des experts, des « sachants » imposant leur vision aux « citoyens ordinaires ». La participation encourage une transparence de l'expertise garante de son pluralisme. Elle permet une prise de conscience collective des enjeux en faveur de l'environnement et donc de l'intérêt à les poursuivre. C'est dans cet esprit que nous avons souhaité approcher, dans ce livrable, ce qui nous apparaît comme **le préalable** à une participation citoyenne sur la question de la gestion des micropolluants à l'échelle d'une métropole : la mise en débat, en discussion des résultats de recherche et des pistes de solutions soulevées.

Il ne sera en effet pas question ici de tous les moyens à disposition aujourd'hui (dont aucun est miraculeux et qu'il s'agit de mixer pour obtenir les résultats les plus efficaces) pour encourager les individus à faire évoluer leurs pratiques afin de rejeter le moins de micropolluants possibles ; ces aspects ayant d'ailleurs fait l'objet de plusieurs livrables (...).

Nous nous focaliserons ici sur un des moyens de responsabilisation que nous évoquons plus haut, qui consiste à partager des informations, en discuter, les mettre en débat, donner des clés aux citoyens pour se les approprier afin, éventuellement, et en donnant le relais à d'autres méthodes (plutôt fondées sur l'engagement et l'accompagnement au changement celles-ci), de **rendre performative ces informations** et donc qu'elles débouchent sur des changements dans la vie des citoyens.

Par ailleurs, cette transmission d'informations, cette mise en débat ou en discussion apparaît fondamental sur un sujet comme celui des micropolluants, tant à cause de sa **complexité** (scientifique, technique notamment) que de l'**actualité des enjeux** qu'ils portent : environnementaux et sanitaires. Ces dernières années et ces derniers mois ont vus se propager à l'ensemble des sphères de la société, en France comme à l'international, les préoccupations, pour ne pas dire les angoisses environnementales avec en tête de pont l'urgence climatique, largement portée par les mobilisations d'ampleur de la jeunesse. Ce contexte constitue à notre avis à la fois un **momentum** pour parler de micropolluants, de leur omniprésence, de leurs effets et des possibilités qui s'ouvrent à nous (en tant que Société) pour en atténuer les effets sur l'environnement, la biodiversité et la santé humaine mais également un **risque** qu'il faut mesurer et tenter d'encadrer au mieux.

En effet, si débattre collectivement de la problématique de nos « polluants du quotidien » et imaginer, tout aussi collectivement, des solutions est important, les risques d'une telle mise en débat doivent être envisagés **sans qu'ils soient vus comme un frein ou une raison de ne pas aller au-devant des citoyens**.

Une partie de ces risques sont d'ailleurs inhérents à toute instance de concertation ou d'information publique, sur quelque sujet que ce soit. Mais il est vrai que les sujets environnementaux sont si présents aujourd'hui, et les attentes sont si fortes de la part des citoyens pour que les institutions et les décideurs se saisissent des problèmes et agissent, que des précautions s'imposent pour aborder la question des micropolluants le plus sereinement possible. Ainsi cela ne doit conduire ni à brider les citoyens, ni à laisser cette arène de débat se transformer en règlement de compte public ou être « récupérée » par des organisations qui pourraient inhiber la parole citoyenne directe. Si toutes les voix doivent être entendues avec la même attention et le même respect, la forme a son importance et elle doit être cadrée.

Nous allons imaginer, dans les pages qui suivent, **comment pourrait s'organiser** un tel débat citoyen ou telle participation citoyenne à l'échelle d'une métropole comme Bordeaux qui a été le théâtre de 4 années intensives de recherche et d'innovation sur la question des micropolluants, impliquant déjà de nombreuses personnes et organisations qu'il s'agira de remobiliser ; et **comment pourraient être abordées** les questions soulevées et les réponses apportées par le projet dans le cadre d'une telle organisation.

## 1. Bien cerner le ou les objectifs poursuivis

Selon les objectifs poursuivis, la méthode de « participation », de « concertation » avec le grand public/les habitants d'une ville ou d'un quartier, à concevoir est différente. Il s'agit donc ici de bien cerner l'objectif principal et éventuellement les objectifs secondaires de la mise en débat des résultats, ou du moins d'une partie (à sélectionner), des résultats.

Les différents objectifs peuvent être les suivants, plusieurs peuvent être recherchés de façon concomitante :

- Donner des informations plus ou moins expertes sur une problématique
- Mobiliser le plus largement autour de la question, notamment les publics dits « éloignés » qui ont peu d'accès aux décideurs ou n'osent pas s'exprimer
- Sensibiliser à la complexité d'une question sensible
- Associer le plus grand nombre à une réflexion, à un projet commun
- Imaginer, collectivement, des solutions à un problème
- Favoriser le dialogue et susciter des échanges constructifs entre participants, entre experts et participants sur un sujet controversé
- Susciter des engagements de la part des participants
- Faire la preuve de l'intérêt et de l'engagement de l'organisateur dans la cause présentée

Pour appliquer ces objectifs à un projet de débat/discussion sur les micropolluants, et d'après les résultats des travaux, notamment menés dans REGARD sur la source domestique, les enjeux globaux, il nous semble particulièrement intéressant de retenir trois objectifs :

- celui de **sensibiliser les citoyens à la complexité** de la question des micropolluants (répartition des responsabilités, incertitudes scientifiques sur les effets, principe de précaution, inégalités sociales devant l'accès à l'information et aux solutions alternatives...);
- celui de favoriser le dialogue et de **susciter des échanges** constructifs entre participants, entre experts et participants sur ce sujet où les **controverses** scientifiques, techniques, politiques sont nombreuses ;
- et celui de chercher, en creux, à **susciter des échanges autour des possibilités d'actions collectives et individuelles** qui existent pour résoudre les problèmes exposés.

## 2. Les différentes options méthodologiques

Si nous avons proposé dans le montage du projet REGARD de réfléchir aux modalités de mise en œuvre d'un « débat public », nous choisissons ici d'ouvrir à d'autres techniques de concertation, d'implication, de participation des citoyens, notamment une dont l'actualité est intéressante : le panel citoyen, et une seconde qui relève davantage d'implication et d'animation de communautés qui nous semble particulièrement intéressante, et ce d'autant que c'est une initiative originale en cours de démarrage sur Bordeaux Métropole.

Par ailleurs, il faut préciser que ces différentes « techniques » peuvent être déployées à **différentes échelles** : d'un « évènement » unique, métropolitain, qui réunisse des citoyens et des acteurs associatifs à grande échelle, à de nombreux « évènements » dans les communes voire les quartiers, un peu sur le modèle de l'exposition itinérante qui va à la rencontre de son public, voire à l'échelle de communautés (existantes ou à « créer »).

Les deux premières formes sont plutôt classiques mais non moins pertinentes. Elles sont également plutôt descendantes même si la parole citoyenne est présente et encouragée. Elles sont moins là pour générer de l'action que pour informer et donc préparer l'action.

- Le « **débat public** » consiste en une manière d'impliquer un plus grand groupe dans la discussion d'un plus petit groupe (5 à 8 débattants). Il permet à tous d'entendre, en très peu de temps et d'une manière incarnée, l'ensemble des angles de vue sur une question.  
Cette technique a de multiples fois démontré son efficacité, notamment pour faire évoluer des comportements et faire bouger les lignes là où les grandes messes descendantes échouent le plus souvent.  
Certaines discussions abordées lors d'un « débat public » sont proposées pour diffuser des informations, des conseils et ne requièrent pas nécessairement des points de vue différents.
- La « **réunion publique** » est une démarche participative intervenant généralement dans le cadre d'une concertation publique. Elle rassemble deux types d'acteurs : les décideurs publics instigateurs d'un projet et les citoyens que celui-ci touche directement dans leur vie quotidienne. Elles donnent aux citoyens la possibilité de s'exprimer devant les décideurs publics qui peuvent ainsi compléter leurs informations et intégrer les demandes qui s'expriment. La réunion publique n'intervient généralement que lorsqu'un projet est déjà initié et que la participation des citoyens

est requise pour développer le projet ou pour le légitimer. Ce procédé est plus « descendant » que le débat public qui, lui, peut être décorrélé d'un projet déjà relativement circonscrit.

Ces deux dernières formes d'implication des citoyens sont très différentes et même si on s'éloigne ici de la forme habituelle du débat public, nous estimons pertinent d'ouvrir d'autres pistes, moins conventionnelles et qui nous apparaissent mieux « coller » avec les aspirations et les enjeux actuels. Elles sont, pour leur part, plus orientées vers l'action et notamment l'intelligence collective pour aboutir à des solutions qui rencontrent la « réalité de terrain ».

- Le **panel citoyen**, à l'image de ce qui se déroule actuellement sur la Convention pour le climat. C'est une nouvelle forme de débat public, qui a déjà été mise en exercice dans des pays comme l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne, la Suisse et pour la première fois en 2001, la Belgique. Ce processus est employé pour débattre de questions complexes, comme celles d'environnement, de développement durable, de bioéthique, etc.  
Pratiquement, un groupe de citoyens est tiré au sort pour donner son avis sur une question d'intérêt public. Cet avis est censé être pris en compte lors des débats parlementaires et les processus de décision sur la question. Pour pouvoir rendre un avis argumenté et réfléchi, le groupe de citoyens, profane en la matière, s'informe - de manière aussi complète que possible - et se forme sur le sujet, en se confrontant à diverses personnes ressources.  
L'intérêt de cette opération se trouve tout d'abord dans le souci de redonner au simple citoyen son rôle, sa place et le droit qui lui revient - par définition - de participer au processus de prise de décisions. Les expériences de ce type menées jusqu'à présent montrent que les participants se sentent fiers d'avoir été consultés, d'avoir donné leur avis, d'avoir participé à la prise de décisions... Il s'agit ensuite d'une démarche réellement formatrice pour ce groupe d'adultes, non-spécialistes, qui ont participé à l'opération. Du point de vue de l'apprentissage des concepts et des données relatifs au sujet débattu, il s'agit toutefois d'une première initiation à des questions complexes, où l'enjeu se trouve dans l'interaction entre facteurs économiques, environnementaux et sociaux-politiques. Cette initiation donne l'envie d'apprendre plus. Et le rôle éducatif de l'expérience se trouve aussi dans le développement d'une attitude responsable à l'égard de la gestion des questions publiques, qui, on peut espérer, continuera à s'exercer dans la vie quotidienne des participants.
- La « **mobilisation de communauté(s)** » est une option différente mais non moins intéressante. Elle peut passer par différents moyens : l'animation sur les réseaux sociaux, les challenges, les jeux, la mise en réseau d'initiatives... dans le but final de rendre les citoyens directement « acteurs » du changement. Cette initiative aurait des intérêts multiples, grâce à l'interaction constante entre la collectivité et ses administrés. Des actions seraient mises en place et testées par les citoyens, qui bénéficieraient par la même occasion d'informations (générales ou scientifiques), de conseils, de guides provenant de la collectivité. Dans le même temps, cette dernière bénéficierait des retours d'expérience en direct, provenant directement du « terrain », sur ce qui fonctionne ou ne fonctionne pas, et pourrait donc adapter sa stratégie en temps réel. Bordeaux Métropole démarre actuellement une démarche appelée « passeport écocitoyen » qui apparaît pertinente pour initier, au niveau des quartiers, des discussions et des actions relevant de problématiques environnementales dans lesquelles les micropolluants pourraient tout à fait

trouver une place. D'un point de vue environnemental, plusieurs thématiques peuvent être abordées pour permettre aux citoyens de réduire leur impact : énergie, déchets, transports, eau... A l'échelle d'une communauté, il semble primordial de ne pas traiter ces sujets séparément mais bien de les inclure dans une **démarche environnementale globale**, afin de mobiliser le plus efficacement possible les citoyens. Ceci présente un intérêt double : d'une part, mutualiser les flux d'informations et ne pas donner une impression de multiplicité dans les démarches qui pourraient avoir un effet décourageant et contre-productif. D'autre part, beaucoup d'actions sont transversales vis-à-vis de ces thématiques (réduire ses émissions de micropolluants peut par exemple permettre de réduire ses déchets), ce qui diminue d'autant plus l'intérêt de les aborder de manière compartimentée.

### **Zoom sur les communautés**

Le terme communauté est polyvalent : d'un lien très faible (type voisinage) à un lien très fort (communautarisme), d'une construction stable, pérenne, quasi unique (communauté villageoise) à des regroupements éphémères, labiles, multiples (communautés virtuelles).

Malgré cela, on peut tenter une définition « contemporaine » de la communauté : c'est une construction symbolique (un système de valeurs, de normes et un code moral), qui fournit aux membres d'un groupe le sens d'une identité commune et un répertoire d'actions commun. Cela induit deux idées : les membres du groupe ont quelque chose en commun, et ce qui les rapproche les différencie d'une manière significative des autres.

Les communautés ont des configurations variées, plus ou moins saillantes, mais que l'on peut regrouper en quelques caractéristiques principales (détaillées dans le schéma ci-dessous).

Selon les champs où elles interviennent, elles peuvent être associées à des perceptions positives, négatives ou ambiguës. Par exemple, en France, les communautés religieuses sont souvent associées au communautarisme, perçu négativement parce qu'enfermant, alors qu'en entreprise, on tend plutôt à encourager la formation de communautés professionnelles, et Internet donne un champ de perception très ambivalent sur les « communautés virtuelles ». C'est une des lignes de tension principales de ce phénomène social : jusqu'où unissent-elles, quand commencent-elles à fragmenter ?

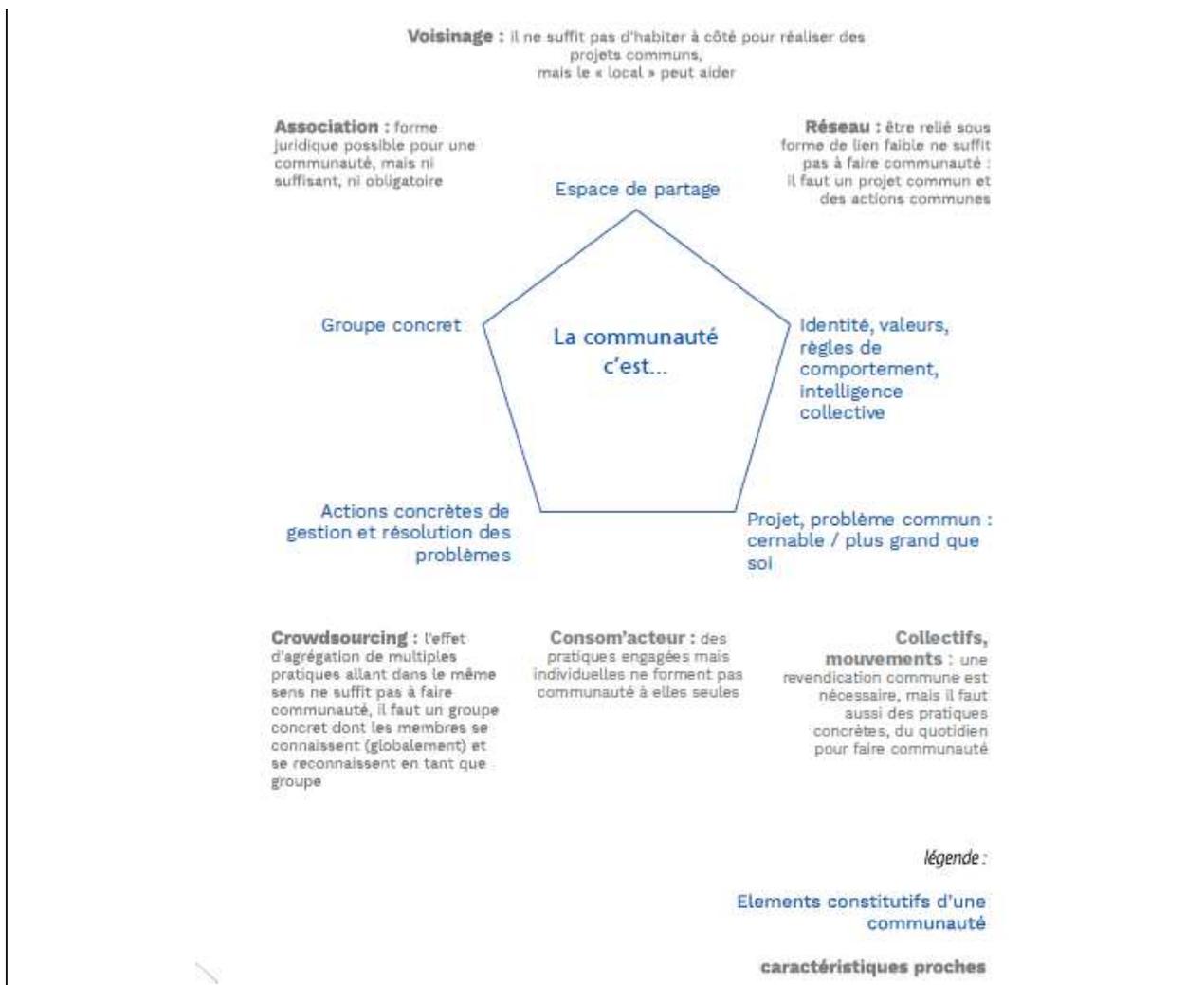


Figure 1-Définition communauté. Source : Le Labo des tendances, Pulse EDF Explorer, 2019

Le projet de « mobilisation des citoyens sur les dispositifs environnementaux », autrement appelé « passeport écocitoyen » et initié par la métropole de Bordeaux, vise à coordonner l'ensemble des propositions tournées vers le citoyen considéré globalement ou par cible (enfants, étudiants, actifs, personnes âgées, ...) et procéder à une mise en cohérence des dispositifs existants à l'échelle métropolitaine (expérimentation Familles EAU Défi du projet REGARD, Familles à Energie positive, Familles Zéro déchets). Sa finalité est claire : mieux accompagner les citoyens dans leurs changements de comportement et également « capter » ceux qui s'intéressent à un domaine (biodiversité par exemple) et les inciter à s'engager dans d'autres domaines (rénovation, ENR, déchets, eau, mobilité...). C'est à cet égard que nous parlons ici de « communautés d'utilisateurs ». Pour le citoyen, il s'agit de proposer un outil valorisant et ludique à travers la mise en place d'un passeport dont les pages retracent un parcours intégré relevant du développement durable et sur lequel il collectionnera les tampons attestant des actions réalisées pour changer son comportement et améliorer son quotidien.

Une réunion publique ou débat public tel que nous le décrivons dans ces pages pourrait être envisagé comme lancement de cette initiative.

### 3. Qui pour prendre la parole ?

Que ce soit dans le cadre d'un débat public (classique ou de type panel citoyen), d'une réunion publique ou dans l'animation et la conduite d'initiatives plus locales, il faut démarrer par une ou des prises de parole (live ou via des vidéos) qui poseront le contexte, les éléments de base et préciseront les modalités de l'implication ou de l'intervention des citoyens. Or, **la question de cette prise de parole et surtout de QUI prend la parole n'est pas neutre**. Nous vivons, depuis plusieurs années déjà mais avec un renforcement certain, une **crise de l'intérêt général, de la confiance et de la légitimité** des décisions publiques et des acteurs. Cette dernière affecte tous les acteurs décisionnels, qu'ils soient politiques, administratifs et scientifiques, dans un contexte global fait d'incertitudes, voire de risques de toutes natures, alimentant le scepticisme des citoyens à l'égard d'acteurs autrefois considérés comme infaillibles : savants, experts, ingénieurs, politiques, journalistes...

Selon une étude d'Ipsos réalisée pour l'Argus Presse, c'est aux **associations de défense de consommateurs** que les Français font le plus confiance quand ils prennent la parole publiquement (88 %) suivis des **scientifiques** (84 %) puis des petites et moyennes entreprises (76 %). Inversement, c'est aux hommes et femmes politiques que les Français font le moins confiance (89 % des Français n'ont pas confiance lorsqu'ils prennent la parole publiquement) puis au Gouvernement (82 %) et au Président de la République (79 %).

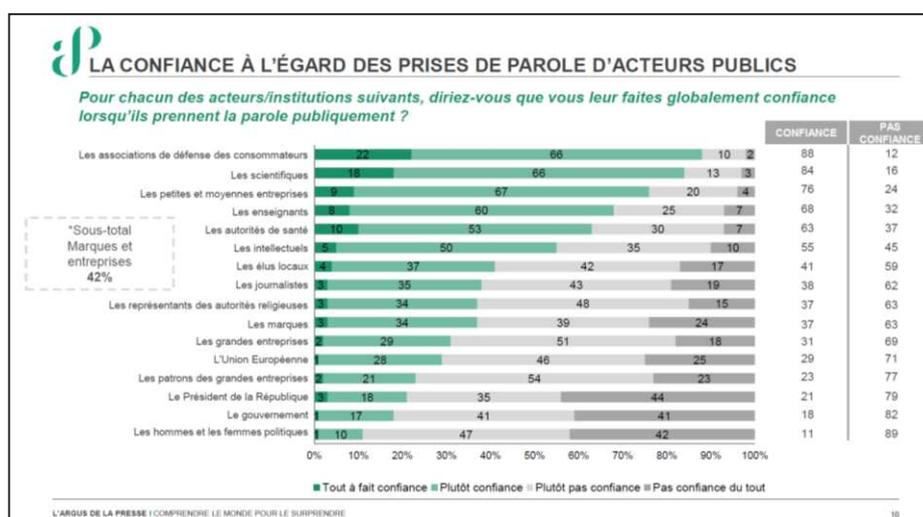


Figure 2 - Extrait de Ipsos (2018) La confiance des Français à l'égard la parole publique

Par ailleurs, **les citoyens font avant tout confiance aux citoyens pour trouver des solutions aux problèmes qui se posent aujourd'hui dans la société française** (52 %) puis aux chercheurs et intellectuels (27 %). L'État n'arrive qu'en quatrième position (12 %) derrière les entreprises (21 %). S'en suivent l'Union Européenne (10 %), les ONG (8 %) puis les représentants des religions (3 %). Selon cette même étude, lorsque les Français envisagent d'acheter un nouveau produit, ils attachent de l'importance d'abord à l'avis des proches (82 %), aux labels et certifications (77 %) puis aux témoignages des consommateurs (75 %).

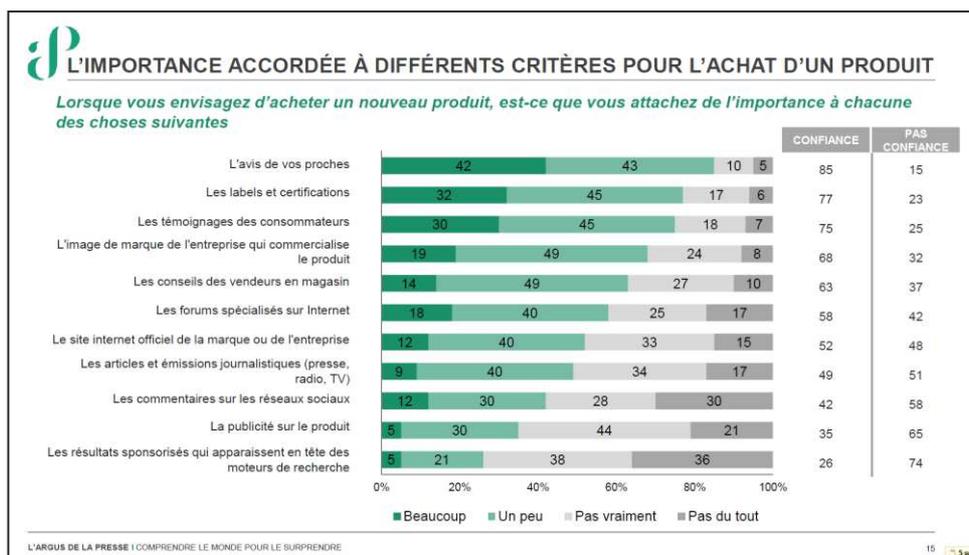


Figure 3-Extrait de Ipsos (2018) La confiance des Français à l'égard la parole publique

Ainsi, si on souhaite que la parole soit entendue, légitime et crédible, il semble important de la faire porter, du moins en partie par des représentants d'associations et d'ONG, des scientifiques et des usagers eux-mêmes. Grâce aux 4 années de recherche sur le territoire bordelais avec REGARD, le réseau d'acteurs est tel que parmi eux, il serait aisé de trouver des personnes avec ces statuts pour venir s'exprimer sur les questions soulevées et les réponses apportées par le projet. Un **mix des orateurs** illustre par ailleurs une des philosophies du projet, reprise d'ailleurs dans un des panneaux de l'exposition itinérante « **Tous acteurs. Tous pollueurs** ».

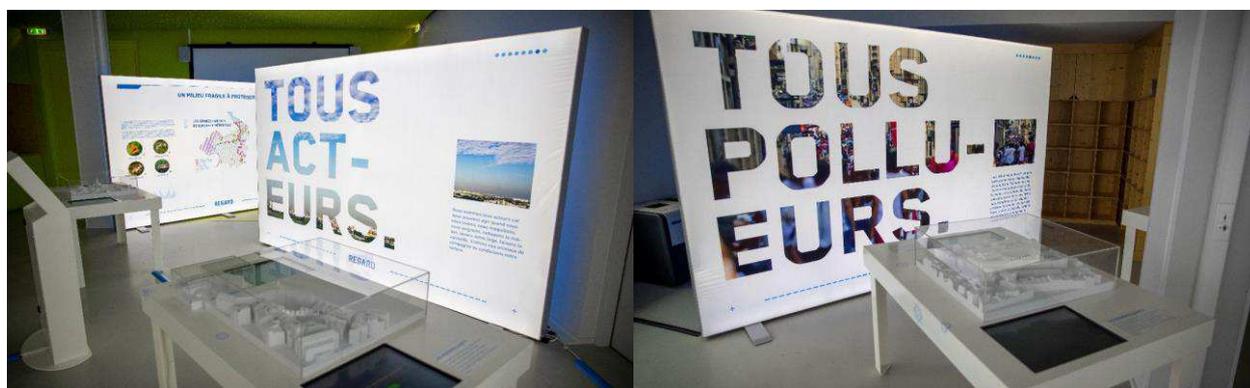


Figure 4 - 2 panneaux de l'exposition itinérante REGARD, ici lors du séminaire de clôture le 25 juin 2019

## 4. Propositions sur le contenu et le déroulé d'un débat public sur les micropolluants dans les eaux urbaines

Les 2 objectifs poursuivis sont les suivants : **sensibiliser les citoyens à la complexité** de la question des micropolluants (répartition des responsabilités, incertitudes scientifiques sur les effets, principe de précaution, inégalités sociales devant l'accès à l'information et aux solutions alternatives...) et celui de favoriser le dialogue et **susciter des échanges** constructifs entre participants, entre experts et participants sur ce sujet où les **controvertes** scientifiques, techniques, politiques sont nombreuses. Le fait de chercher également à **susciter des échanges autour des possibilités d'actions collectives et individuelles** qui existent pour résoudre les problèmes exposés est un des objectifs poursuivis, en creux.

Parmi les débattants ou en tout cas les personnes qui ouvrent la discussion, il pourrait y avoir :

- Un élu de Bordeaux Métropole
- Un représentant d'un service technique de la métropole ou d'une commune ayant expérimenté des actions de réduction
- 2 ou 3 scientifiques du projet
- 1 ou 2 acteurs économiques impliqués dans le projet (ici SUEZ et le CHU de Bordeaux par exemple)
- 1 ou 2 usagers impliqués également dans les actions du projet
- 1 représentant d'une association œuvrant dans le domaine de l'environnement ou de la santé environnementale

Sur un territoire qui souhaiterait initier un tel débat avec le grand public, l'idée est aussi de mixer les intervenants des sphères publiques, associatives, privées et citoyennes et si possible à un niveau local dont on sait que la légitimité est plus grande qu'une prise de parole à un niveau plus global.

Les prises de parole devront être **courtes et didactiques**, adaptées à un public certainement constitué à la fois de profanes et de « citoyens-experts », membres d'associations ou déjà très informés. Elles devront insister sur les connaissances scientifiques, même si elles sont partielles et sans nier la complexité, qui permettent d'asseoir certains **constats et donc guider des actions**, plus que sur les incertitudes susceptibles d'entraîner de l'inertie ou de l'externalisation de responsabilités. Lors des échanges avec le public et si celui-ci en fait la demande, certaines incertitudes, complexités, pourront évidemment être abordées.

Les prises de parole, plutôt organisées sous la forme d'**échanges** (un expert de l'animation de débats, de tables-rondes de ce genre devra être mobilisé. Il devra également se faire modérateur si jamais les échanges avec le public devaient sortir du cadre), devront s'attacher à être **concrètes** et fournir des **informations locales** et également des **clés d'action**. C'est souvent ce qui est reproché à ce genre d'instance, de rester dans le constat (souvent alarmiste et un peu déprimant) et de ne pas ouvrir aux solutions concrètes, alors même qu'elles sont nombreuses. La présence d'associations et de citoyens « à la tribune » est à ce titre important car elle apporte du concret et des **retours d'expérience**.

**Encourager le public à donner son avis** vis-à-vis des actions relatées et de raconter sa propre expérience est important. Des applications numériques d'accompagnement de tels évènements type <https://www.myfeelback.com/fr/live>, <https://www.beekast.com> ou encore <https://www.livewall.fr/>, peuvent permettre, en plus de moderniser et de dynamiser le débat, de solliciter des votes ou de mieux organiser les idées issues du public afin de les donner à voir à l'ensemble des participants.

Des associations qui œuvrent déjà pour une réduction des pollutions urbaines peuvent d'ailleurs être invitées à tenir des **stands en parallèle du débat**, sur lesquels elles pourraient donner au grand public présent, des informations et conseils précieux pour « se mettre en action ». Un repérage assez large de ces associations est donc à prévoir en amont. Leur présence, si possible sur des domaines distincts pour éviter toute forme de concurrence, est également un argument de poids pour encourager la venue du grand public qui sait qu'il trouvera auprès d'elles un fort ancrage local, une preuve d'ouverture et de transparence du débat si elles ont accepté d'être présentes et évidemment des conseils concrets.

## Conclusion & Discussion

Face à la complexité des situations et aux transformations des modes de vie qui s'imposent aux sociétés contemporaines, l'intérêt général ne peut plus avoir une dimension transcendante dont les élus se trouveraient automatiquement les dépositaires. L'intérêt général doit faire l'objet d'une **construction collective**, et donc d'un débat public, même si les décisions finales restent, encore aujourd'hui, du ressort des élus.

Nous le constatons tous les jours dans les médias, sur les réseaux sociaux, dans la rue aussi : les citoyens sont de plus en plus nombreux à déclarer vouloir passer à l'action, consommer différemment et plus sobrement ; des signaux, désormais plus vraiment faibles, montrent que le passage de l'intention aux actes devient une réalité mais que ce n'est pas simple. Il s'agit aujourd'hui de **donner aux citoyens et aux acteurs des territoires les moyens de concrétiser la transition écologique** et notamment de réduire les pollutions urbaines auxquelles ils participent via leurs activités quotidiennes.

Le débat public dans son acception classique apparaît un peu dépassé, d'autant qu'il laisse à penser que les éventuelles réticences des usagers à changer ne pourraient provenir que d'une méconnaissance ou d'une mauvaise appréhension de la réalité. Selon cette perspective, il convient alors d'éduquer, de persuader les populations de la pertinence des choix opérés par les experts et endossés par les politiques. Néanmoins, « si un déficit d'information constitue bien une barrière potentielle à un changement de comportement, **la fourniture d'information en tant que telle ne joue pas mécaniquement le rôle d'inducteur de comportement** » (Barbier, 2009, p.110). Au contraire, « l'information sur les tenants et les aboutissants du changement visé peut même avoir pour effet paradoxal de renforcer les positions des acteurs : ceux qui étaient favorables le deviennent encore plus, et les opposants se sentent, de leur côté, confortés dans leur refus » (*Ibid.*, p.111).

Ainsi, si des prises de parole de divers acteurs, « sachants » ou ayant expérimentés et ayant donc un retour d'expériences concrets à partager semblent indispensables au démarrage d'une action d'ampleur sur la question des micropolluants comme sur celles qui concernent la transition écologique dans son ensemble, le format du débat public peut être retravaillé, réinventé, à l'instar du panel de citoyens. L'ampleur et la médiatisation de celui pour le climat qui se déroule actuellement en France ne doit pas freiner d'autres expérimentations de moindre envergure mais qui appliqueraient la même méthodologie.



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

*Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise*

LOT 4 : SUIVI ET EVALUATION DES GAINS DES DIFFERENTES  
SOLUTIONS MISES EN PLACE

## TÂCHE 4.2. EVALUATION ECONOMIQUE

**Sous-tâche 4.2.4 Evaluation économique des solutions mises en œuvre à la  
source pluviale : analyse cout-efficacité.**

Livrables n° 424 et 425 : Approche exploratoire de l'évaluation économique des  
solutions de traitement à la source pluviale

Version finale - Aout 2019

Auteur : Tina Rambonilaza





## Synthèse

Cette fiche s'inscrit dans les tâches dédiées à l'évaluation économique du projet REGARD (Réduction et Gestion des micropolluants sur la métropole Bordelaise). 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. Il figure aussi parmi les métropoles pionnières, en matière de gestion intégrée des eaux pluviales. **La fiche a pour vocation de poser les quelques repères du calcul économique qui vont accompagner les scénarios d'action recommandés à l'issue d'études technico-économiques, physico-chimiques, ou encore biologiques.**

Les différentes options technologiques permettant de traiter les MPs de sources pluviales ont fait l'objet de plusieurs études et recherches pour statuer sur leurs performances techniques (efficacité physico-chimique ; et biologique). Les résultats obtenus sont encourageants, même si des expériences supplémentaires seront nécessaires pour les confirmer de manière rigoureuse. A l'échelle d'un grand territoire, comme Bordeaux Métropole, **la combinaison des deux solutions (un réseau séparatif avec des traitements au bout du tuyau - technologie in-pipe » et les techniques alternatives) constitue certainement la voie la plus crédible pour aboutir à un objectif environnemental significatif et la minimisation des coûts des traitements des MPs dans les eaux pluviales, du point de vue la société.**

L'intérêt de l'évaluation économique serait donc de disposer des bénéfices associés à certains scénarios d'actions du point de vue des habitants, dans l'objectif de rendre acceptable leurs coûts. Il s'avère, en outre que, **du point de vue des habitants, les bénéfices attendus des traitements poussés des micropolluants dans le cadre d'un réseau séparatif, ne peuvent être dissociés de ceux attendus des traitements des MPs dans les eaux domestiques.** L'existence de ces bénéfices tient en effet à l'expression de ce qu'on appelle valeurs d'usages indirectes et de non-usage des milieux et ressources aquatiques, des valeurs fondées sur les motivations éthiques, morales et environnementales de la population résidente. C'est pourquoi, au final, les principes de l'approche coût-bénéfice sont proposés à la place des principes de l'approche coût-efficacité.

En d'autres termes, le calcul économique peut aider non pas à choisir le scénario d'action qui serait le plus efficient pour traiter les problèmes des MPs, mais à valider son utilité et son acceptabilité en tant que priorité en matière de choix publics. **Au final, à titre indicatif, à l'échelle de la métropole, le bénéfice social associé à des scénarios d'action impliquant des technologies « in-pipe » pour traiter trois familles de MPs dans les eaux urbaines (de sources domestiques et pluviales), est de l'ordre de 10,6 millions d'euros par an.**

## Un calcul économique, pourquoi faire ?

Dans un contexte d'urbanisation croissante, le territoire de Bordeaux Métropole doit affiner sa stratégie de maîtrise des inondations et de réduction des rejets par temps de pluie. Si comme pour d'autres métropoles, le territoire s'est engagé dans une redéfinition complète de sa politique de gestion des eaux pluviales en milieu urbain en combinant des solutions techniques dites centralisées, avec des solutions décentralisées (à l'échelle des particuliers, ou à l'échelle de la collectivité) intégrés aux nouveaux aménagements.

Ces techniques alternatives « au tout-réseau » sont d'abord envisagées comme des solutions compensatoires à l'imperméabilisation du sol et permettent de retarder l'arrivée des eaux pluviales dans les réseaux d'assainissement. Elles se présentent de ce fait comme des moyens efficaces pour optimiser le dimensionnement et le fonctionnement des infrastructures. Elles sont par ailleurs à l'origine d'un ensemble de fonctionnalités environnementales qui participent à l'amélioration du cadre de vie, renforçant leur intérêt dans les nouveaux aménagements urbains.

Le traitement des micropolluants présents dans les eaux pluviales suscite aujourd'hui des interrogations, auxquelles le projet REGARD a tenté d'apporter des réponses. Ces interrogations se situent à deux niveaux :

- (1) quelles sont les performances réelles de ces techniques alternatives, basées sur des solutions écologiques à abattre des MPs?
- (2) quelle est l'efficacité de traitement des micropolluants dans les eaux pluviales via une technologie « in-pipe » d'un réseau séparatif.

Pour le cas des techniques alternatives, l'état d'avancement des travaux, et le nombre d'expérimentations réalisées via l'observatoire des techniques alternatives ne permet de statuer de manière rigoureuse l'efficacité des techniques éprouvées pour les micropolluants cibles. En effet, les résultats actuels de la tâche sur les TA restent insuffisants pour en tirer des conclusions scientifiques formelles quant à leur performance technique. La répétitivité de la mesure est nécessaire, notamment pour la problématique du pluvial qui montrent une grande variabilité événementielle.

Pour le cas de la technologie « in pipe », les performances d'un pilote de démonstration de marque Salsnes ont été analysées, en l'associant à l'un des ouvrages du Collecteur séparatif Rode Nord sur le site de Bois Gramond. Il apparaît que cette technologie peut s'appliquer pour diminuer de façon significative la charge de micropolluants sous forme particulaire tels que les métaux et HAP, dans une limite de débit qui doit correspondre à un compromis entre coûts (CAPEX et OPEX) et bénéfiques en termes de réductions des MPs. 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.

A l'échelle d'un projet bien circonscrit (une nouvelle zone d'activité par exemple), le recours à la solution in-pipe avec un réseau séparatif est toujours plus onéreuse que le déploiement des techniques dites alternatives, qui sont par ailleurs à l'origine d'un ensemble de services écosystémiques. En revanche, à l'échelle du grand territoire, la combinaison des deux solutions constitue certainement la voie la plus crédible pour aboutir à un objectif environnemental significatif et la minimisation des coûts des traitements, du point de vue la société. Dans cette perspective, **une des questions auxquelles une collectivité locale doit répondre pour l'élaboration de sa stratégie en matière de réduction des MPs dans les eaux pluviales : Est-ce qu'elle doit investir et multiplier des solutions « in-pipe » ?**

La LOLF combinée au principe de recouvrement des coûts pour lequel « l'eau doit payer l'eau » amène désormais à évaluer chaque décision publique à l'aune de ses résultats et au regard des moyens qu'elle mobilise. L'objectif de l'évaluation économique, et en l'occurrence l'analyse coût-efficacité ne se cantonne pas à la seule volonté du régulateur public à minimiser les dépenses consenties en faveur de la gestion des eaux pluviales (étant donné l'ampleur des besoins pour les autres services). Elle est justifiée par la volonté de faire des choix d'investissements éclairés afin d'optimiser l'usage des ressources fiscales. La transparence des critères de décision permet par ailleurs d'offrir une plus grande acceptabilité des recommandations des experts de la part du grand public.

## Analyse coût-efficacité : éléments de méthodes

L'appel à projet « Innovation et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines » et les partenaires financeurs du projet REGARD, ont mis en avant comme méthode d'évaluation économique, l'analyse coût-efficacité (ACE), dans l'objectif de :

- Mieux calibrer les besoins des municipalités : les MPs cibles
- Évaluer l'efficacité des différentes technologies envisageables à éliminer ces MPs
- Apporter des données pertinentes pour un meilleur service des traitements des eaux urbaines et une allocation adéquate des ressources

Les analyses coût/efficacité sont devenues pratique courante pour informer les décideurs publics sur la rentabilité collective des innovations technologiques dans le domaine des services publics. Il est souvent rappelé, que les ACE n'ont pas pour objectif de réduire les dépenses de santé, mais de juger de l'efficacité des solutions techniques envisagées, en rapprochant la mesure des bénéfices attendus de la dépense à consentir. Nous rappelons dans ce qui suit les principes qui guident les ACE.

### Qu'est-ce que l'ACE ?

- (1) L'analyse coût-efficacité (ACE) est une approche « technico-économique » consistant à procéder à l'évaluation de l'efficacité d'une option technologique. L'objectif principal de l'ACE est de permettre une allocation des ressources qui maximise le gain environnemental, sous contrainte budgétaire publique.
- (2) L'ACE ne se réduit pas à un calcul des coûts et que son but n'est pas de réduire les dépenses consacrées à la prise en charge des enjeux environnementaux cibles (réduction des micropolluants dans notre cas).
- (3) L'ACE s'intéressera en même temps aux résultats des évaluations biophysiques et chimiques car l'objectif est de disposer d'une évaluation plus précise des ressources nécessaires à l'obtention d'un résultat biophysique, écologique ou chimique donné.
- (4) L'ACE n'est ni une analyse des bonnes pratiques ou la détermination des options technologiques les plus efficaces pour éliminer les MPs, ni un calcul des coûts, mais la conjonction des deux pour l'aide à la décision.
- (5) Deux approches du calcul :
  - Si le gain environnemental attendu peut être obtenu avec un coût plus faible (cost-effectiveness) : minimiser le coût pour obtenir une performance épuratoire donnée
  - Si pour chaque euro investi, le gain environnemental est maximum (cost-efficiency) : coût/nanogramme de MP

Lorsque les scénarios d'actions envisagées sont à la fois peu coûteux et efficaces, ou très coûteux et peu efficaces, l'interprétation des résultats du calcul économique est triviale. En revanche, lorsque les scénarios d'action envisagées, étant donné les technologies choisies, sont efficaces, mais reste coûteuse que l'interprétation du résultat et la décision d'allocation des ressources qui l'accompagne doit être étudiée à l'aune de l'acceptabilité du surcoût monétaire (de la part du financeur) estimé par rapport au gain environnemental qui en découle.

### De quel bénéfice environnemental parle-t-on dans le cadre de la réduction des MPs?

Du point de vue des sciences de l'ingénieur et de l'eau, le bénéfice d'une option de gestion des eaux pluviales se mesure de façon ad-hoc en référence à l'ensemble des polluants identifiés par les objectifs primaires et secondaires des solutions techniques envisagées et sur lesquelles vont porter le pari de l'expérimentation et statuer la supériorité d'une solution en comparaison d'une autre solution.

Du point de vue de l'économiste, ce qui importe n'est pas tant l'amélioration objective d'un paramètre biologique ou chimique, ou la réduction d'évènements risqués que la valeur que le bénéficiaire de l'action environnementale va accorder à cette amélioration. Dans le cadre de l'ACE, cette valeur peut être traduite en unités physiques (en opposition aux unités monétaires).

Il est donc important d'établir un lien entre l'élimination des MPs dans les rejets d'eaux pluviales et le gain environnemental de cette action. A ce jour, l'état des connaissances scientifiques permet d'avancer que la toxicité et la bioaccumulation des MPs peuvent avoir des impacts néfastes sur l'état écologique des milieux et présenter dans certains cas des risques pour la santé humaine. Le bénéfice attendu de la réduction des MPs serait double :

- Respect des normes de qualité environnementale (NQE) sur les substances de l'état chimique et de l'état écologique des masses d'eau (en référence à la DCE, RSDE) pour mieux préserver la qualité des eaux et la biodiversité
- Réduction des risques environnementaux et sanitaires des émissions de nouveaux micropolluants dans les eaux et les milieux aquatiques dont la pertinence est connue.

### **Ce que nous enseigne une ACE dans le cadre des scénarios d'action de réduction des MPs de sources pluviales**

#### **1. Le type de scénario d'action à évaluer,**

En matière de gestion des eaux pluviales, le raisonnement en termes de « projet » en référence aux différents projets d'aménagement et le choix des solutions les plus adaptées et les moins coûteuses, rend nécessaire la coordination des différents acteurs, de l'échelle des services à l'échelle du territoire. Dans ce contexte, une nouvelle information économique pourrait servir à faire émerger, structurer et formaliser une stratégie d'action à l'échelle territoriale, basée la combinaison de technologies *in pipe* plus adéquates dans certaines zones du territoire, et le déploiement des techniques alternatives. Cette combinaison de solution consiste à écarter un scénario tendanciel, qui consiste à continuer comment avant pour le réseau séparatif - les eaux pluviales empruntent le réseau séparatif et rejoignent les stations d'épuration existantes qui peuvent les traiter selon leur capacité avant de rejoindre le milieu naturel- et à recourir aux seules techniques alternatives, permettant de retarder l'arrivée des eaux pluviales dans les stations de traitement existant, tout en limitant les MPs à traiter par ces dernières.

#### **2. Les critères d'efficacité**

Le critère d'efficacité est un indicateur synthétique (il doit s'exprimer sous forme d'une seule mesure) commun à l'ensemble des scénarios d'action évalués. En théorie, il peut s'agir de la valeur réelle d'un paramètre physico-chimique ou plus précisément de sa variation. Dans le cadre du projet Regard, les performances d'abattement pour trois familles de MPs cibles ont été étudiées : Métaux, Pesticides et HAP. Trois types d'indicateurs ont été définis : - Concentrations ; - Flux entrée ouvrages épuratoires ; - Flux sortie ouvrages épuratoires. Ces indicateurs ont été mesurés en % de la quantité de substance à l'entrée de l'ouvrage. Mais, il aurait été plus juste (quand on parle d'efficacité) de raisonner en référence aux % de rejets connus sur le milieu récepteur pour la substance considérée – afin de donner une idée de l'importance du flux d'origine pluviale et de l'effet sur l'état du milieu récepteur.

Les indicateurs dont nous disposons actuellement sont donc à l'évidence un critère intermédiaire, dans la mesure où ils donnent une indication sur le danger ou la pression sur les ressources (biodiversité et milieux aquatiques), et non un critère d'efficacité final (amélioration de l'état écologique et chimique des milieux aquatiques). Ce dernier est le seul critère qui permet de comparer différents scénarios d'action entre eux mais, il est difficile à établir.

# L'efficacité de la gestion intégrée des eaux pluviales, en adoptant le point de vue des populations habitantes

## Des coûts de gestion des eaux pluviales socialement acceptables

Pour les décideurs et financeurs d'infrastructures de traitement des eaux pluviales, la question principale est de savoir si l'élimination des MPs rencontre l'assentiment des citoyens qui pensent qu'il faudrait des mesures pour une amélioration de la qualité des eaux usées déversées dans le milieu naturel. En d'autres termes, les choix d'investissement en matière de traitement des eaux pluviales et l'élimination des MPs qu'elles contiennent est socialement désirable si les bénéfices rendus à la société par ces actions valent les surcoûts que la collectivité doit supporter. Un calcul d'efficacité, doit donc se référer à des seuils de décision, c'est-à-dire des limites de ce que la collectivité peut accepter de payer. Or, dans le domaine de la politique de l'eau, le seuil maximal au-delà duquel une option de gestion est jugée trop coûteuse, n'existe pas.

C'est pourquoi, le raisonnement qui guide une analyse coût-bénéfice vient donc se substituer à celle de l'analyse coût-efficacité car il est possible de comparer différents scénarios d'action (combinant solution de bout de tuyau et techniques alternatives) entre eux, en explorant à la fois leurs coûts respectifs, mais aussi leurs bénéfices du point de vue des habitants qui sont aussi les principaux financeurs des actions de gestion des services, soit via la part assainissement du prix de l'eau, soit via « la taxe eaux pluviales » quand elle est mise en œuvre. Dans ce cadre, la métrique monétaire est mobilisée, et les bénéfices des politiques publiques sont évalués au travers les valeurs « des dispositions à payer » des principaux bénéficiaires de ces politiques, ici la population habitante.

## Les avantages pour la société de réduire les MPs de sources pluviales, en combinant technologie in-pipe et techniques alternatives

Pour le cas de Bordeaux Métropole, les préoccupations sociétales qui motivent l'élimination des micropolluants dans les eaux urbaines sont étroitement liées à la préservation des écosystèmes aquatiques et de la biodiversité. De ce fait, du point économique, les bénéfices attendus des scénarios d'actions visant à éliminer certaines familles de MPs, relèvent essentiellement des valeurs d'usages indirectes, et des valeurs de non-usages. Les valeurs de non-usage restent intangibles et font souvent appel aux motivations éthiques et aux préoccupations environnementales des habitants. Leur évaluation par le biais de disposition à payer de la population reste donc controversée, pour des raisons méthodologiques ou encore « éthiques » liées à la monétarisation.

Nous avons opté, dans le cadre du projet REGARD, pour une attitude pragmatique, en mettant l'accent sur l'opérationnalisation du concept et la révélation de la valeur. Les méthodes des préférences déclarées ont été mobilisées car elles permettent de lier d'emblée les motivations éthiques, morales ou encore environnementales des citoyens avec les montants de leur consentement à payer pour soutenir des actions de gestion bénéfiques à la biodiversité et aux écosystèmes aquatiques.

Notre application, dans le cadre du projet REGARD, montre notamment que les habitants de la métropole sont prêts à payer une augmentation de 5% de la part assainissement de leur facture d'eau pour préserver l'état écologique des masses d'eau de la métropole. Ils sont prêts à accepter une augmentation de la facture de 5% supplémentaire, pour l'élimination d'une famille de MPs (de source domestique) par une technologie « in-pipe ». Cette étude a été menée en exploitant les scénarios d'action visant à réduire les MPs de source domestique. Les valeurs obtenues concernent, en revanche la valeur des services de gestion des eaux pluviales dont l'objectif final est de préserver l'état écologique des milieux aquatiques. Ainsi, cette valeur avoisine 9€/an (5%\*179€) pour un ménage composé de 2 adultes et deux enfants (soit 4,5€/an par adulte). A ce montant, nous pouvons ajouter 9€/an/ménage pour chaque famille de MPs ciblée. Au final, le bénéfice attendu d'un scénario d'action ciblant trois familles MPs avec comme enjeu la préservation de l'état écologique et chimique des masses d'eau métropolitain, est de l'ordre **de 18€/an/personne adulte**.

Reste à savoir si cette valeur varie sensiblement lorsque l'on y ajoute les traitements des eaux pluviales, ou qu'elle constitue une valeur plafond, incluant l'ensemble des bénéfices attendus des scénarios d'actions visant à protéger les milieux aquatiques des effets néfastes des MPs. D'une manière générale, les montants des

consentements à payer motivés par les valeurs d'usages indirects et de non-usages restent invariants avec l'envergure des politiques publiques soumises à l'évaluation. C'est ce qu'on appelle « effet d'inclusion », qui apparaît lorsque l'individu indique la même propension à payer quelle que soit l'envergure d'un projet. **Les valeurs obtenues via les traitements des MPs de sources domestiques peuvent donc inclure celles associées aux traitements des MPs de sources pluviales**, car les valeurs exprimées ne sont pas rattachées aux sources (pluviales versus domestiques), mais bien aux MPs cibles et à leurs effets sur les écosystèmes aquatiques.

Il faut cependant souligner que la valeur que nous avons obtenue est largement supérieure à celle avancée par Bahy (2017) qui formulait un besoin de financement qui nécessiterait **une contribution unique de l'ordre de 20€/contributeur, pour couvrir les coûts de la mise en place des techniques alternatives pour le cas des métropoles qu'il a étudié**. En effet, la valeur que nous avons estimée correspond aux bénéfices attendus par les populations des 28 communes de la métropole de toute action visant à éliminer les MPs dans les eaux urbaines via des techniques « in-pipe ». Le montant de ces bénéfices agrégés à l'ensemble de la population adulte (594.000 personnes) avoisine **10,6 millions d'euros par an, un montant assez important qui permettrait de couvrir les coûts d'investissement et de fonctionnement des services œuvrant pour l'élimination des MPs (de sources domestiques et pluviales) dans les eaux urbaines de la métropole via la mise en place de technologies « in-pipe »**.

## Bibliographie

Bahy F.Z. (2017) Elaboration d'une méthode de calcul des coûts de gestion des ouvrages d'eaux pluviales : Etude exploratoire appliquée sur des sites de l'Eurométropole de Strasbourg et de la Métropole du Grand Lyon, stage GESTE, mémoire M2 MAE IAE, Besançon, 84 p.

Rambonilaza, T., Pham, T., Dachary-Bernard, J. (2019) Household willingness to pay for micropollutant removal in domestic wastewater: A choice experiment study, *Revue Economique*, Numéro Spécial, 35èmes Journées des Microéconomies Appliquées.

