HAL
open science

Etude intégrée de l'effet des apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne (ETIAGE) : Rapport de synthèse année 1 Avril 2010 - Mars 2011

Mario Lepage, H. Etcheber

To cite this version:

Mario Lepage, H. Etcheber. Etude intégrée de l'effet des apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne (ETIAGE) : Rapport de synthèse année 1 Avril 2010 - Mars 2011. irstea. 2012, pp.36. hal-02605336

HAL Id: hal-02605336

https://hal.inrae.fr/hal-02605336

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude intégrée de l'effet des apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne (ETIAGE)

Rapport année 1 : Avril 2010 – Mars 2011

Editeurs : M. Lepage et H. Etcheber

Lepage M. et Etcheber H. 2012. Etude intégrée de l'effet des apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne (ETIAGE). Rapport de synthèse année 1, Bordeaux. Laboratoire EPOC, Université de Bordeaux, Etude IRSTEA n°173, 36p.

Introduction

Face aux problèmes connus dans l'estuaire de la Gironde :

- une sous-oxygénation locale des eaux dans la partie fluviale de l'estuaire, pouvant engendrer des phénomènes épisodiques d'anoxie et de blocages migratoires des populations biologiques,
- une contamination polymétallique affirmée dont le cadmium est l'élément le plus représentatif, mais qui concerne aussi Zn, Cu, As et Hg, affectant les populations biologiques avec des incidences socio-économiques réelles,
- des teneurs en micro-polluants organiques parfois préoccupantes,

le programme ETIAGE a été mis en place avec pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- **que représentent les apports des effluents de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB) par rapport à ceux venant de l'amont en termes de charge organique et de micro-polluants ?**
- **quels rôles sur le devenir des effluents jouent la présence du bouchon vaseux et la stagnation résiduelle des eaux (déplacement net entre mouvement de flot et de jusant) au niveau de l'estuaire fluvial amont en période d'étiage estival ?**
- **réciproquement, à quels moments et jusqu'où s'étend l'impact de ces effluents sur la qualité des eaux de la Garonne estuarienne ?**
- **quelles incidences des effluents sur le comportement des populations biologiques en place ou migratoires dans la Garonne estuarienne ?**
- **quelle tendance évolutive va connaître l'oxygénation des eaux ? Quel sera l'impact sur le comportement des micro-polluants et des populations biologiques ?**
- **quelles recommandations de gestion pourraient être préconisées à partir de la synthèse des pressions exercées sur les eaux de la Garonne estuarienne ?**

Le programme est divisé en 5 axes, dont les bilans de travail sont présentés axe par axe pour l'année 1, couvrant la période Avril 2010 – Mars 2011.

D'un axe à l'autre, la présentation des résultats de cette première année sera inégale pour le simple fait que toutes les recherches n'ont pas débuté au même moment pour diverses raisons : obtentions de bourses de thèse retardées, livraisons de matériel différées, disponibilités d'étudiants problématiques par rapport à la date de départ choisie entre autres.
Il n'en reste pas moins que, pour chaque axe, la durée des recherches prévues sera maintenue, ce qui amènera certaines équipes à terminer leurs travaux postérieurement à d'autres.
Précisons enfin que l'axe 5, qui a pour objectif majeur de proposer une synthèse de l'ensemble des recherches menées dans chaque axe, notamment l'impact de la qualité de l'eau sur les cortèges biologiques autour de la Communauté Urbaine de Bordeaux, ne prendra corps que durant l'année 3, fin 2012 – début 2013. En effet, si, par exemple, les phénomènes d'hypoxie sont dès à présent bien documentés (grâce au réseau MAGEST), il en va différemment des

connaissances sur les polluants métalliques et organiques émergents, comme de celles relatives aux populations biologiques, qui étaient plus que fragmentaires au départ.

AXE 1

Caractérisation et rôle respectif des apports organiques amont et locaux sur l'oxygénation des eaux de la Garonne estuarienne

Avril 2010 – Mars 2011

A. Lanoux (Doctorante), H. Etcheber (CNRS), P. Anschutz (Pr), G. Abril (CNRS), S. Schmidt (CNRS), A. Sottolichio (MdC), N. Savoye (Ing.)

1) Contexte scientifique et objectifs de l'étude

Connues de longues dates, des sous-oxygénations des eaux de la Garonne estuarienne ont épisodiquement lieu autour du site de la CUB, où les apports des effluents de ce grand centre urbain jouent vraisemblablement un rôle majeur, surtout en période estivale où les débits fluviaux sont faibles (stagnation conséquente des eaux dans l'estuaire) et les températures des eaux élevées (Abril et al, 1999, 2000, 2002 ; Etcheber et al, 2007). **Alors que les sources et les estimations des apports organiques fluviaux venus de la Garonne amont ont été soigneusement et longuement étudiés** (Etcheber et al, 2007 ; Lemaire et al, 2002; Schäfer et al, 2002; Veyssy et al, 1999), peu de connaissances ont été rassemblées sur la MO d'origine anthropique, notamment urbaine, dans l'estuaire de la Gironde.

Mieux connaître la qualité de la fraction organique liée aux effluents de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB), ses flux, son comportement dans le milieu aquatique naturel et son impact éventuel sur ce milieu est la finalité de cet axe de recherche, avec pour objectifs premiers de répondre aux questions suivantes :

- **Quelle part des flux de fraction organique transitant dans les eaux de la Garonne autour de Bordeaux représente celle des rejets de la ville ?**
- **Quels processus majeurs affectent ce matériel ? Quel rôle joue le bouchon vaseux sur le devenir de ce matériel et, réciproquement, quel impact ont les processus de dégradation de la MO liée aux rejets sur l'oxygénation des eaux de la Garonne ?**
- **Quelles informations peut-on en déduire concernant la hiérarchie des facteurs forçants influant sur les teneurs en O_2?**

Répondre à ces questions sera un outil précieux pouvant aider à la gestion des émissions d'effluents en Garonne sur le site de la CUB, d'autant plus que cet axe de recherche est directement lié avec les quatre autres : les comportements des micropolluants organiques (classiques ou dit « émergents ») et métalliques, ainsi que l'ensemble de la biota (dans son comportement global, y compris sa réponse à ces contaminants) sont, à des degrés divers, liés à la qualité de l'eau estuarienne, dont son taux d'oxygénation.

2) Principaux résultats

Action 1 : *Etude de la charge organique des effluents de la CUB arrivant en Gironde* (Avancement 50%)

- Etude de la validité et la représentativité des mesures pratiquées sur les différents types d'échantillons prélevés (prélèvements instantanés et prélèvements moyens de 24H).

La différence des mesures entre un échantillon moyen 24h (bilan) récolté au préleveur automatique des stations d'épuration (STEP) et un échantillon instantané, prélevé au seau à un instant « t », conservé pendant 24h dans les mêmes conditions que les préleveurs (obscurité et réfrigération) est étudiée. Aucune évolution notable des paramètres analysés n'étant enregistrée sur 24H, les prélèvements moyens 24H sont donc représentatifs de la qualité des effluents entrant et sortant des STEP.

L'évaluation de la fraction organique grossière contenue dans les eaux des STEP (entrée ou sortie) révèle qu'il faut tenir compte de cette fraction importante en terme de bilan, car très riche en carbone organique. L'étude a été réalisée sur une quarantaine d'échantillon provenant de Louis Fargue et de Clos de Hilde, échantillons bilans et instantanés confondus. Des observations ont également été faites à l'aide d'un microscope électronique à balayage, ce qui a permis d'observer la présence de débris végétaux et animaux, pouvant influencer le pourcentage en COP, raison pour laquelle les échantillons sont parfois préférentiellement tamisés. Le pourcentage en COP de la fraction grossière >63µm est compris entre 40 et 50% (coefficient de variation < 10%), témoin que ce matériel est très organique.

- L'étude de la variabilité de la qualité organique des échantillons de STEP aux échelles intrajournalières, interjournalières et même saisonnières révèlent qu'il existe de fortes variabilités, mais qu'en tout état de cause, l'efficacité des deux STEP majeures de Bordeaux (Clos de Hilde et Louis Fargue) jouent un rôle très important sur les émissions d'effluents en Garonne.

  La comparaison des analyses effectuées sur les sorties eaux traitées ET1 et ET2 à Clos de Hilde permet de dire que la tranche ET2 rejette une eau de meilleure qualité, en raison d'une capacité de traitement plus importante et plus récente qu'en ET1. Les résultats sont entre 5 et 20% plus faibles en ET2 qu'en ET1, pour les paramètres MES, COP et COD. On trouve environ 30% moins d'ammonium en ET2 par rapport à ET1.

  L'efficacité des traitements d'épuration des eaux utilisés à Louis Fargue et à Clos de Hilde a été menée à partir d'une vingtaine d'échantillons bilans 24h récoltés à Clos de Hilde et d'une dizaine à Louis Fargue. Il s'en suit pour la STEP de Clos de Hilde, le traitement physico-chimique est efficace, avec un abattement d'environ 95% pour les MES et le COP, et de près de 90% pour les phosphates (grâce à l'ajout de chlorure ferrique et de polymère). Le matériel est riche en matière organique avec près de 40% de COP lié aux MES. Le traitement biologique est relativement efficace en ce qui concerne le traitement de l'azote : une grande partie de l'ammonium est transformée en nitrates. Toutefois, il est moins efficace pour le traitement du COD avec seulement 70% d'abattement. Concernant la STEP de Louis Fargue, le traitement physico-chimique est efficace pour les MES et le COP (abattement de près de 90%). En ce qui concerne les phosphates, bien que du chlorure ferrique et un polymère soient ajoutés, l'abattement n'est seulement de 50% environ. Le matériel est, comme à Clos de Hilde, très organique (environ 40% de COP lié aux MES). Le traitement du COD est moindre avec un abattement d'environ 60%. D'après les résultats, il apparaît clairement que la STEP n'avait pas été conçue pour traiter l'azote. La quantité d'ammonium mesurée en entrée de station est proche de celle mesurée en sortie.

Le suivi saisonnier des paramètres CO, sels nutritifs à Louis Fargue et à Clos de Hilde semblerait montrer que l'azote (ammonium) varie en fonction des saisons. Les teneurs en été sont différentes de celles rencontrées en hiver, notamment en raison d'un régime alimentaire différent (les légumes sont riches en ammonium et sont plus consommés en été).

- L'étude de la fraction labile/réfractaire par des incubations à différentes températures à été lancée. Est estimée la fraction labile (dégradable) de la fraction organique, qui s'avère très importante. Cette étude permettra de vérifier s'il existe une relation entre les paramètres COD, COP mesurés par nos soins, avec les paramètres DBO et DCO mesurés par le laboratoire de la Lyonnaise des Eaux.

Action 2 *: Effet du bouchon vaseux sur le devenir de la fraction organique des effluents de la CUB* (Avancement 20%)

- Il est procédé à l'étude de la dégradation de la matière organique et rôle du bouchon vaseux via des incubations : les quelques incubations déjà réalisées permettent de voir le rôle catalyseur du bouchon vaseux. En effet, il y un apport supplémentaire de bactéries qui vont dégrader plus rapidement la matière organique. Les incubations réalisées avec un apport continu d'oxygène permettent d'estimer la dégradabilité du matériel. Il faut compléter cette méthode par des incubations mesurant la respiration (quantité d'oxygène initiale connue) pour connaître la quantité d'oxygène réellement consommée pour la dégradation du matériel.

- Une mise au point de protocole d'incubation pour déterminer la consommation d'oxygène liée à la respiration hétérotrophe (mesure d'oxygène dissous par méthode Winkler), lors d'un mélange effluent/bouchon vaseux. cette méthode est en cours de mise au point. Des expériences ont déjà été réalisées mais sans succès. Il y a un problème récurrent au niveau du dosage de l'oxygène, essentiellement quand il s'agit d'étudier la respiration d'un échantillon d'effluent seul. Il faut donc faire une étude plus approfondie sur la composition chimique de ces effluents.

- De même, des incubations avec ajout d'allylthiourée (inhibiteur nitrification) et de Chlorure mercurique (inhibiteur de l'oxydation chimique) sont en cours de réalisation.

Action 3 *: Impact des apports organiques des effluents sur l'oxygénation des eaux de la Gironde au niveau de la CUB et relations avec les apports organiques des effluents.*

- Il a été procédé à l'étude de la qualité des eaux de la Garonne lors de rejets exceptionnels dus aux travaux de raccordement de Louis Fargue. La première mission du mois d'avril permet de voir que le COD mais surtout l'ammonium, sont de relativement bons traceurs de rejets anthropiques. En effet, ces paramètres présentent des concentrations plus élevées qu'en temps normal dans la Garonne, principalement en période de marée descendante, là où l'impact des rejets amont se fait le plus ressentir. Il semblerait également que le courant « plaque » les effluents côté rive gauche, seul endroit où ces paramètres sont le plus enregistrés. L'impact des rejets ne c'est pas trop fait ressentir durant ce moment de l'année, où l'oxygénation est bonne et les débits élevés. Cependant, la mission du mois de

juillet semble présenter des tendances différentes. L'interprétation de cette dernière mission est en cours de discussion.

- L'interprétation des données du réseau MAGEST est en cours, par étude de l'évolution des paramètres mesurés en continu par le réseau MAGEST, et notamment comparer deux stations : la station de Libourne (Dordogne) et la station de Bordeaux (située en pleine CUB). Ce suivi permettra d'estimer la temporalité des phénomènes d'anoxie, rencontrés au niveau de la ville de Bordeaux. Le bouchon vaseux étant présent à Libourne et à Bordeaux aux mêmes moments de l'année, l'objectif sera de démontrer pourquoi il y a des problèmes d'oxygénation seulement à Bordeaux. L'hypothèse que ces problèmes soient liés aux apports anthropiques est très forte.

Action 4 *: Les comparaisons avec d'autres systèmes estuariens seront réalisées lors de l'année 3.*

Action 5 *: L'étude du devenir des effluents organiques : utilisation des traceurs isotopiques et moléculaires sera réalisée lors de l'année 2.*

3) Avis scientifique et préconisations

L'ensemble des actions, sauf l'action 4, sera poursuivi lors de l'année 2 avec :

- Pour l'action 1, les efforts seront portés sur l'étude des effluents lors de temps de pluie, l'estimation de leurs flux, et les corrélations liants DBO et DCO mesurées par la Lyonnaise des Eaux et nos mesures ;
- Pour l'action 2, il sera procédé à la poursuite des manipulations d'incubations et de respiration ;
- Pour l'action 3, il est prévu de d'établir un modèle simple de l'oxygénation des eaux, en association avec la Lyonnaise des Eaux et de hiérarchiser les facteurs forçants influençant l'oxygénation des eaux ;
- Pour l'action 5, l'étude des isotopes du carbone et de l'azote doit permettre de suivre le devenir des effluents dans le milieu naturel des eaux de la Garonne et de la Gironde.

4) Références

Abril G., **Etcheber H.**, Le Hir P., Bassoullet P., Boutier B. & Frankignoulle M. (1999). Oxic/anoxic oscillations and organic carbon mineralization in an estuarine maximum turbidity zone (The Gironde, France). *Limnology and Oceanography*, 44: 1304-1315.

Abril G., Riou S., **Etcheber H.,** Frankignoulle M., De Wit R. & Middelburg J.J. (2000). Transient, tidal time-scale Nitrogen transformations in an estuarine turbidity maximum-fluid mud system (The Gironde, France). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 50: 703-715.

Abril G., Nogueira M., **Etcheber H.**, Cabeçadas G., Lemaire E. & Brogueira M.J. (2002). Behaviour of organic carbon in nine contrasting European estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54: 241-262.

Etcheber H., Taillez A., **Abril. G.**, Garnier J., Servais P., Moatar F. & Commarieu M.-V. (2007). Particulate organic carbon in the estuarine turbidity maxima of the Gironde, Loire and Seine estuaries: origin and lability. *Hydrobiologia*. 588: 245-259.

Lemaire E., **Abril G.**, De Wit R. & **Etcheber H.** (2002). Phytoplankton pigments in nine European estuaries: implications for an estuarine typology. *Biogeochemistry*, 59: 5-23.

Schäfer J., Blanc G., Lapaquellerie Y., Maillet N., **Maneux E.** & **Etcheber H**. (2002). Ten-years observation of the Gironde tributary fluvial system: fluxes of suspended matter, particulate organic carbon and cadmium. *Mar. Chem*., 79 : 229-242.

Servais P. and Garnier J. (2006). Organic carbon and bacterial heterotrophic activity in the maximum turbidity zone of the Seine estuary (France), *Aquat. Sci.*, 68: 78-85.

Veyssy E , **Etcheber H.**, Lin R.G., Buat-Menard P. & **Maneux E.** (1999). Seasonal variation and origin of Particulate Organic Carbon in the lower Garonne River at La Reole (southwestern France). *Hydrobiologia*, 391: 113-126.

AXE 2

Caractérisation et flux des contaminants organiques (classiques et émergents) dans les eaux de la Garonne estuarienne

Avril 2010 – Mars 2011

Y.Aminot (Doctorant), H.Budzinski (CNRS), E.Parlanti (CNRS), K.Lemenach (Ingénieur)

1) Contexte scientifique et objectifs de l'étude

La Garonne estuarienne est un milieu sensible, réceptacle ultime drainant un bassin versant de 56 000 km². La contamination quasi-généralisée des eaux de surface par différentes familles de micropolluants organiques comme l'estuaire de la Seine (résultats du programme Seine-Aval) ainsi que le peu de données existantes sur l'estuaire de la Gironde justifie la nécessité de documenter la contamination de la Garonne estuarienne. Il s'agit, selon les 5 actions définies dans cet axe, de :

- Déterminer les contaminants organiques dans les effluents de la CUB arrivant en Garonne (Action 1)
- Etudier le comportement de ces composés dans le bouchon vaseux (Action 2)
- Comprendre les flux échangés et les approcher par échantillonnage passif (Action 3)
- Comprendre les particularités du système estuarien girondin par comparaison avec d'autres systèmes estuariens (Action 4)
- Etudier le transfert vers les organismes et approcher le risque écotoxicologique (Action 5)

A noter que l'étude sera approfondie pour les contaminants émergents étudiés dans le cadre d'un travail de thèse et que les autres contaminants feront l'objet d'un suivi moins fin.

2) Principaux résultats

Comme l'année 1 s'étend de janvier 2011 à mars 2011 pour l'axe 2, le travail réalisé porte essentiellement sur la recherche bibliographique, nécessaire à la réussite de cette étude.

Action 1 :

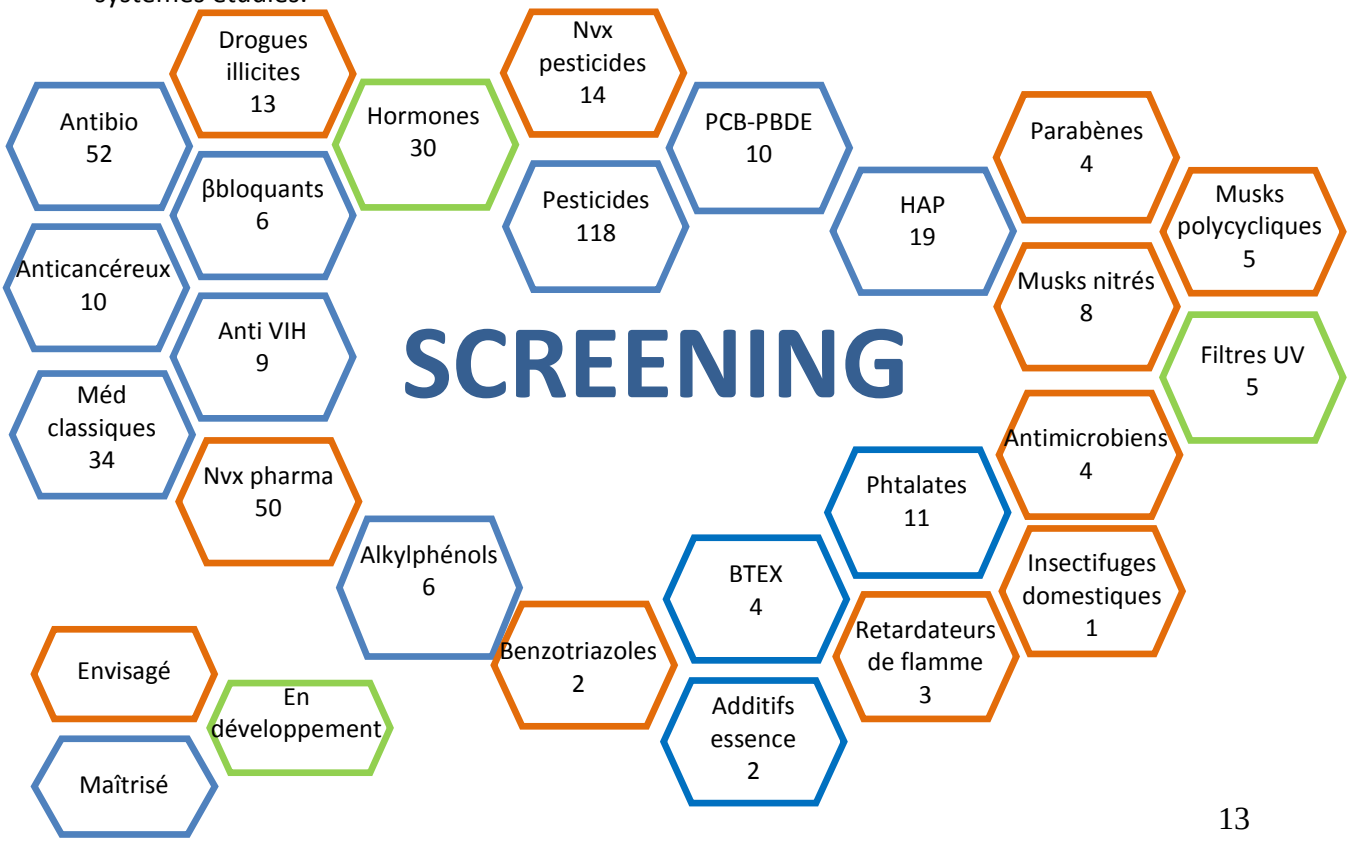
Il s'agit de caractériser des usages par des molécules traceurs d'activité. Ainsi, les HAP tracent la circulation auto ou le chauffage, les anticancéreux tracent un usage médical etc.
Un travail de choix des contaminants à suivre a été réalisé. L'objectif est de couvrir la sélection la plus vaste possible sur de multiples classes de contaminants.
Des analyses vont être faites sur des échantillons de station d'épuration sur les classes suivantes, qui ont été développées au laboratoire lors de programmes précédents (nombre de composés analysés entre parenthèses).

- Pesticides (118)
- PCB et PBDE (10)
- HAP (19)
- Phtalates (11)

- BTEX (4)
- Alkylphénols (6)
- ETBE et MTBE (2)
- Médicaments (59)
- Antibiotiques (52)

Un second travail bibliographique permet de compléter la liste précédente. La littérature guide le choix des molécules d'intérêt à suivre. En effet, dans le cas des molécules pharmaceutiques, ce sont plus de 4 000 substances qui sont autorisées à la vente, un travail de priorisation est nécessaire.
Plusieurs paramètres vont rentrer en compte :

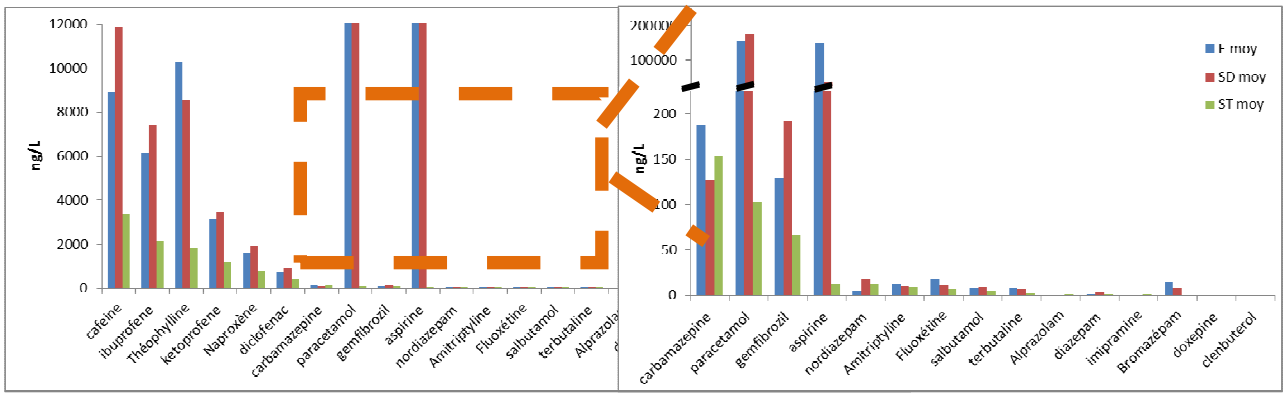
- Les données de consommation renseignent sur les bons candidats à être présents en quantités importantes dans les eaux usées
- Les études pharmacocinétiques indiquent la métabolisation ou non des composés et complètent le point précédent en indiquant si la molécule est excrétée inchangée ou sous forme métabolisée
- Les données de toxicité encouragent la sélection des molécules les plus néfastes pour les organismes vivants
- Les études publiées d'autres équipes de recherche indiquent l'occurrence dans les eaux d'autres systèmes étudiés.



L'étude de ces critères a donc permis en particulier la sélection de 50 autres médicaments, le détail figurant dans le rapport complet d'année 1.

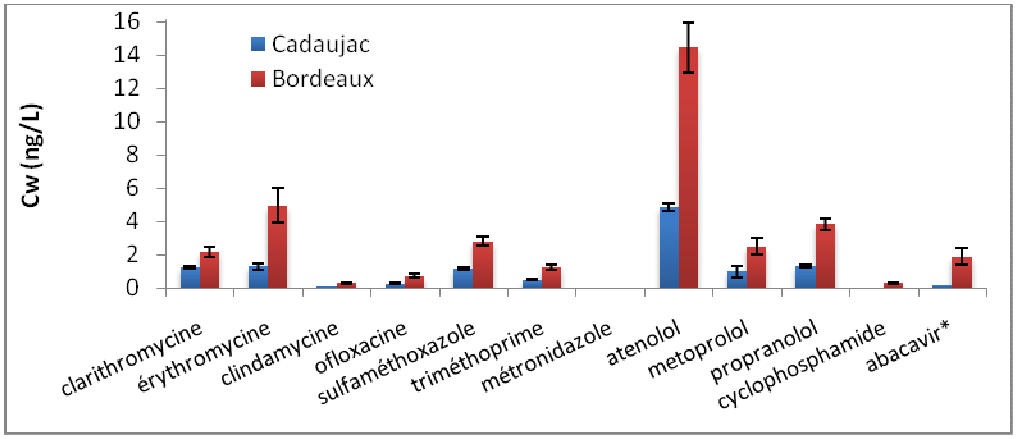
Le nombre total de molécules suivies ou envisagées d'être suivies avoisine donc les 400 molécules, les classes de molécules sont regroupées le schéma ci-avant.

De premiers résultats ont été obtenus sur des échantillons de la station d'épuration Louis Fargue recueillis en février 2011 et analysés avec une méthode d'analyse de médicaments réduite à 34 composés. Les résultats présentent les concentrations en entrée (E), sortie décantée (SD) et sortie traitée biologique (ST). Ils sont représentés par ordre décroissant des concentrations présentes dans la sortie traitée biologique.



Action 3 :

Le volet suivi par échantillonnage passif de l'action 3 bénéficie de l'intégration du savoir-faire du laboratoire en matière de capteurs passifs.
Cette action a donc pu être anticipée par une campagne préliminaire effectuée à l'été 2009 sur des antibiotiques et d'autres médicaments. La figure suivante présente les composés échantillonnés dans la Garonne par des capteurs passifs.



On remarque la présence de ces molécules dans la Garonne ainsi qu'une augmentation sensible des concentrations au point Bordeaux par rapport au point Cadaujac.
Fin mars 2011, l'avancement de l'action 3 est de 10%.

L'ensemble de ces recherches sera bien sûr très approfondie lors de la 2ème année. Pour cette étude. Pour cette dernière**,** l'objectif à atteindre est la finalisation du screening prévu dans l'action 1. Les méthodes déjà au point pour certaines classes de composés doivent être appliquées à une sélection d'échantillons des stations d'épuration Clos De Hilde et Louis Fargue. Cette sélection d'échantillon devra permettre de renseigner les variabilités de la composition des effluents (variabilité saisonnière, variabilité intra-journalière). Il s'agira également de mettre au point des méthodes d'analyse pour les classes de composés non encore étudiées.
Le suivi dans le milieu par échantillonnage passif doit être généralisé sur une sélection de points géographiques de l'estuaire. Le calcul des flux associés permettra une avancée significative dans l'action 3.

L'action 2 est un gros chantier qui requiert d'avoir choisi des molécules-traceurs à la fois rejetées par les stations d'épuration (action 1) et détectées dans le milieu (action 3). Elle pourra être envisagée en fin d'année 2.
Les actions 4 et 5 nécessitent plus de recul sur les actions précédentes et ne pourront être envisagées que plus tard.

3) Avis scientifiques et préconisations

Fin mars 2011, le peu de données générées, du fait du départ différé de cet axe par rapport à celui de l'axe 1, sans conséquence pour la tenue globale du programme, nécessite bien sûr des campagnes de mesure plus approfondies et incite pour le moment à une certaine réserve avant de pouvoir émettre des testes préconisations.

AXE 3

Etude des apports métalliques dans les eaux de la section garonnaise de l'estuaire de la Gironde

Avril 2010 – Mars 2011

J. Schäfer (Pr), G. Blanc (Pr), A. Coynel (MdC), C. Bossy (Ing.), L. Dutruch (Ing.), N. Deycard (doctorante), L. Lanceleur (post-doc), L. Bethke (M2), X. Zhao (M2)

1) Contexte scientifique et objectifs de l'étude

Le continuum Garonne-Gironde, important écosystème à l'interface continent-océan, est une zone vulnérable, sous la menace notamment d'une pollution métallique provenant des eaux continentales (Blanc et al., 1999; Audry et al., 2004a; Audry et al., 2004b; Schäfer et al., 2006). L'estuaire de la Gironde et la zone côtière, fortement exploités pour la production de nourriture (pêche et conchyliculture), subissent ainsi des retombées socio-économiques importantes du fait de cette pollution. De plus, la présence d'une zone de turbidité maximale dans l'estuaire augmente la pression sur le milieu avec notamment la désoxygénation des eaux de l'estuaire et la mobilisation des métaux sous des formes biodisponibles (Robert et al., 2004 ; Audry et al., 2006). Si le comportement des ETM a souvent été étudié dans le gradient de salinité, des connaissances restent encore à acquérir sur le comportement des ETM dans la partie fluviale non/peu salée des estuaires (zone hyposaline ; S<3). De plus, c'est dans cette zone que se trouve la Communauté Urbaine de Bordeaux dont les rejets métalliques ne sont pas clairement identifiés. Pour comprendre et quantifier l'impact des activités humaines sur le cycle des éléments traces métalliques (ETM) dans l'estuaire, il faut améliorer notre connaissance sur le comportement des ETM impliqués dans les différents processus biogéochimiques au niveau de la partie fluviale de l'estuaire au niveau de Bordeaux et au niveau du bassin versant de la communauté urbaine de Bordeaux. La question centrale à traiter dans le cadre de cette étude est :

Quelle est la proportion des apports locaux par rapport aux autres apports naturels et anthropiques ?

Pour apporter des éléments de réponse quantitatifs à cette question, il faut être capable de faire un bilan quantitatif et qualitatif des entrées et des sorties des métaux transportées en phases dissoutes, colloïdales et particulaires dans cette zone. Les résultats obtenus soutiendront également l'évaluation de l'impact sur la biota (voir Axes 4 et 5). L'Axe 3 du projet ETIAGE vise à évaluer l'impact quantitatif des sources et rejets en métaux et métalloïdes de la CUB sur le milieu aquatique urbain par 7 actions.

2) Principaux résultats

Action 1 : *Caractérisation et quantification des entrées fluviales en métaux et métalloïdes concernant les apports du bassin de la Garonne, les apports des zones amont des bassins versants de Bordeaux en rive droite et rive gauche.* **(Avancement 35%)**

Les concentrations et les flux d'Eléments Traces Métalliques (ETM : Cd, Zn, As, Hg, Mo, V, Cr, Ni, Cu, Sb, Pb, U, Th) dissous et particulaires entrant dans l'estuaire de la Gironde via la Garonne sont mesurés à haute résolution temporelle sur notre site d'observation permanent à La Réole. Ces résultats sont combinés avec des résultats de mesures ponctuelles dans la Garonne en amont de l'agglomération bordelaise. De plus, nous avons réalisé une campagne

d'échantillonnage en janvier 2011 dans certains tributaires de la Garonne traversant l'agglomération bordelaise (e.g. Peugue, Eau Bourde, Jalle de Blanquefort) afin d'établir des premières connaissances de la distribution spatiale des teneurs en métaux (figure 1). Les résultats obtenus pour les métaux dissous et particulaires (X. Zhao ; juillet 2011 rapport de master 2) seront présentés dans le rapport de la seconde année ETIAGE.

Les résultats nous permettront de comparer les teneurs aux exutoires de ces bassins avec celles mesurées dans la partie amont du bassin versant de Bordeaux, i.e. avant qu'ils traversent l'agglomération bordelaise. Nous avons commencé à établir un premier état des lieux concernant les niveaux des **concentrations** et des **flux métalliques** représentant le **« bruit de fond » géochimique** pour ces petits cours d'eau susceptibles d'être fortement modifiés lors du passage de la ville. La caractérisation précise de l'impact du milieu urbain nécessite une bonne connaissance de la qualité initiale des ces cours d'eau. Cette approche vise également à déterminer par la suite des signatures géochimiques typiques qui pourraient permettre d'identifier et de tracer différentes sources naturelles et anthropiques.

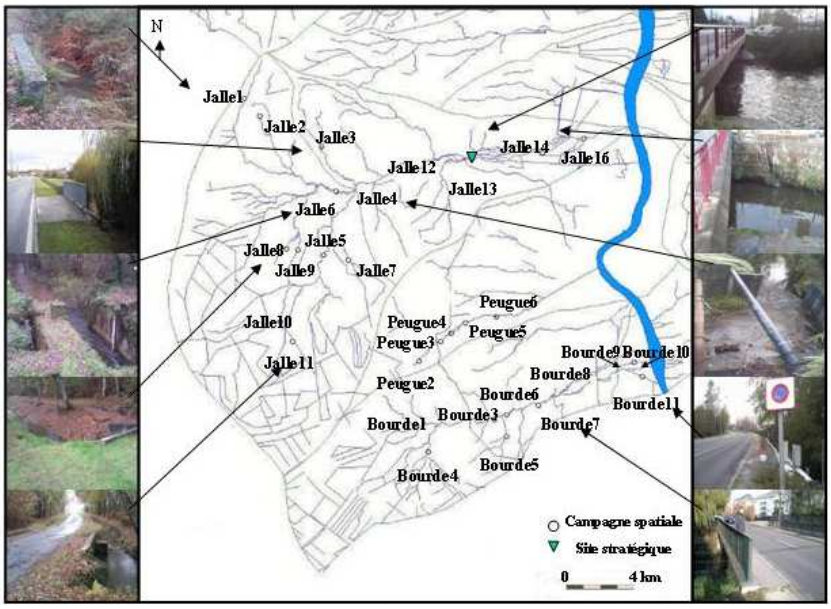


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvements lors de la campagne de janvier 2011

Action 2 : *Quantification des entrées atmosphériques en dépôts secs et dépôts humides.* (Avancement 5%).

Les apports atmosphériques en dépôts secs et dépôts humides peuvent représenter une source non négligeable de métaux dans les zones urbanisées et doivent être prises en compte dans le budget élémentaire. Si dans les zones rurales, les taux de rétention des dépôts atmosphériques sont généralement très élevés (limitant ainsi l'exportation des ETM par les rivières), il est probable que les surfaces recouvertes par des constructions en milieu urbain intensifient leur exportation vers le milieu aquatique. Il est possible que les dépôts après transport atmosphérique d'ETM d'origine régionale et/ou urbaine (bordelaise) contribuent fortement à la charge métallique des eaux rejetées dans la Garonne. Nous allons tenter de différencier les compositions géochimiques des apports atmosphériques régionales et locales/urbains. Une étude préliminaire a démontré que

les dépôts totaux des métaux cibles mesurés sur les sites des stations d'épuration varient (i) spatialement (différence entre les sites de Louis Fargues et de Clos de Hilde) et (ii) temporellement (période de chauffage ou non). Des expérimentations de lixiviation avec des eaux naturelles, reproduisant le gradient de salinité estuarien, ont clairement montré que la majorité des fortes teneurs en métaux sur ces particules urbaines sera mobilisée dans l'estuaire (e.g. Cd : 95% ; Schäfer et al., 2009). Nous avons acquis une vingtaine de capteurs normalisés permettant de prélever le dépôt humide (total, intégrant eau de pluie et aérosols) dans les zones

clés de l'agglomération bordelaise pendant une année à partir de l'été 2012 (~3ème année du projet ETIAGE).

Action 3 : *Quantification des sorties de la CUB, concernant essentiellement les apports à l'estuaire à l'exutoire des bassins versants de Bordeaux en rive gauche et rive droite (ruisseaux canalisés et à ciel ouvert) et au niveau des points de rejets du réseau d'assainissement.* **(Avancement 15%)**

Ce thème est essentiellement traité dans le cadre de la thèse de Nicole Deycard (début 01.04.2011, i.e. après la période concernée par ce rapport). Pendant la phase d'attente de financement, des suivis temporaires à haute résolution temporelle (journalière, voire horaire) des concentrations et des flux d'ETM dissous et particulaires ont été mis en place au niveau de la principale station d'épuration du centre de l'agglomération de Bordeaux: Louis Fargues (LF ; janvier 2011).
Le premier suivi horaire, réalisé pendant 24 heures, sur LF (temps sec hivernal) a montré que le cycle diurne des apports en eau et en MES (reflétant principalement les activités domestiques de la population) à l'entrée de la station induit des variations parallèles aux niveaux de flux de métaux (figure 2). L'émission des métaux vers la Garonne semble être moyennée sur la journée, avec un décalage de 10-20 heures entre l'entrée et la sortie des eaux au niveau de la STEP.

Les taux de purification des eaux varient de ~50% à 95 % en fonction du métal et de la charge en eaux usées et résultent principalement de la réduction de la charge en métaux particulaires (étapes de décantation). Le traitement biologique ne modifie pas les flux métalliques vers la Garonne. Pour certains métaux étudiés (e.g. Zn et Cu), les flux métalliques émis dans la Garonne par temps sec hivernal sont du même ordre que les flux apportés par l'ensemble du bassin versant de la Garonne en étiage (figure 3).

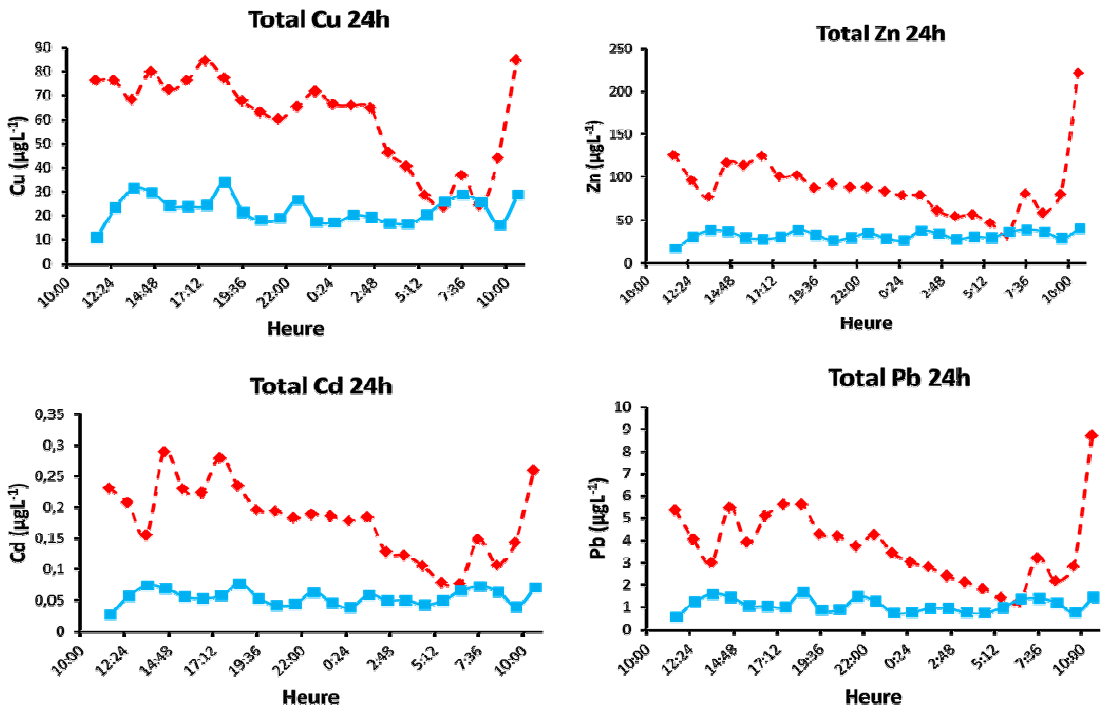


Figure 2 : Cycle diurne des concentrations en Zn, Cu, Cd et Pb à l'entrée et à la sortie de Louis Fargues (étiage hivernal janvier/février 2011)

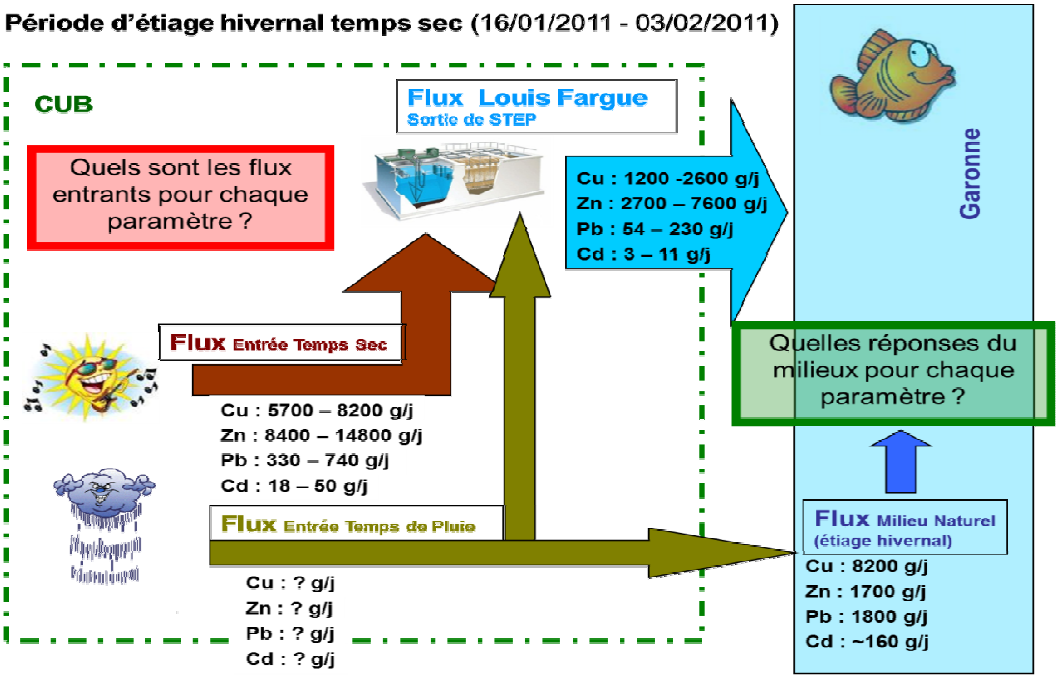


Figure 3 : Premier bilan de flux métalliques via la STEP Louis Fargues en étiage hivernal

Action 4 : *Cartographie et analyse spatiale par Système d'Information Géographique (SIG) des sources et de la redistribution urbaine des ETM dans les poussières, sédiments de route et sols urbains.* **(Avancement 0%)**

La forte production urbaine d'aérosols et de poussières riches en ETM provient essentiellement de la combustion d'hydrocarbures fossiles (e.g. chauffage, circulation) et de l'usure mécanique liée à la circulation routière (e.g. pneus, plaquettes de freins, asphalte, béton,...). La forte hétérogénéité spatiale et temporelle des émissions est modifiée par des processus de transport et de redistribution qui sont aussi très variables dans l'espace et dans le temps. Notre approche vise à démontrer et à analyser les relations source-transport-dépôt des particules urbaines qui affectent probablement les eaux usées mais également les sédiments de route ainsi que les sols urbains. Des travaux préalables (stage Master II S. Dorn) ont déjà démontré la présence de certains ETM (e.g. Pt, Pd, Ag) dans les sédiments de route, dans les poussières urbaines et dans des eaux/particules en aval des stations d'épurations qui pourront servir de traceurs d'influence urbaine. De plus, la caractérisation des différentes phases particulaires (et colloïdales dans certains cas) sera approfondie par des analyses minéralogiques et par microscopie électronique. La cartographie et l'analyse spatiale par Système d'Information Géographique (SIG) permettront (i) de documenter et visualiser les résultats obtenus, (ii) d'identifier et de localiser les différentes sources, (iii) de caractériser la répartition des ETM et (iiii) de tracer le transport et la redistribution des ETM à l'échelle de l'agglomération et d'estimer les quantités exportées (e.g. par l'épandage de boues).

Action 5 : *Qualification des apports liés aux activités industrielles, hospitalières et de traitements des déchets urbains.* **(Avancement 0%)**

Ce thème étant en relation directe avec le précédent, un intérêt particulier devra être accordé aux sources ponctuelles, typiques du milieu urbain, qui peuvent, pour certains ETM, contribuer la majorité des apports à l'échelle urbaine. Les hôpitaux, par exemple, émettent des quantités importantes de platine (Pt, traitement anti-tumeurs), de Gadolinium (Gd), d'argent (Ag) etc., substances qui peuvent à la fois représenter des contaminants à fort potentiel éco-toxicologique et des traceurs puissants des sources et des trajets des ETM dans les eaux urbaines. Leur quantification (e.g. bilans de masses pour le transport dissous/particulaire au niveau des entrées des stations d'épuration), ainsi que la caractérisation de leurs phases porteuses et de leur comportement après mélange avec les eaux estuariennes apportera des connaissances originales tant sur le plan de recherche appliquée (potentiel traçage des eaux urbaines) que sur le plan de recherche fondamentale (comportement de ces éléments dans les gradients géochimiques estuariens). Des prélèvements ciblés sur des sources probables seront réalisés en été 2012 (stage M2 en coll. avec l'Université de Karlsruhe).

Action 6 : *Etude expérimentale des transformations (mobilisation/fixation) des ETM dissous et/ou particulaires d'origine urbaine en contact avec les eaux et les particules (bouchon vaseux) de la Garonne.* **(Avancement 30%)**

L'objectif de ce thème est d'étudier le devenir des eaux et des particules urbaines de la ville de Bordeaux (e.g. eaux usées traitées et non-traitées, poussières, débris de pneus, asphalte, freins, sols urbains etc.) introduites dans l'estuaire de la Gironde lors de fortes pluies. Nous étudions la

distribution et la mobilité des ETM dans les eaux usées (traitées et non) dans des mélanges avec les eaux et les particules du bouchon vaseux afin de simuler les processus ayant lieu dans la Garonne à Bordeaux. Les particules urbaines, majoritairement d'origine anthropique, contiennent souvent de très fortes quantités en métaux (e.g. Cd, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Hg, etc.) qui peuvent être solubles (et donc potentiellement biodisponibles) dans les systèmes aquatiques. Les travaux envisagés incluent des prélèvements de « sédiments » de route, l'analyse des concentrations en métaux et des expérimentations en laboratoire afin de caractériser le comportement des particules urbaines dans les eaux estuariennes et notamment pour des eaux douces ou de faible salinité (situations typiques dans la Garonne dans Bordeaux). La caractérisation des cinétiques et des équilibres atteints ainsi que des phases porteuses solides d'ETM, permettent d'identifier le potentiel de mobilisation des métaux d'origine urbaine et une éventuelle redistribution sur d'autres phases porteuses des particules naturelles comme le montre l'exemple de Cu (figure 5).

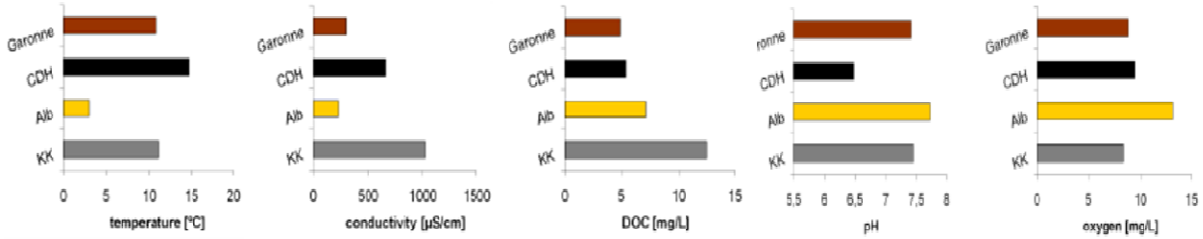


Figure 4 : Comparaison des paramètres T, cond et COD dans les eaux rejetées par Clos de Hilde (CDH) et une STEP à Karlsruhe, Allemagne avec les paramètres des rivières réceptacles respectives.

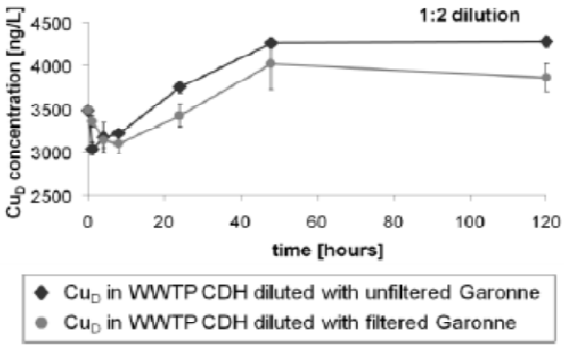


Figure 5 : Cinétique de dissolution de Cu dans un mélange d'eau non-filtrée de STEP et de la Garonne (filtrée et non-filtrée). Cuivre est libéré à partir de particules d'eaux usées en contact avec l'eau fluviale (Rühle et al. 2011). Ce processus se rajoute à la mobilisation de Cu dans la section garonnaise de l'estuaire lors de la minéralisation de la matière organique fluviale pendant les étiages estivaux (Masson et al., 2011).

Action 7 : *Enregistrement historique de l'activité urbaine bordelaise dans les sédiments lacustres de Bordeaux.* **(Avancement 0%)**

Ce thème pourra être envisagé à la suite des thèmes précédents. Il demande une pré-expertise (datation) sur des accumulations sédimentaires continues suffisamment âgées. En fonction des influences ponctuelles et/ou de la période d'enregistrement recherchée, des zones d'accumulation « lacustre » seront identifiées (e.g. Bordeaux-Lac ; bassin à flots, lacs de parcs/jardins publics, méandres des ruisseaux Eau Bourde et Jalle). L'objectif de ce thème est de définir une variation

temporelle de la pollution urbaine en fonction de la nature et de la quantité des retombées atmosphériques et des apports latéraux par les affluents. Ce travail débutera en mars 2012.

3) Avis scientifiques et préconisations

Toutes les actions vont se poursuivre normalement, l'apport d'étudiants supplémentaires sur les actions spécifiques 4, 5 et 7 devant aider à l'avancement prévu du programme proposé.

4) Références

Audry S., Blanc G. and Schäfer J. (2004): Cadmium transport in the Lot-Garonne River system (France) – temporal variability and a model for flux estimation. *Sci. Tot. Environ*. 319:197-213.

Audry S., Schäfer J., Blanc G., Jouanneau J.M. (2004): Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River reservoirs (France). *Environ. Poll*. 132:413-426.

Audry S., Schäfer J., Blanc G., Bossy C. and Lavaux. G. (2004): Anthropogenic components of Heavy metal budgets (Cd, Zn, Cu and Pb) in the Lot-Garonne fluvial system (France) *Appl. Geochem*. 19:769-786.

Audry S., Blanc G., Schäfer J. and Robert S. (2006): Early diagenesis of trace metals (Cd, Cu, Co, Ni, U, Mo and V) in the freshwater reaches of a macrotidal estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta* 70:2264-2282.

Audry S., Blanc G. and Schäfer J. (2006): Solid state partitioning of trace metals in suspended particulate matter from a river system affected by smelting waste drainage, *Sci. Tot. Environ*. 363:216-236.

Blanc G., Lapaquellerie Y., Maillet N. and Anschutz, P. (1999). A cadmium budget for the Lot-Garonne fluvial system (France). *Hydrobiologia*, 410: 331-341.

Masson M., Blanc G., Schäfer J., Parlanti E., LeCoustumer P. (2011). Copper addition by organic matter degradation in the freshwater reaches of a turbid estuary. Sci. Total Environ. 409:1539-1549.

Robert S., Blanc G., Schäfer J., Lavaux G. and Abril G. (2004): Metal mobilization in the Gironde estuary (France): the role of the soft mud layer in the maximum turbidity zone. Mar. Chem. 87:1-13.

Schäfer J., Blanc G., Audry S., Cossa D. and Bossy C. (2006): Mercury in the Lot-Garonne River system (France): Sources, fluxes and anthropogenic component. Appl. Geochem. 21:515-527.

Schäfer J., Norra S., Klein D., Blanc G. (2009). Mobility of trace elements from urban particles under various salinities as occurring in the Gironde Estuary, France. Invited contribution to Journal of Soils and Sediments 9:374-392.

Rühle F., Lanceleur L., Schäfer J., Neumann T., Blanc G., Fuchs S., Norra S. (2012). Behaviour of dissolved trace metals by discharging wastewater into receiving water. In: S. Rauch and G.M. Morrison (eds.), Urban Environment: Proceedings of the 10th Urban Environment Symposium, Alliance for Global Sustainability Bookseries 19, DOI 10.1007/978-94-007-2540-9_31, Springer Science+Business Media B.V. 2012

AXE 4

Approche de l'impact des conditions physico-chimiques affectant la masse d'eau estuarienne garonnaise sur les cortèges biologiques

Avril 2010 – Mars 2011

1) Contexte scientifique et objectifs de l'étude

Considéré comme le plus grand estuaire macrotidal ouest européen, avec ses 635 km^2 de surface à marée haute et une influence s'exerçant jusqu'à plus de 150 km de la mer, l'estuaire de la Gironde fait partie de ces systèmes d'interface à fortes productivités et fonctionnalités biologiques. Malgré les contraintes qu'y exerce la marée (fort courant, fortes variations de salinité, de turbidité et donc de pénétration de la lumière) et l'importance des activités qui l'affecte (activités et aménagements portuaires, dragages, rejets massifs, pompages électronucléaires et industriels, pêche commerciale et de loisir…), sa dimension et sa diversité lui ont permis de conserver encore tout son cortège de poissons migrateurs et d'abriter un certain nombre d'espèces marines (rôle de nourricerie ou de zone de reproduction) ou estuariennes.

Mais cette richesse et cette diversité d'espèces présentes s'amenuisent régulièrement sous l'effet d'une surexploitation de certaines espèces, de l'altération de leurs habitats et de la dégradation de la qualité des eaux, dans un contexte global changeant, modifiant les équilibres antérieurs, malgré les efforts conduits depuis des décennies pour réduire les rejets et les impacts.

Deux problèmes majeurs menacent en particulier la qualité biologique de ce système estuarien, notamment dans sa partie amont, la plus étroite et la plus artificialisée, où se concentrent les apports du bassin amont et ceux des activités urbaines et industrielles locales :

- la toxicité du milieu liée à la présence d'un certain nombre de contaminants (notamment organiques, polymétalliques et d'origine médicamenteuse) assimilés par les organismes,
- la sous-oxygénation combinée à l'échauffement des eaux, particulièrement sensibles en période estivale lors d'épisodes pluvieux dans des contextes tidaux favorisant la stagnation des eaux, pouvant provoquer des situations ou des crises hypoxiques, voire anoxiques, défavorables à la survie ou au maintien des espèces locales comme au déplacement des espèces migratrices, contraintes d'emprunter ce corridor

La problématique centrale de cet axe peut donc être résumée comme suit :

- **le fonctionnement particulier de cette zone estuarienne affecte-t-il les cortèges biologiques ?**
- **quelles sont les conséquences des apports de polluants et des déficits d'oxygénation sur la présence, le niveau de contamination, l'état de santé et les migrations des espèces ?**

La réponse à ces questions nécessite de conduire un diagnostic assez large sur les différents compartiments biologiques présents, de la fraction planctonique, benthique, et des poissons, par des inventaires et des analyses, faisant intervenir différentes compétences de biologistes, de pathologistes et d'écotoxicologues, par de l'observation et de l'expérimentation. Elle devrait permettre une première appréciation des impacts des conditions et des événements subis par cette zone sur le fonctionnement des communautés estuariennes. Par ailleurs, les résultats de ces observations permettront de mesurer l'écart existant entre la situation actuelle et la situation de bon état écologique exigée par la Directive Cadre européenne sur l'Eau.

2) Principaux résultats

Action 1 : *Les poissons*

L'IRSTEA intervient dans l'Axe 4 pour réaliser un inventaire et une caractérisation saisonnière de la macrofaune (poissons et crustacés) présente dans la masse d'eau traversant la CUB. Cet inventaire doit permettre de caractériser spatialement les peuplements de la zone d'étude, de montrer l'évolution de la situation en période défavorable et d'identifier des communautés qui vivent dans ce secteur de la Garonne.

Les buts de ces recherches sont de mettre au service des gestionnaires des outils pour prendre les décisions les plus adéquates concernant les stratégies d'émissions des effluents en période d'étiage et d'assurer une bonne gestion de cet espace estuarien.
Ce rapport présente les campagnes d'échantillonnage réalisées en 2010.

1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude se trouve sur la Garonne et englobe la (CUB). Elle s'étend sur 24 km entre St Louis de Montferrand en limite aval et Cadaujac en limite amont. Cette zone d'étude correspond à une partie de la masse d'eau Garonne fluvial aval définie par l'Agence de l'Eau Adour Garonne pour les besoins de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE). La DCE dans le complexe Gironde-Garonne-Dordogne assure un contrôle de surveillance sur la Garonne fluvial amont, la Dordogne, la Gironde aval et centrale. Le contrôle de surveillance n'est pas réalisé sur cette partie de la Garonne car cette masse d'eau n'a pas été retenue dans le programme de surveillance DCE 2009-2011.

2- METHODOLOGIE

La fréquence d'échantillonnage pour le programme ETIAGE durent une semaine et se déroulent à différentes périodes : en période printanière avant l'élévation des températures, en période estival, pendant un épisode particulier d'hypoxie, en période automnal et si possible en période hivernal. Ces inventaires sont réalisés avec les moyens nautiques du Cemagref à l'aide de deux engins de pêche complémentaires, un petit chalut à perche (1m50 de largeur et 50 cm de hauteur) et des verveux doubles.

Petit chalut à perche

L'échantillonnage au petit chalut à perche est réalisé selon le protocole technique standardisé défini par le Cemagref et appliqué à tous les estuaires de la façade Manche Atlantique pour la DCE (Lepage et al. 2008). Ce protocole décrit en détail les tâches à réaliser, les méthodes et les conditions de travail à respecter telles que les stratégies pour le choix des stations, ou le traitement des captures. Des échantillons de poissons et crustacés sont conservés pour des études de contamination. Une caractérisation de l'état pathologique de ces poissons est réalisée en utilisant une codification pathologique applicable aux espèces estuariennes. De plus, la valeur de

l'indicateur poisson ELFI, développé pour caractériser l'état écologique des masses d'eau de transition (Delpech *et al.*, 2010), sera calculée.

Verveux double

Le verveux double est un engin utilisé pour capturer les poissons dans les deux sens soit de l'aval vers l'amont, soit de l'amont vers l'aval. Il est composé de deux chambres se terminant en entonnoir séparé par un filet guide (paradiére centrale). Les verveux se posent parallèlement au sens du courant pour éviter qu'ils soient emportés.

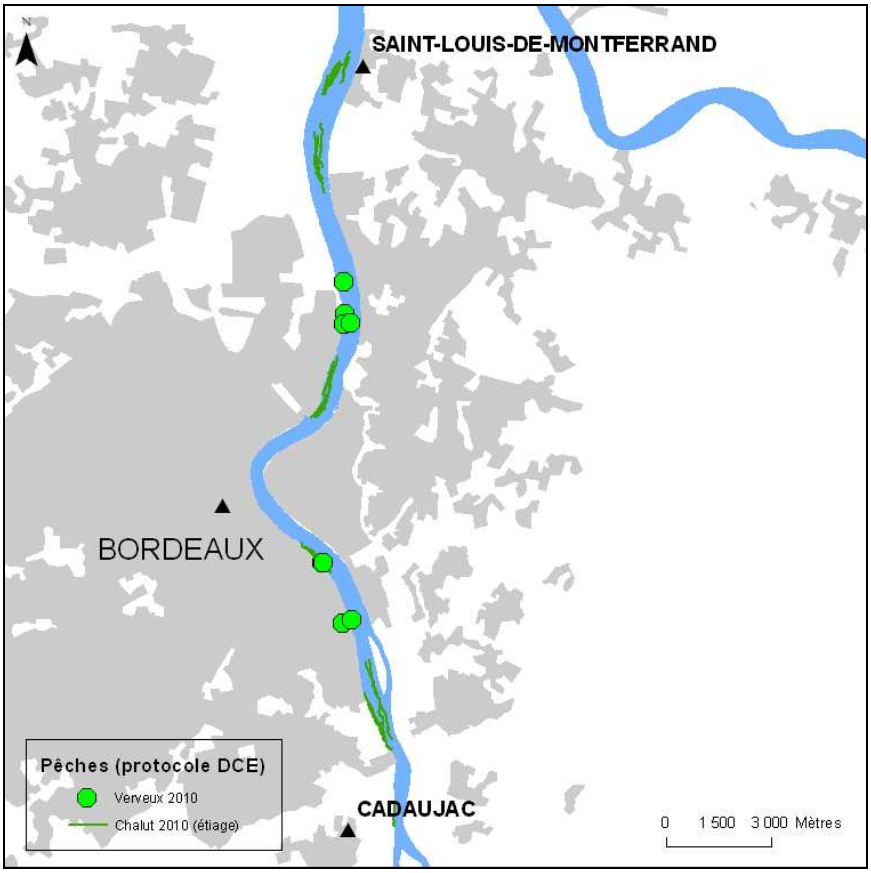


Figure 1 : Carte de localisation des traits de chalut et verveux d'ETIAGE 2010

3- LE BILAN RECAPITULATIF DES ECHANTILLONNAGES 2010

Il y a eut 3 campagnes de prélèvements piscicole en 2010 (printemps, été et automne) pour tester et caler un protocole à employer pour le début d'ETIAGE en 2011. Il a été réalisé au total 47 traits de chalut et 6 lignes de deux verveux.

Tableau 1 : Récapitulatif des engins utilisé et traits réalisés en 2010

Masse d'eau	Campagne	Engin	Mois	Nb traits
Garonne	Etiage Printemps	petit chalut à perche	Juin	17
Garonne	Etiage Printemps	verveux	Juillet	1
Garonne	Etiage été	petit chalut à perche	Août	15
Garonne	Etiage été	verveux	Août	3
Garonne	Etiage automne	petit chalut à perche	Octobre	15
Garonne	Etiage Automne	verveux	Octobre	2

Le tableau suivant présente le nombre d'espèces et d'individus associé au nombre de traits de chalut. On distingue, un nombre d'espèces légèrement supérieur en juin mais il s'agit de capture de juvénile de sandre et de silure. La différence observée au niveau du nombre d'individus est due principalement aux prises de gobie.

Tableau 2 : Récapitulatif des captures poissons dans les traits de chalut

Campagne	Nombre de traits	Nombre d'espèces	Nombre d'individus
juin	17	8	783
aout	15	6	902
octobre	15	6	796

Tableau 3 : Listes des espèces de crustacés et leur abondance suivant les campagnes 2010

Campagne	Engin	Nom	Abondance
Juin	Petit chalut à perche	Hemigrapsus penicillatus	1
	Verveux	Eriocheir sinensis	2
Aout	Petit chalut à perche	Crangon crangon	162
		Palaemon longirostris	5358
	Verveux	Eriocheir sinensis	2
		Palaemon longirostris	113
Octobre	Petit chalut à perche	Crangon crangon	50
		Palaemon longirostris	2980
		Palaemon macrodactylus	1
	Verveux	Eriocheir sinensis	1
		Palaemon longirostris	15500

Relativement aux crustacés capturés en 2010, de grosses quantités de crevettes sont pêchées à partir d'août alors qu'il n'y en avait pas en juin du fait de leur migration estival. Sinon, il y a peu de crustacés capturés sur cette zone.

4- LES RESULTATS FOURNIS PAR L'INDICATEUR POISSON

Le développement de l'indicateur poisson ELFI (Estuarine and Lagoon Fish Index) a été initié par le projet Liteau II (Girardin et al., 2009). A la suite de ce projet, des travaux ont été entrepris et sont toujours en cours afin d'améliorer le diagnostic fourni par l'indicateur (Courrat et al., 2009; Delpech and Lepage, 2009; Delpech et al., 2010a; Delpech et al., 2010b; Drouineau et al., 2010).
Cet indicateur permet de rendre compte de la qualité des masses d'eau de transition à travers plusieurs descripteurs du peuplement de poissons (métriques). La méthodologie utilisée est basée sur une approche pression-impact. Les métriques ont été testées et choisies car d'une part, elles répondent de façon négative face à une augmentation de la pression anthropique, et d'autre part, elles permettent de distinguer au moins trois classes de qualité.

Actuellement, l'indicateur est composé de 7 métriques :

- DDIA : densité de migrateurs
- DMJ : densité de juvéniles marins dans les zones mésohalines et polyhalines
- DFW : densité de poissons d'eau douce dans les zones oligohalines
- DB : densité de poissons benthiques
- DT : densité totale de poissons
- DER : densité de poissons résidents
- RT : richesse taxonomique

Tableau 4 : Seuils utilisés pour définir les 5 classes de qualités

Etat	ELFI
très bon	[0,9 - 1]
bon	[0,675 - 0,9[
moyen	[0,45 - 0,675[
médiocre	[0,225 - 0,45[
mauvais	[0 - 0,225[

Tableau 5 : Notes de chaque métrique et de l'indicateur poisson (ELFI) obtenues pour les différentes saisons sur la Garonne autour de Bordeaux

Note	DDIA	DMJ	DFW	DB	DT	DER	RT	**ELFI**
Etiage_juin_2010	0,75	-	0	1	1	1	0,5	**0,71**
Etiage_ aout_2010	0,5	-	0	1	1	1	0,5	**0,67**
Etiage_octobre_2010	0,25	-	0	1	1	1	0,5	**0,63**

Les notes sont sensiblement les mêmes durant ces trois saisons. La différence des notes vient en grande partie de la présence de juvéniles de flets qui sont assez abondants en juin, en plus petit nombre en août et absents en automne. Il n'y a pas d'indicateur pour les verveux.

5- CONCLUSION

La masse d'eau Garonne fluvial aval n'a pas été retenue comme masse d'eau à échantillonner pour la période 2009/2011 de surveillance pour la DCE. Il existe peu de données sur les peuplements de poissons sur cette zone d'étude, surtout en période estival car les campagnes d'échantillonnage pour la DCE se déroulent le printemps et l'automne.

La phase d'étude préliminaire de 2010 a permis de réaliser 47 traits de chalut et 6 poses de ligne de verveux sur la zone d'étude. Elle a permis de caler un protocole d'échantillonnage prévu pour ETIAGE en 2011, de localiser des sites de prélèvement et d'avoir quelques données. Elle nous a permis aussi de constater la difficulté de travailler sur cette zone de la Garonne, courant violent, zone très encombrée etc.

Le protocole retenu est de réaliser environ 15 traits de chalut sur la zone d'étude en respectant le protocole d'échantillonnage chalut mis en place pour la DCE. Le test des deux types de verveux, implique le choix des verveux 4 mm pour étudier la faune circulante. Une fois le renforcement du premier anneau réalisé, ces verveux 4 mm permettent de capturer des plus petites espèces qui sont des indicateurs privilégiés des variations de la qualité des eaux. Le seul inconvénient sera le tri des déchets charriés par la Garonne. On couplera ces pièges avec des verveux type DCE pour capturer des poissons plus gros à des fins d'écotoxicologie.

En 2010, il n'y a pas eut d'épisode d'anoxie durant la période d'étiage comme cela a été le cas les années antérieur. On ne distingue pas non plus de grosse différence entre les captures sur ces 3 campagnes à part la prise de flet en début de saison qui gonfle la note de l'indicateur poisson.
Les campagnes ETIAGE 2010 ont permit de lever des interrogations pratiques de la mise en place du plan d'échantillonnage qui commencera réellement en 2011.

Action 2 : *Zooplancton et benthos*

François Dindinaud (Doctorant), Benoît Sautour (Pr), Guy Bachelet (CNRS)

Il s'agit ici d'approcher l'impact des conditions physico-chimiques affectant la masse d'eau estuarienne de la Garonne et de la Dordogne sur deux cortèges biologiques : le zooplancton et le benthos. La Dordogne est prise en compte car elle constitue un environnement de référence, c'est-à-dire non impacté par la CUB.

Les premiers mois de la thèse de François Dindinaud (débutée en octobre 2010) ont été dédiés à la mise en place de la stratégie d'échantillonnage. Pour les communautés planctoniques, 6 points d'échantillonnage ont été choisis : 2 points à Ambès (l'un côté Dordogne, l'autre côté Garonne) échantillonnés à pleine mer afin d'estimer l'influence océanique ; 2 points en amont, Libourne et Langoiran, pour estimer l'influence continentale ; 2 points intermédiaires, Bacalan et Cubzac-les-Ponts, échantillonnés sur l'ensemble du cycle de marée pour étudier les masses d'eau résidentes. Pour les communautés benthiques, 3 points supplémentaires ont été choisis : Izon, le Chantier Nicolas au parc des Queyries, et Bègles Rives-d'Arcins. L'échantillonnage benthique est réalisé en zone intertidale et subtidale (hors chenaux de navigation pour éviter les zones de dragage).

Les campagnes d'échantillonnages et de mesures ont débuté en février 2011. Les échantillonnages de la colonne d'eau et du sédiment ont en partie pour objectifs de dresser un inventaire des espèces présentes dans cette zone fluviatile de l'estuaire amont totalement inconnue du point de vue de la biodiversité, et de déterminer la dynamique temporelle des communautés. En parallèle, dans les deux milieux, les paramètres biotiques et abiotiques (biomasse chlorophyllienne, isotopie, carbone et azote organique particulaire, acides gras, température et conductimétrie) sont mesurés. Des mesures de production planctonique de l'espèce dominante *Eurytemora affinis* (crustacé copépode) ont été également mises en place afin de déterminer l'impact des matières en suspension et de l'oxygénation des eaux durant les périodes d'étiage.

Action 3 : *Analyse des effets des périodes de concentration et des périodes anoxiques sur les fonctionnements biologiques.*

Pour le moment, rien n'a été effectué concernant cette action, qui débutera sur l'année 2.

Action 4 : *Evaluation des niveaux de contamination et effets écotoxicologiques sur les composantes biologiques exposées dans cette masse d'eau estuarienne.*

M.Baudrimont (Pr), S.Bureau du Colombier (CDD), V.Duflo (Ing), B.Etcheverria (Ing)

Les travaux de l'action 4 ont été centrés autour de 3 approches :

1. La mesure directe de la contamination des organismes inventoriés lors des actions 1 et 2.
2. La réalisation d'expositions *in situ* pour mesurer les effets tant biologiques qu'écotoxicologiques de ces expositions (approche dite de transplantation).
3. L'exposition d'espèces indicatrices aux rejets urbains en structures expérimentales, pour évaluer les phénomènes d'accumulation en fonction par exemple des conditions normoxiques ou hypoxiques et les effets toxiques éventuels.

Les approches 1 et 2 ont commencé à être abordées en année 1. En voici les principaux détails et résultats :

1. Mesure directe de la contamination polymétallique des poissons inventoriés lors de l'action 1

Bien que souvent peu nombreux, les poissons (anguilles, barbeaux, flets et gobies) issus des pêches menées au cours de l'action 1 (juin, août et octobre 2010) ont été soumis à différentes mesures : biométrie (longueur, poids, facteur de condition), concentration en cadmium (muscle et foie) et mercure (muscle), et teneur en malondialdéhyde (MDA, indicateur de la peroxydation des lipides, foie). Des comparaisons spatiales et saisonnières ont été réalisées mais rien ne ressort de ces analyses. La seule différence constatée est une différence de concentration musculaire en mercure entre espèces, à savoir de plus fortes valeurs chez les anguilles et gobies que chez les barbeaux et flets, ce qui n'est pas surprenant vu les variabilités liées au mode de vie, métabolisme et temps de résidence en estuaire de ces organismes. Plusieurs contraintes sont toutefois à noter : le faible nombre d'individus issus des pêches, les inconnues concernant le déplacement de chaque individu en estuaire, l'impossibilité d'étudier l'impact de l'hypoxie cette année-là.

2. Expositions in situ de mollusques (corbicules : *Corbicula fluminea*) et mesure des effets biologique et écotoxicologique

Des corbicules provenant d'un site considéré comme peu impacté par la contamination métallique (St Seurin sur l'Isle) ont été mis en cage à l'amont et à l'aval de l'agglomération bordelaise (Bègles et Bacalan respectivement) pour une durée de 4 mois (fin juin à fin octobre 2010). Ces organismes ainsi que des témoins (corbicules prélevés en même temps à St Seurin sur l'Isle mais sacrifiés rapidement et n'ayant pas séjourné dans l'estuaire) ont ensuite été soumis à différentes mesures : biométrie (longueur, poids, facteur de condition), concentration de 12 métaux (organisme entier) et de mercure (branchie, masse viscérale, reste du corps), marqueurs génétiques (branchies et masse viscérale) et teneur en MDA (masse viscérale). Les résultats montrent une accumulation de métaux chez les organismes mis en cage en estuaire. En effet, comparés aux témoins et quel que soit le site où ils ont été mis en cage, ils sont plus concentrés

en aluminium, argent, arsenic, cadmium, manganèse, plomb, zinc et mercure. Les analyses mettent aussi en évidence une induction de la majorité des marqueurs génétiques étudiés, ce qui montre une réponse des organismes à cette accumulation de métaux. Les résultats soulignent également des différences entre les corbicules ayant séjourné dans l'estuaire. En effet, comparés aux organismes de Bègles, ceux de Bacalan ne montrent pas de croissance, ils sont en moins bonne condition et ont globalement accumulé plus de métaux (arsenic, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, nickel et mercure). Le seul métal présent à une plus forte concentration dans les tissus des individus de Bègles est l'argent. La surexpression des marqueurs génétiques est aussi plus forte à Bègles qu'à Bacalan. Une étude plus poussée de la teneur en métaux de l'eau et des paramètres physicochimiques nous permettrait de mieux comprendre ces résultats.

Perspectives année 2

- Reconduire les études et analyses menées en année 1 (approches 1 et 2) en prévoyant des échantillonnages supplémentaires en période d'hypoxie durant l'été 2011.
- Y ajouter la mesure directe de la contamination polymétallique des organismes planctoniques et benthiques inventoriés lors de l'action 2 (approche 1).
- En parallèle des corbicules, mise en cage d'anguilles (*Anguilla anguilla*) en estuaire (approche 2).
- Dans le cas de l'approche 2, ajouter un site référence bien plus à l'amont de l'agglomération bordelaise.

AXE 5

Synthèses des pressions et des impacts caractérisant les eaux de la Garonne estuarienne. Recommandations de gestion.

L'eau est la seule chose la plus nécessaire à l'entretien de la vie, mais il est aisé de la corrompre... car pour la terre, le soleil, les vents, ils ne sont point sujets à être emprisonnés, ni détournés, ni dérobés, tandis que cela peut arriver à l'eau, qui, pour de raison, a besoin que la loi vienne à son secours...
« Les lois » Platon – IVe siècle avant Jésus-Christ

« Eau, tu n'as ni couleur, ni arôme, on ne peut pas te définir, on te goûte sans te connaître. Tu n'es pas nécessaire à la vie, tu es la vie. »
St Exupéry

Avril 2010 – Mars 2011

Dans cet AXE 5, le principe est de procéder à la synthèse des observations de la qualité des eaux de cette zone et de la compréhension des mécanismes biogéochimiques et du comportement des cortèges biologiques abordés dans les axes précédents, à la lumière des nouvelles données acquises dans cette zone trop rarement étudiée en dépit de son importance primordiale.

Il s'agit en effet d'une zone soumise au balancement des marées très prononcé en période d'étiage (avec un long temps de résidence des eaux prévisible), dans laquelle les apports fluviaux de l'amont et ceux urbains d'origine locale vont subir de multiples transformations pouvant générer une dégradation notable de la qualité des eaux et avoir d'importantes répercussions sur les communautés biologiques présentes.

Cet axe 5 doit donc être considéré comme un axe de consolidation et de synthèse des données ayant pour objectif de connaître le milieu récepteur et les interactions des différents facteurs étudiés dans ce milieu, d'en connaître son état écologique actuel et de dégager des axes de travail pour atteindre un retour au bon état écologique du milieu.

L'impact socio-économique devra à terme être intégré suite à ces recherches afin de pouvoir choisir et prioriser les solutions environnementales pertinentes à mettre en œuvre pour répondre à la DCE de manière efficace et pérenne.

Pour le moment il existe un réel manque d'information et de certitude concernant le niveau actuel de l'état écologique de cette partie amont d'estuaire garonnais et la hiérarchie des facteurs de dégradation (qualité physicochimique, hypoxies, toxicité, absence de diversité et d'abris, envasement…).

La mise en commun des données acquises dans les 4 axes de recherche précédemment décrits et portant au moins sur les deux premières années de recherche doit aider à combler cette lacune, qui ne permet pas actuellement d'avoir une caractérisation précise des masses d'eau présentes dans cette section d'estuaire.

Les objectifs affichés à cet égard sont donc :

- de livrer un bilan précis et complet de l'état écologique actuel des eaux de l'estuaire garonnais, notamment au niveau de la Communauté Urbaine de Bordeaux, bilan sujet à une variabilité saisonnière certaine;
- de mettre à disposition l'ensemble des données acquises aux scientifiques et aux personnels des organismes partenaires et de les sécuriser ;
- d'identifier et de quantifier les facteurs sur lesquels il importera d'agir pour atteindre la qualité des eaux exigée dans le futur (limitation des apports d'amont, soutien d'étiage, degré de traitement et nature des rejets, gestion de leur émission, etc…), si l'on veut atteindre un « Bon Etat ou Bon Potentiel Ecologique » des eaux dans ce type de milieu.

Bien sûr, il sera possible d'appliquer localement les critères d'appréciation du « Bon Etat ou Bon Potentiel Ecologique », choisis au niveau national, sur ces milieux spécifiques que forment les eaux estuariennes soumises à l'influence de la marée en proximité de zone urbaine. Mais cette étude devrait permettre d'apprécier plus finement l'état des compartiments biologiques de même

Que l'origine et les niveaux de pression subis, pour faciliter l'intégration des priorités d'action nécessaires dans la décision publique d'investissement et de gestion et restauration de ces masses d'eau, au-delà du programme de surveillance réglementaire.

Tout ceci nécessite d'avoir des jeux complets de données sur la qualité des eaux de la section estuarienne garonnaise et sur les cycles d'abondance et d'état des populations biologiques en place et/ou migratoires, ce qui passe par l'acquisition d'au moins deux années de données.
L'avancement de cet axe ne peut donc être vraiment envisagé qu'au cours de l'année 3. Des réunions régulières entre chercheurs, tous présents à Bordeaux, ne devraient pas poser de problèmes et permettre de répondre, plus ou moins complètement, aux questions soulevées dans cet axe.