

PROGRAMME DE RECHERCHE ETIAGE

Étude Intégrée de l'effet des Apports amont
et locaux sur le fonctionnement de la Garonne Estuarienne
Avril 2010 – Mars 2014

*Synthèse du séminaire de restitution
Pessac, 24 juin 2014*



PROGRAMME DE LA JOURNÉE DU SÉMINAIRE DU 24 JUIN 2014

Ouverture de la journée par les membres du consortium : **Jean-Luc Pozzo** (Université de Bordeaux), **Anne-Lise Jacquet** (CUB), **Antoine Bousseau** (Lyonnaise des Eaux), **Laurent Bergeot** (agence de l'eau Adour-Garonne), **Henri Etcheber** (EPOC, coordinateur du projet de recherche)

➤ PRÉSENTATION DU PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE SES RÉSULTATS

- **Pourquoi ETIAGE ?** – **Mario Lepage** (IRSTEA)
- **Axe 1** : matières organiques et oxygénation des eaux – **Henri Etcheber** (EPOC)
- **Axe 2** : contaminants émergents – **Hélène Budzinski** (EPOC)
- **Axe 3** : contaminants métalliques – **Gérard Blanc** (EPOC)
- **Axe 4** : impact des conditions sur les organismes – **Magalie Baudrimont**, **Benoît Sautour** (EPOC) et **Mario Lepage** (IRSTEA)

➤ TABLES RONDES THÉMATIQUES

- **Animation** : **Anne-Laure Baudu**
- **Introduction** par **Henri Etcheber** (EPOC)
- **Estuaire fluvial à Bordeaux : quelle qualité de l'eau et de l'écosystème ?**
Présentation par **Magalie Baudrimont** (EPOC) – Participants : **Mélina Lamouroux** (agence de l'eau Adour-Garonne), **Nicolas Gendreau** (CUB), **Jacqueline Rabic** (pêche professionnelle)
- **Apports amont et rejets urbains locaux : quels impacts sur la qualité des eaux et du milieu ?**
Présentation par **Gérard Blanc** (EPOC) – Participants : **Pascal Botzung** (CUB), **Benoît Burguin** (SGAC), **Florian Varriéras** (DREAL Aquitaine), **Elisabeth Arnould** (SEPANSO)
- **Quelles recommandations en matière de gestion à l'échelle du bassin versant et de la CUB ?**
Présentation par **Henri Etcheber** (EPOC) – Participants : **Anne-Lise Jacquet** (CUB), **Xavier Litrico** (LyRE, Lyonnaise des Eaux), **Françoise Goulard** (agence de l'eau Adour-Garonne), **Aline Chaumel** (SMEAG), Jérôme Baron (SMIDDEST)

➤ POINTS DE VUE CROISÉS DE "GRANDS TÉMOINS"

- **Michel Meybeck** (CNRS)
- **Denis Salles** (IRSTEA)

SOMMAIRE

ETIAGE : un programme de recherche au bénéfice de la Garonne estuarienne et des territoires bordelais	PAGES 5 > 6
Estuaire fluvial à Bordeaux : quelle qualité de l'eau et de l'écosystème ?	PAGES 7 > 10
Apports amont et rejets urbains locaux : quels impacts sur la qualité des eaux et du milieu ?	PAGES 11 > 12
Quelles recommandations en matière de gestion à l'échelle du bassin versant et de la CUB ?	PAGES 13 > 16
En savoir plus sur les travaux du programme de recherche ETIAGE	PAGES 17 > 24
Axe 1 - Caractérisation et rôle respectif des apports organiques amont et locaux sur l'oxygénation des eaux	PAGE 17
Axe 2 - Caractérisation et flux des contaminants organiques (classiques et émergents) : application aux pharmaceutiques et pesticides	PAGE 18
Axe 3 - Contaminants métalliques	PAGE 20
Axe 4 - Impact sur les organismes aquatiques	PAGE 22
Points de vue croisés de "grands témoins"	PAGE 25
Glossaire des sigles	PAGE 26

ETIAGE : UN PROGRAMME DE RECHERCHE AU BÉNÉFICE DE LA GARONNE ESTUARIENNE ET DES TERRITOIRES BORDELAIS

Pour le territoire bordelais, la préservation de la Garonne et de son estuaire – espace particulièrement sensible en période d'étiage aux pressions climatiques et anthropiques – constitue un défi environnemental et sociétal majeur. Dans ce contexte, mieux identifier l'impact d'un grand centre urbain tel que celui de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB) sur la Garonne estuarienne présente un intérêt majeur pour l'ensemble des acteurs et des gestionnaires.

Un **consortium** composé des pouvoirs publics (Feder, agence de l'eau Adour-Garonne), du monde universitaire et de la recherche (université de Bordeaux, IRSTEA, CNRS, LyRE), de la CUB et de la Lyonnaise des Eaux s'est réuni autour du programme de recherche **ETIAGE** : ETude Intégrée de l'effet des Apports amont et locaux sur le fonctionnement de la Garonne Estuarienne.

Le programme vise à **comprendre l'impact des rejets d'effluents de l'agglomération bordelaise sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne.**

Les deux attendus de cette recherche :

- Un bilan précis et complet de l'état actuel des eaux de la partie amont de l'estuaire, notamment au niveau du territoire de la CUB,
- Une identification des actions à mettre en œuvre pour limiter les impacts constatés.

Le programme de recherche est organisé autour de 5 axes :

1. Matières organiques et oxygénation des eaux
2. Contaminants organiques (classiques et émergents)
3. Apports métalliques (cadmium et autres)
4. Impact des conditions sur les cortèges biologiques
5. Synthèse et préconisations de gestion

ETIAGE est un programme de recherche sur 5 ans (2010-2014) qui bénéficie du soutien financier de partenaires institutionnels et privés. La gouvernance du projet est assurée par un comité de pilotage qui s'appuie sur un co-

mité scientifique et technique. Le budget du programme est de 2,2 M€ sur les 5 années.

Le programme de recherche ETIAGE a été lancé après **plusieurs constats alarmants** :

- des **problèmes d'hypoxie**, notamment autour de la CUB, ont été mis en évidence par le réseau de mesures en continu MAGEST qui comprend des stations automatisées à Pauillac, Bordeaux, Portets et Libourne
- le changement climatique global induit des **modifications des peuplements aquatiques** en raison de l'augmentation de la température de l'eau (en 30 ans, + 1,5 °C en moyenne et + 2°C en été) et de la réduction des débits (- 100 à 250 m³/s en moyenne sur la même période)
- **l'effondrement des activités de pêche** lié à l'effondrement des prises de poissons migrateurs
- une **contamination par les PCB** de certains organismes vivants, et notamment les anguilles dont les tissus gras accumulent les polluants chimiques
- la préoccupation nouvelle que représentent les **polluants organiques** : pesticides et produits médicamenteux
- l'usage de plus en plus marqué de **micropolluants métalliques classiques et émergents.**

« Le programme de recherche ETIAGE nous invite à interroger nos comportements collectifs parce qu'il met en évidence l'impact des déversements de produits médicamenteux et de métaux, et qu'il permet d'énoncer des préconisations en matière de changement de méthodes et de pratiques. Mesurer les impacts de ce que nous produisons est essentiel pour pouvoir espérer remédier aux effets. Nous devons poursuivre dans cet axe. Nous aurons également à envisager une communication grand public sur les impacts de nos modes de vie sur l'environnement en général et l'eau en particulier. »

Jean-Luc Pozzo,
université de Bordeaux

« Depuis 30 ans, la CUB a fortement développé son réseau d'assainissement, tant pour répondre aux besoins de l'expansion de l'agglomération que pour lutter contre les risques d'inondation et respecter les obligations réglementaires en matière de protection de l'environnement. Elle a également réaffirmé sa volonté d'une gestion intégrée de l'eau, avec une dimension environnementale prenant en compte le grand cycle de l'eau, et a défini pour les 20 ans à venir des actions pour répondre aux enjeux de préservation de la ressource en eau, des milieux aquatiques et de la biodiversité, ainsi que l'amélioration de l'impact des rejets du territoire sur les milieux naturels récepteurs.

Le partenariat entre acteurs du territoire et scientifiques que constitue le programme de recherche ETIAGE vise à répondre à l'objectif d'identification des sources de pollution de la Garonne estuarienne et de réduction de leurs apports. Il met en corrélation l'importance des apports d'effluents provenant du bassin amont et de ceux provenant de l'agglomération bordelaise, notamment en période d'étiage. »

Anne-Lise Jacquet, CUB

« La Lyonnaise des Eaux est gestionnaire des réseaux d'assainissement et d'eaux pluviales de la CUB et partage sa préoccupation de l'impact des rejets sur l'environnement. Le contrat de délégation de service public demande d'aller plus loin que le seul traitement des eaux usées, en s'intéressant au diagnostic permanent, à la gestion raisonnée des espaces verts, à la recherche de biodiversité sur les bassins d'eaux pluviales, à la gestion dynamique, aux études sur les micro-polluants et les micro-rejets, au suivi en continu des rivières par le biais de l'observatoire des milieux naturels.

S'il faut aller plus loin, c'est pour répondre à la prise de conscience environnementale très forte qui s'exprime sur le territoire de la CUB : il faut passer de l'eau facile à l'eau fragile, passer du petit cycle de l'eau au grand cycle de l'eau, en protégeant les ressources en eau potable, en étant vigilant aux milieux naturels et en assurant leur reconquête, mais aussi en communiquant mieux vers les citoyens. La création du LyRE (centre de R&D de la Lyonnaise des Eaux à Bordeaux) répond à cette volonté, et la Lyonnaise des Eaux participe au programme ETIAGE à trois niveaux, en tant que financeur, en tant que gestionnaire d'assainissement du réseau de la CUB, et en tant que partenaire scientifique à travers le LyRE.

Si malheureusement la Garonne a son héritage millénaire de polluants, ETIAGE va permettre à tous ses riverains et usagers d'envisager l'avenir sous l'angle de son bassin récepteur. Nous devons tout faire pour que continuent à passer par la Garonne, devant Bordeaux, les migrateurs les plus nobles que sont l'alose, l'esturgeon et le saumon. ETIAGE peut nous permettre d'y parvenir. »

Antoine Bousseau, Lyonnaise des Eaux

ESTUAIRE FLUVIAL À BORDEAUX : QUELLE QUALITÉ DE L'EAU ET DE L'ÉCOSYSTÈME ?

➤ LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DU PROGRAMME DE RECHERCHE ETIAGE

● L'oxygénation des eaux

L'estuaire de la Gironde est caractérisé par la présence et la persistance pendant l'été d'un **bouchon vaseux**, zone dans laquelle les sédiments fins en suspension sont très concentrés, où la lumière pénètre peu et où se retrouvent les différents apports anthropiques amont et locaux de l'estuaire. Dans certaines conditions, il peut en résulter des déficits en oxygène dans l'eau, appelés épisodes d'**hypoxie**, préjudiciables pour la vie aquatique. A savoir également que les processus de dégradation de matière organique consomment l'oxygène présent dans l'eau.

« L'eau est de tous les éléments le plus propre à fertiliser les jardins, mais elle est facile à corrompre. Ni la terre, ni le soleil, ni les vents, qui concourent avec l'eau à la nourriture des plantes, ne sont guère sujets à être empoisonnés, détournés ou dérobés, tandis que tout cela peut arriver à l'eau ; aussi a-t-elle besoin de la loi pour la préserver. »

Platon, "Les Lois",
IV^e siècle av. JC

Les phénomènes d'hypoxie dans les eaux de la Garonne à Bordeaux en période estivale sont connus depuis 1950. Ils étaient déjà attribués à la présence du bouchon vaseux, sans être réellement documentés. Les mesures en continu du réseau MAGEST (1 mesure toutes les 10 mn des teneurs en oxygène) confirment ces baisses prononcées lors des étages estivaux (www.magest.u-bordeaux1.fr/Public).

ETIAGE a permis de **caractériser ces épisodes d'hypoxie**. Ceux-ci sont préférentiellement centrés sur Bordeaux - avec les déficits en oxygène les plus marqués -, et, dans une moindre mesure, de Langoiran au Bec d'Ambes. Si les résultats montrent l'impact significatif de l'agglomération bordelaise, ils font également ressortir l'importance de l'association de **trois facteurs aggravants** : un étiage prononcé avec des débits de plus en plus faibles, une eau chaude et la présence du bouchon vaseux. Dès que les conditions combinent une température de l'eau supé-

rieure à 26°C, des débits faibles (de l'ordre de 100 m³/s) et un coefficient de marée inférieur à 60 (faible oscillation autour de Bordeaux), le risque d'hypoxie devient important dans les eaux autour de Bordeaux (concentrations en oxygène dissous inférieures à 4 mg/l observées plusieurs heures par jour ayant des impacts avérés sur les organismes aquatiques).

● La contamination des eaux

La qualité de l'eau est également le résultat de la contamination par les **micropolluants métalliques et organiques** (pesticides et médicaments), classiques ou dits émergents. L'empreinte de l'agglomération est visible par l'augmentation de leurs teneurs en période d'étiage estival, avec des concentrations maximales relevées dans la zone d'influence bordelaise lors de forte pluie. Ceci démontre **l'influence urbaine sur la qualité de la Garonne aval en dépit des efforts de traitement effectués en stations d'épuration**.

Avant ETIAGE, on disposait de très peu de données sur la présence de médicaments (marqueurs urbains) et de pesticides (micropolluants multi-sources ubiquistes).

Grâce à ETIAGE, plusieurs données ont été produites sur la présence des **micropolluants organiques** :

- en sortie de station d'épuration, peu d'abattement pour les médicaments (moins de 10 molécules abattues à plus de 70 %) et aucun abattement pour les pesticides
- dans la Garonne :
 - prédominance des pesticides agricoles provenant de l'amont mais présence non négligeable de pesticides urbains (Diuron, imidacloprid et surtout Fipronil, antipuce bien connu que l'on retrouve à des niveaux pouvant être toxiques pour le milieu),
 - pour les médicaments, des concentrations non nulles dans le milieu en amont et maximales à Bordeaux, avec des facteurs d'augmentation entre l'amont et Bordeaux propres à chaque molécule.

Concernant les **apports en métaux**, si des données étaient disponibles avant ETIAGE sur les flux en amont de Bordeaux (grâce notamment au projet "Défi Cadmium" de l'agence de l'eau Adour-Garonne), il n'existait aucune donnée sur les apports de métaux issus des stations d'épuration de la CUB.

Les résultats du programme ETIAGE montrent :

- une pollution majeure de l'estuaire au **cadmium**, en dépit des efforts accomplis pour diminuer la source sur le Lot amont,
- l'émergence d'une pollution à l'**argent** des bassins urbains et périurbains,
- la présence d'**aluminium**, métal le plus accumulé dans les organismes,
- de **bonnes performances épuratoires des métaux en phase dissoute**, hormis pour l'arsenic, le zinc et le nickel ("marqueur" de pollution urbaine qui reste très présent dans les organismes à Bordeaux).

• La qualité biologique et les effets écotoxicologiques

Concernant la **biodiversité**, la production primaire phytoplanctonique dans la Garonne aval est limitée du fait de la forte turbidité. C'est une contrainte importante qui marque le reste de la chaîne alimentaire.

ETIAGE a également permis de caractériser le zooplancton avec une espèce dominante, Eurytemora affinis (diversité moindre que dans l'estuaire aval, production plutôt estivale, remontée très à l'amont de la Garonne). Pour la macrofaune, très peu d'espèces ont été observées, avec une production printanière sur la Garonne estuarienne et pas d'influence visible de la CUB. La méiofaune présente, elle, une diversité moindre que dans l'estuaire aval, une production estivale sur Bordeaux et printanière à l'amont.

ETIAGE confirme les **effets écotoxicologiques** des micropolluants et le caractère aggravant de la présence de l'hypoxie (moins d'oxygène = + de filtration de l'eau = + d'accumulation des polluants) et de "**l'effet cocktail**" entre les métaux, médicaments, pesticides...

Sur le **zooplancton**, l'étude montre une bioaccumulation du cadmium essentiellement trophique (par l'alimentation), avec des effets avérés aux niveaux cellulaires et moléculaires qui posent question quant au devenir des populations.

Sur les **poissons**, l'étude a mis en évidence le faible nombre d'espèces de poissons pré-

sentes et surtout leur peu d'abondance, suggérant une dégradation du système : 4 fois moins de poissons en moyenne que dans l'estuaire de l'Escaut qui présente pourtant des caractéristiques similaires (présence d'une grosse agglomération urbaine, Anvers, salinité comparable, forte activité urbaine et industrielle) mais une turbidité moins importante. Les expérimentations faites sur les alosons ont montré leur grande sensibilité à l'hypoxie, ce qui, au vu des données en matière d'oxygène sur l'aval de la Garonne, laisse présager des difficultés de migration pour ces poissons en période d'étiage. Deux espèces de **crustacés** parmi les trois espèces répertoriées sont des espèces non autochtones et potentiellement envahissantes (crabe chinois et crabe japonais).

Ainsi le projet ne permet pas de démontrer clairement d'influence néfaste des rejets de l'agglomération sur la qualité biologique de la Garonne, mais il met en évidence **la faible diversité des espèces de poissons et leur peu d'abondance, l'impact potentiel des épisodes d'hypoxie sur la dévalaison des jeunes poissons migrateurs (alosos) et sur l'accumulation de métaux (aluminium, cadmium, nickel) dans les organismes au niveau de Bordeaux.**

« Les évolutions d'un écosystème ne sont pas forcément linéaires, parfois il y a un « shift » avec un basculement brutal. Et c'est ce que vit l'estuaire actuellement. La question qui se pose est : quel nouveau mode de fonctionnement pour l'écosystème de l'estuaire ? Ou jusqu'à quand pourra-t-on ajouter des gouttes sans que le vase ne déborde ?... »

Benoît Sautour, EPOC

« La DCE est une manière de lire la qualité des eaux, mais il y en a d'autres. Il faut également écouter les acteurs de terrain. La Garonne est aussi un milieu économique, demandons-nous quelles activités économiques peuvent y être développées (aquaculture, conchyliculture...). Nous prendrons ainsi conscience des enjeux et nous pourrons agir en conséquence ... »

Gérard Blanc, EPOC

... SUR L'ÉVALUATION DE LA CONNAISSANCE ET SUR LA QUALITÉ DES EAUX ET DES MILIEUX



« Avant ETIAGE, nous ne disposions pas d'état des lieux sur le benthos (ensemble des organismes aquatiques vivant à proximité du fond des mers et des cours d'eau) et les planctons. Le programme a permis de combler cette lacune. La comparaison avec d'autres estuaires, aussi, est importante. »

Magalie Baudrimont, EPOC



« Comme deux études précédentes conduites sur deux autres estuaires avec la même échelle de temps, ETIAGE a permis de dresser un état des lieux. Il reste que l'étude actuelle sur la biologie ne couvre pas toute la zone de l'estuaire, notamment en raison du coût financier de ce type de recherches. »

Benoît Sautour, EPOC

« La CUB entame une révision de ses schémas directeurs eaux usées et eaux pluviales. Comment peut-elle les faire évoluer pour tenir compte de la DCE et des résultats du programme ETIAGE ? »

Simon Granchamp, CUB



« La connaissance des estuaires est récente et a bien évolué en 10/15 ans, notamment grâce à la directive-cadre sur l'eau (DCE) qui a reconnu les masses d'eau estuariennes comme des masses d'eau de transition méritant un suivi spécifique. Auparavant, on ne voyait les estuaires que comme le prolongement des rivières. Or, ce sont des espaces qui évoluent en permanence avec le balancement des marées. Le réseau de surveillance MAGEST a permis de disposer de mesures en continu des paramètres de base (température, oxygène dissous, turbidité, salinité) et de mieux comprendre la rythmicité et l'interaction entre les processus. Au niveau national, un groupe d'échanges s'est constitué à l'initiative de l'ONEMA pour partager les données et mieux comprendre le fonctionnement de ces milieux particulièrement complexes. Un autre apport de la DCE est la vision « indicateurs » qui tente de caractériser la qualité du milieu pour un paramètre donné et d'aller ainsi plus loin que la notion d'inventaire qui compare les résultats d'une année sur l'autre. Enfin, la vision intégrative des principaux éléments de qualité pour caractériser un milieu donné est également une avancée essentielle. Mais si de nombreux progrès ont été faits, il en reste beaucoup à accomplir. Au-delà de l'observation, la difficulté est de connaître l'effet exact des pressions sur le milieu : on connaît de mieux en mieux les pressions de la CUB, mais quels sont précisément ses impacts sur le vivant ? »

*Méлина Lamouroux,
Agence de l'eau Adour-Garonne*



« Le terrain va toujours plus vite que la science, et le programme ETIAGE est venu résumer ce que les pêcheurs savaient intuitivement. La mise en place de la protection des milieux se fait mais elle reste lente. En 1974, l'eau à Langoiran était claire. Aujourd'hui, elle est turbide et de couleur chocolat. MAGEST constitue une base de réflexion, mais il a fallu 5 ans pour convaincre qu'il y avait un bouchon vaseux à Bordeaux et des années pour trouver des financements. « L'homme de l'eau » va de l'objet au résultat, immédiatement. Malheureusement, il n'est pas écouté et doit sans cesse convaincre. Pendant ce temps, le milieu se dégrade. Le travail sur le cadmium a demandé 10 ans et peut-être va-t-on enfin revoir des installations ostréicoles sur la Pointe du Verdon, d'où elles ont disparu. L'estuaire de la Garonne, le plus grand de France, a besoin de leaders politiques qui parlent pour lui. »

*Jacqueline Rabic,
pêche professionnelle*

« La DCE est un cadre, un aiguillon. Mais, même avec la parution des « directives filles », la DCE évolue lentement et d'autres aiguillons doivent exister, dont celui des productions économiques. »

*Méлина Lamouroux,
Agence de l'eau Adour-Garonne*

... SUR LES ACTIONS À MENER EN PRIORITÉ



« La CUB s'est toujours intéressée à la qualité de la Garonne et de son estuaire. Il y a eu des progrès accomplis en 10 ans mais il reste des pollutions à traiter. On est passé d'une démarche de normes de rejets à une démarche de bon état écologique des masses d'eau. Aussi, pour le gestionnaire, la connaissance est essentielle lorsqu'il doit prioriser des actions. ETIAGE constitue une brique importante. Cette étude nous dit qu'il reste beaucoup à faire : qui va le faire ? »

Nicolas Gendreau, CUB

« En ce qui concerne le bouchon vaseux et l'envasement, la question agricole est prépondérante : les pratiques culturales actuelles, très industrielles, ne permettent plus la retenue des terres ni par les arbres ni par les graviers, qui ont été retirés. Par ailleurs, nous savons que nous verrons dans l'avenir beaucoup moins d'eau dans nos rivières (comme le montre l'étude prospective Garonne 2050 de l'agence de l'eau Adour-Garonne qui prévoit une baisse importante des débits). L'élévation des températures va aussi contribuer à aggraver les impacts de l'étiage. Il nous faut donc maintenir des berges et des bandes enherbées, qui viendront retenir les pesticides, pour disposer d'une eau moindre en quantité mais de qualité suffisante pour les poissons et les besoins en eau potable. Chacun doit faire un geste pour maintenir un milieu naturel de qualité qui préserve la vie, y compris celle des humains. Dans l'estuaire, l'envasement constant des berges va entraîner la raréfaction des juvéniles et donc, in fine, la raréfaction de la ressource. »

*Jacqueline Rabic,
pêche professionnelle*

« L'agriculture n'est pas le seul facteur en cause, et le changement climatique ne fera qu'aggraver demain ce qu'on décrit déjà aujourd'hui. Chaque acteur doit agir dès à présent, en coresponsabilité, pour limiter les impacts liés à ses propres usages. »

*Mélina Lamouroux,
Agence de l'eau
Adour-Garonne*

APPORTS AMONT ET REJETS URBAINS LOCAUX : QUELS IMPACTS SUR LA QUALITÉ DES EAUX ET DU MILIEU ?

➤ LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DU PROGRAMME DE RECHERCHE ETIAGE

Concernant les **apports en micropolluants organiques** (médicaments et pesticides), ETIAGE montre que, en fonction de la dégradabilité des molécules et de leur origine, ce ne sont pas les mêmes molécules que l'on détecte :

- certains apports sont essentiellement issus de la CUB : Abacavir (anti-VIH), Ibuprofène (anti-inflammatoire), Diuron (dés herbant) et Fipronil (anti-puces),
- d'autres sont des apports majoritairement amont : Carbamazépine (anti-épileptique) et Lorazépam (anti-stress), s-Métolachlor et ses métabolites (dés herbant).

Concernant les **métaux**, la CUB apparaît comme un faible contributeur pour le cadmium. Mais l'argent, contributeur émergent, constitue une problématique nouvelle. Dans les conditions d'étiage, la production phytoplanctonique peut en outre fixer du cuivre issu des exploitations viticoles. Le nickel est également un marqueur de pollution urbaine. Les mesures in situ réalisées sur un mollusque ont montré que la bioaccumulation en métaux augmente au niveau de l'agglomération de Bordeaux au cours de la saison estivale, favorisée notamment par la stagnation des eaux (débits faibles). La bioaccumulation des métaux entraîne des effets génotoxiques qui, associés aux impacts des périodes d'hypoxie, conduisent à l'inhibition de la croissance des organismes.

Globalement, sur les flux de métaux et de médicaments, ETIAGE met en évidence :

- une augmentation de la proportion et de l'impact du flux en matières organiques, en métaux et en médicaments en provenance de la CUB lorsque les débits de la Garonne baissent et que la température augmente
- une contribution significative, voire majoritaire, des stations d'épuration pour certaines substances (Abacavir, Ibuprofène, Diuron, Fipronil) et pour certains métaux (Argent, Nickel)

- une forte augmentation des contributions de la CUB en période d'orage en métaux et matières organiques,
- un comportement varié selon les médicaments sous forme dissoute apportés par les stations d'épuration : conservation, dégradation (transformation en métabolites) ou adsorption par les matières en suspension,
- un impact toxique des métaux sur la biologie : biodisponibilité, fonction de la turbidité, de l'oxygène dissous et de la salinité.

« Sachant qu'on rencontre 8.000 molécules dans le milieu, a-t-on des outils techniques pour envisager un traitement des contaminants organiques en station d'épuration ? »

Clément Bernard, SMIDDEST

« Seules quelques stations d'épuration en France traitent les micropolluants organiques, avec des techniques très onéreuses. On sait faire techniquement, mais les techniques doivent être raisonnablement adaptées aux contextes et aux enjeux. »

Pascal Botzung, CUB

« Les molécules xénobiotiques (molécules présentes dans un organisme vivant mais qui lui sont étrangères) ont des effets de concentration. Tous les métaux mesurés dans l'eau qui ont un taux inférieur aux seuils lorsqu'ils sont pris un à un peuvent avoir un effet « cocktail » lorsqu'ils sont en mélange. La réglementation tient compte uniquement des seuils pris individuellement. On ne considère encore pas suffisamment ces effets de mélange au regard de leurs impacts sur les populations biologiques. »

Mario Lepage, IRSTEA

... SUR LE RÔLE ET LA COMPLÉMENTARITÉ DES DIFFÉRENTS ACTEURS



« Délégué de la CUB, la SGAC intervient sous 3 angles : respect de la réglementation notamment dans l'exploitation

des stations d'épuration (conformité aux arrêtés préfectoraux), respect du contrat de délégation de service public en matière d'engagements en faveur du milieu naturel, et préoccupation de sa propre empreinte environnementale. Sur le 1er point, toutes les stations d'épuration exploitées par la SGAC sont conformes aux arrêtés préfectoraux et la SGAC dispose de points de surveillance des déversements dans les milieux naturels, dont les exutoires pluviaux. S'agissant du contrat de délégation, la SGAC va inventorier tous les rejets aux milieux naturels, les cartographier et alerter sur les éventuels rejets toxiques. Un bilan annuel permet de réaliser une analyse croisée coûts/impacts environnementaux et de faire des préconisations de travaux. Si, jusqu'à présent, la SGAC était positionnée sur la lutte contre les inondations et le respect des normes, elle bascule sur le grand cycle de l'eau avec une surveillance/alerte sur un grand nombre de paramètres. Enfin, la SGAC contribue également à la sensibilisation des différents publics, dont les scolaires, les agriculteurs... »

Benoît Burguin, SGAC



« Le service de la police de l'eau de la DREAL Aquitaine a lancé une action majeure de recherche de

106 substances dangereuses (micropolluants), allant ainsi au-delà de ce qui est attendu au titre de la DCE. L'argent est encore absent de cette liste, qui devra évoluer. La police de l'eau contrôle les industriels les plus émetteurs d'eaux usées ou d'eaux pluviales souillées, soit pour l'Aquitaine 600 établissements sur les 1 500 recensés au titre des installations classées. L'action se fonde sur le respect des rejets aux normes des arrêtés préfectoraux. »

Florian Varriéras, DREAL Aquitaine

« La SEPANSO alerte depuis plusieurs années sur la question de la qualité de l'eau à Bordeaux. Mais alerter ne suffit pas, et la position du monde associatif évolue vers un partenariat avec les décideurs et les chercheurs, à l'image du partenariat de la SEPANSO avec la Lyonnaise des Eaux sur la gestion des eaux pluviales. »

Elisabeth Arnaud, SEPANSO

« La complémentarité entre tous les acteurs est totalement nécessaire. Sans attendre ETIAGE, la CUB a agi en faveur de la préservation des milieux en sa qualité d'autorité organisatrice des questions d'assainissement, aux côtés d'autres acteurs dont les délégués de la gestion des réseaux. La future loi de renforcement des métropoles va venir attribuer à la CUB, à compter de 2016, la gestion des milieux aquatiques de son territoire, en faisant évoluer ses missions et ses ambitions. Parmi d'autres actions déjà lancées, la CUB a mis en œuvre une « gestion dynamique » de l'eau pour optimiser le fonctionnement des ouvrages de lutte contre les inondations. Une vision intégrée et plus systémique doit être développée, et ETIAGE y contribuera. »

Pascal Botzung, CUB

... SUR LA POLITIQUE DE L'EAU EN MATIÈRE DE REJETS

« L'impact de l'agglomération bordelaise est le fait de ce qui transite à travers les réseaux pluviaux et les stations d'épuration, mais aussi de tout le reste : apports des jalles, rejets diffus, rejets d'installations industrielles ayant leurs propres autorisations de rejets et ne transitant pas par un réseau d'assainissement... »

Pascal Botzung, CUB

« Les arrêtés préfectoraux qui « norment » les rejets industriels sont en cours de mise à jour. La difficulté reste l'évaluation des impacts cumulés des rejets industriels et des autres rejets : on sait réglementer les rejets de façon individuelle mais on ne sait pas apprécier l'impact résultant de tous les

rejets cumulés. Quelle valeur de rejet total est acceptable par l'estuaire ? Dans ce domaine, la police de l'eau a besoin des connaissances scientifiques et des résultats du programme de recherche ETIAGE. »

Florian Varriéras, DREAL Aquitaine

QUELLES RECOMMANDATIONS EN MATIÈRE DE GESTION À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT ET DE LA CUB ?

➤ LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DU PROGRAMME DE RECHERCHE ETIAGE

Sur le bassin Adour-Garonne, le scénario d'évolution attendu prévoit une augmentation de la température des eaux (prévisions GIEC : + 2°C à l'année et + 4°C en moyenne estivale à l'horizon 2030 ; + 4°C à l'année et + 10°C en moyenne estivale à l'horizon 2100), une baisse des débits fluviaux et de la teneur en O₂ dissous, une plus grande stagnation des masses d'eau autour de Bordeaux, l'apparition de nouveaux produits polluants liés aux nouvelles technologies (nanoparticules, métaux rares avec le développement du numérique...), une pression accrue dans un contexte d'augmentation de la population de l'agglomération.

Ce contexte doit conduire à **une vigilance accrue au cours des années à venir** et à des politiques de **partage de l'eau**.

Concernant les **phénomènes d'hypoxie**, la gestion des stations d'épuration devra viser à minimiser l'apparition des baisses de teneurs en oxygène (hypoxie) observées dans les eaux de la Garonne à Bordeaux en période estivale. En fonctionnement classique lors de températures élevées et de débits faibles, il faudra envisager d'émettre les effluents au jusant (marée descendante). En fonctionnement de crise, il faudra stocker l'eau usée mais également l'eau pluviale pendant quelques jours pour la rejeter aux périodes moins critiques.

La gestion hors stations d'épuration devra viser, en période estivale, la consolidation des débits de soutien d'étiage et l'arrêt des activités augmentant la turbidité locale comme les dragages et travaux sur le lit mineur des cours d'eau. En dernier recours, il faudra envisager la possibilité d'oxygénation artificielle des eaux, à l'image de ce qui a été entrepris dans la Tamise à Londres.

En matière de **lutte contre les micropolluants**, il conviendra d'identifier précisément et de réduire les sources, d'améliorer les traitements dans les stations d'épuration et d'élaborer des procédés en rapport avec les nouvelles molécules, et enfin de réduire les rejets directs en période de pluie en augmentant les capacités de stockage dans le réseau, voire la capacité de lagunage (technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la déséutrophisation : on crée des bassins « tampons » dans lesquels les eaux usées vont transiter avant d'être rejetées dans le milieu naturel).

Au niveau collectif, les industries, établissements de santé, collectivités, devront hiérarchiser les produits et leur utilisation en termes d'impacts sur l'environnement, améliorer et développer des procédés d'épuration des rejets à la source. Devront également être renforcés la réglementation (police de l'eau) et le savoir analytique permettant de détecter les micropolluants dans l'eau, les sédiments et le biote (ensemble des organismes vivant dans un habitat).

Pour agir sur les **comportements individuels** et contribuer ainsi à la réduction des rejets à la source, la sensibilisation devra être renforcée (campagnes d'information grand public, soutien aux associations, sensibilisation des scolaires). La dangerosité des produits devra être portée à connaissance, de même que l'existence de produits alternatifs et les risques d'une surconsommation inutile.

Ces actions doivent également être développées sur l'ensemble du **bassin versant amont**.

Par ailleurs, les scientifiques devront **améliorer leurs connaissances sur la nature et les spécificités des effluents** en travaillant sur les sources, les transformations éventuelles et l'identification des métabolites, l'identification des contaminants les plus toxiques (et pas forcément les plus bioaccumulés), l'identification des effets cocktail sur les compartiments biologiques à des concentrations en deçà des normes de qualité environnementale.

Il s'agira également de réaliser des suivis de terrain pour **remonter aux sources de la contamination et suivre la dissémination** de métaux peu documentés ou de micropolluants organiques émergents dans des zones sources clés (hôpitaux, cliniques) et en sortie des stations d'épuration (biosurveillance active).

Les connaissances acquises permettront de documenter les effets de traitement pour s'assurer des performances de la station Louis Fargue nouvelle version (émissions d'ammonium, notamment) et, pour les eaux pluviales, de tester d'autres traitements pilotes comme les lagunages, le traitement des zones végétalisées avec faucardage (opération de coupe et d'enlèvement des roseaux et autres herbacées), en suivant le piégeage de métaux ou la dégradation de produits médicamenteux.

Enfin, il sera nécessaire de compléter les connaissances scientifiques sur les réponses des populations biologiques aux différentes formes de pollution par des **expérimentations *in vitro*** des impacts des hypoxies et de l'effet cocktail, des **numérations d'espèces** lors des périodes à risques (étiage estival avec hypoxie prononcée) et des **vérifications des effets des étiages hivernaux** sur les populations biologiques.

« Le soutien d'étiage coûte cher parce que l'eau est achetée à EDF, alors que chaque année, sur le bassin Adour-Garonne, on laisse partir 35 milliards de m³ d'eau à l'océan sur les 90 milliards de m³ d'eau qui tombent sous forme de pluie. Le nouveau SDAGE ne prévoira peut-être pas de réserves d'eau, pour des raisons politiques. Or, il faudra bien stocker l'eau pour pouvoir ensuite la lâcher en cas de besoin, notamment lorsqu'elle manquera à Bordeaux. L'eau mérite le même courage politique que celui qui accompagne les grands projets d'aménagement. »

Pierre Augey,
conseiller général de Gironde, administrateur de l'agence
de l'eau Adour-Garonne

« Le rechargement des réservoirs naturels peut aussi être assuré en limitant les surfaces étanches et en maximisant l'infiltration des eaux pluviales. Cette mesure étendue à l'ensemble du bassin permettrait un soutien naturel et efficace à l'étiage. »

Florian Varrièras,
DREAL Aquitaine

« Une fois tombée au sol, l'eau doit rester au maximum dans la terre et partir le moins possible vers la rivière. Par ailleurs, le monde agricole doit évoluer vers des pratiques de sobriété, en ayant conscience non pas de revenir en arrière mais de mettre en œuvre une sobriété moderne. »

Jacqueline Rabic,
pêche professionnelle

... SUR LES MESURES À ENVISAGER EN PRIORITÉ



« Le soutien d'étiage tel que proposé par les débits objectifs d'étiage (DOE) et les débits de crise (DCR) dans le SDAGE 2016-2021 vise à maintenir des débits minimum, par exemple de 60 m³/s pour la Garonne aval (DCR). Les Pyrénées stockent 50 millions de m³, qu'on peut pourtant épuiser en quelques jours avec des débits trop importants. Une piste exploitée par le SMEAG est de chercher des réserves en eau plus proches de Bordeaux et donc plus efficaces, dans le Tarn par exemple. Le lien entre la qualité des sols et la qualité de l'eau est également étudié, avec l'objectif de diminuer à la fois les matières en suspension et les polluants, en travaillant sur le secteur agricole, l'agroforesterie, les grandes agglomérations. Il est nécessaire de sensibiliser les acteurs et d'engager des actions globales, mais le territoire est vaste. Quels territoires prioriser entre les Pyrénées, le Tarn, les grandes agglomérations ... ? Et quelles molécules faut-il prioriser ? »

*Aline Chaumel,
SMEAG*

« Si, parmi toutes les mesures à envisager, le soutien aux débits d'étiage à l'amont semble essentiel, réduire les émissions à la source reste une priorité. La CUB aura à prendre sa part des efforts à consentir en améliorant l'efficacité de traitement de ses stations d'épuration pour abattre le plus grand nombre possible de polluants, y compris les polluants émergents. Mais une question va se poser à la CUB, celle du coût de ces mesures. Quel est le coût acceptable collectivement en matière de traitement de l'eau ? Est-on prêt à payer à l'infini pour traiter à l'infini ? Probablement pas. Mais alors où faut-il placer le curseur ? Il faudra faire des choix ... »

*Nicolas Gendreau,
CUB*

« Une des conclusions les plus robustes de l'étude prospective Garonne 2050 conduite par l'agence de l'eau Adour-Garonne est la nécessité d'une stratégie - d'une ampleur sans doute jamais égalée - qui vienne transformer en profondeur nos modes de production, de consommation, de gestion de l'eau. Et d'une stratégie qui soit globale : si l'amont a des ressources, l'aval a des besoins. Que va-t-il arriver sur nos territoires ? Quelles évolutions souhaite-t-on ? Et que peut-on faire, sachant que les jours de crise, le soutien d'étiage se monte à 70 000 € par jour de fonds publics ? Le facteur changement climatique est un facteur, mais il n'est pas le seul facteur. « Choisir, c'est renoncer » (Gide). »

*Françoise Goulard,
agence de l'eau Adour-Garonne*



« Le LyRE est un laboratoire de la Lyonnaise des Eaux au sein de l'université de Bordeaux. Sa mission est de traduire des résultats de recherches en solutions opérationnelles. Le LyRE a construit un programme de recherche, appuyé sur ETIAGE pour mesurer et quantifier pendant plusieurs années les émissions de 350 molécules de micropolluants sur l'agglomération bordelaise. En 2013, une thèse a été lancée sur la modélisation de l'oxygène dissous dans la Garonne estuarienne, et les résultats d'ETIAGE seront pris en compte. Sur les aspects comportementaux, un axe « Acteurs et usagers de l'eau » est développé en lien avec l'IRSTEA et le CHU, et porte par exemple sur des recherches en matière de désinfection des blocs opératoires à la vapeur pour éviter le rejet dans l'eau de produits chimiques de désinfection. »

Xavier Litrico,
LyRE



« Les chercheurs du programme ETIAGE ont cherché à rendre les résultats accessibles pour qu'ils puissent être utilisés directement, et cet effort de simplification est louable. La première préconisation à donner est de poursuivre ces échanges, en se mettant autour de la table pour faire le point des connaissances existantes, en faire la synthèse puis déduire les priorités. ETIAGE apporte des réponses, mais les questions posées restent nombreuses. Quel est le rôle de l'estuaire dans le bassin versant ? S'agit-il d'un espace comme un autre ou d'un espace particulier ? Quel est le rôle de la communauté urbaine dans la qualité de l'eau ? Et quelle est la situation en dehors des périodes d'étiage ? Le constat est fait d'une dégradation de la biodiversité dans la totalité de l'estuaire, dégradation résultant d'une multitude de petites choses. Chacun des acteurs, en coresponsabilité, peut donc modifier ses pratiques pour diminuer l'impact environnemental de ses activités : navigation, tourisme, pêche, chasse, rejets... La gouvernance de l'estuaire existe, à travers le SAGE de l'estuaire et la police de l'eau. »

Jérôme Baron,
SMIDDEST

« Toute personne croyant qu'une croissance exponentielle peut durer indéfiniment dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste. »

Kenneth Boulding,
président de l'American
Economic Association

EN SAVOIR PLUS SUR LES TRAVAUX DU PROGRAMME DE RECHERCHE ETIAGE '



AXE 1

> CARACTÉRISATION ET RÔLE RESPECTIF DES APPORTS ORGANIQUES AMONT ET LOCAUX SUR L'OXYGÉNATION DES EAUX DE LA GARONNE ESTUARIENNE

Henri Etcheber (EPOC)

Dans les cours d'eau, le phénomène d'érosion apporte des matières dissoutes et des matières particulaires. On distingue le **COP** (carbone organique particulaire) associé aux matières en suspension, et le **COD** (carbone organique dissous) contenu dans le dissous.

Une eau de qualité est une eau bien oxygénée. Mais certains processus diminuent le taux d'oxygène : la chaleur de l'eau, la présence d'animaux qui consomment l'oxygène par respiration (poissons, bactéries...), la dégradation de la matière organique (minéralisation) qui consomme de l'oxygène et dégage du CO₂. A l'inverse, d'autres processus enrichissent l'eau en oxygène : les échanges eau/air et la photosynthèse.

La matière organique peut être réfractaire (non dégradable) et elle ne consomme alors pas d'oxygène. Mais elle peut aussi être labile (très dégradable) et elle consomme alors beaucoup d'oxygène.

En période d'étiage, les apports en charge organique issus du milieu fluvial amont sont bien supérieurs à ceux provenant de la CUB, alors que les flux d'ammonium (NH₄⁺) sont réduits. Les rejets urbains, bien que moins importants, constituent un matériel très dégradable et fortement consommateur d'oxygène. Les stations d'épuration de la CUB traitent les matières organiques de manière efficace et l'ammonium avec un peu plus de difficulté.

Ainsi, en conditions normales, ces apports n'entraînent pas d'impact visible sur la qualité des eaux et l'oxygénation.

« Quelle est la période de temps étudiée par ETIAGE, sachant que la station d'épuration Louis Fargue a été modifiée en 2013 ? »

Antoine Bousseau, Lyonnaise des Eaux

« Les mesures présentées ont été calculées avant remise en état de la station d'épuration Louis Fargue. Aujourd'hui, la nouvelle installation va contribuer à faire baisser la teneur en ammonium (NH₄⁺) en période estivale. »

Henri Etcheber, EPOC

« Les mesures journalières ont-elles été réalisées par temps sec ou par temps d'orage, sachant que les temps sec/temps de pluie ont des conséquences très différentes sur la qualité de l'oxygénation de l'eau ? »

Michel Meybeck, CNRS

« Par temps sec, à une période qui a compté 56 jours de débits inférieurs aux débits objectifs d'étiage (DOE). »

Henri Etcheber, EPOC

Par contre, les flux rejetés, surtout en temps de pluie du fait de déversements d'effluents non traités, peuvent impacter le milieu.

En revanche, en conditions d'étiage dites critiques (température > 26° + débits < 100 m³s⁻¹ + coefficient de marée < 60 + forte turbidité), l'état de la Garonne estuarienne ne permet pas d'absorber ces flux locaux de matière organique qui provoquent des chutes d'oxygène très importantes. **À ces moments, l'impact de l'agglomération est bien réel et néfaste pour la biologie de la masse d'eau.**

En effet, l'impact des effluents locaux sur les organismes a été démontré par des observations sur des bivalves et des anguilles encagés, sur lesquels on constate des bioaccumulations de métaux et leurs effets toxiques associés. Ce phénomène est aggravé en période hypoxique estivale par les effets de l'élévation de la température et de la présence du

bouchon vaseux.

Les effets couplés de l'hypoxie et de la contamination métallique ont de plus été caractérisés en laboratoire, ainsi que les effets "mélange" de micropolluants complexes, tels que médicaments + pesticides ou médicaments + métaux qui montrent des effets additifs voire synergiques entre micropolluants.

Ces différents résultats illustrent bien l'interaction entre des apports amont (débits), des apports locaux (matière organique très disponible et multiplicité des micropolluants) dans un contexte estuarien très spécifique (bouchon vaseux).

En conclusion, si les débits sont suffisants pour entraîner la dilution – soit environ 300 jours dans l'année –, le milieu à Bordeaux est en équilibre. Mais lorsque les débits baissent, les eaux stagnent à Bordeaux, et si la température de l'eau augmente, l'eau est moins oxygénée. L'hypoxie s'installe et entraîne alors un **état critique du milieu.**



AXE 2

➤ CARACTÉRISATION ET FLUX DES CONTAMINANTS ORGANIQUES (CLASSIQUES ET ÉMERGENTS) DANS LES EAUX DE LA GARONNE ESTUARIENNE : APPLICATION AUX PHARMACEUTIQUES ET PESTICIDES

Hélène Budzinski (EPOC)

L'activité humaine entraîne l'**émission de milliers de molécules rejetées dans le milieu aquatique**, réceptacle ultime de ce que nous consommons. Le milieu aquatique est pollué par des **micropolluants ubiquistes et multi sources** (les pesticides, par exemple, proviennent aujourd'hui aussi du milieu urbain).

Le programme ETIAGE s'est attaché à étudier deux classes de produits particulièrement toxiques : les **produits pharmaceutiques** et les **pesticides**. L'objectif des travaux était de comprendre l'impact des effluents de l'agglomération bordelaise sur le fonctionnement de la Garonne estuarienne.

Les pesticides sont des **micropolluants traceurs d'activités agricoles et domestiques**, tous toxiques mais à des niveaux variables. On compte plus de 1 000 composés, avec environ 300 d'entre eux autorisés à l'usage. Ces composés ont des métabolites, non stables. Ainsi, le nombre de molécules à suivre peut donc être très important. Leur présence dans le milieu aquatique est avérée.

« Les retardateurs de flamme, ignifugeants utilisés dans le bâtiment pour imprégner les surfaces et retarder les départs de feu, ont également été étudiés, et ils présentent tous une toxicité pour le milieu aquatique. »

Hélène Budzinski, EPOC

La France, territoire dense, agricole et fortement peuplé, est le **premier pays consommateur de pesticides en Europe**. Dans le cadre de l'étude, 60 molécules ont été suivies : herbicides, insecticides, fongicides, métabolites.

Les composés pharmaceutiques sont des micropolluants traceurs majoritairement de rejets urbains. On les retrouve dans le milieu aquatique essentiellement via les eaux usées et les stations d'épuration, mais aussi les effluents d'élevage ou de décharges. Leur apport continu leur confère une pseudo-persistence.

Les composés pharmaceutiques comprennent 3 000 composés, commercialisés sous forme de 12 000 spécialités commerciales. 90 molécules sont consommées à plus de 1 tonne par an.

Les traitements des stations d'épuration, bien que très efficaces, ne sont pas conçus pour éliminer totalement ces polluants.

Dans le cadre d'ETIAGE, 53 molécules ont été étudiées, dans différentes familles de médicaments. Le travail a été fait surtout en phase dissoute, avec différentes méthodes d'analyse permettant justesse et fidélité, sur environ 200 échantillons.

Les résultats de l'étude montrent :

- sur les **pesticides** : parmi les différentes molécules trouvées dans l'eau, le DIURON est majoritaire alors que ce produit est interdit à la vente depuis 10 ans, et le traitement en station d'épuration n'a sur lui aucun effet. La source de la présence de DIURON est sans doute une source ancienne de lavage des peintures de façade. On trouve en Gironde essentiellement des pesticides agricoles, dont le métolachlore et ses métabolites (maïsiculture). Le Fipronil, pesticide urbain très toxique, est trouvé avec des concentrations faibles mais potentiellement problématiques en termes d'impacts, surtout en période d'étiage. Alors que le métolachlore est plutôt d'origine amont, le Fipronil est surtout issu d'apports locaux.

- sur les **produits pharmaceutiques** : on trouve environ 50 molécules sur les 53 recherchées, dont la quasi-totalité détectées au moins une fois, et avec une concentration plus importante que les pesticides. La molécule la plus présente est le paracétamol, les moins présentes étant les anti-viraux. Les traitements des stations d'épuration "abattent" un peu le paracétamol et une dizaine d'autres molécules, mais 40 ne sont pas du tout abattues. Et si le traitement secondaire a un peu d'effet, le traitement primaire n'en a aucun.

« Par rapport à d'autres régions, Bordeaux montre une pression des pesticides assez remarquable. On sait aujourd'hui qu'il y a une problématique de contamination organique en Gironde, avec un effet mélange qui peut poser problème. Et une préoccupation émergente : la pollution au Fipronil. »

Hélène Budzinski, EPOC

« La carbamazépine n'étant pas dégradable, l'agglomération de Bordeaux récupère-t-elle tous les déversements amont des grandes villes du bassin ? »

Pierre Bourgogne

« Oui. On dit que la carbamazépine n'est pas dégradable. En fait, elle est peu dégradable et est donc persistante sur plusieurs années. Mais cette molécule finirait tout de même par disparaître in fine si on cessait tout déversement. »

Hélène Budzinski, EPOC

En termes de flux, de nombreux composés pharmaceutiques sont principalement issus de l'amont, d'autres sont des apports des stations d'épuration locales.

Les travaux menés ont permis de dresser une **échelle de dégradabilité** des différentes molécules, et donc de pouvoir prédire leur dégradation dans le temps.

Le programme de recherche ETIAGE a permis de caractériser la situation locale bordelaise et l'efficacité d'élimination des stations d'épuration, a mis en évidence les problèmes posés par certaines molécules (exemple : le Fipronil) et de caractériser les phénomènes de dégradation.

Ces connaissances sont essentielles, mais devront être améliorées : on ne sait encore rien sur la grande majorité des milliers de molécules qu'on trouve en station d'épuration.

Les travaux devront être poursuivis en ne considérant plus la pollution de façon ciblée (choix des molécules à étudier dans une démarche *a priori*) mais en ouvrant l'éventail des molécules étudiées par exemple par le biais de la spectrométrie de masse haute résolution qui permet des screenings non dirigés.



AXE 3 CONTAMINANTS MÉTALLIQUES

Gérard Blanc (EPOC)

Pour étudier les apports métalliques de l'agglomération bordelaise dans les eaux de la Garonne estuarienne, une **stratégie d'échantillonnage** a été mise en œuvre avec des périodes d'observation de 3 semaines centrées sur les périodes d'étiage (juillet/août).

Les stations d'épuration de l'agglomération bordelaise produisent en moyenne **15 tonnes de boues d'épuration par jour** qui sont ensuite épandues sur les surfaces agricoles ou traitées.

La présence de métaux a été mesurée sur les sites de Louis Fargue et Clos de Hilde. On constate que les orages augmentent de 70 % les flux entrants, mais que les orages ont aussi un effet sur les flux sortants.

L'efficacité des stations d'épuration va de 30 % d'abattement pour certains métaux (nickel) à 90 % pour d'autres (plomb, argent, chrome). S'agissant des seuls métaux sous forme particulière, on constate un taux d'abattement de 80 à 90 % pour l'ensemble des métaux. **Les stations d'épuration montrent donc un très bon taux d'efficacité dans le traitement des métaux.**

Pour les métaux sous forme dissoute, 25 % à 50 % de plomb, cuivre, cadmium, chrome et argent dissous sont piégés dans les boues d'épurations. Pour le zinc et l'arsenic, les taux d'abattement sont très variables.

Le bilan du flux par comparaison avec le point de suivi de La Réole situé 70 km en amont de Bordeaux montre, que pour certains métaux comme l'argent, la ville apporte plus de métaux que l'amont du bassin en période d'étiage. **L'argent est donc un contaminant urbain.**

« Quel est l'intérêt de retenir une partie des métaux contenus dans l'eau pour les remettre ensuite dans les boues d'épandage ? »

Michel Daude, Poitou-Charente Nature

« Les organismes vivants aquatiques sont principalement contaminés par les métaux dissous dans l'eau (contamination directe). De ce point de vue, comme du point de vue des usages de l'eau, il est donc intéressant d'épurer les eaux, même s'il faut ensuite éliminer les boues concentrées en polluants. »

Magalie Baudrimont, EPOC

« Sur la pollution par l'argent, quelle comparaison peut être faite entre Bordeaux et Toulouse ? »

Michel Meybeck, CNRS

« Sur l'ensemble de l'année, Bordeaux apporte davantage d'argent que Toulouse, en raison notamment de l'utilisation de canons anti-grêle pour la vigne. »

Gérard Blanc, EPOC

On trouve davantage de métaux dans l'eau les années pluvieuses (à titre d'exemple, 2013 par rapport à 2011).

Enfin, la nouvelle station Louis Fargue fonctionne mieux que l'ancienne en abattant davantage de métaux.

Le **classement des facteurs d'enrichissement dans les boues de stations**, reflets des apports de la CUB, s'établit comme suit :

- **1 - mercure, cuivre, argent**
- **2 - zinc, cadmium, plomb**
- **3 - chrome, arsenic, nickel**

La répartition spatiale sur les 3 bassins urbains montre :

- Une pollution en argent sur la jalle de Blanquefort,
- Une pollution en arsenic sur l'Eau Bourde,
- Une pollution en zinc et en cuivre sur le Peugue.

L'argent, polluant historique (utilisé pour les ustensiles de conservation des aliments, les échanges monétaires), est un micropolluant inoffensif pour l'homme mais mortel pour les micro-organismes. On constate depuis les années 2000 une **invasion des nanoparticules d'argent** : vêtements, cosmétiques, parois de réfrigérateurs, traitement de l'eau, certaines eaux minérales, produits nettoyants de claviers et d'écrans d'ordinateurs...

Depuis 2004, on assiste à des records spéculatifs des prix des métaux, des bénéfices sans précédent des sociétés exploitant des mines géantes avec des teneurs de plus en plus faibles. Par ailleurs, d'une quinzaine de métaux "classiques", la liste s'est enrichie de métaux rares pour atteindre aujourd'hui 50 éléments.

« L'augmentation des polluants métalliques détectés est due à une meilleure détection, mais aussi à une augmentation massive de l'utilisation des métaux. A titre d'exemple, on emploie aujourd'hui du tantale pour fabriquer les téléphones portables et ce métal est devenu stratégique au niveau mondial alors qu'il n'était pas utilisé auparavant. L'entrée de la Chine dans l'OMC a tout changé. On a rouvert des mines et on a ouvert des mines en mer (la 1^{ère} mine en mer a été ouverte en 2011 au large de la Nouvelle-Zélande). Dans les 15 prochaines années, l'humanité va consommer davantage de métaux que dans toute son histoire ... »

Gérard Blanc, EPOC



AXE 4

➤ IMPACT SUR LES ORGANISMES AQUATIQUES : ETAT DES LIEUX ET ÉCOTOXICITÉ

Benoît Sautour (EPOC)

Au niveau mondial, l'estuaire fluvial est souvent moins étudié et moins connu que l'estuaire marin. L'objectif de cet axe de recherche du programme ETIAGE était de **réaliser un bilan de connaissance et de caractériser la variabilité spatiale et temporelle de la biodiversité** dans l'estuaire fluvial de la Garonne et de la Dordogne.

Le fait de rencontrer beaucoup d'espèces différentes dans un même milieu est généralement un indicateur de bonne santé de ce milieu. Mais certains milieux échappent à cette règle, lorsque les espèces sont naturellement sélectionnées et limitées en fonction du milieu. C'est le cas du milieu estuarien, zone de raréfaction naturelle d'espèces. Plutôt que de compter les espèces, il faut alors regarder si celles qui sont présentes se développent correctement.

Concernant les espèces de **macro-faune** (petits animaux visibles à l'œil nu), on trouve en subtidal (environnement peu profond se situant sous le niveau moyen des basses eaux de vives eaux) des densités décroissantes vers l'amont et des densités nulles dans la partie fluviale de l'estuaire. La zone intertidale (zone de battement des marées) montre une richesse décroissante vers l'amont et une diversité très faible - deux espèces seulement -, équivalente dans les deux fleuves. Globalement, si la diversité de la macro-faune est la même dans les deux fleuves, l'abondance de la Garonne est supérieure. A noter que l'étude n'a pas pu montrer, à ce stade, d'effets spécifiques au niveau des stations d'épuration.

Concernant la **méiofaune** (ensemble des animaux de moins de 1 mm vivant dans les sédiments), on trouve dans le subtidal des abondances très faibles et homogènes entre la Garonne et la Dordogne, alors que la zone intertidale de la Garonne est marquée par une

abondance significativement supérieure à celle de la Dordogne.

En termes de production, on trouve une production plutôt printanière dans la Garonne et plutôt estivale dans la Dordogne, sans pouvoir apporter de réelle explication à cette différence.

Concernant le **plancton**, on constate dans l'estuaire fluvial une diversité nettement plus faible que dans l'estuaire aval ou les fleuves plus en amont (seulement 2 à 3 espèces). Une espèce de copépode est dominante et présente toute l'année, l'Eurytemora affinis, avec une période de production en printemps/été.

Globalement, à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire (estuaire salé et estuaire fluvial) les chroniques de données acquises depuis maintenant 35 ans indiquent un **état extrêmement préoccupant de la biodiversité depuis une dizaine d'années**, et ce quels que soient les compartiments biologiques étudiés, poissons, organismes benthiques, plancton, macro-algues... Les causes de cette décroissance ne sont pas établies (les organismes vivants intègrent l'ensemble des modifications du milieu), mais, quoi qu'il en soit, l'état actuel pose la question de l'évolution à court terme de cet écosystème en relation avec les pressions petites et grandes qui s'y exercent et dont on ne peut anticiper les effets à venir sur un système visiblement très perturbé.



➤ EFFETS ÉCOTOXICOLOGIQUES

Magalie Baudrimont (EPOC)

L'étude avait pour objectifs de déterminer les **niveaux de contamination métallique et organique** des organismes aquatiques vivant dans la Garonne estuarienne, d'estimer les **impacts des périodes d'hypoxie** sur cette contamination et, *in fine*, d'évaluer les **effets toxiques cellulaires et individuels**.

Les contaminants métalliques et organiques qui arrivent dans l'estuaire fluvial vont se trouver dans des conditions physico-chimiques (température de l'eau, salinité, pH, ...) qui vont conditionner leur biodisponibilité (capacité des polluants à interagir avec le vivant) et leur bioaccumulation dans les organismes par les modes de contamination directe (contaminants dissous dans l'eau) et par voie trophique (par l'alimentation).

Les effets écotoxicologiques vont être marqués par des réponses cellulaires des organismes vivants, qui vont entraîner, par exemple, des inhibitions de croissance et pourront aller jusqu'à la mort.

Dans le cadre du programme de recherche ETIAGE, trois approches complémentaires ont été menées : des prélèvements directs *in situ* (plancton notamment), des transplantations estivales *in situ* (encagement d'organismes vivants non contaminés), des expérimentations en conditions contrôlées.

Les résultats sur deux espèces observées :

- Sur le copépode **Eurytemora affinis** (plancton), on constate une bioaccumulation en cadmium élevée en septembre et octobre (période d'hypoxie la plus sévère). La bioaccumulation en zone amont semble se faire par voie trophique, contrairement à ce qui se passe en zone aval (contamination par voie dissoute liée à l'augmentation de la salinité de l'amont vers l'aval). Les concentrations fortes en cadmium ont des effets cellulaires et métaboliques avérés, et on constate que le pic de contamination

en septembre/octobre est corrélé à une diminution de l'abondance de l'espèce. La question se pose de la transmission du cadmium aux œufs et donc de l'avenir de la population par impact sur la reproduction.

- Sur le bivalve **Corbicula fluminea**, les périodes de transplantation ont permis d'observer une mortalité massive notamment à Bègles et Bacalan dans l'agglomération de Bordeaux. Or, après 3 mois de transplantation on retrouve dans ces organismes tous les métaux observés, en particulier l'aluminium, le cadmium, le nickel et le plomb, avec des accumulations systématiquement plus élevées à Bacalan qu'à Bègles ou Saint-Macaire situé en amont de Bordeaux. L'expression de certains gènes est très réprimée en fin de période hypoxique.

L'étude a permis de **démontrer la toxicité des polluants métalliques** sur les organismes vivants, ainsi que les **effets aggravants de l'hypoxie et des mélanges de contamination** (nickel + plomb, nickel + médicaments, médicaments + pesticides). La zone estuarienne, qui cumule présence de micro-polluants métalliques, organiques et périodes d'hypoxie, constitue donc une **zone de vulnérabilité pour les organismes vivants**.



➤ POISSONS ET CRUSTACÉS

Mario Lepage, IRSTEA

L'objectif de l'étude était de **dresser un état initial des poissons et crustacés** de la zone et d'**analyser les effets de l'hypoxie sur les poissons**.

Les résultats des pêches sur la Garonne montrent un nombre d'espèces réduit (poissons et crustacés), avec la capture d'individus de 3 espèces non autochtones (le silure glane, le crabe chinois, le crabe japonais). La comparaison avec l'estuaire de l'Escaut en Belgique, qui présente des caractéristiques similaires, montre que le niveau d'abondance de la Garonne amont est **médiocre** (en moyenne 4 fois moindre que l'Escaut).

Pour étudier les effets de l'hypoxie sur les poissons, des expérimentations en laboratoire ont été réalisées sur les juvéniles d'aloise vraie, espèce particulièrement sensible aux conditions d'hypoxie. Deux situations hypoxiques ont été recréées à 2 températures : 20 °C et 25 °C.

En situation d'hypoxie, on constate une nage altérée (le poisson se penche sur le côté) dès 3,4 mg/litre, puis une perte d'équilibre (poisson ventre en l'air), puis la mort des individus. Or, **ces valeurs d'hypoxie sont fréquentes dans l'estuaire**, et on constate depuis 30 ans une augmentation du nombre de jours d'hypoxie par an, de quelques jours par an en 1983 à plus de 15 jours par an aujourd'hui.

Concernant la migration des alosons, certaines années comportent de nombreuses périodes de conditions défavorables en termes d'oxygénation, de température et de débit. En 2006, notamment, les conditions ont été très mauvaises quasiment tout l'été.

Les expérimentations ont permis de mettre en évidence la sensibilité des alosons à l'hypoxie et l'effet potentiel important des hypoxies sur la transparence migratoire de la Garonne.

« On sait aujourd'hui qu'on ne peut plus mesurer dans le vivant certaines molécules comme les perturbateurs endocriniens, et que l'estuaire compte désormais moins de 30 pêcheurs alors qu'ils étaient 400 autrefois. N'est-il pas temps d'avoir des actions pour que l'estuaire revive ? »

Jean-Daniel Caillet, CCI de Bordeaux

« Dans l'Escaut, il y a 25 ans, il n'y avait plus de poisson, notamment parce qu'il n'y avait plus d'oxygène dans l'eau. Or, aujourd'hui les poissons sont revenus et la situation s'améliore. En Seine, il y a 10 à 15 ans, on constatait régulièrement des périodes d'hypoxie sévère très longues. Aujourd'hui, le phénomène a presque disparu. Une oxygénation correcte de l'eau est le premier facteur de vie des poissons, même s'il faut aussi bien évidemment lutter contre la présence des micropolluants. »

Mario Lepage, IRSTEA

« On sait que les poissons migrateurs traversent le secteur de Bordeaux au printemps, et donc à une période a priori sans hypoxie. Mais à la descente, les alosons et les jeunes esturgeons franchissent la zone du bouchon à Bordeaux en juillet/août, période d'étiage : ils subissent alors les effets de leur sensibilité à l'hypoxie. »

Mario Lepage, IRSTEA

POINTS DE VUE CROISÉS DE GRANDS TÉMOINS'

➤ DENIS SALLES, IRSTEA

« En quelques années, les scientifiques sont parvenus à une contribution claire et accessible propice à la diffusion des savoirs. Nous voyons aujourd'hui **la fin du "mythe" d'un estuaire préservé** et nous savons que l'estuaire est menacé. Dans ce contexte, le message scientifique est un message de lanceurs d'alerte.

Depuis l'après-guerre, on a dit à l'usager de l'eau : "Ouvrez votre robinet, on s'occupe du reste". Or, on sait à présent que **l'usager doit devenir coresponsable du service de l'eau**. De même, les élus ont besoin de ces journées de "formation continue" et ne doivent pas hésiter à se confronter à ces questions et à ces débats : lorsqu'un élu vote des crédits sur un sujet, il doit être présent aux débats sur ce sujet. Soyons vigilants sur les questions des micropolluants et de l'érosion, même si ce sont des sujets sensibles, parce que sur ces sujets il y aura des gagnants ET des perdants.

L'eau qui va à l'océan n'est pas de l'eau perdue, c'est de l'eau pour les écosystèmes. Un estuaire de qualité permet aussi de développer des activités, et il sera important de trouver des procédés d'ingénierie de restauration écologique. Un autre levier est celui des normes : la directive des eaux résiduaires urbaines a eu des impacts favorables sur les milieux naturels, et le seuil d'obligation de déclaration de rejet des nanoparticules est passé d'une tonne de produit à 100 g de produit. Enfin, la politique de l'eau a besoin de gouvernance et d'outils tels que le SDAGE.

Nous sommes condamnés à agir, sinon il nous faudra envisager un lourd programme de restauration de l'estuaire. »

➤ MICHEL MEYBECK, CNRS

« Les études sur le bouchon vaseux ont commencé dès 1968. A l'époque, la méthode consistait à utiliser des déchets radio-actifs pour suivre la dynamique du flux... Les pratiques ont heureusement bien évolué !

Les résultats du programme de recherche ETIAGE gagneraient à faire l'objet d'une large diffusion, de même que sa conclusion : **l'estuaire de la Garonne n'est pas en bonne santé.**

L'oxygénation est un facteur essentiel à la qualité de l'eau : un indicateur oxygène commun à tous les gestionnaires devrait être proposé, avec un seuil d'alerte et un seuil critique. De même que des indicateurs écologiques, si possible communicants et spatialisés. Il faudrait également ajouter au projet ETIAGE des composantes en sciences humaines et sociales, qui mèneraient des études de sociologie, d'histoire, d'économie..., et impliquer les grands acteurs (EDF, industriels), dont l'action contribue à modifier la physionomie de l'estuaire.

L'idée que "la nature nous donne l'eau, à nous de la prendre" est une vision du passé, où l'homme domine et exploite la nature sans se soucier de la ressource. Aujourd'hui, il nous faut apprendre à être enfin économes de l'eau. Enfin, l'estuaire doit être une préoccupation à long terme : **quel avenir voulons-nous pour l'estuaire dans 30, 40, 50 ans ?** »

GLOSSAIRE DES SIGLES

CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CUB : Communauté Urbaine de Bordeaux

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPOC : Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (UMR CNRS/ Université de Bordeaux)

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

LyRE : Centre de recherche et développement de la Lyonnaise des Eaux à Bordeaux

MAGEST : Marel Gironde Estuaire, réseau d'observation automatisé pour la surveillance de la qualité des eaux

OMC : Organisation Mondiale du Commerce

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SEPANSO : Fédération régionale des associations de protection de la nature de la région Aquitaine

SGAC : Société de gestion de l'assainissement de la CUB

SMEAG : Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne

SMIDDEST : Syndicat Mixte pour le Développement Durable de l'Estuaire

Pour en savoir plus, visiter le site www.etiage.fr ou contacter **Mario Lepage** (mario.lepage@irstea.fr) ou **Henri Etcheber** (h.etcheber@epoc.u-bordeaux1.fr).

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

SIEGE :

90 rue du Férétra
CS 87 801
31078 Toulouse Cedex 4
Tél : 05 61 36 37 38 - Fax : 05 61 36 37 28
www.eau-adour-garonne.fr

DÉLÉGATIONS TERRITORIALES :

Atlantique Dordogne - Bordeaux

4 rue du Professeur André Lavignolle
33049 Bordeaux Cedex
Tél : 05 56 11 19 99 - Fax : 05 56 11 19 98

Départements : 16-17-33-47-79-86

Atlantique Dordogne - Brive

94 rue de Grand Prat
19600 Saint-Pantaléon-de-Larche
Tél : 05 55 88 02 00 - Fax : 05 55 88 02 01

Départements : 15-19-23-24-63-87

Pau

7 passage de l'Europe
BP 7503
64075 Pau cedex
Tél : 05 59 80 77 90 - Fax : 05 59 80 77 99

Départements : 40-64-65

Rodez

Rue de Bruxelles - Bourran - BP 3510
12035 Rodez Cedex 9
Tél : 05 65 75 56 00 - Fax : 05 65 75 56 09

Départements : 12-30-46-48

Toulouse

46 av. du Général de Croutte
31100 Toulouse
Tél : 05 61 43 26 80 - Fax : 05 61 43 26 99

Départements : 09-11-31-32-34-81-82

