



État écologique de la Garonne et impact sur les poissons migrateurs

Base de données AEAG et choix des stations de l'étude

par Adict Solutions

Décembre 2018

Samuel TEISSIER
Jérôme DEPASSE
Stephanie COURTY



Adict Solutions

Avenue de l'Agrobiopole
BP 32607 - Auzeville-Tolosane
31326 CASTANET-TOLOSAN Cedex
Contact : jerome.depasse@adict-solutions.eu

Table des matières :

1	Base de Données physico-chimie AEAG.....	2
1.1	Choix des stations de mesure	2
1.2	Généralités sur les données des stations sélectionnées.....	5

Une des principales sources de données de cette étude est constituée par la base de physico-chimie de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Cette base est en association à différentes couches SIG :

- BD Carthage Métropole 2014 du SANDRE : référentiel des cours d'eau ;
- Masse_EAU_DCE_v8_1_2016 du SIEAG : référentiel des masses d'eau DCE, mesure des pk, définition des bassins versants.

Cette combinaison par son importance sert de cadre aux autres données venant s'ajouter à elle.

1 BASE DE DONNEES PHYSICO-CHIMIE AEAG

La base de données de l'AEAG sur laquelle nous travaillons contient les résultats des analyses sur eaux, sédiments et biotes entre 1971 et 2014 sur plus de 2200 stations de qualité du bassin Adour-Garonne (Figure 1). A partir de cette base, il nous est nécessaire de retenir certaines stations que nous jugeons pertinentes pour l'étude, ces stations devant se trouver sur la Garonne, les affluents de la Garonne et l'Ariège.

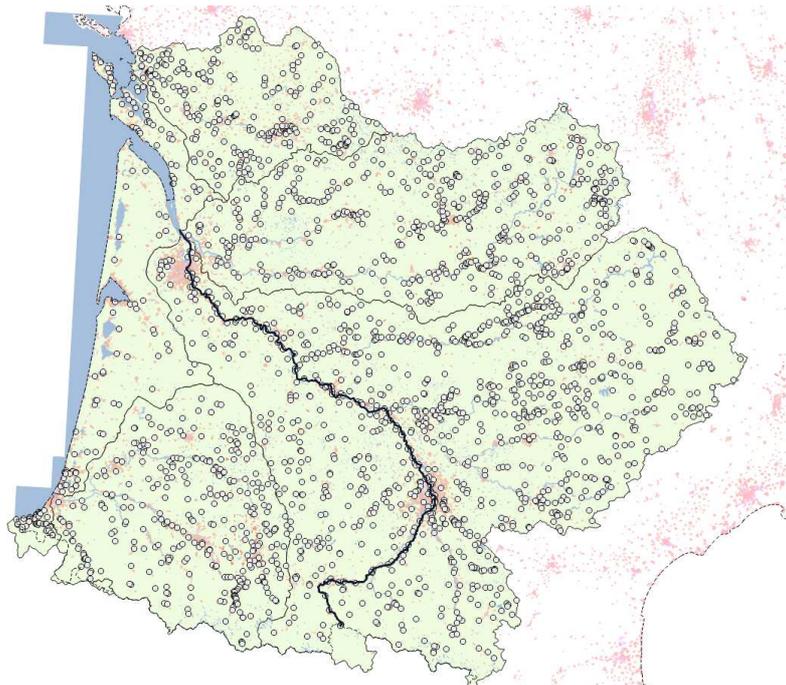


Figure 1 : Cartes des 2277 stations (stations historiques et stations en service) de la base de données AEAG utilisée pour cette étude. Les principaux bassins versants sont figurés, ainsi que les agglomérations (fond de carte).

1.1 Choix des stations de mesure

○ **Sélection des stations sur la Garonne :**

L'ensemble des stations disponibles sur la Garonne est utilisé.

○ **Sélection des stations sur les affluents de Garonne :**

A minima, pour chaque affluent de Garonne possédant une/des stations de qualité, une station est sélectionnée en position aval sur l'affluent. La station la plus en aval possédant des chroniques de données importantes en volume est privilégiée.

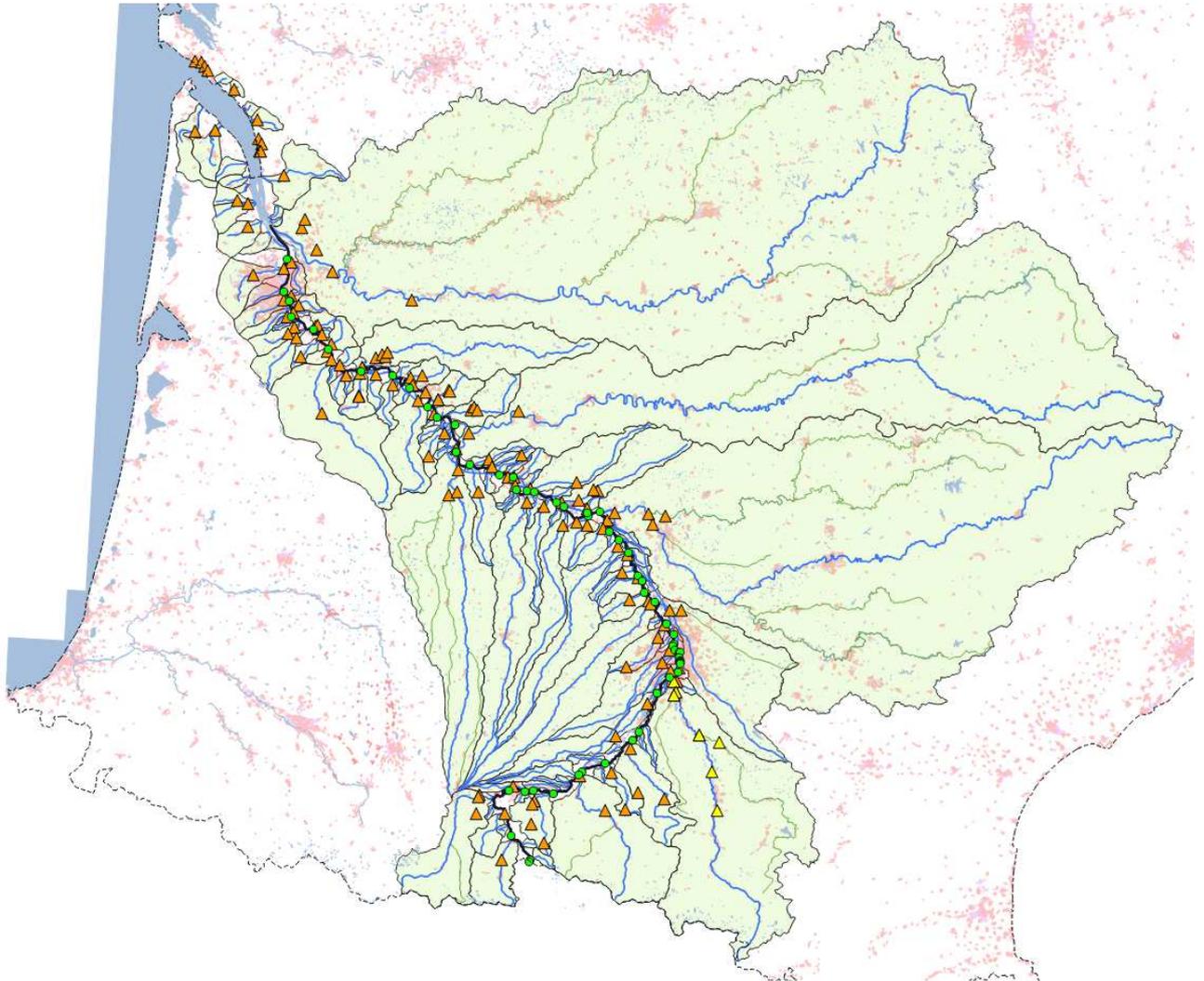
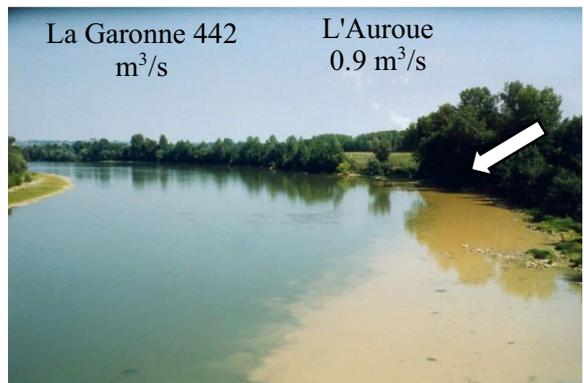


Figure 3 : Carte des stations sélectionnées : localisation des 60 stations sur la Garonne (points verts) et des 139 stations situées sur ses affluents (triangles oranges). Les triangles jaunes situent les stations sur la rivière Ariège. Les limites des bassins versants des principaux affluents (ME DCE), les affluents associés (en bleu) et les 3 canaux (Golfech, St Martory et canal latéral - en bleu) sont situés sur la carte. Figurent également sur le fond de carte : des affluents secondaires (en vert) et les agglomérations (en rose).

Prise en compte des "petits" affluents :

Les affluents de petites tailles sont inclus s'ils font l'objet d'une masse d'eau DCE.

La présence d'une forte concentration en matières en suspension (MES) dans l'eau d'un petit affluent de la Garonne permet de visualiser par analogie l'impact potentiel d'autres panaches de substances moins visibles (polluants) et justifie la prise en compte d'un nombre maximum d'affluents (et des stations de qualité correspondantes).



L'apport en matières en suspension d'un petit affluent permet de visualiser son panache dans la Garonne. Les débits indiqués sont les débits moyens interannuels du RHT.

1.2 Généralités sur les données des stations sélectionnées

L'ensemble des stations retenues sur la Garonne et ses affluents, ainsi que les nombres d'analyses correspondants dans la base de données sont présentés Figure 4, Figure 5 et Figure 6.

Stations de Garonne

Les 51 stations de qualité de l'eau existantes sur la Garonne (matrice eau) fournissent environ 400 000 données de résultats d'analyse d'eau. Au total pour l'ensemble des stations et des 44 ans de suivi, 375 paramètres (pour la plupart des substances chimiques) ont été recherchés et 229 paramètres (substances) ont été détectés.

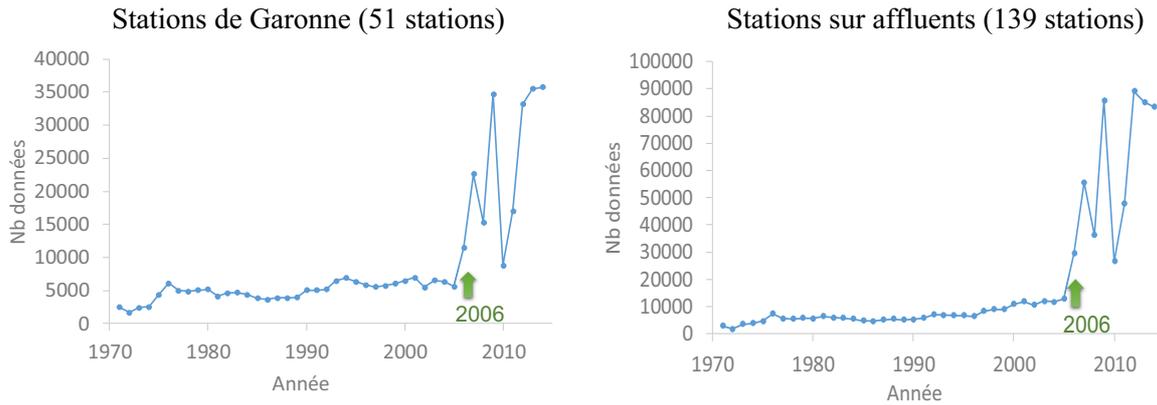
Les données sont fortement discontinues, la fréquence des prélèvements est variable (de 6 à 12 prélèvements par an pour les paramètres les plus représentés), le nombre de données est en forte hausse à partir de 2006 avec les augmentations du nombre des paramètres mesurés (micropollution) et dans une moindre mesure du nombre de stations (Figure 4 et Figure 5).

Stations sur affluents

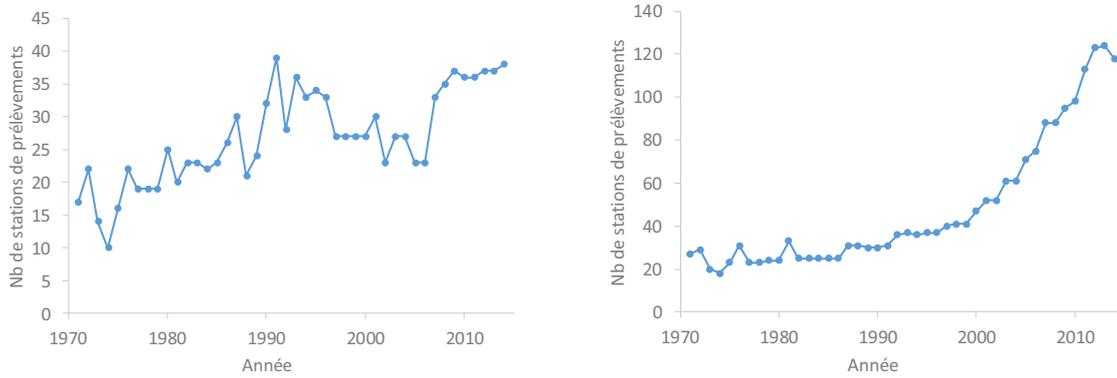
Les 139 stations de qualité de l'eau des affluents fournissent environ 750 000 données de résultats d'analyse d'eau. Au total pour l'ensemble des stations et des 44 ans de suivi, 392 paramètres (pour la plupart des substances chimiques) ont été recherchés et 285 paramètres (substances) ont été détectés.

Les données sont fortement discontinues, la fréquence des prélèvements est variable (de 8 à 10 prélèvements par an pour les paramètres les plus représentés). Comme sur les stations de Garonne, le nombre de données est en forte hausse à partir de 2006 avec les augmentations du nombre des paramètres mesurés (micropollution) et du nombre de stations (Figure 4 et Figure 6).

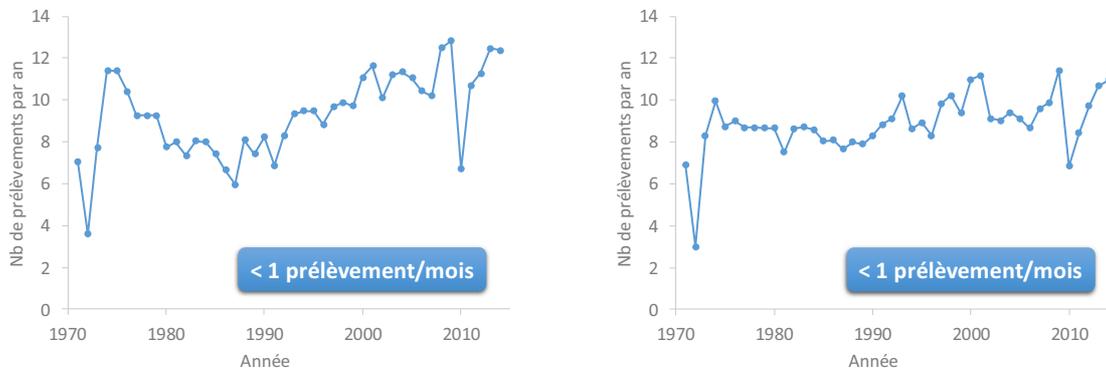
Base de données AEAG et choix des stations de l'étude - Adict Solutions (2018)



A. Evolution du nombre de données par an



B. Evolution du nombre de stations de mesures échantillonnées par an



C. Evolution du nombre moyen de prélèvements par an pour un paramètre fortement représenté : la température

Figure 4 : Généralités sur les données des stations sélectionnées

Base de données AEAG et choix des stations de l'étude - Adict Solutions (2018)

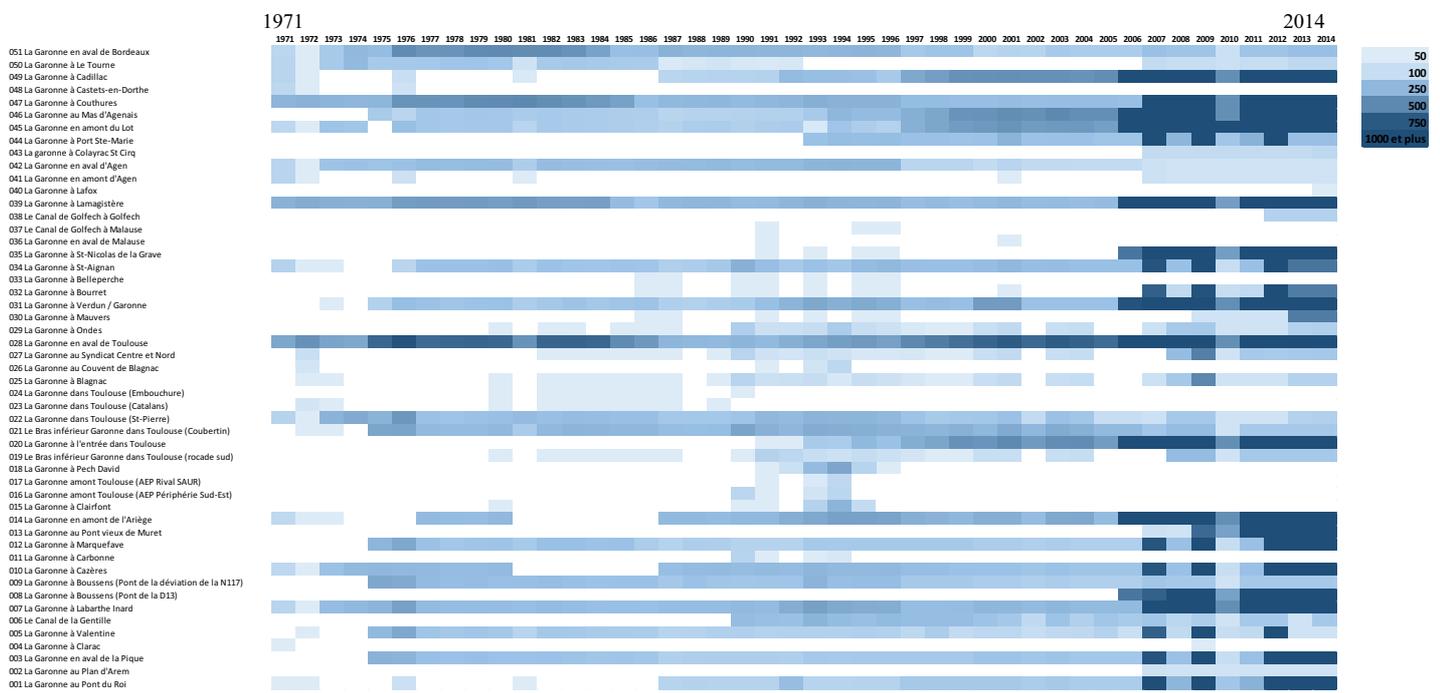


Figure 5 : Evolution du nombre de résultats d'analyses pour les 51 stations de Garonne de 1971 à 2014. Les stations sont dans l'ordre amont (en bas) aval (en haut). Une échelle de couleurs indique le nombre d'analyses (de moins de 50 à plus de 1000).

Base de données AEAG et choix des stations de l'étude - Adict Solutions (2018)

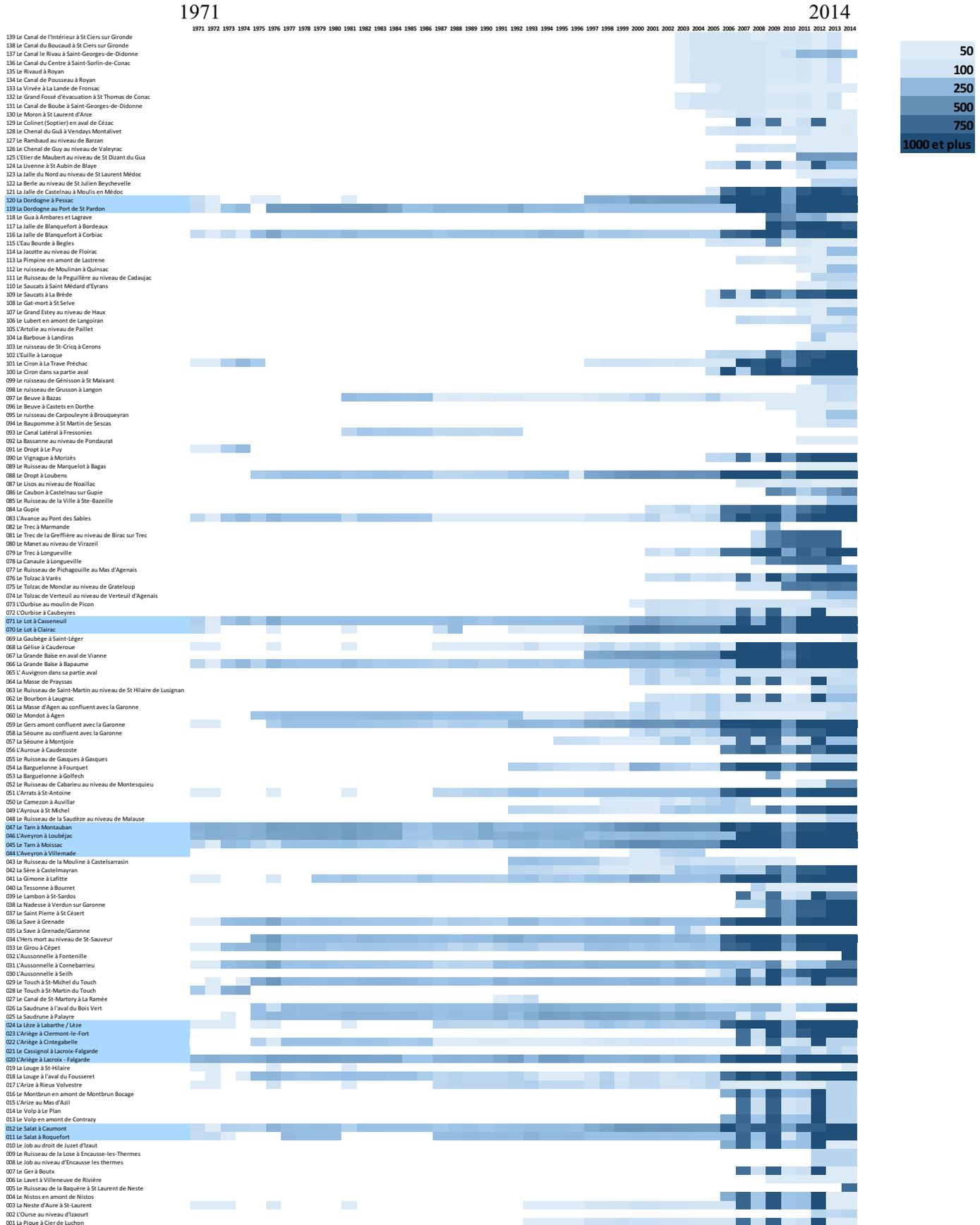


Figure 6 : Evolution du nombre de résultats d'analyses pour les 139 stations situées sur les affluents de Garonne de 1971 à 2014. Les stations sont dans l'ordre amont (en bas) aval (en haut). Une échelle de couleurs indique le nombre d'analyses (de moins de 50 à plus de 1000). Les noms de stations sur fond bleu identifient les stations sur les principaux affluents (Salat, Ariège, Tarn, Lot, Dordogne).

Notion de codes remarques :

Outre la date, l'heure, le lieu du prélèvement d'eau, le paramètre et l'unité de mesure, les résultats des analyses d'eau sont associés à d'autres paramètres. Parmi ces derniers, les codes remarques permettent aux laboratoires d'analyses de caractériser la qualité du résultat. Les codes remarques utilisés sont :

Tableau 1 : Codes remarques qualifiant le résultat de l'analyse d'un paramètre

<i>0 : Analyse non faite</i>
<i>1 : Résultat > seuil de quantification et < au seuil de saturation ou Résultat = 0</i>
<i>2 : Résultat < seuil de détection</i>
<i>3 : Résultat > seuil de saturation</i>
<i>4 : Présence ou Absence</i>
<i>5 : Incomptable</i>
<i>6 : Taxons non individualisables</i>
<i>7 : Traces (< seuil de quantification et > seuil de détection)</i>
<i>8 : Dénombrement > Valeur</i>
<i>9 : Dénombrement < Valeur</i>
<i>10 : Résultat < au seuil de quantification</i>

L'utilisation et le traitement des données prennent donc en compte la valeur des codes remarques.



État écologique de la Garonne et impact sur les poissons migrateurs

Calcul des indicateurs de micropollution

par Adict Solutions

Décembre 2018



Adict Solutions

Avenue de l'Agrobiopole

BP 32607 - Auzeville-Tolosane

31326 CASTANET-TOLOSAN Cedex

Contact : jerome.depasse@adict-solutions.eu

Samuel TEISSIER
Jérôme DEPASSE
Stephanie COURTY

Table des matières :

1	L'indicateur de micropollution	3
1.1	Seuils de toxicité (matrice « eau »)	3
1.2	Choix des substances pour l'indicateur	4
1.3	Choix des stations sur la Garonne et ses affluents	4
1.4	Choix de la période d'étude et de la période de temps	5
1.5	Normalisation et pondération des métriques	5
1.6	Application de l'indicateur pour plusieurs types de micropollution	7
1.6.1	Construction des indicateurs de micropollution sur la matrice Eau	7
1.6.2	Construction des indicateurs de micropollution sur la matrice Sédiment	12

Glossaire :

- PNEC : Predicted No Effect Concentration. Concentration prédite sans effet ;
- LC50 : Lethal Concentration 50. Concentration induisant une mortalité chez la moitié des organismes testés ;
- LOEC : Lowest Observed Effect Concentration. Concentration testée la plus faible pour laquelle un effet est observé sur l'organisme ciblé.

L'objectif est d'obtenir une caractérisation de la contamination des eaux et des sédiments par les micropolluants en Garonne.

Pour cela Adict Solutions a construit un indicateur de micropollution qui prend en compte les résultats en concentration des substances toxiques mesurées en Garonne sur l'eau et dans les sédiments. Le développement de cet indicateur multimétrique permet de rassembler divers résultats (souvent en grand nombre) en une valeur unique et synthétique.

Les résultats de l'indicateur pour différentes catégories de substances sont utilisés pour documenter les périodes de présence des poissons migrateurs aux différents stades afin d'alimenter l'analyse de risque et la pondération des relations de la systémique.

Dans un premier temps ce document décrit brièvement le fonctionnement de l'indicateur sur la matrice « eau », dans un second temps il précise les conditions de son fonctionnement sur la matrice « sédiment ».

1 L'INDICATEUR DE MICROPOLLUTION

A la différence de l'évaluation DCE, l'indicateur utilisé ici quantifie un niveau relatif de contamination (et non une toxicité avérée) afin de mettre en évidence des stations, des secteurs et des périodes à problème.

Cet indicateur est calculé pour faire la synthèse de **nombreux résultats de concentrations de nombreuses substances polluantes**.

L'indicateur de micropollution est constitué de 9 métriques regroupées en 3 catégories (Figure 1). Pour chaque période de temps à une station donnée, on calculera :

- 3 métriques qualifiant la présence des substances (en nombre, fréquence et cumul de concentrations) ;
- 3 métriques qualifiant la toxicité des substances (en nombre, fréquence et cumul de l'intensité des dépassements des seuils de toxicité) ;
- 3 métriques qualifiant la qualité des données d'entrée (en nombre, fréquence et limite de quantification).

Développement d'un indicateur – Structure de l'indicateur

Un indicateur basé sur des métriques / Choix des métriques

Les métriques sont calculées pour une station et sur une période de temps
 ⇒ nombreuses concentrations concernant de nombreuses substances.

Catégorie	Processus ou paramètres recherchés	Métriques correspondantes
Présence	Perturbations endocriniennes potentielles	P1. Nombre de substances quantifiées
	Durée d'exposition (présence)	P2. Fréquence moyenne de quantification
	Concentration totale en polluant	P3. Cumul des concentrations maximales quantifiées
Toxicité (> seuil)	Effets cocktails des toxiques	T1. Nombre de substances en dépassement
	Durée d'exposition (toxicité)	T2. Fréquence moyenne de dépassement
	Effets additifs des toxicités	T3. Cumul des taux de dépassement maximaux
Qualité des données	Quantité des données	Q1. Nombre de substances recherchées
	Fréquence de prélèvement	Q2. Fréquence moyenne de recherche par substances
	Qualité des analyses en terme de limite de quantification	Q3. Pourcentage de substance sans difficulté de quantification

Figure 1 : Structure de l'indicateur

Si une indication sur la "présence" de substance ne requiert que le résultat des analyses d'eau (quantification ou non), une indication sur la "toxicité" des substances fait référence au dépassement d'un seuil de "toxicité".

1.1 Seuils de toxicité (matrice « eau »)

La "toxicité" des eaux est évaluée à partir de seuils de toxicité/écotoxicité issus de bases de données institutionnelles.

Deux types de seuils sont utilisés :

1. **Des seuils généraux d'écotoxicité** issus des bases de données institutionnelles françaises :
 - a. NQE : normes de qualité environnementales (INERIS - DCE : <https://substances.ineris.fr/fr/>) ;

- b. VGE : valeurs guides environnementales (INERIS – DCE) ;
- c. PNEC : predicted non effect concentration (ANSES - Agritox : <http://www.agritox.anses.fr/>).

NQE et VGE définissent des seuils à ne pas dépasser sous forme de MA (moyenne annuelle, représentant plutôt une toxicité chronique) et CMA (Concentration Maximale Admissible, représentant plutôt une toxicité aiguë). Ces valeurs seuils sont définies pour différentes catégories d'organismes et d'usages de l'eau.

Pour cette étude, nous avons retenu les seuils les plus bas, parmi les 3 types référencés (MA, CMA, PNEC) concernant les organismes aquatiques d'eau douce (contrairement à la DCE qui tient compte d'un autre arbitrage). Comparer les concentrations mesurées aux seuils minimaux permet ainsi d'optimiser la discrimination des zones entre elles et d'identifier des risques potentiels (maximisation du risque).

2. **Des seuils de toxicité spécifiques des différentes espèces de poissons migrateurs** issus de la base de données ECOTOXicology Knowledgebase de l'Environmental Protection Agency (EPA, USA : <https://cfpub.epa.gov/ecotox/>).

Deux types de seuils sont recherchés :

- a. Des seuils de toxicité aiguë (de type LC50¹) ;
- b. Des seuils apparentés à une toxicité chronique (de type LOEC²).

La consultation de la base EPA n'a permis la réalisation d'un indicateur spécifique pertinent que pour le saumon atlantique. Pour les autres espèces, très peu de substances mesurées en Garonne sont répertoriées (certains seuils sont également trop éloignés des conditions environnementales). Pour ces substances, les dépassements de seuils ne sont pas assez nombreux pour construire un indicateur suffisamment robuste.

1.2 Choix des substances pour l'indicateur

Seules les substances analysées faisant l'objet d'un seuil de toxicité (substances dont la nocivité est avérée) sont retenues dans l'indicateur.

Des seuils sont ainsi définis pour 160 substances présentes à la fois dans les référentiels institutionnels et dans la base de données des résultats d'analyses d'eau.

Concernant l'indicateur sur la matrice « eau », les substances sont regroupées en 3 classes :

- Les "métaux et ETM" (éléments traces métalliques) et métalloïdes (23 substances) ;
- Les "pesticides" (96 substances) ;
- Les "micropolluants organiques hors pesticide", regroupant les 41 substances non incluses dans les 2 catégories précédentes.

L'indicateur micropollution est appliqué aux différents types de substances, comme détaillé dans le chapitre 1.6, ci-après.

1.3 Choix des stations sur la Garonne et ses affluents

Le calcul de l'indicateur est réalisé pour l'ensemble des stations sélectionnées sur la Garonne et l'aval de ses affluents. La rivière Ariège fait également l'objet d'un examen (5 stations + affluents).

Il n'y a pas de station de mesure permettant d'effectuer le calcul des indicateurs sur le tronçon T1 (partie aval de l'estuaire de la Gironde). Une seule station est disponible en T2 (de la confluence du Dropt à la confluence de la Dordogne) ; la station est située en amont de Bordeaux, elle n'intègre donc pas l'impact de l'agglomération.

Au total sur la Garonne, le calcul de l'indicateur permet de caractériser 24 points sur le fleuve et 45 affluents.

¹ Concentration létale pour 50% des individus

² Plus petite concentration conduisant à un effet observable

1.4 Choix de la période d'étude et de la période de temps

La période d'étude doit être récente, assez courte (afin de tenir compte de l'évolution des pollutions avec les années et notamment des interdictions de certains pesticides) et avec le plus grand nombre de données possible. La période choisie couvre les années 2009 à 2014.

Ces 6 années de suivi incluent 2 années (2009 et 2012) particulièrement bien documentées en termes d'analyse pour un grand nombre de substances.

La plupart des substances ne faisant l'objet que d'un faible nombre d'analyses par station et par an, les résultats d'analyses de chaque station sont regroupés par mois pour l'ensemble de la période étudiée : le mois de janvier (par exemple) englobe donc les résultats des 6 mois de janvier des 6 années 2009 à 2014. Pour certaines substances, des mois sont plus représentés que d'autres en résultats d'analyse. Afin d'optimiser la qualité des résultats de l'indicateur (score de la métrique de qualité le plus homogène possible), nous avons fait le choix de regrouper certains mois quand c'était pertinent.

Une fois les métriques calculées, ces dernières sont normalisées sur 100 points et pondérées entre elles.

1.5 Normalisation et pondération des métriques

L'étape de normalisation consiste à améliorer la comparabilité des métriques par l'utilisation d'une échelle commune. Contrairement au calcul des métriques qui est réalisé pour chaque "situation" [station x période], la normalisation est effectuée pour l'ensemble des "situations" présentes dans l'analyse (pour l'ensemble des stations concernées). L'avantage est de pouvoir comparer les scores de chaque métrique sur une même échelle.

La méthode choisie, simple et linéaire, consiste à normaliser le résultat de chaque métrique entre 0 et 100. La linéarité de la méthode facilite la comparaison des scores pour une même métrique. Les règles de normalisation (choix du score de 100) sont précisées Figure 2.

Catégorie	Métrique (normalisée entre 0 et 100)	Critère de normalisation
PRÉSENCE	P1. Nombre de substances quantifiées	100 ⇒ Max
	P2. Fréquence moyenne de quantification des substances quantifiées	100 ⇒ 100%
	P3. Cumul des concentrations maximales quantifiées	100 ⇒ centile 95
TOXICITÉ	T1. Nombre de substances en dépassement	100 ⇒ Max
	T2. Fréquence moyenne de dépassement des substances en dépassement	100 ⇒ 100%
	T3. Cumul des taux de dépassement maximaux	100 ⇒ centile 95
QUALITÉ DES DONNÉES	Q1. Nombre de substances recherchées	100 ⇒ Max
	Q2. Nombre moyen de recherches par substance	100 ⇒ Max
	Q3. Pourcentage de substances sans difficulté de quantification	100 ⇒ Max

Figure 2 : Normalisation, pondération et agrégation des métriques de l'indicateur

La pondération des métriques permet d'attribuer un poids spécifique à chaque métrique normalisée avant le calcul du score par catégorie (regroupements de métriques). Elle influe sur l'importance relative des catégories.

Une fois les métriques normalisées et pondérées, elles sont agrégées pour former 2 scores : un score "Présence + Toxicité" agrégeant les métriques de présence et de toxicité et un score "Qualité" associant les métriques de qualité des données.

L'indicateur calculé est un indicateur multimétrique, un même résultat peut donc être obtenu par différentes combinaisons de métriques. Une situation dégradée (= score important) peut ainsi être due (i) à un faible nombre de substances excédant fortement leur seuil respectif de toxicité ou (ii) à un grand nombre de substances en faible dépassement.

Un score de 600 correspond à une situation [station x période] ayant obtenu le plus haut score simultanément pour chacune des 6 métriques de présence et de toxicité.

Appliqué aux pesticides un score de 400 points a ainsi une toute autre signification que le même score (400 points) obtenu pour un indicateur calculé sur un autre groupe de substances.

Le score de chaque indicateur doit donc être interprété indépendamment et relativement à la signification objective des plus hauts scores.

Exemple de résultat :



Figure 3 : Grille de résultats pour l'indicateur micropollution pesticides (score présence et toxicité). 97 stations de linéaire de Garonne et de ses affluents et 7 stations sur l'Ariège pour 96 substances. Les noms des stations de Garonne sont sur fond vert, les principaux affluents et les stations Ariège sur fond bleu et les affluents secondaires sur fond blanc. Un gradient de couleur basé sur la distribution des données facilite la lecture (rouge : valeurs les plus élevées correspondant aux situations les plus dégradées, jaune : valeurs médianes, vert : valeurs les plus faibles correspondant aux situations les moins dégradées).

Pour cet exemple, sur la grille de résultats ci-dessus (Figure 3), les 10 situations les plus dégradées (parmi celles en rouge) se situent sur les petits affluents au mois de mai, avec un score moyen en moyenne (la valeur médiane est indiquée entre parenthèse) à :

- 28 (29) substances détectées ;
- 8 (7) substances en dépassement ;
- Un cumul des concentrations maximales des substances quantifiées de 23 (24) µg/L ;
- Un cumul des taux de dépassements maximums de 345 (309) fois les seuils.

Un score de zéro indique quant à lui, qu'aucune substance n'est quantifiée pour la station et le mois correspondant dans la période 2009-2014.

1.6 Application de l'indicateur pour plusieurs types de micropollution

1.6.1 CONSTRUCTION DES INDICATEURS DE MICROPOLLUTION SUR LA MATRICE EAU

En plus de l'indicateur micropollution pesticides présenté en exemple, la même démarche est appliquée pour évaluer plusieurs types de micropollution.

Sur la matrice « eau », 4 indicateurs caractérisant diverses micropollutions sont calculés (Tableau 1) :

Tableau 1 : Les indicateurs de micropollution calculés (P pour métriques de présence, T pour métriques de toxicité).

Indicateurs retenus	Fréquence d'application	Nombre de substances étudiées (avec seuil)
Micropollution métaux et ETM (Toxicité seule)	2 mois	23
Micropollution pesticides (P+T)	1 mois	96
Micropollution organique hors pesticide (P+T)	2 mois	41
Micropollution spécifique de l'espèce	Saumon : 1 mois	Saumon : 26 substances

On notera que, pour la "Micropollution métaux et ETM", seule la métrique de toxicité est utilisée dans le calcul de l'indicateur. Les métaux et métalloïdes sont souvent présents à l'état de bruit de fond géologique dans les eaux ; la métrique de présence des substances n'est pas utilisée car jugée trop délicate dans son interprétation.

Des cartes SIG moyennant, par station, les résultats mensuels (ou bimestriels) sur l'année sont présentées ci-dessous :

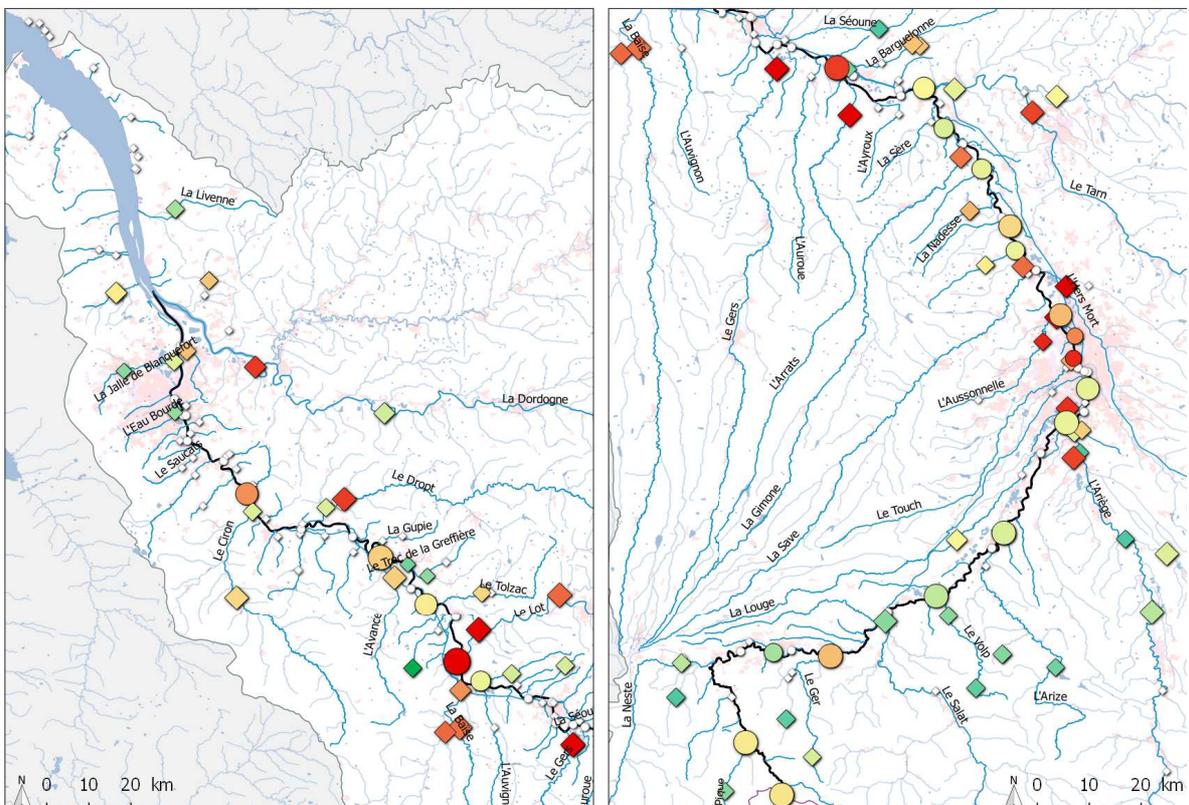
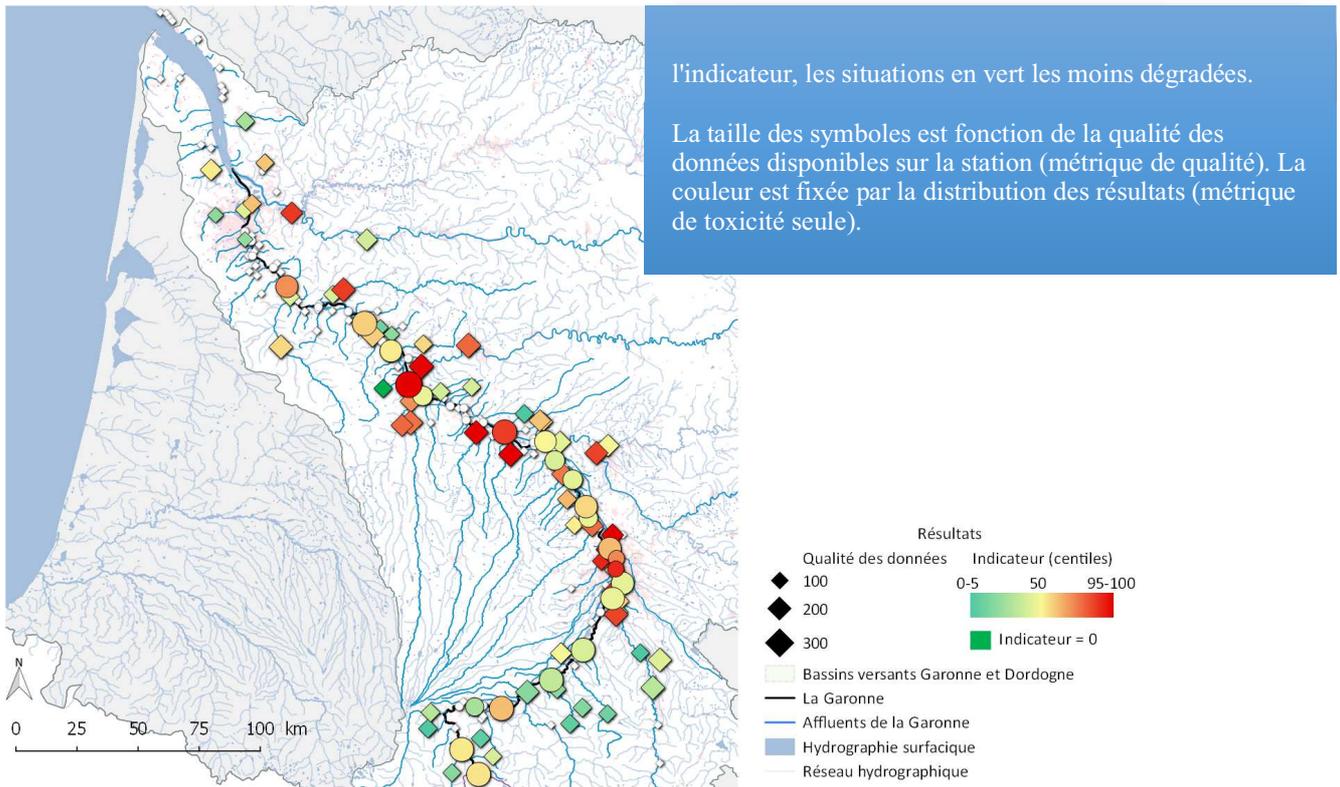


Figure 4 : Résultats de l'indicateur de micropollution métaux et ETM (toxicité seule, moyenne sur l'année - période 2009-2014) pour les stations de la Garonne (cercles) et de ses affluents (losanges). En haut ensemble de la Garonne, en bas zooms sur les résultats d'Agen à l'estuaire de la Gironde (gauche) et des Pyrénées à Agen (droite).

Calcul des indicateurs de micropollution – Adict Solutions (2018)

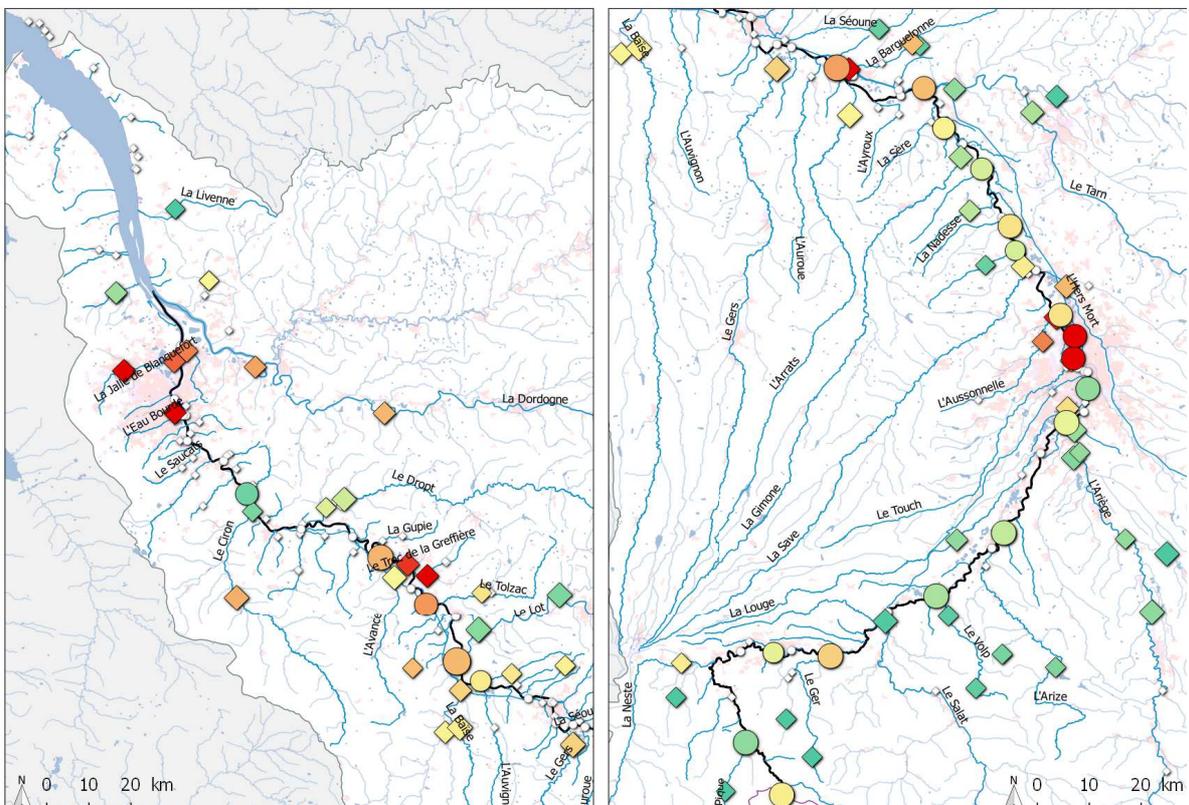
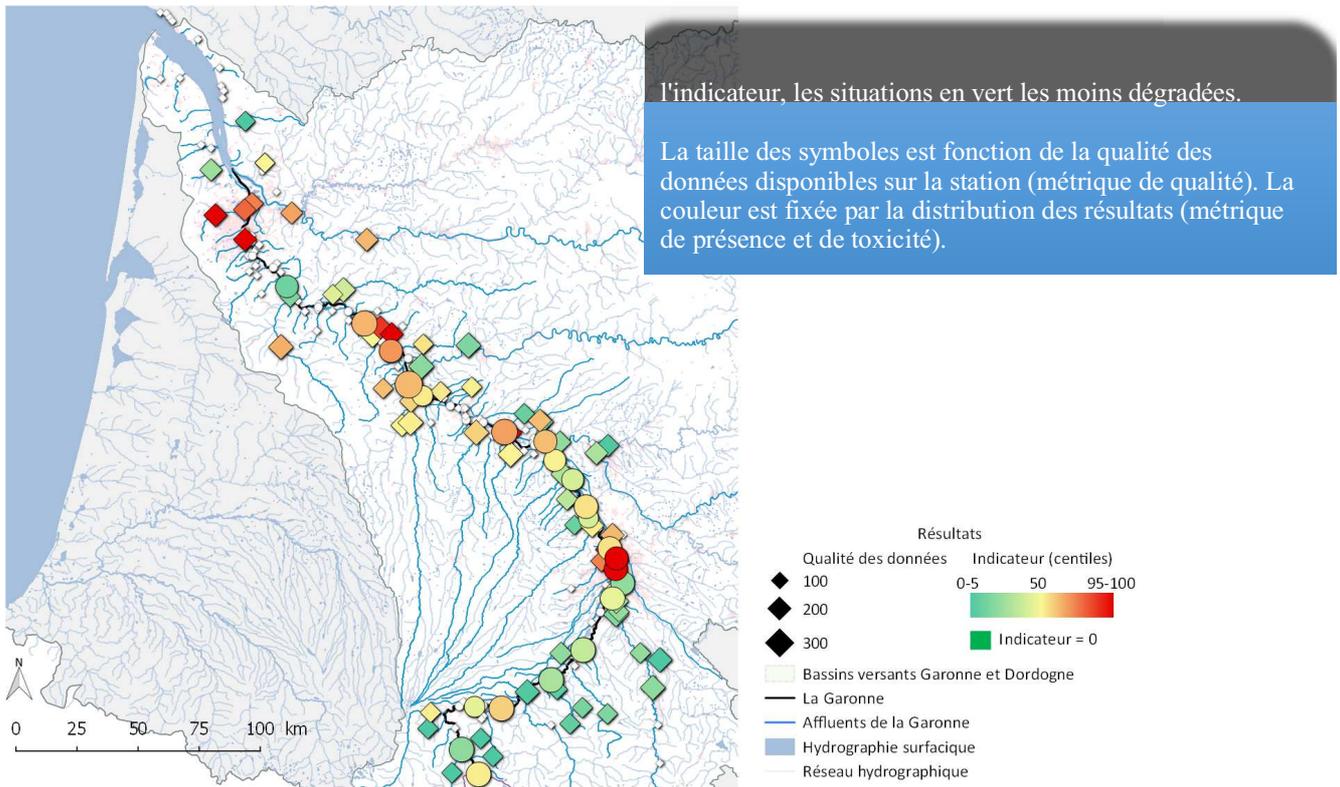


Figure 6 : Résultats de l'indicateur de micropollution organiques hors pesticide (présence et toxicité, moyenne sur l'année - période 2009-2014) pour les stations de la Garonne (cercles) et de ses affluents (losanges). En haut ensemble de la Garonne, en bas zooms sur les résultats d'Agen à l'estuaire de la Gironde (gauche) et des Pyrénées à Agen (droite).

1.6.2 CONSTRUCTION DES INDICATEURS DE MICROPOLLUTION SUR LA MATRICE SEDIMENT

Les ammocètes de lamproies s'enfouissant pendant plusieurs années dans les sédiments du fleuve et les esturgeons se nourrissant d'organismes benthiques et fouissant les sédiments, un indicateur de micropollution spécifique des sédiments a été calculé afin d'évaluer les risques potentiels associés à ces espèces.

Les données proviennent de la base des résultats d'analyses des substances chimiques en sédiment (Base AEAG).

Les indicateurs de micropollution en sédiments sont calculés de la même manière que ceux présentés pour la micropollution de l'eau (9 métriques de présence, toxicité et qualité, utilisant les mêmes procédures de normalisation et de pondération) :

- Les seuils de toxicité en sédiments proviennent de la base institutionnelle française de l'INERIS (INERIS - DCE : <https://substances.ineris.fr/fr/>) pour les sédiments en eau douce. Il n'y a pas de seuil spécifique à une espèce donnée ;
- Les stations sont globalement situées aux mêmes emplacements que pour la caractérisation de la micropollution des eaux, mais leur nombre est plus réduit. Au total sur la Garonne, le calcul de l'indicateur pour les sédiments est réalisé sur 70 stations, il permet de caractériser 19 points sur le fleuve et 37 affluents ;
- Le nombre d'analyse en sédiment étant réduit, la période d'étude choisie est élargie et couvre les années 2005 à 2014 (10 ans).

Afin de tenir compte du faible nombre de prélèvements de sédiments (de 4 à 7 analyses en moyenne par substance pour les 10 ans de données sur chaque station suivant l'indicateur), l'ensemble des résultats d'analyses sur les 10 ans est regroupé à l'échelle de la station.

Compte tenu des seuils de toxicité disponibles, 2 indicateurs caractérisant 2 types de micropollutions ont été mis en place (Tableau 2) :

Tableau 2 : Les 2 indicateurs micropollution sédiment calculés (P pour métriques de présence, T pour métriques de toxicité), ETM pour Eléments Traces Métalliques.

Indicateurs retenus	Matrice	Fréquence d'application	Nombre de substances étudiées (avec seuil)
Micropollution sédiment métaux et ETM (Toxicité seule)	Sédiment	1 période unique à l'année	6
Micropollution sédiment hors ETM (P+T)	Sédiment	1 période unique à l'année	22

Comme dans le cas de l'indicateur « Micropollution métaux et ETM » sur la matrice eau, la « Micropollution sédiment métaux et ETM » n'utilisent que les métriques de toxicité dans son calcul. Les métaux et métalloïdes sont en effet presque systématiquement présents à l'état de bruit de fond géologique dans les sédiments et la métrique de présence de ces substances n'est pas utilisée car jugée non pertinente.

Les scores obtenus pour les 2 indicateurs de micropollution en sédiment sont présentés ci-dessous :

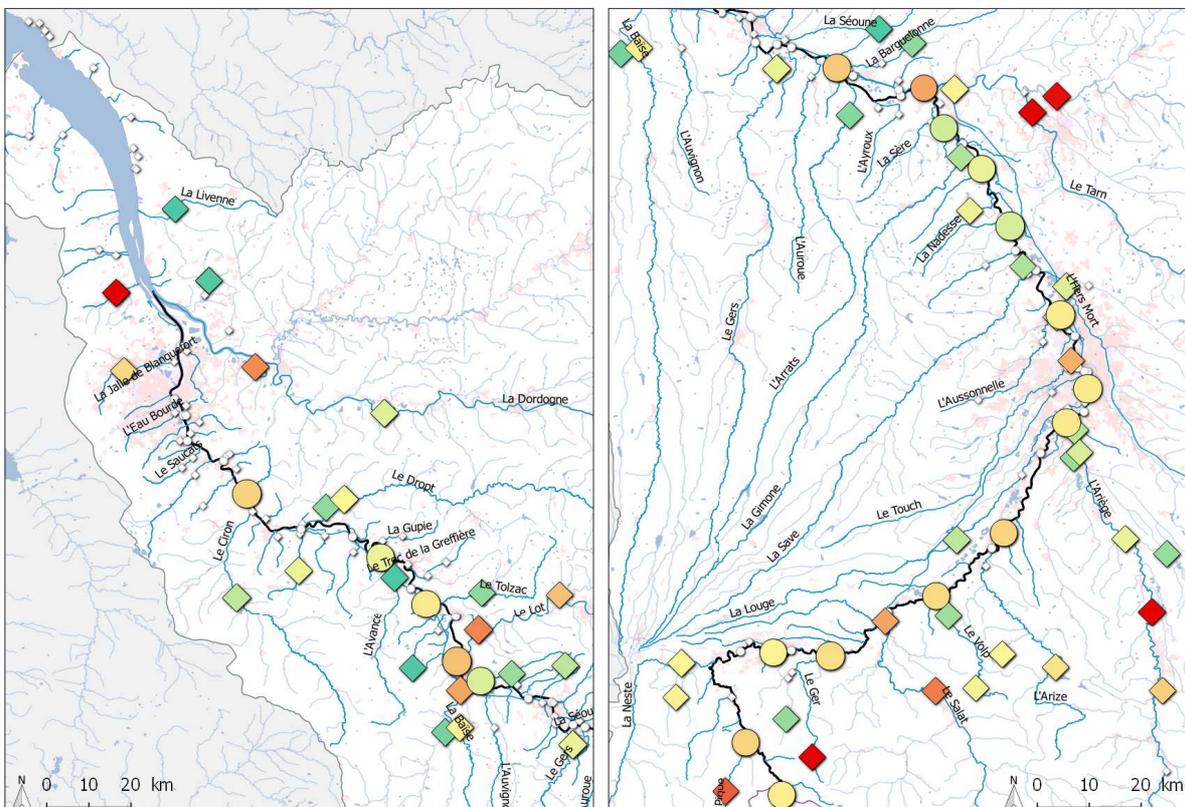
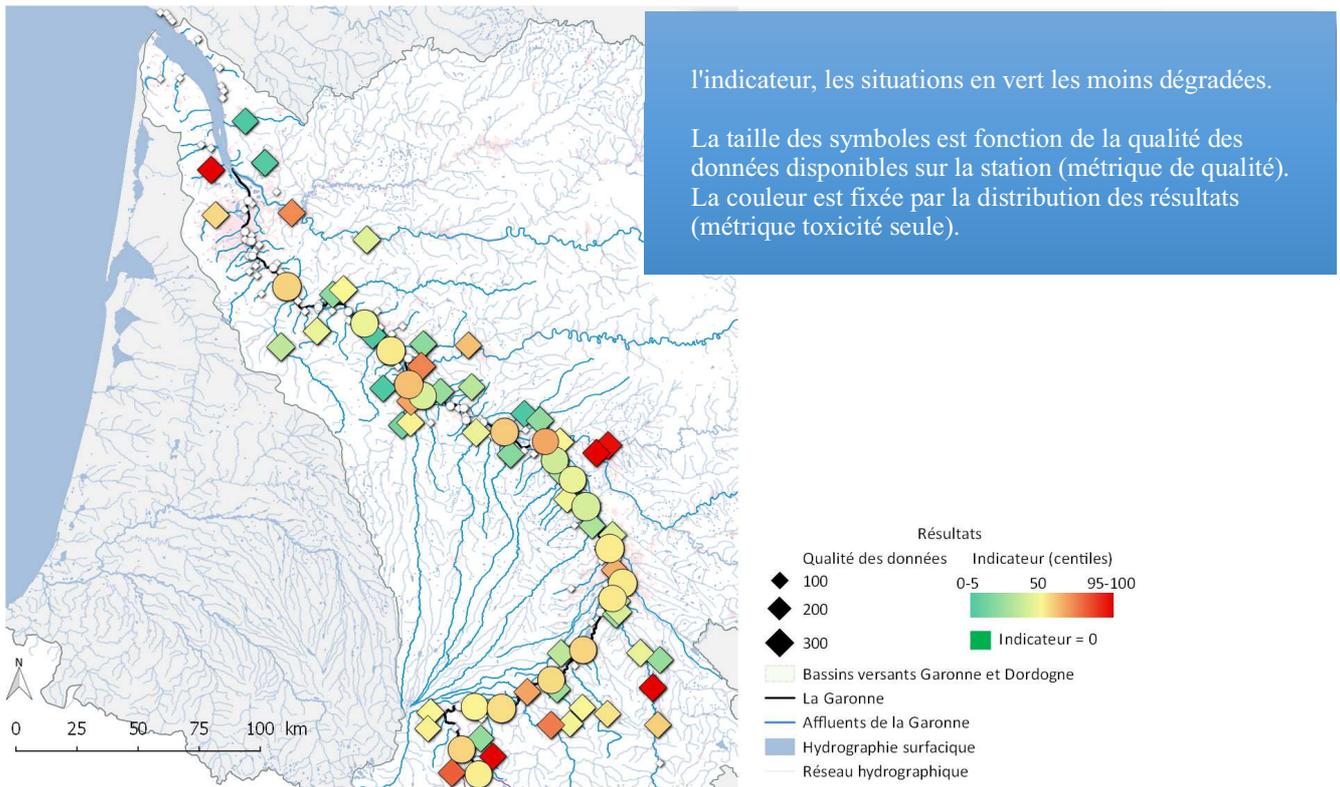


Figure 8 : Résultats de l'indicateur de micropollution en sédiment Métaux et ETM (toxicité seule, calcul sur l'année - période 2005-2014) pour les stations de la Garonne (cercles) et de ses affluents (losanges). En haut ensemble de la Garonne, en bas zooms sur les résultats d'Agén à l'estuaire de la Gironde (gauche) et des Pyrénées à Agén (droite).

Calcul des indicateurs de micropollution – Adict Solutions (2018)

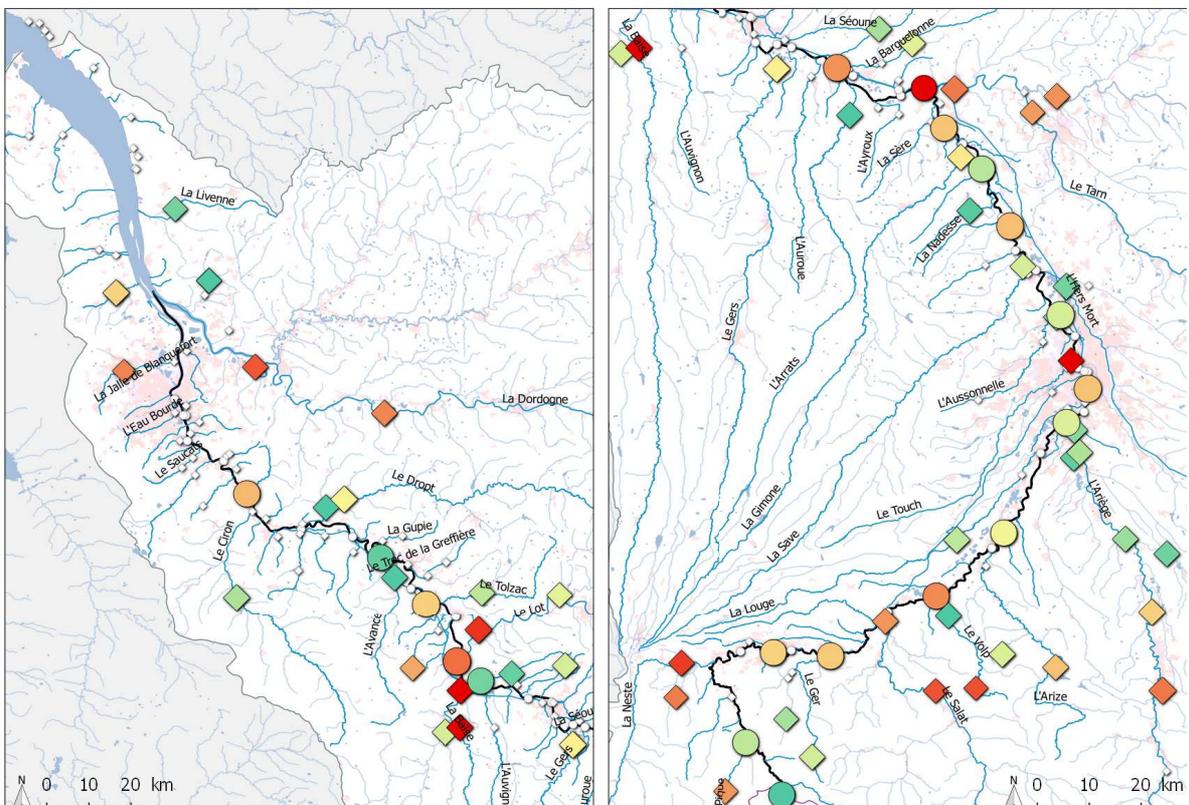
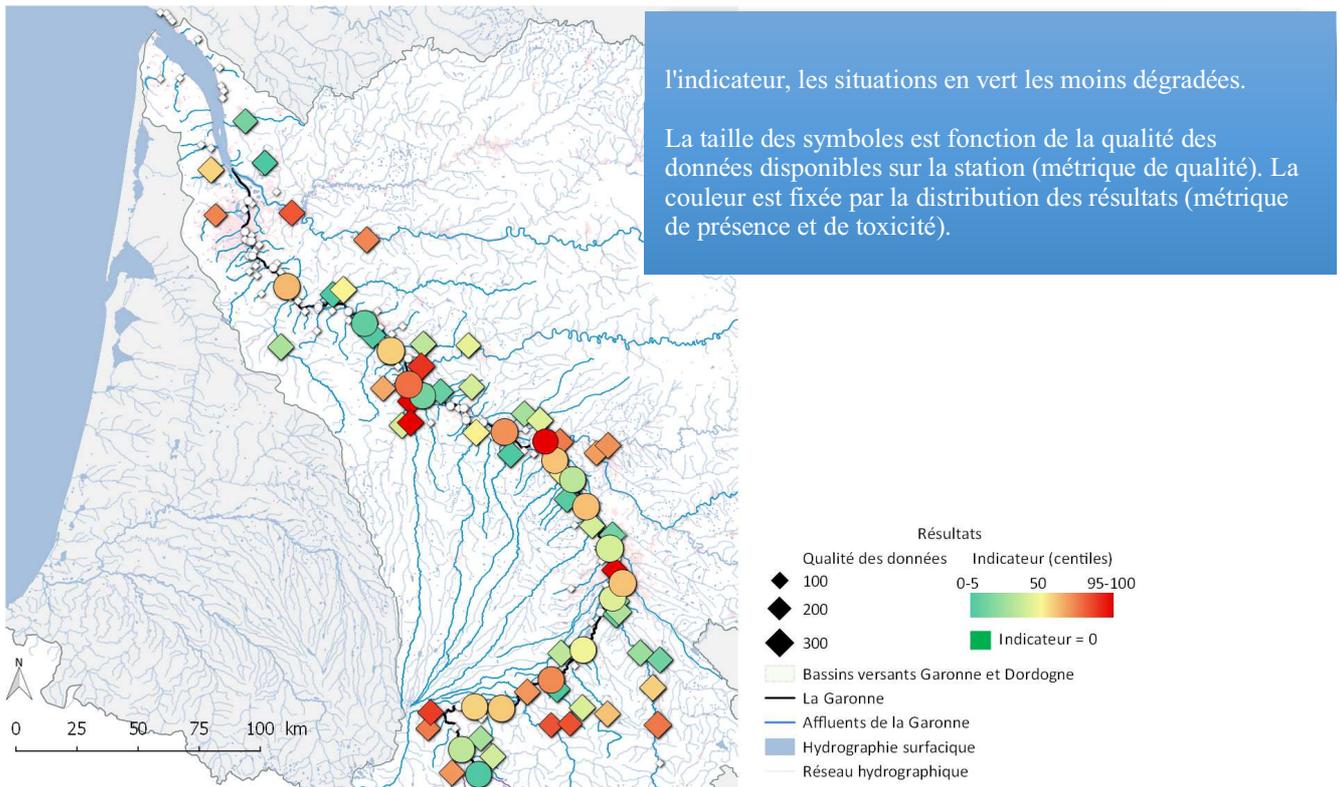


Figure 9 : Résultats de l'indicateur de micropollution sédiment hors ETM (présence et toxicité, calcul sur l'année - période 2005-2014) pour les stations de la Garonne (cercles) et de ses affluents (losanges). En haut ensemble de la Garonne, en bas zooms sur les résultats d'Agen à l'estuaire de la Gironde (gauche) et des Pyrénées à Agen (droite).

La méthode de transformation des scores des différents indicateurs en niveaux de risque pour l'analyse de risque est indiquée dans les notices explicatives des AVR.



État écologique de la Garonne et impact sur les poissons migrateurs

Grandes tendances de physico- chimie sur la période 1971-2014

par Adict Solutions

Décembre 2018



Adict Solutions

Avenue de l'Agrobiopole
BP 32607 - Auzeville-Tolosane
31326 CASTANET-TOLOSAN Cedex
Contact : jerome.depasse@adict-solutions.eu

Samuel TEISSIER
Jérôme DEPASSE
Stephanie COURTY

Table des matières

1	Méthodologie.....	3
1.1	Approche en régressions linéaires	3
1.2	Les paramètres retenus	4
2	Les tendances observées pour les paramètres retenus	5
2.1	Evolution des pollutions azotées, phosphorées et organiques depuis 1970.....	5
2.2	Evolution de la pollution métallique depuis 1970	7
2.3	Synthèse des tendances.....	9
2.4	Une réduction liée aux effets bénéfiques des stations d'épuration.....	9

Les évolutions de la qualité de l'eau de la Garonne et de ses affluents sont caractérisées globalement dans cette étude avec l'objectif d'une mise en relation avec l'évolution des populations de poissons migrateurs au cours des années.

1 METHODOLOGIE

Les résultats de physico-chimie présentés dans ce document sont issus de la base de données de physico-chimie AEAG pour les stations sélectionnées en Garonne et affluents (voir document intitulé "Base de données AEAG et choix des stations de l'étude").

L'étude des données concernant l'évolution de la qualité des eaux en Garonne montre que certains paramètres sont suivis depuis 40 ans, alors que d'autres sont étudiés sur une période plus courte.

Dès lors, l'enjeu est ici de visualiser les grandes tendances de certains éléments physico-chimiques à l'échelle du bassin versant complet (stations de Garonne et aval des affluents) tout en gardant une bonne précision. Le choix a donc été fait de visualiser les tendances par une étude en régression, à l'échelle de chaque station, pour les paramètres disposant de longues chroniques et d'un volume de données important.

1.1 Approche en régressions linéaires

Des régressions linéaires sont réalisées pour l'ensemble des paires [station x paramètre] dont les données valident les critères suivants (environ 250 paramètres) :

- seuls les résultats associés aux codes remarques 1, 3, 7 sont traités (résultats des analyses effectuées satisfaisants). Les résultats d'analyses correspondants aux seuils de détections (code remarque 10) ne sont pas considérés dans cette analyse ;
- le nombre de données pour la paire [station x paramètre] est ≥ 25 ;
- la durée de la chronique des résultats pour la paire [station x paramètre] est ≥ 5 ans.

L'analyse fournit 1048 pentes sur les 51 stations de Garonne et 2215 pentes sur les 139 stations des affluents. Les résultats présentés ici se limitent cependant aux paramètres et aux stations possédant des chroniques importantes (plus de 100 données, pour une période de temps supérieure à 20 ans).

Les pentes des régressions (exprimées en unité du paramètre / an) sont regroupées sous forme de tableaux, triées par ordre amont-aval et associées à une visualisation sous forme de barres. Si, pour un paramètre donné, la majorité des pentes obtenues sur les différentes stations sont de même signe, alors nous sommes en présence d'une tendance structurante pour le milieu à l'échelle de temps considérée (> 20 ans).

En plus des régressions linéaires (Figure 1), des graphiques interpolés (Figure 2) ont été réalisés pour chacun des paramètres. Ces graphiques permettent de facilement représenter l'évolution du comportement d'un paramètre de l'amont vers l'aval de la Garonne sur une longue période de temps (typiquement de 20 à 40 ans).

La Figure 1 présente un exemple illustrant le traitement des données concernant l'ammonium. Dans le cas des concentrations en ammonium, une diminution générale plus ou moins marquée suivant la station est observée de 1971 à 2014 tout au long de la Garonne.

Grandes tendances de physico-chimie sur la période 1971-2014 - Adict Solutions (2018)

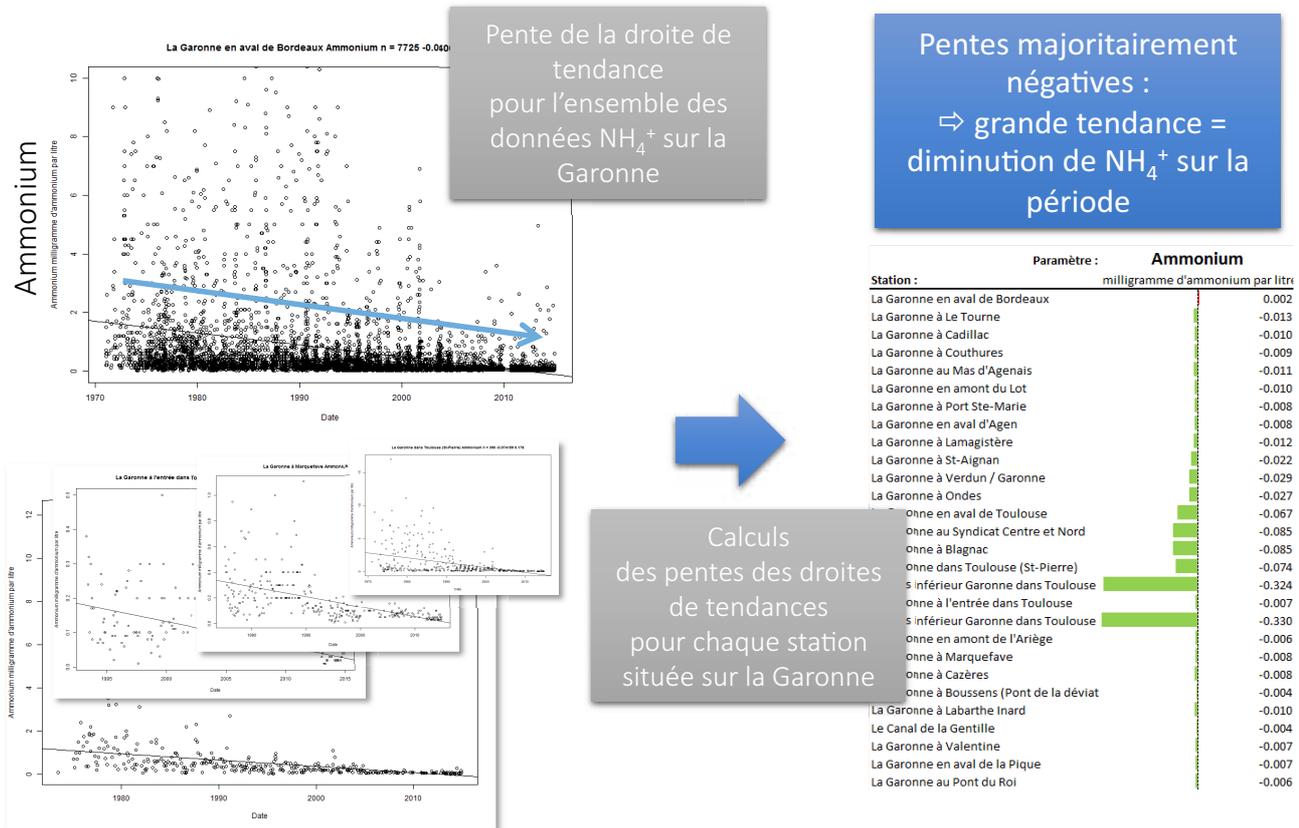


Figure 1 : Correspondance entre l'évolution des concentrations en NH_4^+ (mg/L) de 1971 à 2014 sur le linéaire de Garonne (toutes stations) et sa traduction sous forme de pentes de droites de régression. Un exemple de régressions linéaires est donné pour plusieurs stations. Les barres sont proportionnelles aux valeurs de pentes exprimées en unité / an (ici unité = mg NH_4^+ /L) ; les pentes négatives (diminution des concentrations avec le temps) sont représentées en vert, les pentes positives (augmentation des concentrations avec le temps) en rouge. Les stations sont ordonnées (amont-aval de bas en haut) et les noms de station les plus longs peuvent être tronqués.

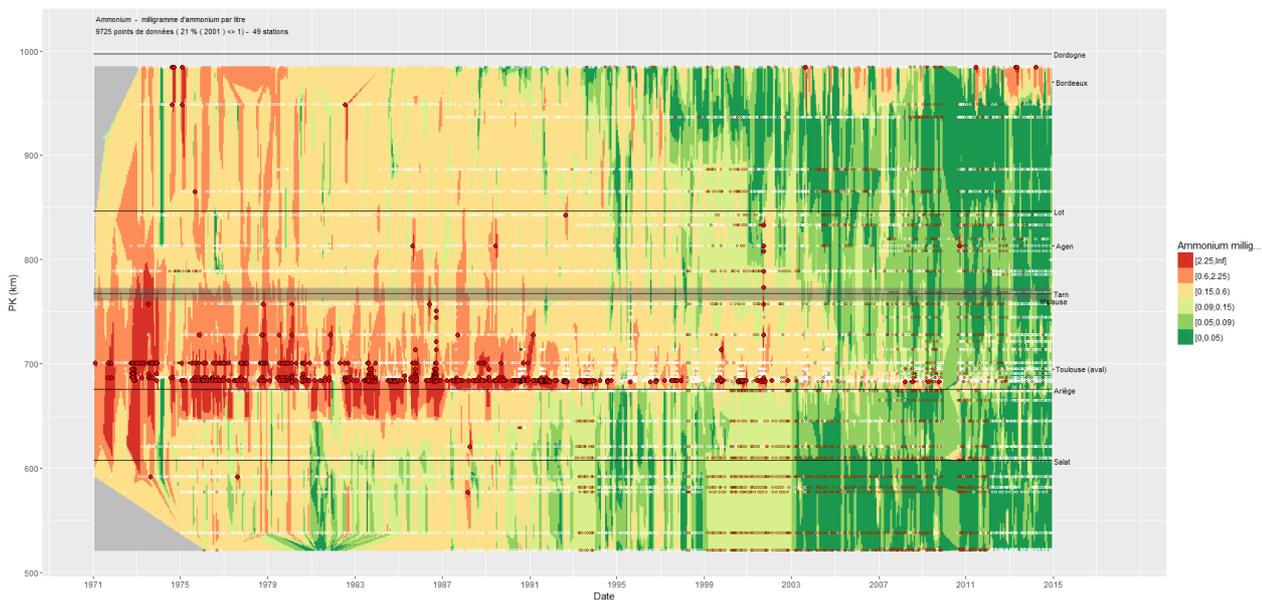


Figure 2 : Evolution des concentrations en NH_4^+ (mg/L) de 1971 à 2014 sur le linéaire de Garonne (49 stations, 9725 points de données). Les petits cercles représentent les points de données : en marron les codes remarques 10 (seuils de quantification), en blanc les autres codes remarques (données valides). Les cercles rouges représentent les concentrations les plus élevées (5% des données). Les couleurs sont obtenues par interpolation linéaire des concentrations en privilégiant la dimension spatiale. Les limites de classes de l'échelle de couleurs sont les centiles 15,40,60,85 et 95 des données. Les couleurs utilisées ne figurent pas des seuils de qualité mais la distribution des données. Les lignes horizontales figurent les principaux affluents ; la zone ombrée, la retenue de Malause.

1.2 Les paramètres retenus

A l'issue de l'étude des 250 paramètres, ne sont généralement pas retenus :

- les paramètres dont les stations ne présentent pas des pentes globalement de même signe sur tout ou partie du linéaire de Garonne (absence de grandes tendances) ;

- les paramètres très variables en fonction des heures de la journée ou des conditions de débits, tels que température, oxygène, pH, MES ;
- les paramètres avec peu de station suite à la prise en compte des facteurs de robustesse des régressions : volume de données \geq à 100 données et durée de la chronique \geq à 20 ans pour les situations [station x paramètre].

Au final, nous retenons 10 paramètres dont nous analyserons les tendances sur la Garonne et ses affluents sur de longues périodes :

- l'ammonium ;
- les orthophosphates ;
- le phosphore total ;
- la DBO₅ ;
- les nitrates ;
- et les métaux : le zinc, le cuivre, le plomb, le chrome et le cadmium.

2 LES TENDANCES OBSERVEES POUR LES PARAMETRES RETENUS

Les Figure 3 et Figure 5 présentent les paramètres retenus pour les stations de la Garonne et de ses affluents.

2.1 Evolution des pollutions azotées, phosphorées et organiques depuis 1970

La majorité des paramètres dans la Figure 3, suivie historiquement depuis les années 1970, est liée à des pollutions azotées, phosphorées ou organiques largement associées aux pressions domestiques et industrielles. A cela on ajoutera les nitrates qui possèdent, eux, une origine fortement agricole. Dans cette figure, un bon nombre des paramètres suivis depuis 40 ans présente une nette diminution de leur concentration en Garonne et dans ses affluents aux stations étudiées :

- Les paramètres ammonium, orthophosphates, phosphore total et DBO 5, sont principalement liés aux rejets de stations d'épuration des eaux (STEP) (rejets domestiques et industriels) et évoluent clairement sur le linéaire de Garonne comme sur ses principaux affluents avec un bel ensemble vers une amélioration de la qualité des eaux (diminution des concentrations). Les Figure 2 et Figure 4 témoignent, à titre d'exemple, de cette diminution de concentrations pour les paramètres ammonium (NH_4^+) et orthophosphates (PO_4^{3-}) en Garonne et soulignent l'intérêt de l'étude de régression pour visualiser et quantifier les évolutions à l'échelle de chaque station.
- Dans certaines des zones les plus impactées, les concentrations en orthophosphates (PO_4^{3-}) ont ainsi été divisées d'un facteur 10 entre 1971 et 2010 et les concentrations en NH_4^+ d'un facteur 20.

En revanche, dans la Figure 3, les nitrates augmentent globalement sur un grand nombre d'affluents et dans la Garonne plus généralement en amont de la confluence avec l'Ariège et sur la partie en aval de la confluence avec la Baïse. Les plus fortes diminutions en nitrates sont localisées dans la rivière Saurune et le bras inférieur de la Garonne à Toulouse, pointant vers une origine industrielle de ces derniers.

Grandes tendances de physico-chimie sur la période 1971-2014 - Adict Solutions (2018)

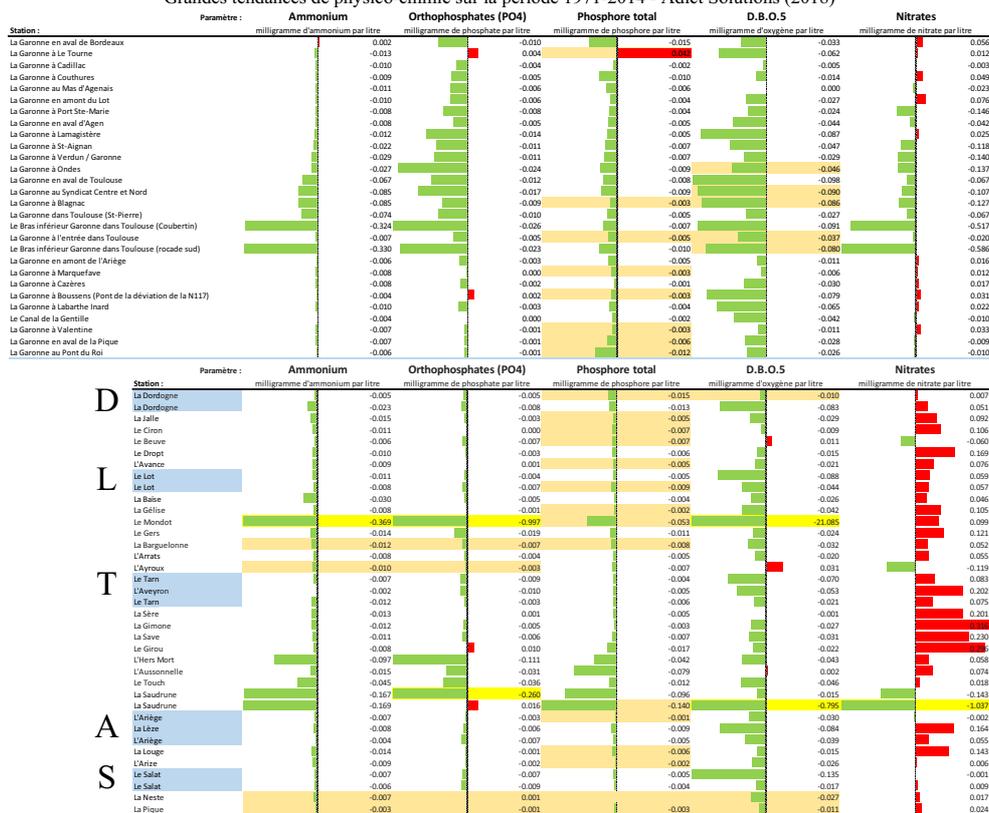


Figure 3 : Evolution des concentrations sous forme de pentes de droites de régression (mg/L/an) pour 5 paramètres liés aux pressions domestiques, industrielles et agricoles sur le linéaire de Garonne (haut) et sur ses principaux affluents (bas), période 1971 - 2014. Les barres sont proportionnelles aux valeurs de pentes exprimées en unité / an. Les pentes négatives sont en vert, les pentes positives en rouge. Les stations sont ordonnées (amont-aval de bas en haut). Les pentes sur fond ocre correspondent à des situations moins robustes (≤ à 100 données ou une chronique ≤ à 20 ans), l'absence de pente dénote des données insuffisantes. Les pentes sur fond jaune correspondent à des échelles tronquées pour les barres d'histogrammes considérées. Pour les affluents, il y a parfois plusieurs stations sur le même affluent. Attention, les échelles des barres diffèrent entre Garonne et affluents.

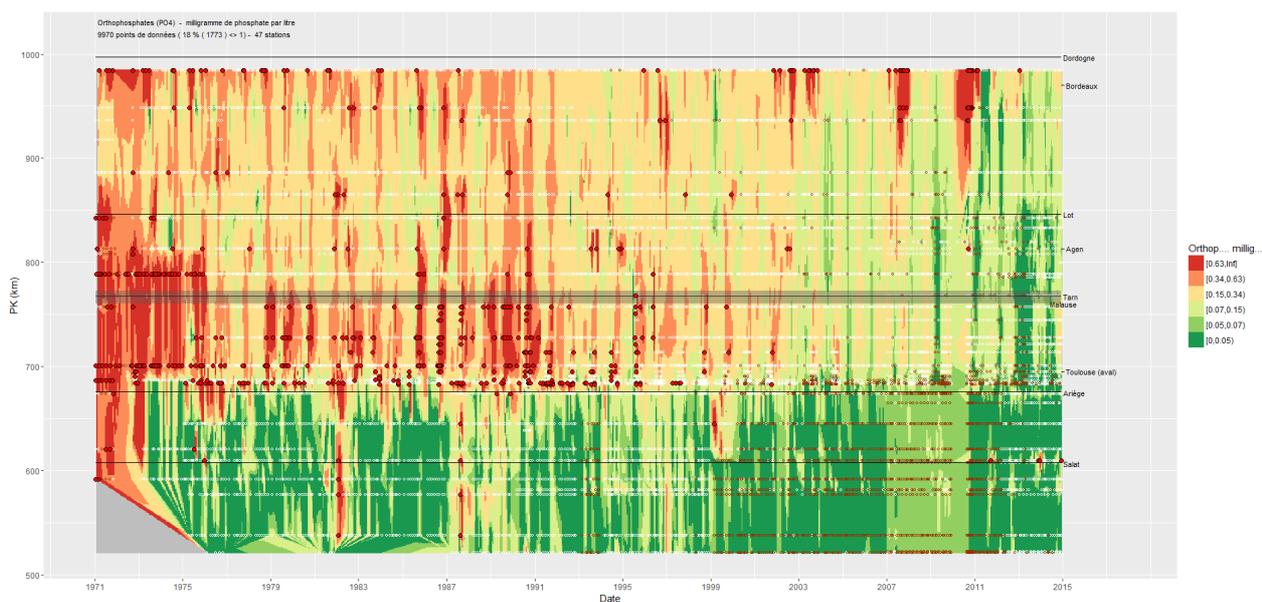


Figure 4 : Evolution des concentrations en PO_4^{3-} (mg/L) de 1971 à 2014 sur le linéaire de Garonne (47 stations, 9970 points de données). Les petits cercles représentent les points de données : en marron les codes remarqués 10 (seuils de quantification), en blanc les autres codes remarqués (données valides). Les cercles rouges représentent les concentrations les plus élevées (5% des données). Les couleurs sont obtenues par interpolation linéaire des concentrations en privilégiant la dimension spatiale. Les limites de classes de l'échelle de couleurs sont les centiles 15,40,60,85 et 95 des données. Les couleurs utilisées ne figurent pas des seuils de qualité mais la distribution des données. Les lignes horizontales figurent les principaux affluents ; la zone ombrée, la retenue de Malause.

2.2 Evolution de la pollution métallique depuis 1970

La Figure 5 reprend des paramètres de la pollution métallique suivis sur une longue période (> 20 ans) et liés aux pressions domestique, industrielle et agricole.

Sur cette période, les paramètres zinc, cuivre, plomb, chrome et cadmium présentent globalement des concentrations décroissantes sur le linéaire de Garonne comme sur ses principaux affluents.

Grandes tendances de physico-chimie sur la période 1971-2014 - Adict Solutions (2018)

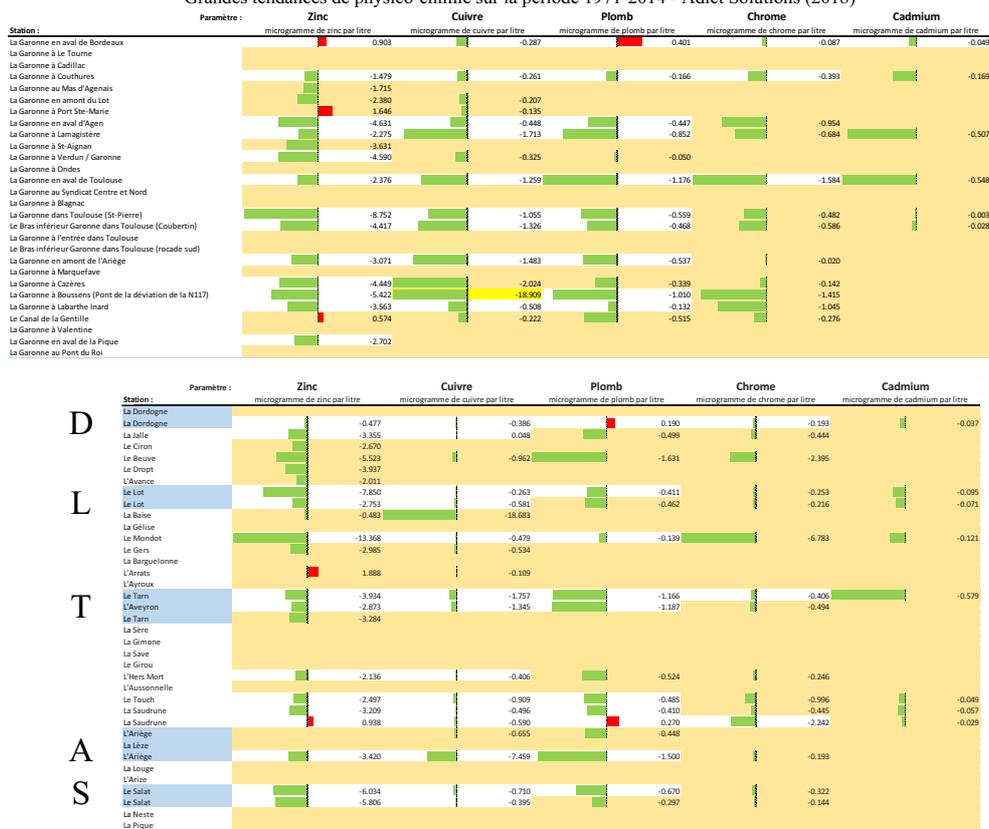


Figure 5 : Evolution des concentrations sous forme de pentes de droites de régression (µg/L/an) pour 5 métaux suivis historiquement sur le linéaire de Garonne (haut) et sur ses principaux affluents (bas), période 1971 - 2014. Les barres sont proportionnelles aux valeurs de pentes exprimées en unité / an. Les pentes négatives sont en vert, les pentes positives en rouge. Les stations sont ordonnées (amont-aval de bas en haut). Les pentes sur fond ocre correspondent à des situations moins robustes (≤ à 100 données ou une chronique ≤ à 20 ans), l'absence de pente dénote des données insuffisantes. Les pentes sur fond jaune correspondent à des échelles tronquées pour les barres d'histogrammes considérées. Pour les affluents, il y a parfois plusieurs stations sur le même affluent. Attention, les échelles des barres diffèrent entre Garonne et affluents.

2.3 Synthèse des tendances

Une synthèse des tendances pour les paramètres les plus représentés historiquement est donnée sous forme d'un tableau (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des grandes tendances observées pour des paramètres suivis depuis 1971 sur la Garonne et ses affluents

	Diminution forte	Diminutions ET augmentations observées	Augmentation forte
Garonne	Ammonium Orthophosphates (PO ₄ ³⁻) Phosphore total DBO ₅ Zinc Cuivre Plomb Chrome Cadmium	Nitrates	
Affluents	Ammonium Orthophosphates (PO ₄ ³⁻) Phosphore total DBO ₅ Zinc Cuivre Plomb Chrome Cadmium		Nitrates

Ces tendances pourront être mises en corrélation avec l'évolution des paramètres caractérisant les espèces des poissons migrateurs étudiées au cours de l'étude.

2.4 Une réduction liée aux effets bénéfiques des stations d'épuration

Malgré une augmentation de la population sur le bassin Adour-Garonne (concentration démographique en zone urbaine et sur la frange littorale et dépeuplement des territoires d'altitude) les rejets industriels et domestiques ont fortement diminué depuis les années 70 (Figure 3 et Figure 5).

Une illustration de la diminution des rejets vers le milieu naturel peut être visualisée par l'évolution inverse du nombre d'équivalents habitants traité (EH) par les stations d'épuration domestiques. Ce nombre, obtenu par l'exploitation de la couche SIG "station de traitement des eaux usées des usagers (particuliers et industriels) raccordés au réseau d'assainissement" (Step_2014_shp_193 - révision du 16-02-2016) du SIEAG, est en forte augmentation sur la période étudiée et traduit l'amélioration de l'efficacité générale de l'épuration des eaux par les STEP. Liée aux pollutions domestiques, industrielles et agricoles, une fraction de la baisse des métaux serait également associée au piégeage de ces derniers dans les boues d'épuration.

En Garonne, le nombre d'EH a ainsi été multiplié par un facteur proche de 6 sur la période d'étude (Figure 6).

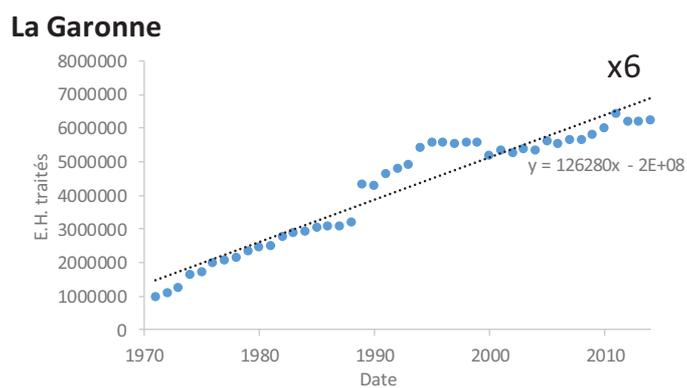


Figure 6 : Evolution du nombre d'équivalents habitants traités par les STEP sur le bassin versant de la Garonne (données provenant de 2860 STEP).

Les augmentations sont du même ordre sur ses affluents, comme présenté Figure 7, en lien avec la diminution générale des concentrations en ammonium.

Grandes tendances de physico-chimie sur la période 1971-2014 - Adict Solutions (2018)

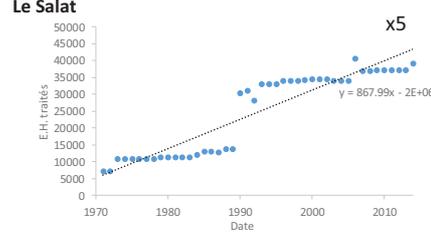
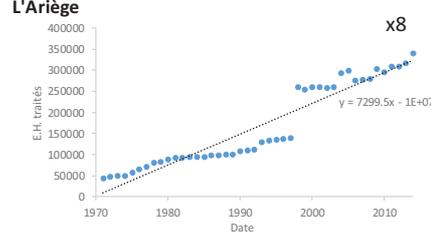
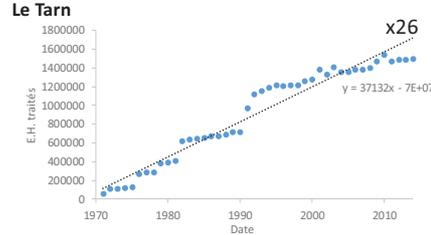
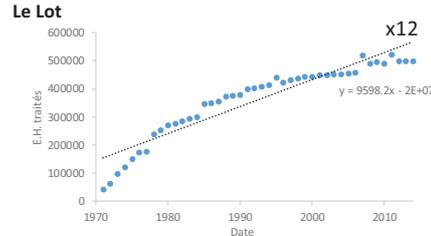
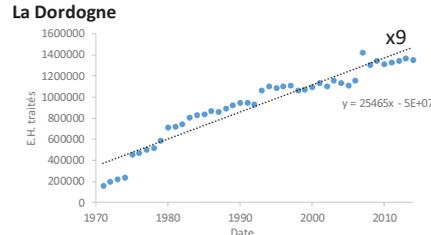
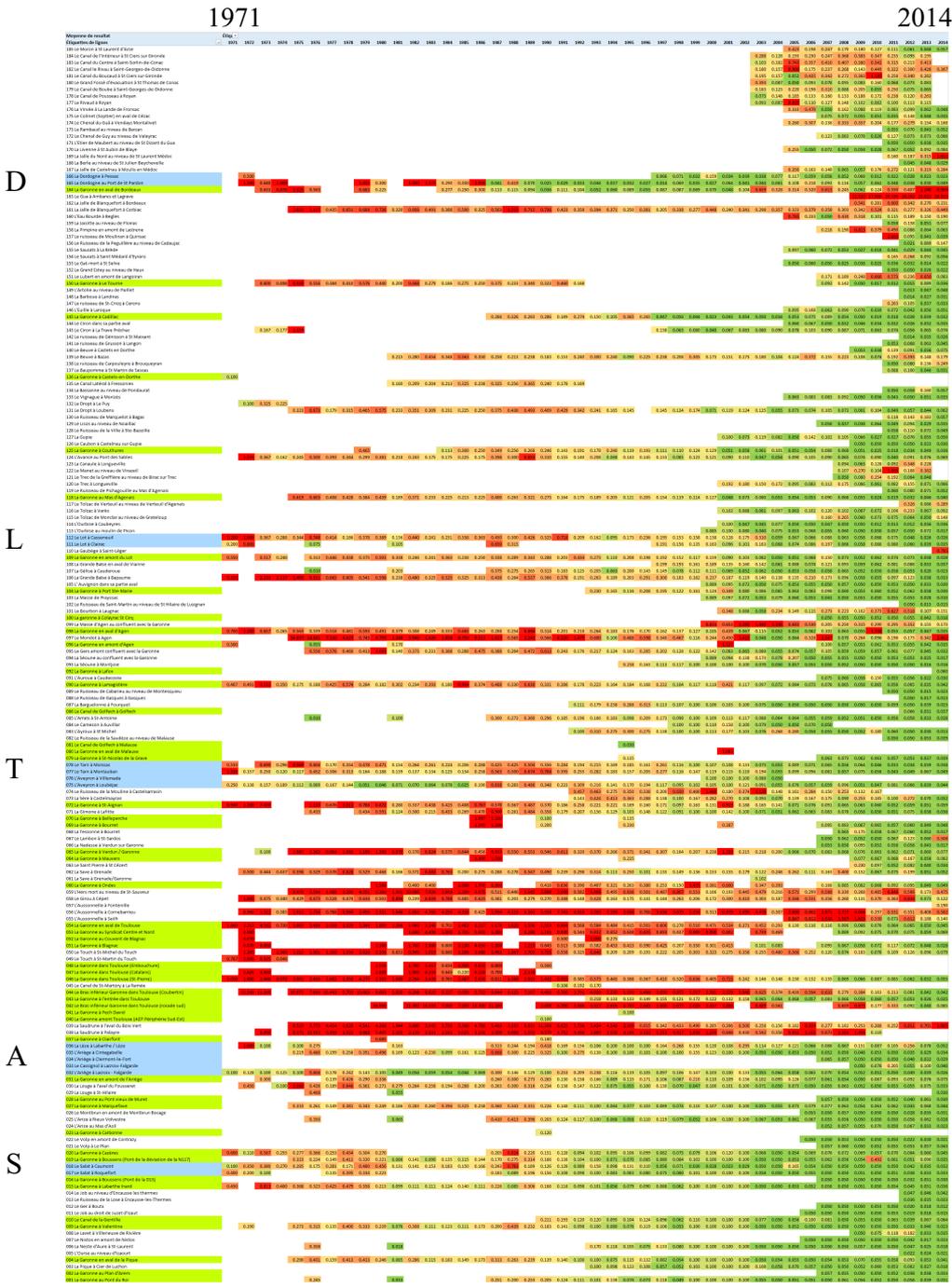


Figure 7 : Evolution des moyennes des concentrations en NH_4^+ (mg/L) sur 185 stations du linéaire de Garonne et de ses affluents et évolution des nombres d'équivalents habitants traités dans les principaux affluents. Les noms des stations de Garonne sont sur fond vert, les principaux affluents sur fond bleu et signalés dans la marge par leur initiale, les affluents secondaires sur fond blanc. Les stations sont ordonnées (amont-aval de bas en haut). Un gradient de couleur basé sur la distribution des données facilite la lecture (rouge : valeurs les plus élevées, jaune : valeurs médianes, vert : valeurs les plus faibles).

Les résultats obtenus montrent donc clairement que les principaux paramètres disposant d'un suivi de long terme caractérisant les pollutions liées aux rejets (ici, DBO_5 , NH_4^+ , phosphore, phosphore total et métaux) évoluent depuis 40 ans, de manière coordonnée à la diminution des rejets domestiques, industriels et/ou à leur traitement, comme en témoignent ici, l'augmentation générale de "l'efficacité globale" des STEP domestiques.