



Les contaminants, leur trajectoire et leur devenir dans le milieu naturel

La pression anthropique exercée sur les milieux aquatiques a, depuis un siècle, modifié de manière profonde les écosystèmes qui étaient en place dans le bassin de la Seine. Cette pression a pris la forme d'une multitude de modifications physiques du territoire, mais a également été marquée par l'introduction de nombreux contaminants chimiques, dont les effets sur les milieux n'ont été considérés qu'a posteriori. Ces contaminants proviennent de divers secteurs d'activité de la société humaine (agriculture, industrie, construction, activités domestiques) et peuvent avoir des conséquences directes et indirectes sur le milieu.

Dans le PIREN-Seine, les contaminants sont étudiés depuis les débuts du programme en 1989, et les premières études sur l'impact de l'agglomération parisienne sur l'aval de la Seine. Depuis cette période, de nombreux contaminants ont été étudiés sur l'ensemble du bassin. De la contamination métallique aux microplastiques en passant par les pesticides et les résidus pharmaceutiques, le programme est aujourd'hui riche d'une vaste documentation scientifique sur les contaminants dans le bassin de la Seine. Cette recherche approfondie se traduit également par une meilleure compréhension des conséquences que peuvent avoir ces produits et leurs dérivés dans le milieu naturel, notamment grâce à des méthodologies innovantes et en constante évolution : approches différenciées en fonction des substances, archives sédimentaires, et interrogations sur les sources, les transferts et les conséquences écotoxicologiques.

Si toutes ces recherches ont permis aux acteurs de l'environnement de contribuer à l'amélioration des connaissances et de la prise en charge de ces contaminants dans différents compartiments environnementaux, elles poussent aujourd'hui à nous interroger en tant que société à la fois héritière et productrice de matériaux polluants. Certains contaminants bien documentés peuvent aujourd'hui être étudiés à une échelle nouvelle intégrant une dimension sociétale, afin d'analyser les polluants non seulement comme des éléments chimiques particuliers, mais comme faisant partie du métabolisme de l'anthropo-écosystème Seine.



Les thématiques transversales du PIREN-Seine

Depuis 1989, de nombreuses thématiques ont été et sont encore traitées au PIREN-Seine. Certaines d'entre elles sont particulièrement ancrées dans le programme, et sont représentatives de son caractère interdisciplinaire.

L'évolution de la qualité de l'eau dans le bassin de la Seine : c'est un exemple de thématique mêlant, sans s'y réduire, des études physico-chimiques, biologiques, historiques. Présente dès les débuts du programme, cette thématique est investie depuis 30 ans par le PIREN-Seine, qui peut ainsi livrer une analyse approfondie sur le temps long.

L'agriculture et ses effets sur l'eau et les milieux aquatiques : démarrée en 1998 lors du lancement de la phase III du PIREN-Seine, l'étude des pratiques agricoles et de leur impact englobe de très nombreux domaines scientifiques. Agronomie, hydrologie, biogéochimie, géographie, sociologie, au fur et à mesure des années, la thématique s'est enrichie pour proposer une analyse fine des mécanismes agroalimentaires, et construire des scénarios réalistes pour demain.

Les contaminants, leur trajectoire et leur devenir dans le milieu naturel : étudiés ponctuellement depuis le début du programme, c'est en 2002 que les contaminants deviennent une thématique principale du PIREN-Seine. Analysés à la fois à travers leurs sources socio-économiques, leurs effets sur le vivant et la perception sociale de la pollution qu'ils entraînent, les contaminants réunissent de nombreux chercheurs aux expertises diverses pour appréhender le sujet de manière globale.



L'agglomération parisienne et sa pollution historique

Avec ses 12 millions d'habitants et sa très forte densité urbaine, l'agglomération parisienne contribue fortement à la pollution de l'eau et des milieux aquatiques depuis des décennies. Le PIREN-Seine fut donc logiquement sollicité, dès 1989, sur la question de la présence, de la quantification et des impacts des contaminants issus de l'agglomération parisienne sur l'aval du bassin. Dans le cadre de ces travaux, deux objets d'étude avaient été privilégiés : la station d'Achères, afin de comprendre les conséquences d'un tel ouvrage sur le fonctionnement de l'axe fluvial, et l'évaluation des rejets urbains de temps de pluie. Au fur et à mesure des années, les travaux du PIREN-Seine se sont étendus à tout le bassin.

HAP, métaux : de l'industrie à la pollution

L'anthropisation du bassin de la Seine a depuis toujours apporté de nouveaux contaminants dans le milieu naturel, mais ce phénomène s'est décuplé lors du dernier siècle suite à l'industrialisation. Parmi les polluants les plus emblématiques et problématiques se trouvent les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), issus de tous les processus de combustion. Particulièrement toxiques pour de nombreux organismes aquatiques, les HAP sont étudiés par le PIREN-Seine depuis vingt ans. Si les usages domestiques de chauffage et le transport routier demeurent les principaux contributeurs, la quantité de HAP émise sur le bassin est aujourd'hui en baisse continue depuis le début des années 1990. Cependant, la remobilisation ponctuelle de ces polluants demeure préoccupante : les épisodes de pluie entraînent régulièrement des hausses de la concentration de HAP dans les eaux de surface, du fait du lessivage des sols, du ruissellement sur les routes et de la remise en suspension des sédiments.

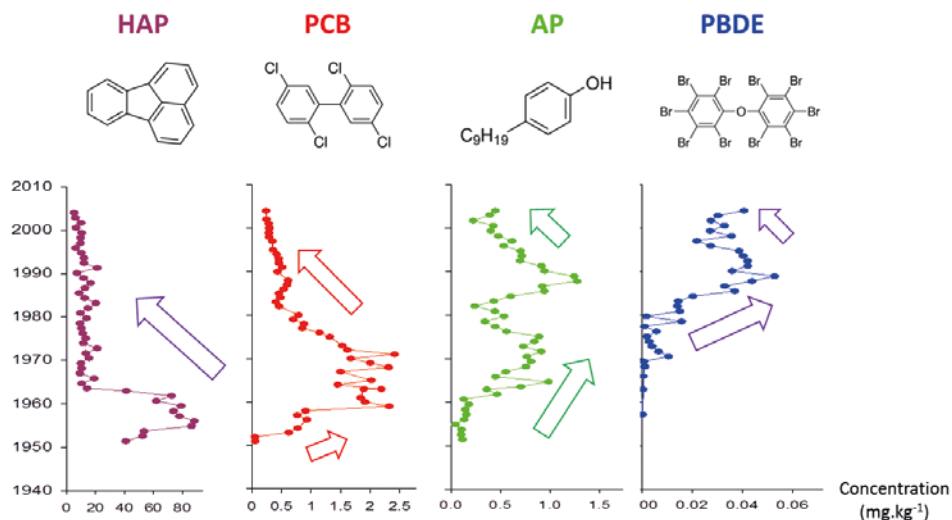
La pollution par les métaux des cours d'eau du bassin suit le même mécanisme. Si le pic de pollution par les métaux lourds eut lieu au milieu des années 1960, certains d'entre eux ont vu leur concentration augmenter jusque dans les années 1990, comme le cadmium. La pollution par le zinc, causé par le ruissellement sur les toitures parisiennes, a longtemps été source de préoccupation.

Aujourd'hui, les métaux sont de mieux en mieux traités dans les stations d'épuration, et du fait d'une désindustrialisation progressive, les quantités décroissent progressivement dans le milieu. Mais régulièrement, des épisodes de fortes pluies, suivies de crue comme celle de juin 2016, provoquent des saturations du réseau entraînant des déversements ponctuels, ou remobilisent certains éléments piégés dans les sédiments, ce qui pose la question de la contamination à long terme du bassin.

PCB et phtalates, les traces de l'industrie pétrochimique

Les polychlorobiphényles, ou PCB, sont des produits organiques de synthèse produits en masse par l'industrie à partir des années 1930 pour être utilisés principalement comme isolants dans les équipements électriques mais aussi comme solvants, plastifiants ou additifs. La production de ces produits, dont la dangerosité pour l'homme et l'environnement a été établie dès les années 1960, s'est massivement réduite dans les années 1980 et 1990, ce qui fait de cette pollution un héritage de la période industrielle, dont on retrouve les traces dans les sédiments. Jouant le rôle d'archives, ces sédiments conservent la trace de nombreux contaminants tels que les Alkylphénols ou les Polybromodiphényléther (PBDE), indiquant leur période d'utilisation et de rejet dans l'environnement.

L'importante densité de population qui caractérise l'agglomération parisienne implique également de suivre les rejets massifs qui en découlent. Ainsi, les équipes du PIREN-Seine ont cherché à caractériser et à quantifier un certain nombre de molécules issues des usages de la population et des rejets industriels. Parmi elles, les phtalates sont étudiés depuis le milieu des années 1990. Synthétisés eux aussi par l'industrie pour leurs propriétés plastifiantes, les phtalates furent produits en très grande quantité jusqu'au milieu des années 2010, comme le DEHP, un contaminant très suivi et encadré par des directives européennes depuis 2015 pour son caractère de perturbateur endocrinien. Ces composés sont omniprésents dans les matériaux que nous utilisons au quotidien : emballages alimentaires et médicamenteux, revêtements de sols et de toiture, textiles, carrosserie de voiture, PVC, pour n'en citer que quelques-uns. Leur présence dans tous les compartiments de l'environnement et leur long processus de dégradation implique donc de s'interroger sur la contamination du bassin à long terme et à large échelle.



La présence des HAP, PCB, Alkylphénols et PBDE dans les carottes sédimentaires de la Seine

La circulation des polluants dans l'ensemble du bassin

Pour le PIREN-Seine, la question de la pollution découlant de l'agglomération parisienne ne pouvait pas rester isolée du reste du bassin versant de la Seine. L'importance d'obtenir une vision globale de la pression exercée par l'homme sur l'environnement en termes de contaminants s'est imposée, et les équipes de scientifiques ont diversifié à la fois leurs terrains d'expérimentation et leurs méthodes de recherche.

Une approche duale des contaminants

La longévité du PIREN-Seine a permis l'étude et la prise en compte d'un vaste panel de familles de contaminants, des phtalates aux résidus pharmaceutiques en passant par les pesticides. Mais il est très vite apparu aux chercheurs que le nombre de molécules synthétisées ou mobilisées par l'homme à des fins diverses et potentiellement polluantes était bien trop important pour pouvoir toutes les étudier de manière exhaustive. En effet, que ce soit à travers le prisme de leur conséquence sur les organismes biologiques, ou celui du contexte hydrologique dans lequel les polluants agissent, se stockent, ou sont transformés en d'autres molécules, les paramètres à prendre en compte sont nombreux. Il apparaît donc peu pertinent d'adopter la même méthodologie pour chacun d'entre eux.

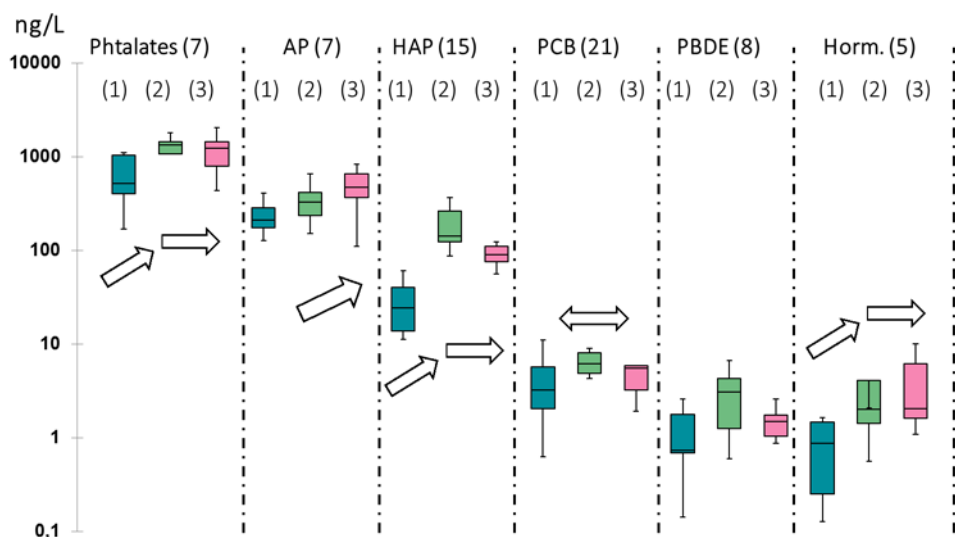
C'est pourquoi les scientifiques du programme ont adopté une approche duale des polluants : étudier de manière générale les grandes familles de contaminants, et notamment des micropolluants organiques, en évaluant leur présence dans le milieu, et faire des focus précis sur des polluants considérés comme de grand intérêt, tels que les antibiotiques, le bisphénol A, le DEHP, ou le benzo(a)pyrène, afin de proposer une connaissance très fine des processus à l'œuvre les concernant. Grâce à cette démarche, les scientifiques ont pu proposer une analyse détaillée des éléments les plus porteurs d'enjeux environnementaux, tout en travaillant sur un grand nombre de familles de contaminants : polluants organiques persistants, métaux, pesticides, résidus pharmaceutiques ou

encore composés fluoroalkylés. Ces polluants sont notamment suivis sur l'axe Seine, aux stations de Marnay-sur-Seine (amont de Paris), de Bougival (aval de Paris) et de Triel-sur-Seine (aval de la station d'épuration Seine Aval), afin de produire des résultats sur le continuum du fleuve.

Une vision globale, spatiale et temporelle

Outre cette approche duale des contaminants, il apparaît essentiel de considérer l'environnement récepteur non pas comme un vase clos avec ses limites fixes, mais comme un ensemble de compartiments qui échangent entre eux matières et énergies via différentes interfaces. L'interdisciplinarité du programme révèle ici toute son importance, permettant la collaboration d'équipes aux compétences diverses (biologie, géochimie, géophysique, hydrologie, etc.), pour étudier le transfert des contaminants entre le sol, l'air, les rivières, les nappes et les organismes aquatiques. C'est également en sélectionnant des sites d'études répartis sur l'amont, la zone centrale et l'aval du bassin que les scientifiques peuvent apporter une vision globale du transfert des contaminants et de leur évolution dans l'environnement.

Mais outre cette spatialisation, l'étude des contaminants synthétisés par l'homme implique d'affiner la prise en compte de la dynamique temporelle de cette pollution. C'est la raison pour laquelle le PIREN-Seine a entrepris un travail sur les archives sédimentaires du bassin. Ces études permettent non seulement de reconstituer la trajectoire historique de la contamination à travers les dernières décennies, mais également de mieux comprendre le potentiel de stockage et de remobilisation de ces polluants, et donc le risque qu'ils font courir sur le temps long.



Suivi des contaminants sur l'axe Seine aux stations de Marnay (bleu), Bougival (vert) et Triel (rose)



Des sources de la pollution à l'écotoxicologie : un système global à étudier

Étudier les contaminants ne peut se réduire à caractériser leur présence et leur transfert dans l'environnement. Les équipes du PIREN-Seine s'attachent ainsi à travailler également sur les conséquences écotoxicologiques de la contamination des milieux, c'est-à-dire de la potentielle toxicité de ces composés pour les écosystèmes.

Des nouvelles méthodologies pour évaluer et comprendre les impacts

L'impact écotoxicologique est étudié depuis des décennies au sein du programme sur plusieurs sites ateliers, notamment le bassin de l'Orge, le bassin de la Vesle, et l'axe Seine de Marnay-sur-Seine à Triel-sur-Seine. La détermination de l'état de la contamination est nécessaire pour le suivi de la qualité chimique des masses d'eau, et permet notamment de mettre en évidence les dépassements des Normes de Qualité Environnementales (NQE) définies dans la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne (2008/105/CE). Les analyses chimiques seules se révèlent néanmoins insuffisantes pour évaluer le risque lié à la présence de polluants. De faibles doses de micropolluants, difficilement détectables, peuvent en effet entraîner d'importantes conséquences pour les organismes aquatiques, du fait des effets cocktails, de l'exposition chronique et de la bioaccumulation. Les scientifiques ont donc expérimenté de nouvelles méthodes pour détecter les impacts de ces contaminants. En travaillant sur des marqueurs spécifiques chez des

organismes ciblés, et en proposant des études intégrées multimarqueurs, les scientifiques développent et fournissent des outils pertinents pour évaluer les risques écotoxicologiques que font courir les contaminants.

Interroger la société

Le travail sur le temps long effectué au PIREN-Seine offre également aux scientifiques une vision historique de la pollution des milieux, et donc de la société humaine qui en est la source. Les choix de gouvernance passés sont également étudiés dans une démarche rétrospective pour dégager les processus sociétaux à l'œuvre dans la production et la gestion des contaminants, permettant ainsi de reconstruire les trajectoires de certains polluants dans le système Seine.

Des pollutions industrielles aux contaminants d'intérêt émergents tels que les microplastiques et les nanoparticules, en passant par les composés organohalogénés et les pesticides de dernière génération, les chercheurs du PIREN-Seine s'interrogent aussi sur les mécanismes sociétaux actuels qui participent à la dynamique du bassin.

Relier la production et l'usage de certains polluants caractéristiques à leur transfert dans le milieu et à leurs conséquences sur l'environnement permettra, à terme, de reconstruire le métabolisme du système dans son ensemble et de participer ainsi à la construction de solutions concrètes et globales pour une meilleure gestion environnementale du bassin.



Pour plus d'informations, rendez-vous sur www.piren-seine.fr

Contact :
alexandre.delomenie
@arceau-idf.fr

Cellule transfert
du PIREN-Seine
4 place Jussieu
Case 105
75005 Paris



Crédits photos : Domaine public
Edition : ARCEAU-IDF 2019 - www.arceau-idf.fr
Création graphique : id bleue (Sablé)
www.idbleue.com

ISSN : 2610-0916

Le **PIREN-Seine** est un programme de recherche interdisciplinaire dont l'objectif est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin versant de la Seine et de la société humaine qui l'investit, pour permettre une meilleure gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau.

Cette fiche est éditée par la *Cellule transfert* du PIREN-Seine, financée par l'Agence de l'eau Seine-Normandie, l'EPTB Seine Grands Lacs et le CNRS-ZA Seine, et animée par l'association ARCEAU-IDF.

Les partenaires de la Phase 7 du PIREN-Seine

