



30 ans d'évolution de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques au prisme des travaux du PIREN-Seine

L'eau douce est une ressource indispensable, dont les habitants du bassin de la Seine ont bénéficié jusqu'à présent en quantité suffisante pour satisfaire leurs besoins. Mais cette eau a indéniablement souffert d'une baisse de sa qualité sous l'impact de l'urbanisation, de l'industrialisation et de la transformation du modèle agricole durant le XX^e siècle. Si la qualité de l'eau et des milieux aquatiques s'est améliorée ces dernières décennies, les milieux aquatiques subissent encore des pollutions découlant des activités humaines, à des points précis de rejets et de façon plus diffuse, que ce soit de manière accidentelle ou chronique.

L'évaluation et l'étude de l'évolution de la qualité de l'eau font partie des objectifs historiques du PIREN-Seine, qui s'est engagé depuis sa création en 1989 à estimer l'impact de l'agglomération parisienne et des activités humaines sur les milieux aquatiques. Les chercheurs du programme ont ainsi travaillé à l'amélioration du suivi des milieux, en apportant des connaissances et des outils nécessaires à l'amélioration de sa qualité, en instrumentant le bassin de la Seine par des réseaux de capteurs, en produisant des modèles hydroécologiques et une analyse rétrospective de la pollution.

S'inscrivant dans une dynamique de temps long et de vision globale, les recherches du PIREN-Seine ont amené à s'interroger sur l'impact des activités humaines depuis plus de 150 ans, en questionnant les différentes normes de qualité régulant la qualité de l'eau et des milieux. Comprendre les leviers qui influent sur la gestion de l'eau représente en effet un défi de taille pour la qualité du bassin de la Seine de demain. Les politiques européennes et nationales fixent les qualités physico-chimiques attendues des cours d'eau ainsi que les enjeux de leur restauration écologique. La qualité de l'eau se construit également par les usages que souhaitent en faire les habitants. Etudier les manières dont les citoyens vont s'approprier les cours d'eau et les milieux aquatiques et les effets de ces mobilisations est aujourd'hui un des axes de recherche fondamental du programme. Par l'ensemble de ses travaux, le PIREN-Seine permet aux acteurs de l'environnement d'avoir une vision scientifique de plus en plus fine de la qualité de l'eau et d'agir en conséquence pour préserver à la fois la ressource en eau et les milieux aquatiques.



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.



La mesure de l'état, le suivi du système Seine

Évaluer la qualité de l'eau, c'est avant tout suivre de nombreuses substances dans un vaste milieu comportant différents compartiments (air, sol, rivière, nappe) et dont les flux qui les animent sont pour certains encore mal connus. Pourtant, l'enjeu de qualité de l'eau est d'une importance capitale pour des raisons environnementales et sanitaires. Les chercheurs ont donc développé des méthodes et des outils mobilisables pour suivre les paramètres physico-chimiques, biologiques et géochimiques de la qualité.

Les stratégies d'observation spatio-temporelle du bassin de la Seine

Dès les débuts du PIREN-Seine, la question du suivi de la qualité du milieu s'est posée concernant l'impact de l'agglomération parisienne sur la Seine. L'évaluation de la qualité du milieu s'est portée sur quelques paramètres biogéochimiques de base tels que les nitrates et les phosphates afin d'estimer les capacités de traitement des stations d'épuration, ou encore sur la contamination par les métaux.

Si les travaux en chimie analytique ont très vite donné des résultats, les chercheurs ont également relevé la difficulté de « mesurer » correctement le milieu, du fait des variabilités spatiales et temporelles inhérentes au bassin. Les données déterminantes pour évaluer la qualité de l'eau sont en effet limitées par les instruments eux-mêmes, la fréquence des mesures ou encore le lieu choisi pour les relevés : des mesures toutes les heures à l'aval d'une grande ville ne donneront pas les mêmes informations que celles effectuées toutes les semaines en tête de bassin.

C'est pourquoi le PIREN-Seine a multiplié ses approches pour caractériser finement le milieu : choix de sites ateliers représentatifs, développement de méthodologies innovantes de suivi de qualité comme les bio-indicateurs, ou encore mise en place d'un réseau de mesures à haute fréquence le long de l'axe Seine pour prendre en compte l'amont, la zone centrale et l'aval du bassin. Mais surtout, le programme s'est distingué par le développement de modèles hydroécologiques.

La modélisation pour comprendre et simuler le milieu

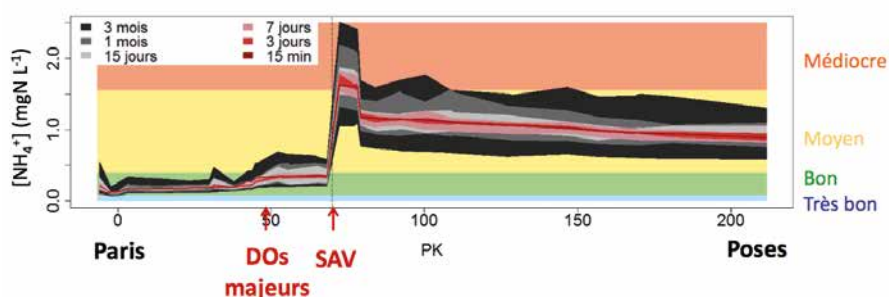
Depuis 30 ans, la modélisation est devenue une des marques de fabrique du programme. Un équilibre entre mesures de terrain et simulations numériques permet de proposer des modèles à la fois représentatifs du fonctionnement du milieu, mobilisables pour les gestionnaires de la qualité de l'eau, et ouverts pour des améliorations constantes au fur et à mesure de l'avancée des connaissances. Ainsi, partis du modèle biogéochimique RIVE développé dans les années 1980, les scientifiques ont développé d'autres modèles adaptés aux différentes attentes. ProSe, un modèle hydroécologique spatialisé prenant en charge un grand nombre de paramètres liés la qualité de l'eau, est notamment utilisé par le Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP) depuis plus de vingt ans afin d'évaluer l'impact des rejets des stations d'épuration sur les milieux récepteurs.

D'autres modèles, comme Seneque-Riverstrahler, sont capables d'être mobilisés sur de très grandes échelles, comme la façade atlantique. Représentant les grands mécanismes

biogéochimiques des grands bassins versants, il a ainsi été utilisé dans le cadre de l'élaboration du premier Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de l'Agence de l'eau Seine Normandie (en 1996) et pour évaluer la qualité chimique des masses d'eau en 2012-2013.

Enfin, la qualité des milieux s'évalue également par les organismes qui y vivent, et notamment les populations piscicoles. Dès les débuts du programme, les peuplements de poissons ont fait partie des domaines d'étude du PIREN-Seine, et un logiciel d'analyse de la connectivité hydrologique et piscicole, Anaqualand, a été développé à cet effet. Aujourd'hui, les chercheurs travaillent à construire un modèle global de répartition des espèces afin de proposer une vision d'ensemble de la qualité biologique des cours d'eau.

Depuis trois décennies, la qualité de l'eau s'améliore continuellement sur le bassin de la Seine, et les pollutions sont désormais davantage celles d'origine diffuse, industrielle, agricole et domestique. L'utilisation continue de nouvelles molécules, l'évolution des normes notamment adaptées aux nouvelles molécules rejetées, le souci de la protection des fonctionnalités écologiques des milieux et le risque de remobilisation des contaminants hérités peuvent retarder l'atteinte du bon état pour certains cours d'eau.



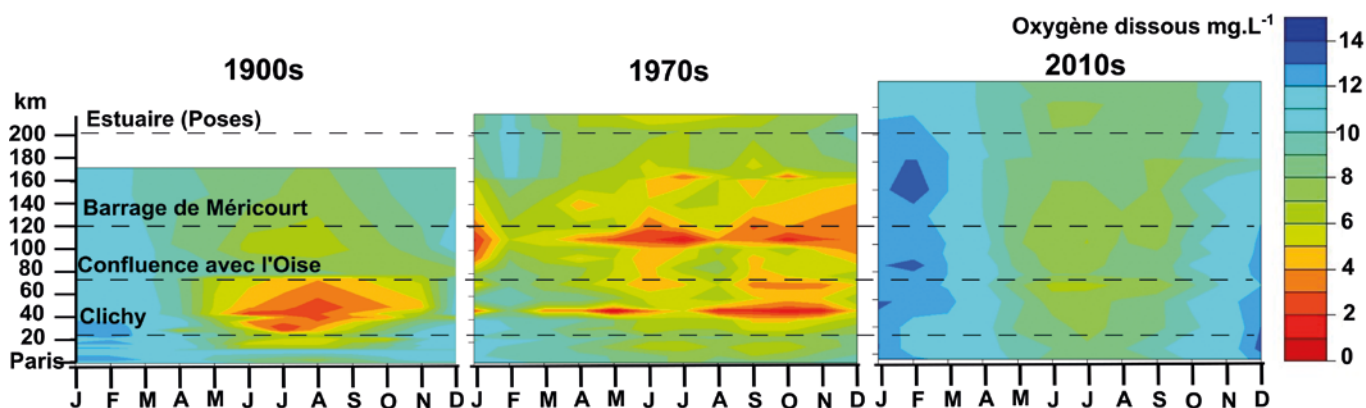
Simulation par ProSe de la concentration d'ammonium (NH_4^+) en Seine, et impact de la station d'épuration Seine Aval (SAV). Vilmin et al. (2015)

Le modèle ProSe génère des concentrations d'ammonium dans le secteur parisien de la Seine jusqu'à l'estuaire. Ce secteur reçoit les rejets de plus de 10 millions d'habitants, dont ceux de la station d'épuration de Seine aval à Achères (SAV).

Sur le graphique, différentes fréquences d'enquête sont simulées, de 15 min à 3 mois.

Les orages estivaux sur Paris provoquent des rejets d'eaux usées par les déversoirs d'orage (DOs) qui génèrent des pics mineurs d'ammonium. En revanche, les rejets de la station d'épuration Seine Aval réduisent de deux niveaux sur 10 km l'état du cours d'eau selon l'échelle de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE) (et d'un niveau sur 130 km jusqu'à la station de mesures de Poses). Par rapport à l'échantillonnage mensuel de la surveillance réglementaire, ce graphique montre la forte incertitude sur les quantiles 90 à l'aval des principaux rejets et l'intérêt d'une surveillance à une fréquence d'échantillonnage inférieure à une semaine.

La trajectoire historique de la qualité



Représentation 2D des teneurs moyennes mensuelles en oxygène dissous sur le profil Paris-Estuaire pour trois décennies 1900s, 1970s, 2010s. Interpolation de données produites par l'Observatoire de Montsouris pour 1900s, et fournies par l'AESN pour les années 1970s et 2010s.

Pour comprendre les mécanismes qui ont contribué à la dégradation de la qualité de l'eau pendant le XX^e siècle, les scientifiques du programme disposent de plusieurs objets d'étude. Des carottes sédimentaires aux documents d'archives, le regard historique est d'une importance capitale pour comprendre de quelle manière a évolué la qualité de l'eau au cours du temps, afin d'en tirer des enseignements et de dégager des solutions pour le futur du bassin.

Retracer l'histoire de la qualité

Si les outils de mesure récents comme les réseaux de capteurs permettent de caractériser la qualité de l'eau depuis les 30 dernières années, ils ne sont d'aucune utilité pour déterminer l'évolution historique de cette qualité sur le temps long. Cependant, les chercheurs disposent d'un indicateur fiable de l'histoire de la contamination chimique du bassin : les carottes sédimentaires. Étudiés depuis le milieu des années 1990, les sédiments gardent en effet les traces des pollutions passées. Les recherches menées par les scientifiques le confirment : l'usage de métaux, de produits chimiques ou de médicaments (antibiotiques) laisse une trace indélébile dans les sédiments des rivières. C'est ainsi qu'on a pu constater que le pic de pollution aux métaux avait eu lieu dans les années 1960, ou celui correspondant aux PCBs dans les années 1970. Ces informations sont cruciales pour savoir à quelle pollution les milieux aquatiques sont confrontés, entre actuelle ou héritée, entre ponctuelle et diffuse. Elles permettent également de confronter la prise de décision en faveur de l'amélioration de la qualité à la réponse effective de l'environnement.



De la connaissance, à la réglementation

Sur de nombreux aspects, la qualité de l'eau du bassin de la Seine s'est indéniablement améliorée depuis les années 1960, du fait du développement et du perfectionnement des stations d'épuration, largement imposés par les réglementations nationale et européenne. Les chroniques produites par les chercheurs du PIREN-Seine ne laissent aucun doute sur l'amélioration de nombreux paramètres tels que les métaux, les PCBs, le phosphate ou encore l'oxygène dissous. Seulement, les évolutions de certains paramètres suivent des trajectoires parfois très différentes. À titre d'exemple, alors que les efforts d'amélioration du traitement de l'eau furent constants depuis les années 1970, il fallut attendre 1992 pour retrouver des niveaux acceptables d'oxygène dissous en Seine.

La conséquence directe fut que les épisodes de surmortalité de poissons, réguliers dans les années 1970 et 1980, ont complètement disparu aujourd'hui, le dernier datant de 1995 (celui du 3 juillet 2019 étant lié à l'incendie de la station d'épuration de Seine Aval). L'amélioration fut donc soudaine, quand bien même l'effort fut soutenu sur plusieurs décennies. À l'inverse, la décline des métaux dans l'environnement fut un processus lent et progressif, directement corrélée à l'évolution des techniques et des processus industriels initiée dans les années 1960. Ces interactions entre l'action publique et la qualité des cours d'eau furent étudiées dans le cadre du projet MAKARA, regroupant des historiens, des géographes, des politologues, des juristes, des sociologues, des géochimistes et des hydrologues. De ces recherches sont issus de nombreux enseignements qui éclairent les réalités derrière la gestion de la qualité de l'eau, et notamment qu'au-delà de la connaissance scientifique des processus à l'œuvre, le bon état des cours d'eau dépend surtout de l'efficacité des actions que les sociétés décident de mettre en place pour limiter leurs pressions : la qualité de l'eau ne se décrète pas, elle se construit.

L'importance de la norme

Décréter la qualité de l'eau, c'est confronter une mesure d'un état du cours d'eau à une norme édictée par la société en fonction de paramètres sanitaires, sociaux et environnementaux. La difficulté réside donc dans le choix des critères et dans la détermination des seuils limites, afin de pouvoir construire des normes de qualité non seulement représentatives de l'état des milieux, mais également techniquement mesurables par nos instruments et acceptables pour la société humaine.

Qu'est-ce que le bon état ?

Atteindre le bon état des cours d'eau doit se faire en tenant compte de l'urbanisation continue du bassin de la Seine. Il appartient aux élus et aux habitants de limiter les effets de son artificialisation et, pour que le bon état des masses d'eau soit atteignable, de s'accorder collectivement sur sa définition. Entre chercheurs et professionnels de l'eau, les avis divergent parfois sur les seuils choisis pour de nombreux paramètres, et sur la réalité scientifique qu'ils sont censés représenter. Interroger ces seuils, leurs origines, leurs implications sociétales et leur acceptation ou non par tel ou tel corps de la société font partie des recherches menées au PIREN-Seine sur la construction de la qualité de l'eau. En parallèle, les équipes du programme travaillent également au développement d'outils de dialogue territorial, afin de trouver des solutions aux blocages pouvant survenir localement face à certaines normes

environnementales. Mais surtout, les travaux des chercheurs ont conclu à l'identification d'un levier fort pour l'amélioration de la qualité de l'eau : l'usage que veut en faire la population.

La baignade : l'usage de l'eau comme moteur d'action publique

Améliorer la qualité de l'eau répond aussi à des attentes sanitaires, que ce soit pour la production d'eau potable ou pour le traitement des eaux usées. Mais les normes sanitaires répondent elles-mêmes aux usages de l'eau : l'eau potable n'est pas soumise aux mêmes règles que celle de la réutilisation de l'eau de pluie. Et ces usages doivent désormais respecter les fonctionnalités écologiques des cours d'eau et la vie aquatique, comme les rejets des centrales nucléaires et des stations d'épuration. Ces usages sont de puissants moteurs pour d'une part établir des normes de qualité, et d'autre part pour contraindre à leur application. Ainsi, la perspective de la baignade en Seine lors des Jeux Olympiques de 2024, tout comme le désir grandissant de la part de citoyens à vouloir se baigner en eau vive, entraînent un regain d'attention pour les cours d'eau comme milieux vivants et agissent comme un véritable levier vis-à-vis des rejets d'eau usées en Seine (déversoirs par temps de pluie). L'atteinte du bon état écologique passe ainsi par l'appropriation sociale de l'usage de l'eau par les citoyens, et implique de mener des actions pour favoriser l'opinion publique en ce sens.



Des habitants expriment leur souhait de se baigner dans la Marne, notamment lors d'événements festifs coordonnés au niveau européen tels que le Big Jump, organisé localement par le syndicat Marne Vive et la ville de Saint-Maur-des-Fossés.



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



Photo bandeau : PIREN-Seine
Photo Marne ci-contre : Ville de Saint-Maur-des-Fossés
Photo robinet ci-dessus : Domaine public
Autres photos : PIREN-Seine
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

