Novembre 2020

TOUT S'EXPLIQUE

Des travaux scientifiques qui dépassent les limites de l'estuaire

- Une dynamique de recherche sur l'axe Seine
- Une démarche inter-estuaires
- Des projets scientifiques ambitieux



Le GIP Seine-Aval est financé par :







r eure















édito



Hubert Dejean de la Bâtie

Président du GIP Seine-Aval Vice-Président de la Région Normandie en charge de l'environnement

Ce deuxième numéro « Tout s'explique! » est dédié aux travaux menés par le GIP Seine-Aval qui dépassent le périmètre de l'estuaire de la Seine. Comment accueillez-vous cette ouverture?

HDB: Le périmètre historique d'intervention du GIP Seine-Aval est l'estuaire de la Seine, de Poses à la mer. Cependant, cerner le fonctionnement de l'estuaire nécessite d'élargir le périmètre d'étude, en prenant en compte l'amont. Les politiques menées sur le bassin versant de la Seine sont déterminantes pour améliorer l'environnement de notre artère fluviale normande. Barrages réservoirs qui modifient le débit de la Seine, polluants agricoles et urbains qui transitent par l'estuaire jusqu'à parvenir à la Baie de Seine, poissons migrateurs qui passent par l'estuaire pour remonter vers leurs zones de reproduction... autant d'exemples qui illustrent bien cette nécessité.

La participation du GIP Seine-Aval à la Zone Atelier Seine, réseau labellisé par le CNRS, apparait comme une opportunité pour mener des projets ambitieux à l'échelle de l'axe Seine. Quel intérêt voyez-vous à ce type de démarche ?

HDB: Au-delà de la structuration des activités de recherche à l'échelle de l'axe Seine et des collaborations scientifiques que je salue, ce sont les échanges fructueux entre scientifiques et gestionnaires qui justifient notre implication dans cette démarche. Avec nos partenaires de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et de la Région Ile-de-France, elle prend notamment la forme de financements complémentaires adossés au Contrat de Plan Inter-Région. Les suivis mis en place et les projets ambitieux menés dans le cadre de la Zone Atelier Seine apportent ainsi des éléments pour guider nos actions de restauration écologique, d'amélioration de la qualité des eaux et alimentent nos réflexions sur les futurs possibles du bassin, de l'estuaire et de la baie de Seine.

Depuis 2019 le GIP Seine-Aval accueille la mission de coordination inter-estuaires de l'Office français de la biodiversité. Qu'attendez-vous de cette collaboration ?

HDB: Nous avons construit sur l'estuaire de la Seine une collaboration exemplaire entre les scientifiques et les gestionnaires. Partager nos expériences respectives avec les acteurs de territoires similaires doit nous permettre de nous améliorer collectivement. La comparaison avec les autres estuaires de notre façade maritime, et même d'autres estuaires français voire européens, apporte un éclairage nouveau à nos questionnements et permet de positionner l'estuaire de la Seine par rapport à des milieux au fonctionnement et aux pressions proches. Le travail de la mission inter-estuaire prend la forme d'une structuration des questionnements posés à l'échelle des estuaires de la façade Manche/Atlantique pour y apporter des réponses collectives et d'une capitalisation des acquis, notamment par un meilleur partage de l'information sur les retours d'expérience ou les connaissances disponibles.

Un Groupement d'Intérêt Public (GIP) est une structure partenariale qui permet de développer des coopérations entre partenaires publics et privés. Ses membres décident de mettre en commun des moyens pour une durée déterminée et sur des missions précises approuvées par l'Etat. Aujourd'hui, douze membres définissent la stratégie du GIP Seine-Aval et contribuent à son pilotage:

























Dans le cadre de son programme de recherche, le GIP Seine-Aval a établi de nombreux partenariats scientifiques avec de grands organismes de recherche (Ifremer, CNRS, INRAE...) et des laboratoires d'Université (Rouen, Caen, Le Havre, Lille, Bordeaux, Sorbonne Université, Paris est, Brest, Reims,...) pour mener les projets de recherche. Depuis 2015, le GIP Seine-Aval a intégré la Zone Atelier Seine du CNRS, constituée des programmes PIREN-Seine, OPUR et Seine-Aval. En coopération avec l'Office français de la biodiversité, il accueille la mission de coordination inter-estuaires depuis 2019.

Sommaire



Une structuration scientifique à l'échelle du bassin de la Seine	04
De Paris à la mer, un suivi haute-fréquence de la qualité de l'eau	07
La crue de juin 2016, un retour d'expérience partagé à l'échelle de la Seine	10
Une pollution importante de l'estuaire par les macrodéchets plastiques	13
Les microplastiques, une présence confirmée dans la Seine	16
Un impact majeur du système agroalimentaire sur la qualité des eaux de la Seine	20
Vers une continuité piscicole sur le bassin de la Seine	24
Une coordination nationale pour la recherche sur les estuaires français	29
Des organismes aquatiques utilisés pour suivre la qualité de l'eau	33

Une structuration scientifique à l'échelle du bassin de la Seine

Quel que soit le milieu considéré, les activités humaines ont aujourd'hui un impact majeur sur le fonctionnement des écosystèmes. Or, ces activités n'ont pas que de simples répercutions locales et immédiates. Etudier ces phénomènes nécessite une projection sur le temps long et à une échelle géographique adéquate.

Comment se décline ce besoin de projection pour l'estuaire de la Seine ? Comment l'organisation de la recherche peut-elle répondre à ce besoin de cohérence territoriale et de suivi sur une longue période ? La Zone Atelier Seine offre un cadre propice à la mise en place de projets ambitieux pour répondre à ces questions.

Une échelle d'étude qui ne s'arrête pas à l'estuaire



L'étude du fonctionnement de l'estuaire de la Seine et le suivi de son état de santé ne s'arrêtent évidemment pas aux frontières de celui-ci. Que ce soit, par exemple, pour la qualité de l'eau qui est en partie contrôlée par l'activité agricole du bassin versant et les rejets des villes et des industries présentes le long de la Seine ; ou bien pour les poissons migrateurs, qui doivent franchir les obstacles qui se présentent à eux en remontant la Seine et ses affluents, afin de rejoindre leur site de reproduction. Etudier l'estuaire de la Seine implique ainsi d'intégrer ce territoire dans un continuum* amont/aval et nécessite une vision à l'échelle géographique du bassin versant et de la baie de Seine.



Les 3 programmes scientifiques de la zone atelier Seine

Des projets scientifiques structurants et ambitieux

Cette intégration, indispensable pour répondre aux enjeux environnementaux et économiques portés par les membres et les partenaires du GIP Seine-Aval, nécessite une coordination de la recherche scientifique à l'échelle du bassin versant. Des questionnements scientifiques englobants fédèrent une communauté de chercheurs et donnent naissance à des projets de recherche structurants et ambitieux, dont la Seine est la colonne vertébrale. Ces projets portent également des questionnements ne pouvant pas être étudiés à petite échelle. « Des exercices prospectifs sur les futurs possibles du bassin Seine-Normandie dans le cadre du changement climatique, le développement d'outils pertinents pour la restauration de la connectivité des milieux aquatiques, la mise en œuvre de méthodologies innovantes pour le suivi de la qualité des eaux, des retours d'expérience sur des évènements marquants pour la qualité du milieu,

	Programme	Création	Périmètre d'étude	Site web
Seine	PIREN-Seine	1989	Bassin de la Seine	www.piren-seine.fr
OPUR	OPUR	1994	Milieux urbains	www.leesu.fr/opur
GIP Seine-Aval	Seine-Aval	1995	Estuaire de la Seine	www.seine-aval.fr



Programmes scientifiques de la Zone Atelier Seine

un état des lieux de la présence des **microplastiques**, sont autant de thèmes traités à l'échelle du bassin de la Seine » nous illustre Nicolas Bacq, coordinateur de l'activité du GIP Seine-Aval. Au-delà

thématiques investiguées et des outils développés, il insiste également sur les relations étroites qui se construisent entre scientifiques, acteurs du territoire et gestionnaires de l'eau.



La Zone Atelier Seine, un outil de recherche fédérateur

Preuve de leur intérêt, ces travaux scientifiques ont été labélisés par le CNRS dans le cadre du réseau des Zones Ateliers qui fête cette année ses 20 ans. Ce dispositif, en relation étroite avec les acteurs des territoires, vise à étudier les interactions entre les activités humaines et le fonctionnement des écosystèmes sur le long terme. Parmi les 14 zones atelier fédérées dans ce réseau, la Zone Atelier Seine développe une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin de la Seine. Pour cela, trois programmes de recherche complémentaires dans leurs approches et leurs zones d'étude collaborent





9

Campagne scientifique sur le navire Côte d'Aquitaine

pour mener de manière conjointe des travaux de recherche portant sur le bassin Seine-Normandie et le continuum Seine: les programmes PIREN-Seine, OPUR et Seine-Aval. « Avec le Cycle de l'eau comme fil rouge, on étudie la Seine comme un continuum Homme-Terre-Mer, qui fait communiquer l'amont et l'aval, l'urbain et le rural, le territoire et la société humaine qui l'investit. On parle ici de socioécosystème » nous résume Laurence Lestel, co-directrice de la ZA Seine. Zone d'interface entre le milieu continental et marin, réceptacle des apports du bassin versant et source de polluants vers la baie, passage obligé pour les poissons migrateurs, support des activités industrialo-portuaires... l'importance de l'estuaire de la Seine et sa place centrale dans la vie du bassin prend ici tout son sens!

La co-construction des questionnements d'intérêt, la capitalisation des connaissances ou le partage des résultats guident l'organisation du travail. Au final, la mobilisation de tous ces éléments à l'échelle du bassin versant est essentielle pour placer l'estuaire de la Seine dans une trajectoire qui réponde aux défis majeurs du XXIème siècle, que sont l'adaptation au changement climatique et la préservation de la biodiversité.

CHIFFRES CLEFS



La Zone Atelier Seine. c'est :



1 bassin versant



3 programmes scientifiques



7 projets scientifiques labélisés

Glossaire

Le **continuum** Seine englobe les systèmes aquatiques allant de l'amont du bassin versant à la baie de Seine, comprenant la Seine, ses affluents et l'estuaire.





Comment suivre ces dynamiques à l'échelle de la Seine ? L'instrumentation à haute-fréquence et le partage de compétences a permis des progrès significatifs sur ces suivis en Seine.

Une forte variabilité à investiguer

Le suivi de la qualité de l'eau est classiquement mené par l'analyse de prélèvements échantillonnés en différents points, à une fréquence de l'ordre de quelques semaines. Les mesures dans l'eau représentent ainsi la situation ponctuelle du lieu et du moment du prélèvement et ne donnent pas accès à toutes les variations des paramètres de la qualité de l'eau. Avec plusieurs mesures par heure et un déploiement sur 11 sites, le suivi hautefréquence capte les phénomènes jouant sur la qualité de l'eau, aux différentes échelles spatiales et temporelles. Ce type d'instrumentation est ainsi une réponse à la forte variabilité des paramètres mesurés. L'acquisition d'un jeu de données sur une longue période permet également d'appréhender l'évolution à long terme du milieu,



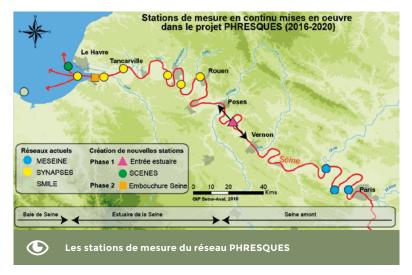
La station MeSeine à Andrésy

qu'elle soit liée aux aménagements ou au changement climatique. L'instrumentation de la Seine avec des sondes de mesure à hautefréquence, représente ainsi un enjeu fort pour comprendre l'évolution de la qualité du cours du fleuve, de l'estuaire et de la baie.

La mise en place d'un suivi cohérent à l'échelle de la Seine

Cette volonté de mise en place d'un suivi cohérent sur la Seine, de Paris à la mer, s'est concrétisé en 2016 avec le lancement d'un projet d'harmonisation et de renforcement des dispositifs déjà existants dans un méta-réseau nommé PHRESQUES. Coordonné par le GIP Seine-Aval, ce projet bénéficie de l'expérience des équipes qui travaillaient déjà sur la partie fluviale de la Seine (équi-

pes du PIREN-Seine et réseau MeSeine du SIAAP), dans l'estuaire de la Seine (réseau SYNAPSES du GIP Seine-Aval) et en baie de Seine (bouée SMILE de l'Ifremer et de l'Université de Caen). Des rapprochements entre les équipes permettent aujourd'hui de consolider les suivis existants et de partager une vision commune du suivi haute-fréquence de la Seine.



Pour renforcer le réseau, une nouvelle station a été mise à l'eau au large du Havre fin 2017 (bouée SCENES de l'Ifremer) et l'implantation de deux autres stations est prévue à l'horizon 2021 et 2022. Elles se situeront aux interfaces : l'une à l'entrée de l'estuaire en amont du barrage de Poses, l'autre à l'embouchure de la Seine au niveau d'Honfleur. Auiourd'hui, ce sont près de 10 paramètres qui sont suivis à haute-fréquence. « Ce réseau permet de caractériser le fonctionnement de la Seine, via l'analyse d'éléments très divers, comme l'oxygénation et la température de la Seine. les flux sédimentaires ou encore les développements algaux » nous détaille Jean Philippe Lemoine, chargé de mission au GIP Seine-Aval. L'innovation fait également partie intégrante du projet, avec une fiabilisation continue des

mesures et l'intégration de nouveaux paramètres, comme les sels nutritifs. A terme, une interface commune de valorisation des données sera mise en place pour consulter et télécharger les mesures et des indicateurs intégratifs.



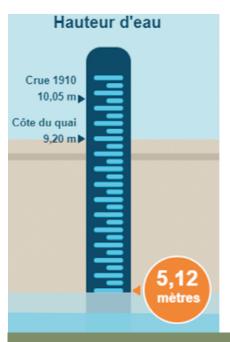




Balise A à l'embouchure de la Seine

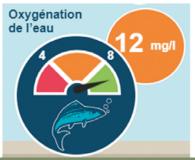
Des applications diverses

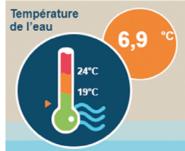
réseau PHRESOUES donne accès à un ensemble très riche de données qui font l'objet de multiples utilisations. Les scientifiques mobilisent ces données pour alimenter des modèles numériques dans le but de mieux comprendre le fonctionnement du milieu, à l'image des travaux menés sur la dynamique des proliférations d'algues en baie de Seine ou sur la dynamique du bouchon vaseux* en estuaire. Elles sont également utilisées dans un contexte de gestion, pour adapter des process industriels à l'état de la Seine ou pour suivre l'impact de l'assainissement urbain en temps réel. Les données acquises servent également au suivi du milieu, que ce soit pour évaluer les évolutions de température liées au changement climatique, estimer les impacts d'une tempête, d'une crue ou d'un accident comme l'incendie de la station d'épuration d'Achères à l'été 2019. « C'est notamment grâce à ce suivi haute-fréauence et à la collaboration active des divers acteurs à l'échelle de l'axe Seine, qu'on a pu suivre l'impact de cet accident sur le milieu naturel et son atténuation lors du transit de l'eau vers l'estuaire » nous illustre Vincent Rocher, directeur de l'innovation au SIAAP.













Suivi en direct de la Seine à Rouen



CHIFFRES CLEFS



Le réseau PHRESQUES, c'est

- 350 km de linéaire de Seine concernés
- 11 sites instrumentés entre Paris et la mer
- ± 10 paramètres suivis à haute-fréquence

Glossaire

Le **bouchon vaseux** est une zone d'accumulation de sédiments fins, spécifique aux estuaires. Son positionnement n'est pas stable et il varie selon le coefficient de marée, le moment de la marée et le débit.









Lemoine et al., en cours. **Projet PHRESQUES : Projet d'harmonisation et de renforcement du** suivi haute-fréquence de la qualité de l'eau de la vallée de Seine. Projet Zone Atelier Seine,





Comment cette crue a-t-elle été suivie à l'échelle de l'axe Seine ? Quel impact a-t-elle eu sur la qualité de l'eau ? C'est grâce à la mobilisation coordonnée de nombreux acteurs que des réponses ont été apportées à ces questions.

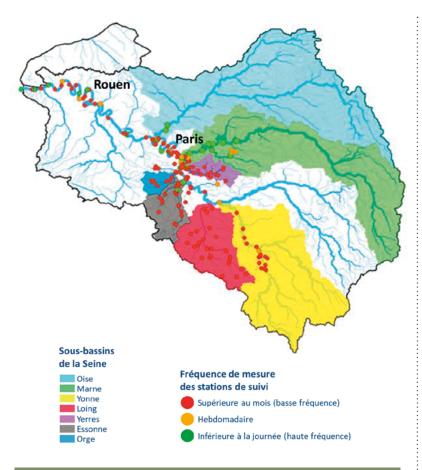
Une mobilisation des acteurs à l'échelle de l'axe Seine

L'ampleur de la crue de la Seine de juin 2016 et l'importance des dégâts occasionnés sur le bassin versant ont marqué les esprits des riverains, des gestionnaires de l'eau et des scientifiques. A la suite de cet évènement, une démarche collégiale a été initiée dès l'été 2016 pour établir un retour d'expérience sur l'impact de cet évènement sur la qualité des eaux. Pilotée par l'AESN et la DRIEE, elle a regroupé les acteurs concernés par la crue. « Le tour de table a regroupé des collectivités, des syndicats, des laboratoires de recherche, des producteurs d'eau potable, des gestionnaires de l'assainissement »

se souvient Aline Cattan, cheffe du service connaissance des milieux aquatiques à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Ce sont près de 25 structures qui ont ainsi travaillé ensemble pendant 2 ans pour mettre en commun les données et les observations de chacun, afin d'établir un bilan le plus exhaustif possible. Le PIREN-Seine et le GIP Seine-Aval ont pris en charge le traitement de cette masse de données et les ont interprétées pour en faire ressortir les éléments les plus marquants. En complément, le bureau d'études AScA a conduit une série d'entretiens auprès des structures riveraines publiques et

privées les plus touchées pour recueillir leurs observations et tirer des enseignements. L'ensemble a fait l'objet d'un document publié sous l'égide de la zone atelier Seine

226 stations de suivi ; plus de 1000 paramètres de qualité ; 47 indicateurs retenus



Stations de qualité des eaux mobilisées pour le suivi de la crue de juin 2016 sur le bassin de la Seine



Prélèvement de laisses de crue





Des impacts réels, mais modérés sur la qualité de l'eau

Lors de la crue de juin 2016, l'évolution de la qualité de l'eau a été caractérisée sur l'ensemble de la Seine, de l'amont de Paris à la baie de Seine, ainsi que sur ses principaux affluents. Cet évènement a engendré un apport important de matière organique dans le milieu. Sa dégradation par les bactéries s'est accompagnée d'une consommation d'oxygène, entraînant une baisse de plusieurs milligrammes par litre de l'oxygène dissous mesuré dans l'eau. Cet évènement n'a toutefois pas généré de fortes désoxygénations mettant en péril la faune aquatique, comme on a pu l'observer historiquement. Des pics de nitrates ont été mesurés sur les petits bassins versants agricoles, avec une dilution rapide quand ils ont rejoint un cours d'eau plus important. Les niveaux de pesticides étaient du même ordre de grandeur qu'habituellement à cette période de l'année, même si certains pics ont pu parfois perdurer. Les hydrocarbures ont également montré une hausse sur certains secteurs, notamment là où la crue a été la plus intense. Pour

les métaux et les autres familles de contaminants organiques, aucune contamination particulière liée à l'évènement n'a été observée. « Dans les bassins versants les plus touchés, l'engorgement des sols a généré des flux de composés dissous nettement plus forts que lors des crues habituelles. Des sédiments et sols contaminés ont pu être entraînés, mais au final. l'impact de la crue sur la qualité de l'eau est resté modéré à l'échelle de la Seine » nous résume Jean-Marie Mouchel, professeur à Sorbonne Université.

Des répercussions sur l'hydrologie de l'estuaire de la Seine ont également été visibles, avec un décalage vers l'aval du bouchon vaseux et du gradient de salinité. De légères dessalures ont également été observées dans la baie, témoignant de l'expulsion des eaux douces de la crue vers le milieu marin.



Laisse de crue

CHIFFRES CLEFS



La crue de juin 2016, c'est : 300 mm d'eau tombée à l'amont du Loing sur les mois de mai-juin

+ de 6m d'eau à Paris le 3 juin un débit de la Seine qui a dépassé 2000m³/s à Vernon





Débordement de la Seine aux Damps lors de la crue de juin 2016

Un milieu jugé globalement résilient

Face à un évènement comme une crue, l'analyse à court terme des impacts environnementaux est souvent défavorable. Une mortalité des poissons piégés dans des poches d'eau lors de la décrue et des pollutions diverses de cours d'eau en sont les conséquences immédiates les plus visibles. A plus long terme, un tel évènement rentre dans le fonctionnement normal de l'écosystème. Il peut même avoir des bénéfices pour ce dernier en améliorant la continuité écologique et les conditions de reproduction des poissons. Un frai supplémentaire a par exemple été observé à l'automne, permettant la reconstitution des populations de poissons dès le printemps qui a suivi la crue. Le passage des obstacles lors de la remontée de la Seine par des poissons migrateurs

comme l'anguille a lui été facilité. Enfin, le dynamisme de la crue a pu reconnecter des bras morts. remettre en eau des zones humides, recharger en sédiments des portions de cours d'eau ou décolmater des frayères. Autant d'exemples de conséquences favorables de la crue sur l'écosystème séquanien!

« Ce retour d'expérience sur la crue de juin 2016 a été exemplaire en termes de collaboration à l'échelle de l'axe Seine. Il illustre également l'intérêt d'un suivi du milieu à plusieurs échelles spatiales et temporelles, pour appréhender au mieux les effets d'un évènement naturel ou d'une opération de restauration écologique sur la vie de cours d'eau comme la Seine et ses affluents » conclut Aline Cattan.

Flipo N., Mouchel J.M., Fisson C. et al., 2018. Les effets de la crue de juin 2016 sur la qualité de l'eau du bassin de la Seine. Fascicule PIREN-Seine n°17, 72p.





Quelle est l'origine de la pollution plastique dans l'estuaire de la Seine ? Quelle est sa dynamique et quelle est la quantité de plastiques apportée à la mer ? La mise en œuvre de différentes méthodes de suivi et de comptage a permis d'apporter des réponses inédites à ces questions.

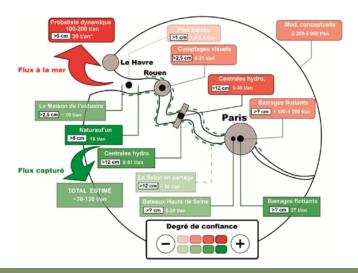
Une thématique d'intérêt récent

La présence de macrodéchets* sur les berges de la Seine est une réalité bien connue des riverains du fleuve. De sources très diverses, ces déchets transitent par la Seine pour rejoindre la mer. Ils peuvent également s'accumuler dans des zones propices à leur échouage et parfois constituer des dépôts conséquents. La question des macrodéchets, et plus particulièrement des macroplastiques, n'a émergé que récemment dans la communauté scientifique et les résultats acquis sur la Seine ces dernières années apportent de précieux éléments de connaissance et de compréhension. « Dans un premier temps, notre objectif a été d'estimer le flux de macrodéchets issus du bassin de la Seine et rejetés à la mer. Nous avons également abordé leur dvnamique spécifique dans le sec-

teur de l'estuaire, à savoir comment la marée, le vent ou d'autres facteurs vont l'influencer » nous explique Johnny Gasperi, directeur de recherche à l'Université Gustave Eiffel.



Une expérience grandeur nature de lâcher de déchets pour comprendre leur dynamique



(

Estimations du flux de plastique à la mer et du flux capté par les opérations de nettoyage

Pour répondre à ces questions, les scientifiques ont mis en œuvre des méthodes indirectes basées sur des statistiques, mais ils ont aussi mobilisé les données existantes de ramassage des macrodéchets (barrages flottants, centrales hydroélectriques, collectes sur les berges)

100 à 200 tonnes par an de déchets plastiques sont rejetées à la mer via la Seine

pour les extrapoler à l'ensemble de la Seine. Pour consolider leurs hypothèses, une expérience grandeur nature a également été menée : 365 déchets plastiques ramassés en bord de Seine ont été marqués puis relâchés en Seine dans différentes conditions de débit et de marée. L'objectif était de déterminer le taux de collecte de ces objets par les équipes en charge du nettoyage des berges pour estimer un flux transitant en Seine. Les résultats permettent d'aboutir à une estimation du flux plastique à la mer compris entre 100 et 200 t/an, dont 30 t/an de déchets plastiques très grossiers (> 5 cm).





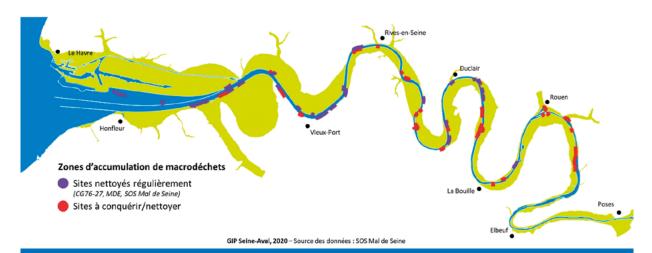
Ramassage de macrodéchets par un barrage flottant



Une dynamique estuarienne complexe

Alors que dans la Seine en amont de Poses le transit des déchets plastiques est assez linéaire, leur arrivée dans l'estuaire complique la donne. En effet, les variations de courant et de niveau d'eau liées à la marée déterminent une dynamique spécifique à l'estuaire pour les macrodéchets. Une autre expérience a permis de mieux la comprendre. Elle a consisté à mettre des GPS dans des déchets flottants et à suivre leurs traiectoires dans différentes conditions de débit de la Seine. Dans l'estuaire, les trajectoires ne sont pas linéaires, avec un transfert global vers l'aval et un échouage **systématique** des tiques sur les berges. « En condition de débit normal, ce transfert est lent (moyenne de 2,6km/jour) et les échouages longs (moyenne de 21 jours); alors qu'une crue accélère le transfert (moyenne de 21,5 km/jour) et réduit les temps d'échouage (moyenne de 3 jours) » nous détaille Romain Tramoy, post doctorant sur le projet. Cette approche met en évidence le long temps de séjour des macroplastiques dans l'estuaire (de plusieurs semaines à plusieurs décennies) et le rôle des estuaires dans le transfert des macroplastiques à la mer. De plus, l'alternance des phases d'échouage et de remobilisation est favorable à la fragmentation, au vieillissement et à l'imprégnation des plastiques en micropolluants, ainsi qu'à la diffusion de ces derniers vers le milieu.

Tous les déchets flottants connaissent des phases d'échouage sur les berges et de remise en suspension



58 zones d'accumulation de macrodéchets identifiées dans l'estuaire de la Seine

Un nettoyage efficace, mais pas suffisant, pour réduire les apports à la mer

Des années d'observation ont permis à l'association SOS Mal de Seine de dénombrer 58 zones d'accumulation de macrodéchets dans le secteur estuarien de la Seine, entre Poses et la mer. Ce chiffre illustre l'importance du phénomène et la nécessaire gestion de ces zones. Des ramassages sont ainsi réalisés pas différents acteurs tout au long de la Seine. C'est par exemple le cas de Naturaul'un qui nettoie quotidiennement les berges de l'estuaire entre Rouen et Tancarville, pour un total de 16 tonnes de plastiques enlevées en 2018! On peut également citer les nombreuses initiatives d'associations de bénévoles qui organisent des opérations régulières de ramassage sur les berges. A l'échelle de la Seine de Paris à la mer, on estime que les différentes opérations de nettoyage permettent de retirer annuellement entre 70 et 130 tonnes de plastiques. Même si ces chiffres restent approximatifs, ils vont dans le sens d'une relativement bonne efficacité des nettoyages pour écrêter le flux à la mer des macroplastiques les plus grossiers. Ils ne régleront cependant pas le problème des déchets plastiques, cas ils sont inefficaces pour capter le flux résiduel de quelques dizaines de tonnes composées de macroplastiques plus fins, inférieurs à une dizaine de centimètre.

« Au final, le diagnostic mené sur la pollution de la Seine par les macrodéchets plastiques nous a permis de mieux appréhender les apports fluviaux, leur dynamique en estuaire et les exports en mer. Il nous a également été très utile pour comprendre cette pollution et confirmer l'intérêt environnemental des actions de ramassage menées sur les berges de l'estuaire » conclue Brigitte Viault, en charge de ces questions au Département de Seine-Maritime.

70 à 130 tonnes de plastiques sont ramassées en Seine chaque année

Glossaire

Un déchet correspond à tout matériau, substance ou produit qui a été jeté ou abandonné car il n'a plus d'utilisation précise. Les macrodéchets correspondent à ceux visibles à l'œil nu. Dans les milieux aquatiques, ils peuvent flotter dans les eaux, être immergés ou se déposer sur les berges ou le littoral.



Plus d'infos



Tramoy R., Gasperi J., Tassin B., Rognard F., 2019. Projet MACROPLAST: Estimation des flux de macrodéchets sur le bassin de la Seine. Projet financé par le Ministère de la Transition





Quelle est la réalité de l'imprégnation en microplastiques des fleuves et des estuaires ? Quels impacts ces microplastiques peuvent-ils avoir sur la faune aquatique ? Pour la première fois en estuaire de Seine, des réponses ont été apportées à ces questions.

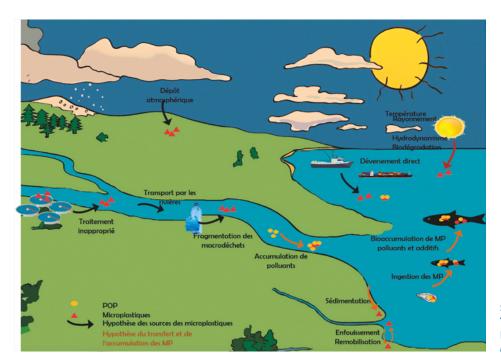


Filet pour l'échantillonage de microplastiques dans les eaux

Un intérêt particulier pour la Seine

Les microplastiques* peuvent être générés par les activités humaines utilisant des plastiques ou bien produits pas la fragmentation des macrodéchets plastiques présents dans le milieu. Ils sont transportés, accumulés et vieillis dans les milieux aquatiques et ingérés par les organismes aquatiques. Ils peuvent alors induire des effets délétères de nature physique, toxicologique ou biologique à différents niveaux du réseau trophique.

Du fait de l'importante urbanisation et industrialisation de son bassin versant et de la présence de nombreuses zones d'accumulation de macrodéchets plastiques le long de ses berges, la Seine et son estuaire sont des secteurs particulièrement sensibles à la problématique des microplastiques. Pour la première fois en Seine, des scientifiques se sont donc penchés sur la question. « Notre objectif a été de rechercher des microplastiques dans l'eau, les sédiments et les organismes aquatiques. Pour ces derniers, on a également voulu étudier le devenir des microplastiques et les impacts potentiels sur plusieurs maillons du réseau trophique » nous explique Johnny Gaspéri, directeur de recherche à l'Université Gustave Eiffel. Pour réaliser ce premier état des lieux. quatre campagnes de prélèvement d'eau et de sédiment ont été menées en trois points de l'estuaire de la Seine. En complément, les microplastiques ont été recherchés dans près de 1000 individus appartenant à différentes espèces aquatiques, comme des vers, des mollusques et même trois espèces de poissons!



SOURCE ET TRANSFERT DES PLASTIQUES Le Bihanic et al., 2018

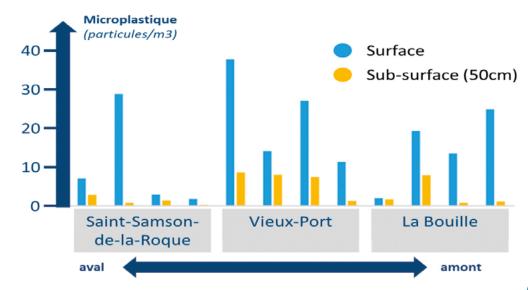
Une présence avérée en microplastiques dans les eaux, les sédiments et les organismes aquatiques

La conclusion de ces études est sans équivoque : l'ensemble des compartiments investigués en estuaire de Seine est contaminé en microplastiques. Pour l'eau, cette contamination est considérée comme modérée à forte, et fluctue énormément dans l'espace et le temps. En Seine, on mesure ainsi une moyenne de 6,1 fragments de microplastiques par mètre cube d'eau, avec une prédominance de particules de taille inférieure à 0,5mm et une importante diversité de plastiques (polyéthylène, polystyrène, polypropylène).

Pour les sédiments, les concentrations en microplastiques sont modérées à fortes et plus importantes que dans l'eau du fait de leur accumulation. Là aussi, une grande variabilité spatio-temporelle est observée, avec une moyenne de 238 fragments, 827 microbilles et

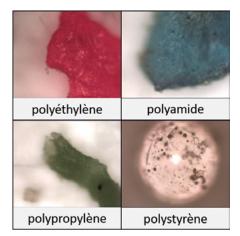
CONCENTRATION EN MICROPLASTIQUES (>300 $\mu\text{m})$ dans les eaux de l'estuaire de la seine

Cachot & Gaspéri, 2020 Projet SA6 Plastic-Seine



Dans un mètre cube d'eau de l'estuaire de la Seine. on retrouve de 1 à 38 particules de microplastiques

349 fibres par kilogramme de sédiment. Pour les organismes aquatiques, toutes les espèces analysées contiennent des microplastiques, majoritairement des fibres ou des fragments. L'imprégnation moyenne mesurée est comprise entre 0,3 et 7,6 particules par individu. Cette contamination varie cependant selon l'espèce, le site de capture, l'âge et le vécu de l'individu.

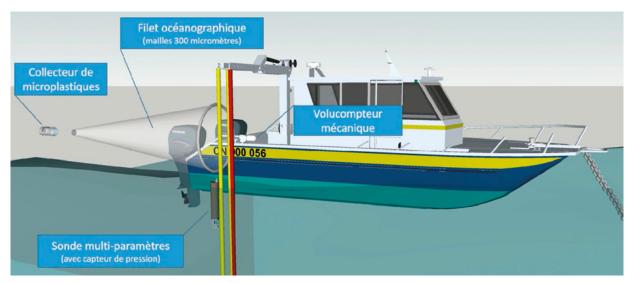


Polymères retrouvés en estuaire de Seine © LEESU

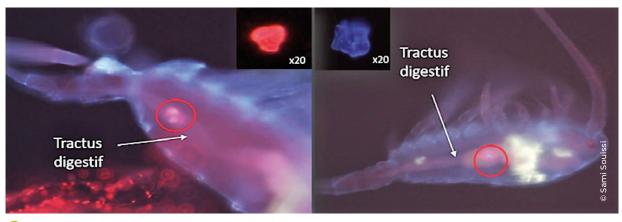
CONTAMINATION DES ORGANISMES AQUATIQUES DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE EN MICROPLASTIQUES (tractus digestif pour les poissons ; organismes entiers (tissus mous) pour les autres espèces)

ESPÈCE	CONTAMINA- TION (% DES INDIVIDUS)	FORMES MAJORITAIRES	COULEURS MAJORITAIRES	GAMME DE TAILLE (μm)	POLYMÈRES MAJORITAIRES
Gravette (ver)	61	Fibres et fragments	Noire, bleue et rouge	100-4000	PE, PP et PS
Crevette blanche	44,5	Fibres	Noire et bleue	ND	ND
Moule bleue	100	Fibres	Noire	250-500	ND
Flet européen	70-80	Fibres	Bleue et rouge	< 800	PA, PET, PUR
Sole commune	80-98	Fibres	Noire et Bleue	100-5000	ND
Bar commun	50	Fibres et fragments	Bleue et rouge	100-2000	PET

PUR: polyuréthane, PA: polyamide, PET: polyéthylène téréphtalate, PP: polypropylène, PE: polyéthylène, PS: polystyrène, ND: non déterminée polypropylène, PE: polyethylène, PS: polystyrène, ND: non déterminée polypropylène, PE: polypropylèn



Prélèvement de microplastiques en point fixe - Ifremer



Observation de microplastique ingéré par le microcrustacé E. affinis

Des effets suspectés pour la faune aquatique

Pour appréhender les effets potentiels d'une exposition aux microplastiques, les scientifiques ont eu recours à des expérimentations en laboratoire. L'exposition de vers et de soles à des mélanges de microplastiques via une contamination de l'eau et du sédiment, a permis de mettre en évidence une ingestion et une égestion* très rapides de ces plastiques, surtout pour les vers. « Ces résultats montrent que les microplastiques passent dans le système digestif des organismes, ce qui les expose aux contaminants et aux additifs présents sur les plastiques » nous explique Jérôme Cachot, professeur en écotoxicologie à l'Université de Bordeaux. Cela pourrait expliquer les effets observés sur des organismes exposés en laboratoire à des microplastiques de Seine, comme des modifications du comportement de camouflage et du développement des larves de soles, ou des changements de la structure de la population chez des copépodes après plusieurs générations.

Cette première étude a permis d'affirmer la problématique des microplastiques en Seine, en fournissant des ordres de grandeur de contamination pour les principaux compartiments environnementaux et suspectant des effets pour la faune aquatique. De nombreuses questions demeurent cependant et les études ne vont pas s'arrêter là. « Maintenant, il faut mettre en place des suivis pour appréhender la variabilité de la contamination. faire le lien avec la dynamique et la fragmentation des macrodéchets plastiques, et préciser l'impact de cette pollution sur l'écosystème!» nous expliquent Johnny Gaspéri et Jérôme Cachot.



Des microplastiques sont retrouvés dans le tractus digestif des vers

Glossaire

Les **microplastiques** sont les petites particules de matière plastique, inférieures à 5mm. Elles sont retrouvées dans l'environnement où elles peuvent s'accumuler et avoir des impacts toxiques.

L'égestion peut être définie comme le rejet de particules ou de matières alimentaires non digérées du corps d'un animal.





Gaspéri J., Cachot J. et al., 2020. Projet PLASTIC-Seine: Flux et impacts des microplastiques dans l'estuaire de la Seine. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6, financé par



Un impact majeur du système agroalimentaire sur la qualité des eaux de la Seine

L'organisation d'un système agroalimentaire englobe la production, la transformation, la distribution et la consommation des produits alimentaires sur un même territoire. De manière plus ou moins directe, il influe sur la qualité de l'eau des rivières, des fleuves, des estuaires et même du littoral.

Comment le système agroalimentaire influe sur le fonctionnement de l'estuaire de la Seine ? Quels projets de développement seraient favorables à une meilleure qualité de l'eau ? C'est à l'échelle du bassin versant de la Seine qu'un consortium de scientifiques aborde la question.

Une démarche d'écologie territoriale

Pour aborder la question de l'impact de notre production et de notre consommation alimentaire sur les milieux aquatiques, il a fallu mobiliser des compétences scientifiques interdisciplinaires très variées, dans une **approche partagée d'écologie territoriale**. « On

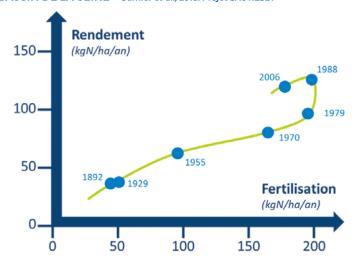


s'est attaché à quantifier la qualité des eaux de surface et souterraines et les flux de nutriments* qui transitent en Seine vers la baie. en les reliant aux activités humaines dans le bassin (pratiques agricoles, mode de gestion des eaux usées) et ainsi comprendre le fonctionnement des écosystèmes estuarien et marin pour explorer des scénarios » nous explique Josette Garnier, directrice de recherche au CNRS. Avec un recul historique qui a permis de retracer une trajectoire sur plusieurs décennies et la construction de visions prospectives à l'horizon 2050 pour le territoire séquanien, les équipes scientifiques ont travaillé sur le long terme à l'échelle de l'ensemble du bassin versant.

Une trajectoire agro-alimentaire normande non linéaire

Dans la première moitié du XXème siècle, un régime agricole hybride a été mis en place en Normandie. Il allie un modèle circulaire de polyculture-élevage et d'autonomie alimentaire des territoires à un modèle linéaire d'exportation des denrées alimentaires vers Paris. C'est également une plaque tournante pour les produits exotiques et un lieu de transit des céréales vers l'étranger, via les ports de Rouen et du Havre. À partir des années 1960, ce régime bascule vers toujours plus de linéarité dans un contexte d'industrialisation, de spécialisation et de mondialisation de l'agriculture, et de transformation de la consommation des ménages. Ce régime atteint son apogée dans les années 1980, où des ajustements du système ont alors infléchi cette tendance, sans pour autant le remettre en question. Depuis quelques années, l'application de critères environnementaux qui encouragent la diversification des activités et l'essor de nouvelles pratiques de relocalisation des circuits de « production / distribution / consommation » pourraient annoncer une transition vers un nouveau régime.

Une bascule du système agro-alimentaire dans les années 1980 LIEN ENTRE FERTILISATION ET RENDEMENT AGRICOLE DANS LE BASSIN DE LA SEINE - Garnier et al., 2018. Projet SA6 RESET



Des conséquences directes sur la qualité des eaux

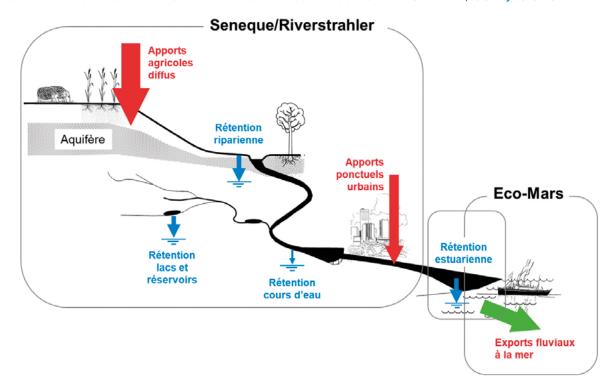
Il est intéressant de constater la concordance entre les changements du système agroalimentaire décrits précédemment et les périodes clefs d'évolution de la qualité des eaux de la Seine. En effet, le modèle agroalimentaire est passé d'un système compatible avec des usages exigeants en termes de qualité de l'eau (baignade, potabilisation de l'eau, biodiversité....) dans la première moitié du XXème siècle à un système générateur d'apports azotés et phosphorés aux cours d'eau à partir des années 1950. Depuis les années 1990, une



 Jusque dans les années 1960, la baignade était courante en Seine, ici à Rouen

amélioration continue de la qualité de l'eau est observée, en lien avec une baisse des pressions et surtout liées à un perfectionnement des capacités de traitement des effluents urbains et industriels. Ces mesures se sont traduites par une meilleure oxygénation des eaux et une diminution de la contamination en phosphore. Les mesures prises depuis les années 2000 dans le domaine agricole, ne se traduisent pas encore sur la qualité des eaux de la Seine en raison de l'inertie des nappes d'eau souterraines.





Une chaine de modélisation dédiée

Pour répondre à la question de l'impact du système agroalimentaire sur la qualité de l'eau, les chercheurs ont eu recours à la modélisation. La première étape a été de traduire en équations les processus biologiques qui conditionnent les flux de nutriments au milieu aquatique, en fonction des modes de culture et d'élevage présents sur le bassin de la Seine. De manière simplifiée, cela revient à calculer combien d'azote et de phosphore apportés aux sols rejoignent la rivière pour un hectare de prairie, une culture de céréales ou un élevage de bovins. A cela, il faut ajouter les apports des zones urbaines, via les rejets des stations d'épuration. Une fois tous ces apports quantifiés, le devenir de ces nutriments, leur transfert et leur transformation dans les rivières, l'estuaire et la baie de Seine sont évalués. En bout de chaîne, un modèle permet de calculer le développement du plancton en baie de Seine, avec

un intérêt particulier pour les espèces algales productrices de toxines. Au final, on dispose d'un modèle complet sur le continuum « bassin versant fleuve - estuaire - mer ». « Cette chaîne de modélisation permet notamment d'estimer le rôle de l'estuaire dans le transit des nutriments du fleuve vers la mer, avec une réduction movenne de 13 % du flux d'azote et de 27 % pour le phosphore » nous illustre Josette Garnier. Le rôle filtre de l'estuaire et son importance dans l'abattement des flux vers la mer sont ainsi mis en évidence!

Un modèle qui relie l'activité agricole et les pressions urbaines à la qualité des eaux et à la production algale

Des scénarios contrastés d'évolution à long terme

Pour apporter des éléments de réflexion sur le devenir possible du bassin de la Seine, des scénarios d'évolution du système agroalimentaire ont été élaborés sur le long terme. « L'objectif de ces visions est de susciter la réflexion et une meilleure compréhension des tendances, parfois antagonistes, visibles actuellement dans le territoire » nous précise Josette Garnier. Ainsi, un premier scénario s'appuie sur le projet du Grand Paris, avec un accroissement de la population le long de l'axe Seine, une spécialisation des productions agricoles et le déploiement de technologies d'assainissement à la pointe. La transition écologique prend corps dans le second scénario, avec un approvisionnement plus local privilégiant l'agriculture biologique et les protéines végétales pour l'ali-











Un scénario de transition écologique









Un scénario du Grand Paris

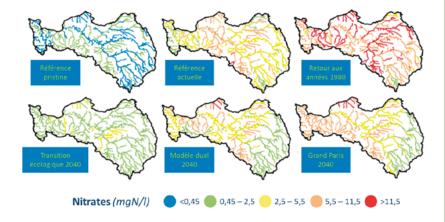
mentation humaine. Une coexistence entre les tendances à l'œuvre dans les scénarios précédents est également explorée, avec un partage du territoire entre espaces de développement économique spécialisé et espaces de protection environnementale. Un scénario du pire imagine le retour au niveau d'épuration urbaine et aux pratiques agricoles des années 1980, avec une réglementation environnementale déficiente. Enfin. une situation sans activité humaine sur le bassin versant permet d'estimer le fonctionnement naturel du système.

5 scénarios d'évolution du système agroalimentaire

Les conséquences de l'application de ces différents scénarios ont été modélisées en termes de qualité des eaux. Les chercheurs montrent qu'un retour aux années 1980 est la pire des situations pour les concentrations en nutriments (phosphore et azote) dans les cours d'eau. Le scénario de changement radical du système agroalimentaire vers une transition écologique donne les meilleurs résultats, alors que les scénarios du Grand Paris et de dualité agricole présentent des résultats plus contrastés. Dans tous les cas, l'export des nutriments vers la baie de Seine affecte la dynamique du phytoplancton marin, avec là encore, les meilleurs résultats pour le scénario de rupture du système agroalimentaire. La réduction du flux d'azote est en effet bénéfique pour contrôler l'eutrophisation* côtière et limiter le développement des algues toxiques.

« Au final, ce projet aura permis de mettre en exergue le rôle majeur du système agroalimentaire développé sur le bassin de la Seine vis-à-vis de la problématique d'eutrophisation en baie de Seine » nous résume Josette Garnier.

CONCENTRATIONS EN NITRATES POUR LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS EXPLORÉS - Garnier et al., 2018. Projet SA6 RESET



Glossaire

Les **nutriments** forment l'ensemble des éléments nécessaires à la croissance des végétaux (principalement l'azote, le phosphore, le potassium et la silice).

L'eutrophisation est un syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote.



Plus d'infos

Garnier J. (coord.), Barles S., Billen G., Bognon S., Romero E., Le Gendre R., Silvestre M., Ramarson A., Thieu V., Théry S., Castaings J, Riou. P., 2018. Projet RESET: « Rôle de l'Estuaire de Seine dans l'Ecologie Territoriale de la Normandie : cycles des nutriments et systèmes hydro-agro-alimentaires ». Rapport de recherche du programme Seine-Aval 5, 73 p.





Les poissons migrateurs forment un patrimoine biologique, culturel et historique unique. Mis à mal par un siècle d'aménagement, de pollution et de dégradation des cours d'eau, des efforts sont entrepris depuis plusieurs années pour améliorer le retour de ces espèces dans nos fleuves et nos rivières.

Comment maintenir et restaurer la libre circulation des poissons migrateurs ? Qu'en est-il sur la Seine et ses affluents ? Ce sont les questions qui animent une équipe pluridisciplinaire de chercheurs pour proposer des pistes d'actions et renforcer cette reconquête sur le bassin de la Seine.

Une présence historique de poissons migrateurs

Historiquement, la Seine est un axe migratoire majeur pour de nombreux poissons, comme les aloses, l'éperlan, l'esturgeon, le saumon ou encore l'anguille. Ils étaient bien implantés sur le bassin de la Seine et faisaient le bonheur des pêcheurs de l'estuaire de la Seine. A la fin du XIXème siècle, une moyenne annuelle de 250 tonnes de poissons migrateurs était ainsi débarquée par les pêcheurs de Rouen-Elbeuf! Par la suite, ces populations piscicoles ont été fragilisées par la dégradation de la qualité de l'eau, la surexploitation de la ressource et la multiplication des obstacles à la migration. Le déclin de la diversité et des effectifs de migrateurs dans la vallée de la Seine s'est accéléré au cours du

XIXème siècle, allant jusqu'à la disparition de certaines espèces entre 1920 et 1970, comme le saumon ou la grande alose.

Ces dernières décennies, les efforts de réglementation, de planification et les aménagements réalisés ont sensiblement amélioré la situation. Des saumons, des truites de mer, des lamproies et des aloses sont maintenant régulièrement observés aux stations de vidéo-comptage placées le long de la Seine. En 2017, une truite de mer a même été capturée par un jeune pécheur sur l'Oise, à 450 km de la mer et après 11 obstacles franchis lors de sa migration! « Cependant, il reste encore du travail pour pérenniser la recolonisation du bassin de la Seine par les migrateurs, notamment en rendant accessibles les habitats favorables plus en amont » nous alerte Clémence Brandicourt, chargée de mission milieux aquatiques, zones humides et poissons migrateurs du bassin Seine-Normandie à la DRIFF.



Bateaux de pécheurs en Seine, à Petit-Couronne

Un accompagnement scientifique pour restaurer la continuité écologique

L'importance de la Seine, de ses affluents et des zones humides adiacentes pour la vie aquatique est aujourd'hui largement documentée et de mieux en mieux comprise. Ces milieux assurent notamment des fonctions écologiques* déterminantes pour les poissons, que ce soit pour leur reproduction. leur croissance ou leurs déplacements. Ce dernier point est ainsi déterminant pour les migrateurs qui doivent pouvoir circuler entre la mer, l'estuaire, le fleuve et ses affluents pour réaliser leur cycle de vie. « On aborde ici la notion de continuité écologique qui correspond à une libre circulation des



organismes vivants et au transport naturel des sédiments dans les cours d'eau et les autres milieux aquatiques » nous résume Céline Le Pichon, ingénieure de recherche en hydro-écologie à l'INRAE. La scientifique s'intéresse plus spécifiquement à la continuité écologique de la Seine pour les poissons et coordonne le projet CONSACRE dédié à cette problématique. Son objectif principal est d'analyser cette continuité à l'échelle du bassin de la Seine pour partager une vision globale des enjeux, dégager des pistes d'actions opérationnelles et accompagner le retour des migrateurs

sur le bassin. Ces pistes concerneront, d'une part, des priorités d'aménagements pour la préservation et la restauration de la continuité écologique et, d'autre part, des manières de favoriser le dialogue pour améliorer la compréhension et l'acceptation de ces mesures et encourager l'implication de tous les acteurs.

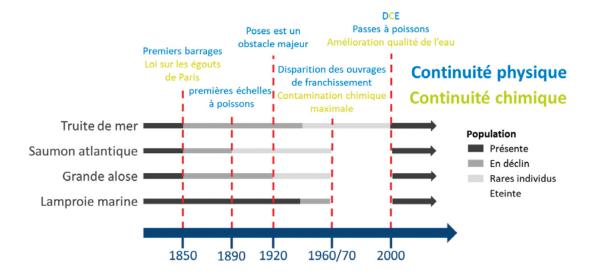
Une mise en perspective historique riche en enseignements

Pour bien comprendre les facteurs qui déterminent la continuité écologique de la Seine pour les poissons, l'état actuel de cette continuité a été mise en perspective de situations historiques. « Les obstacles à la circulation, l'artificialisation des berges, le faible taux d'oxygène et les modifications de température des eaux depuis le milieu du XIXème siècle sont ainsi les principaux blocages identifiés et analysés » nous explique Laurence Lestel, historienne de l'environnement au CNRS.

L'aménagement de la Seine entre Poses et la confluence avec l'Eure a été étudié de manière approfondie pour retracer l'histoire du secteur. La compilation des archives disponibles montre notamment que



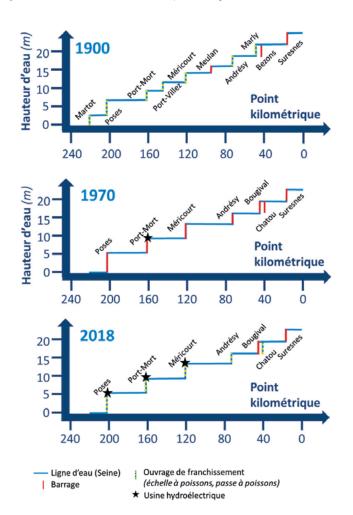
Echelle à poissons sur le barrage de Martot en 1895



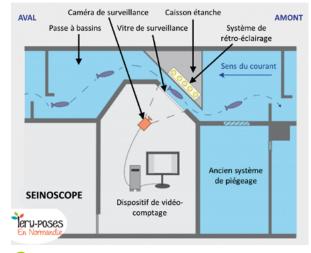
des échelles à poissons avaient été mises en place sur les barrages dès la fin du XIXème siècle, en application de la loi pêche de 1865. En 1920, 9 ouvrages de franchissement pour les poissons sont compatibilisés entre Paris et Martot! La rénovation des barrages s'accompagne de leur disparition entre 1960 et 1980. Il a fallu attendre la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 pour assister à un renouveau des passes à poissons sur la Seine. En parallèle. l'évolution des obstacles chimiques (déficits en oxygène, température) a également été explorée pour déterminer des dates clefs de rupture de la continuité écologique sur la Seine. Les informations issues de cette approche rétrospective seront ainsi intégrées dans la modélisation de scénarios des trajectoires potentielles de la continuité écologique en réponse à des opérations de restauration, ou à d'autres facteurs tels que le changement climatique.

Des échelles à poissons installées en Seine dès la fin du XIX^{ème} siècle

DES AMÉNAGEMENTS QUI CONTRAIGNENT LA CONTINUITÉ PHYSIQUE DE LA SEINE - Le Pichon et al., 2020 - Projet CONSACRE







Passe à poisson sur le barrage de Poses

Principe de la station de contrôle de migration de Poses

Un suivi des déplacements des poissons le long de la Seine

Placées en différents points du bassin, des stations de contrôle permettent de suivre la migration des poissons et l'évolution des populations piscicoles. Le principe est de diriger les poissons qui remontent le cours d'eau vers un couloir équipé d'un dispositif de vidéo-comptage permettant d'identifier et de comptabiliser les individus en montaison, pour suivre l'évolution des populations.

Sur les 10 dernières années, la lamproie marine et l'alose représentent les espèces migratrices les plus présentes à l'amont de l'estuaire. Le nombre d'individus de salmonidés (saumon atlantique et truite de mer) varie de quelques dizaines à quelques centaine, témoignant de populations relictuelles. Pour les anguilles, un dispositif spécifique de piégeage a permis de dénombrer près de 500 000 anguilles en 2018! « Tous ces chiffrent témoignent du retour des migrateurs en Seine, même si on est encore loin du potentiel d'accueil du bassin » modère Geffroy Garrot, responsable technique de SeinorMigr qui assure ce suivi. Les ruptures de la continuité écologique apparaissent encore trop importantes et les dispositifs de franchissement des obstacles mal calibrés ou mal gérés par rapport aux besoins de ces espèces.

Mis à part l'esturgeon européen, tous les poissons migrateurs historiquement présents en Seine sont aujourd'hui observés Pour aller plus loin, les scientifiques ont mis en place au printemps 2020 un dispositif de suivi original, dit de télémétrie acoustique. « Ce dispositif a consisté à installer en Seine 62 récepteurs acoustiques - appelés



hydrophones - sur les 185 km qui séparent Suresnes de Poses, puis à équiper plusieurs espèces avec des émetteurs, afin de suivre leurs déplacements au cours du temps » nous détaille Céline le Pichon. Les résultats vont permettre d'étudier le comportement des poissons vis-à-vis des ouvrages pour la navigation, de suivre leur remontée de la Seine et leur entrée éventuelle dans les affluents. Au final, cela va permettre d'étendre notre connaissance de l'utilisation des divers habitats de la Seine.

Installation
d'un dispositif
de 62 hydrophones
sur 185 km de Seine



😑 Insertion de l'émetteur dans le poisson (à gauche) ; hydrophone suspendu à la bouée (au milieu) et ancrée dans le fond (à droite)

Associer tous les acteurs pour réussir la restauration de la continuité écologique

Mobiliser cette connaissance pour orienter les projets de restauration* de la continuité écologique ne sera cependant pas suffisant pour en garantir le succès. La modification du fonctionnement actuel des cours d'eau pour restaurer les continuités n'est en effet pas toujours bien perçu par les riverains et les usagers de la rivière. Il est nécessaire de considérer le rapport qu'entretiennent les usagers avec la rivière et d'impliquer les populations concernées dans l'élaboration des actions. Pour cela, un

inventaire des démarches innovantes qui favorisent le dialogue et la co-construction de projets est mené. Les usagers de divers sites sont interrogés pour appréhender leur rapport avec le cours d'eau et leur niveau de compréhension du fonctionnement de l'écosystème. « Ce travail va permettre de mettre en débat de nouvelles pistes d'aménagement et de communication pour réussir les futures actions de restauration » conclut la scientifique.

Glossaire

Les fonctions écologiques englobent les processus (physiques, chimiques, biologiques) et leurs interactions avec les espèces et les milieux. Elles déterminent le fonctionnement d'un écosystème et les services rendus à l'Homme.

La restauration écologique s'appuie sur des interventions humaines qui visent à assister la régénération des écosystèmes qui ont été dégradés, endommagés ou détruits.









Le Pichon C. et al., en cours. **Projet CONSACRE : Continuité écologique de la Seine et intérêt des acteurs pour sa restauration**. Projet zone atelier Seine, financé dans le cadre du CPIER Vallée de Seine par l'AESN, la Région Normandie et la Région Ile-de-France.



https://consacre.inrae.fr/



Comment se place l'état environnemental de la Seine par rapport à d'autres milieux comparables ? Comment bénéficier des travaux menés sur les autres estuaires ? La mission inter-estuaires (MIE) apporte une structuration et une coordination nationale aux travaux menés sur les estuaires.

Les estuaires sont des milieux naturels, à la fois riches et fragiles. Ils supportent en effet de nombreuses fonctions écologiques, mais subissent une forte pression des activités humaines. Le maintien ou l'atteinte de leur « bon état écologique » est aujourd'hui un objectif réglementaire qui nécessite une compréhension fine de leur fonctionnement.

Des enjeux écologiques forts pour les estuaire

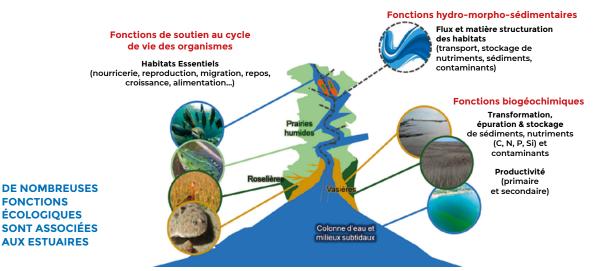
Baies de Somme ou du Mont Saint-Michel; estuaires de la Seine, de la Loire ou de la Gironde ; abers Wrac'h ou Benoit ; fleuves côtiers de la Lianne ou de la Sienne : ria d'Etel... la liste des masses d'eau de transition* est longue. Elle illustre une forte diversité de ces milieux et de leurs caractéristiques physiques et écologiques. « Les estuaires sont des milieux particulièrement productifs, qui assurent un grand nombre de fonctions écologiques et jouent un rôle essentiel dans le cycle de vie de nombreuses espèces » nous explique Maud Berlincourt, chargée de mission au GIP Seine-Aval. Du fait de fortes pressions anthropiques qui peuvent impacter leur fonctionnement écologique, ces milieux sont souvent dégradés. Ces dégradations se manifestent

par une eutrophisation* des eaux, des déficits en oxygène, une perte d'habitats ou des discontinuités écologiques qui peuvent être plus ou moins intenses selon l'importance des apports polluants et le degré d'aménagement du milieu. De nombreuses mesures de restauration écologique sont aujourd'hui menées pour faire face à ces dégradations et améliorer le fonctionnement des estuaires.





+ de 60 masses d'eau de transition sur la façade Manche/ Atlantique française



Une coordination à l'échelle nationale

La mise en œuvre des politiques publiques de gestion et de restauration des estuaires doit s'appuyer sur une compréhension fine du fonctionnement de ces milieux, tout en considérant les spécificités de chacun d'eux. L'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ex ONEMA, maintenant Office français de la biodiversité, OFB) a ainsi mis en place en 2012 la « coordination de la recherche et des études inter-estuaires ». Depuis fin 2018, elle est co-portée par le GIP Seine-Aval et rassemble aujourd'hui des partenaires scientifiques, techniques, institutionnels et des gestionnaires autour des problématiques liées aux estuaires. En orientant et soutenant des projets de recherche qui s'appuient sur le dialogue entre chercheurs et gestionnaires, la mission interestuaires (MIE) contribue au développement des connaissances sur les estuaires et à la création d'outils nationaux, tels que des guides techniques, des indicateurs ou des protocoles de suivi de ces systèmes dynamiques.



















Une diversité de masses d'eau de transition – © SMIDDEST, FMA, GIP Seine-Aval, P. Laforge

Des projets pour développer une vision globale des systèmes estuariens

A l'été 2020, un appel à projets à destination des équipes de recherche a ainsi été publié par la MIE. Il favorise les approches inter-estuaires pluridisciplinaires, autour de quatre thématiques prioritaires définies avec le conseil scientifique de la MIE. Les projets retenus devront contribuer au développement d'une vision globale des systèmes estuariens, afin de fournir une aide au diagnostic de l'état de ces milieux et d'émettre des recommandations de gestion et de restauration de leurs principales fonctions écologiques.



THÉMATIQUES SCIENTIFIQUES PRIORITAIRES POUR L'APPEL À PROJETS INTER-ESTUAIRES 2021

Vers une approche d'écologie territoriale

Replacer les trajectoires des estuaires dans leur contexte historique

Fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire

Habitats et pressions physiques

Processus, fonctionnement biogéochimique et écologique

Changements climatiques

Impacts sur le fonctionnement estuarien et évolutions

Bien que chaque estuaire soit différent, l'acquisition et la capitalisation des connaissances à une échelle dépassant celle de chaque estuaire est essentielle. « La coopération entre l'OFB et le GIP Seine-Aval dans le cadre de la MIE



permet de renforcer les capacités des deux partenaires à organiser l'acquisition de connaissances des milieux estuariens à l'échelle nationale, voire internationale, afin d'élaborer les outils de gestion ou d'aide à la décision pour les acteurs des estuaires. Grâce à l'accueil de la chargée d'animation de la MIE et du réseau d'experts scientifiques et techniques qui entoure cette mission, le GIP Seine-Aval contribue aussi à la valorisation et au transfert des résultats de la recherche appliquée vers les opérationnels » conclut Maïa Akopian, chargée de mission recherche « Fonctionnement des écosystèmes littoraux » à l'OFB.



Glossaire

Une masse d'eau de transition est la partie des cours d'eau soumise à la marée. salée ou non. Cette notion est rattachée à la Directive Cadre sur l'Eau.

L'eutrophisation définit le syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote.

La mission inter-estuaires est co-portée par l'OFB et le GIP Seine-Aval. Elle est financée par l'OFB.



Des organismes aquatiques utilisés pour suivre la qualité de l'eau



Dans les milieux aquatiques où de multiples pressions chimiques se combinent, il n'est pas simple de répondre à la question de l'impact des polluants sur la biodiversité. Ce cocktail chimique peut en effet exercer des effets néfastes sur les organismes aquatiques et limiter la pleine expression des écosystèmes, alors que les concentrations mesurées dans l'eau sont extrêmement faibles, voire sous la limite de détection.

Quels sont les impacts identifiés sur les organismes aquatiques ? Comment suivre ces effets dans les cours d'eau ? C'est grâce aux développements méthodologiques portés par des équipes scientifiques que des réponses sont apportées quant à l'impact de cette pollution sur des milieux aquatiques du district Seine-Normandie.

La biosurveillance, un outil d'avenir pour le suivi de la qualité des eaux

Pour répondre à la question de l'impact de la pollution de la Seine sur les écosystèmes, un ensemble d'analyses chimiques et de comptages des espèces aquatiques est classiquement déployé. Depuis quelques années, ce diagnostic est souvent complété par des outils biologiques (bioessais* ou biomarqueurs*) qui mesurent les effets toxiques subis par les organismes présents dans l'environnement. Ce type d'analyse renvoie au concept de biosurveillance qui permet d'évaluer indirectement une pollution, à travers la réponse d'un organisme exposé à un stress chimique. « Un peu comme une prise de sang nous renseigne sur notre état de santé et sur notre mode de vie, le suivi de marqueurs chez des organismes aquatiques permet de caractériser les toxicités exercées par le milieu, en prenant en compte les effets combinés du mélange de contaminants présents en Seine » nous explique Benoit Xuereb, écotoxicologue à l'Université du Havre.



Prélèvement de sang sur un poisson

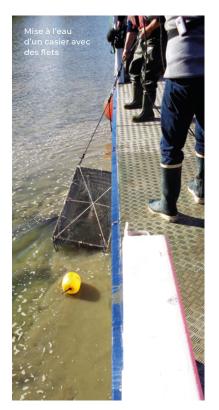
Des impacts identifiés sur les organismes aquatiques présents en Seine

Le suivi de l'impact de la qualité de l'eau sur les organismes aquatiques n'est pas une chose nouvelle en Seine. Des premiers tests avaient déjà été menés dès les années 2000 et avaient notamment mis en évidence des perturbations endocriniennes* chez les poissons et une génotoxicité* marquée du milieu. A l'échelle de la Seine, ces effets semblaient plus importants en aval de l'agglomération parisienne et dans l'estuaire, du fait de pressions accrues. En 2019, un état des lieux relativement complet de l'état de santé de crustacés,



mollusques et poissons prélevés à l'embouchure de la Seine a été dressé. Des expérimentations d'encagement de crustacés et de poissons ont également été menées en différents points de la Seine et dans l'estuaire, afin de suivre l'impact d'une exposition de quelques semaines. Les résultats de ces différents suivis montrent que l'impact écotoxique lié à la pression chimique chronique de la Seine

est réel et significatif. Bien que plus ou moins important selon les sites, les années et les espèces, la liste des effets est longue : apparition de malformations, modifications du comportement, activation d'enzymes de lutte contre les substances toxiques, dommages à l'ADN ou encore mobilisation accrue des réserves énergétiques.



Un suivi pilote déployé à l'échelle du bassin de la Seine

Grâce à ces premiers résultats et porté par une volonté de suivre dans le temps des effets de la contamination chimique du milieu, un effort collectif est aujourd'hui mené sur la Seine, depuis ses affluents à l'amont de Paris jusqu'à la mer. Il vise à valider ces outils, à les déployer et à obtenir une caractérisation harmonisée des toxicités du milieu, qu'on soit sur une rivière, un fleuve, un estuaire ou en milieu marin. Concrètement. cela prend la forme d'un suivi pilote qui consiste à plonger dans l'eau des casiers avec des moules, des crustacés et des poissons.





Après quelques semaines d'exposition, on récupère les organismes et on mesure différents marqueurs. Ces derniers renseignent sur l'état de santé général des individus et sur d'éventuels impacts sur leur reproduction, leur immunité et l'intégrité de leur ADN.

« Ce déploiement est ambitieux car il concerne la baie de Seine, la baie des Veys, la Vire, l'Orne et la Seine. Pour cette dernière. l'amont de Paris, l'aval de Paris et l'estuaire sont couverts, ainsi que les principaux affluents » nous détaille Cédric Fisson, chargé de mission au GIP Seine-Aval. Le choix des stations a été fait en lien avec les besoins des gestionnaires de l'eau. dans une perspective de transfert et de pérennisation de ce type de suivi. En effet, le suivi direct des contaminants dans le milieu est difficile du fait de leur très faible concentration et du coût élevé associé à la recherche d'une grande diversité de substances. Ces limites rendent l'évaluation intégratrice des impacts toxiques d'autant plus indispensable que la Seine est exposée au risque industriel. L'exemple récent de l'incendie de Lubrizol / NL-Logistique et les questions qui se sont posées sur l'impact en Seine en est un rappel marquant!

« Les techniques innovantes mais robustes mises en œuvre dans ce projet, ainsi que le développement de grilles d'interprétation des résultats harmonisées, nous permettront de projeter des suivis pérennes, seuls à même de fournir le recul nécessaire à une évaluation satisfaisante des impacts toxiques sur le milieu » conclut Manuel Sarraza, chef du service littoral et mer à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

CHIFFRES CLEFS



Le projet BIOSURVEILLANCE, c'est

2 années de suivi

3 fleuves investigués

17 stations instrumentées

7 espèces utilisées

Glossaire

Les bioessais sont des tests qui permettent d'évaluer la toxicité potentielle d'un échantillon d'eau ou de sédiment.

Les biomarqueurs permettent de mesurer l'impact de la contamination chimique de l'environnement sur des

Les substances génotoxiques impactent le génome des organismes et peuvent conduire à des mutations de l'ADN.

Les perturbateurs endocriniens impactent l'activité hormonale et perturbent le fonctionnement d'un organisme.



Stations, espèces et réponses suivies à l'échelle du district Seine-Normandie

Plus d'infos



Xuereb B., Geffard A. et al., en cours. Projet BIOSURVEILLANCE: Proposition d'un pilote basé sur l'utilisation de biomarqueurs pour un appui à la surveillance de la qualité des masses d'eau du district Seine-Normandie. Projet zone atelier Seine, financé par l'AESN.





GIP Seine-Aval

Hangar C - Espace des Marégraphes CS 41174 - 76176 ROUEN Cedex 1 02 35 08 37 64









