

Les scientifiques de Seine-Aval expliquent le fonctionnement de l'estuaire de la Seine

Estuaire de Seine

TOUT S'EXPLIQUE !

Un estuaire
en pleine évolution :
un éclairage avec les dernières
données scientifiques



GIP Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

Le GIP Seine-Aval est financé par :





Elise Avenas

Directrice du GIP Seine-Aval

La revue « Tout s'explique ! » compile des articles de vulgarisation scientifique sur le fonctionnement environnemental de l'estuaire de la Seine. Elle éclaire les spécificités de ce milieu exceptionnel, pour aider à une gestion et un aménagement durable de ce territoire estuarien. A travers des exemples sur la qualité chimique des sédiments, le fonctionnement écologique de la colonne d'eau et des marais d'embouchure, l'impact de la pollution sur les organismes aquatiques, la croissance et la migration des poissons ou encore la topographie de la vallée de la Seine, **ce nouveau numéro met l'accent sur l'observation et le suivi de l'estuaire de la Seine**. Qu'elle soit ponctuelle ou plus pérenne, l'acquisition de données est en effet la première brique pour la compréhension du fonctionnement de l'estuaire, le suivi de son évolution et la proposition de préconisations pour sa gestion.

Tournée vers la science et l'opérationnalité, l'activité du GIP Seine-Aval s'appuie sur les données issues du suivi de l'estuaire pour produire une expertise précise et documentée. Cette mission d'acquisition de données prend une place de plus en plus importante dans les projets du groupement et le situe comme **un acteur important du suivi environnemental de l'estuaire de la Seine**. Elle nourrit également un observatoire environnemental qui rend compte de l'évolution de l'estuaire sur les deux dernières décennies :

<https://observatoire-estuaire.seine-aval.fr/>

L'effort de recherche collectif porté sur l'estuaire de la Seine permet aujourd'hui d'identifier les principaux enjeux de gestion et les besoins de connaissances. Fêtées en 2023, les 20 années d'existence du GIP Seine-Aval ont été l'occasion de proposer un bilan de la connaissance acquise sur l'estuaire et de faire un point sur les nombreux projets en cours. Vous pouvez retrouver tous ces éléments dans l'outil de la géographie de la connaissance créé pour l'occasion :

<https://www.seine-aval.fr/geographie-de-la-connaissance/>

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 sur des missions d'intérêt général approuvées par l'Etat. Aujourd'hui, onze 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, Muséum national d'histoire naturelle, CNRS, INRAE...), des laboratoires d'Université (Rouen, Caen, Le Havre, Bordeaux, Sorbonne Université, Paris est, Toulouse, Reims...) et des opérateurs de terrain (Maison de l'estuaire, CSLN, Seinormigr...) 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.

Sommaire



Les enseignements de 10 ans de suivi haute-fréquence de l'estuaire de la Seine	04
Le fonctionnement écologique dans la colonne d'eau de l'estuaire fluvial	08
Un futur incertain pour les nurseries de poissons de l'estuaire de la Seine	12
La contamination chimique des sédiments de l'estuaire de la Seine	15
Un diagnostic écotoxicologique des eaux de la Seine et du littoral normand	20
L'anguille, une espèce cible pour la restauration des habitats naturels de l'estuaire de la Seine	23
La continuité écologique longitudinale de la Seine pour les poissons migrateurs	27
Immersion en 3D dans la vallée de Seine Normande : les données LIDAR	32

Les enseignements de 10 ans de suivi haute-fréquence de l'estuaire de la Seine

Les systèmes estuariens sont soumis aux effets des changements climatiques en cours, qui s'ajoutent aux modifications induites par les aménagements et la gestion de ces milieux. Identifier ces impacts et suivre leur évolution nécessite des protocoles d'acquisition de données adaptés, sur des périodes suffisamment longues pour alimenter la compréhension des phénomènes à la base du fonctionnement des estuaires.

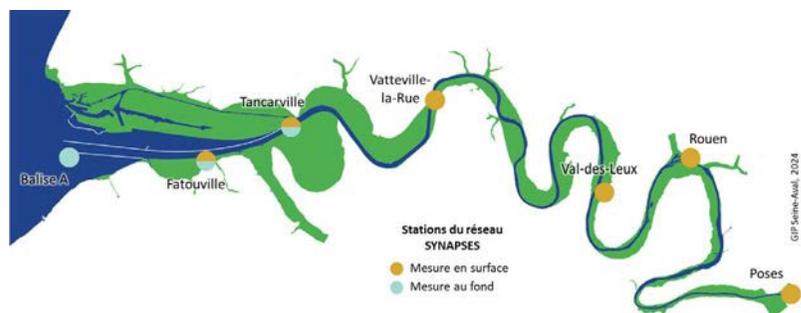
Qu'en est-il pour les paramètres physico-chimiques des eaux de l'estuaire de la Seine ? Des évolutions du fonctionnement de l'estuaire sont-elles visibles ? C'est à travers l'analyse de 10 ans de données haute-fréquence que le GIP Seine-Aval a apporté des éléments de réponse à ces questions.

Un réseau haute-fréquence structuré pour suivre l'évolution de la Seine

Le réseau SYNAPSES rassemble des sondes placées tout au long de l'estuaire de la Seine pour mesurer, toutes les 5 minutes, des paramètres de la **qualité de l'eau** comme la température, l'oxygène, la turbidité ou la salinité. Mis en place en 2011 par le GIP Seine-Aval, il s'appuie sur un partenariat avec HAROPA Port qui héberge le réseau, en assure la maintenance et réalise la calibration des capteurs. La communauté scientifique est quant à elle mise à contribution pour le test de nouveaux capteurs, l'estimation de la représentativité des mesures, la validation et l'interprétation des résultats. Le réseau SYNAPSES permet ainsi d'observer et quantifier les **variations horaires, journalières,**

saisonniers et interannuelles des eaux de l'estuaire sur le long terme. Ce jeu de données constitue un outil précieux pour les études

scientifiques menées sur l'estuaire et pour le développement de la modélisation numérique.



Le réseau SYNAPSES

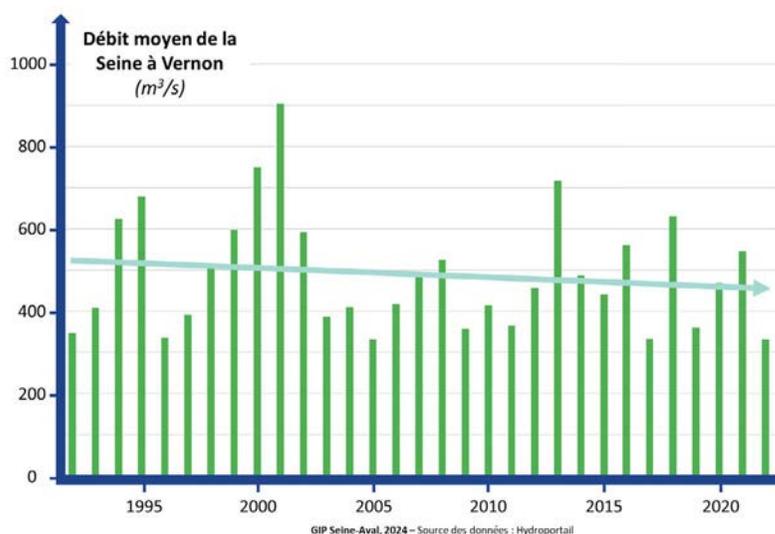
GIP Seine-Aval, 2024



Les stations du réseau SYNAPSES

Une marinisation de l'embouchure, en lien avec les évolutions climatiques et l'aménagement de l'estuaire

Le fonctionnement de l'estuaire de la Seine est sous la double influence du climat et des actions anthropiques (aménagement, gestion). Il est donc déterminant de connaître l'évolution de cette double influence pour appréhender les modifications du fonctionnement de l'estuaire. Pour les paramètres en lien direct avec le climat, on observe des tendances très nettes sur les valeurs médianes, avec une **baisse des débits** de l'ordre de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ depuis 30 ans et une **augmentation du niveau marin** de 12 cm à l'embouchure depuis 1985. Concernant l'influence des actions humaines, **l'aménagement de l'estuaire se poursuit**, avec des surfaces de vasières qui diminuent et un chenal de navigation qui a été approfondi lors des 20 dernières années.



Evolution du débit moyen annuel de la Seine (1992-2022)

L'évolution récente de ces conditions induit une **marinisation de l'embouchure** et un **déplacement vers l'amont des gradients caractéristiques de l'estuaire**. La position centrale du bouchon vaseux et le front de salinité ont ainsi migré d'une distance respective de 1,5 km et 3,5 km depuis 2016. Ceci entraîne une modification des turbidités moyennes observées (en baisse à la balise A ;

en hausse à Tancarville) et de la répartition spatiale des gammes de salinité du secteur. Pour suivre au mieux cette remontée, une nouvelle station a été installée en 2022 à Vatteville-la-Rue. Elle a permis de mesurer une salinité maximum de 3,5 PSU, alors qu'on se trouve à 7 km en amont de Vieux-Port, limite officielle entre les eaux douces et salées (l'eau est considérée comme douce en-dessous de 0,5 PSU) !

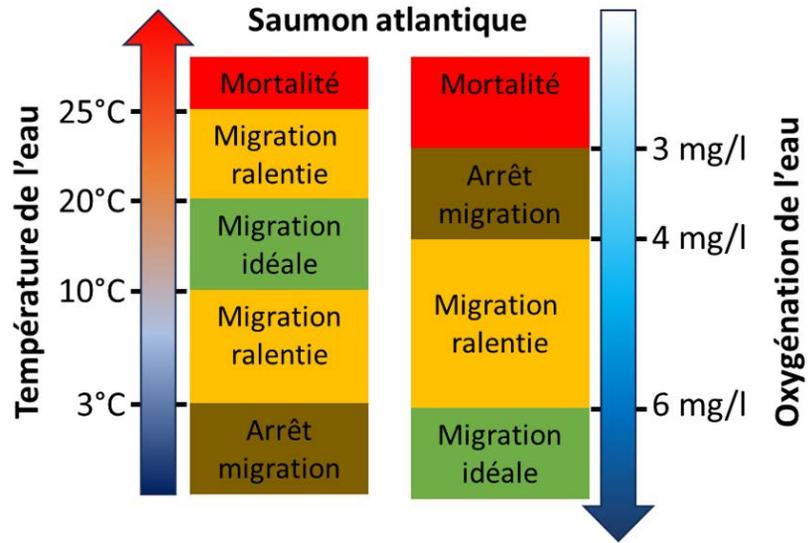
Outre les aspects écologiques, cette remontée de la salinité peut avoir des impacts sur l'activité industrielle. En effet, l'usine de pompage de Norville fournit en eau industrielle de nombreuses installations et la situation géographique de ce pompage le rend vulnérable à la remontée de la salinité. Des difficultés d'exploitation sont ainsi à prévoir pour les périodes de fort étiage.



Evolution du front de salinité (2016-2022)

Des évolutions cohérentes avec les effets attendus du changement climatique sur la qualité de l'eau

La température est un autre paramètre fondamental de la qualité des eaux, qui subit également des modifications en lien avec le changement climatique. En effet, la hausse observée des températures atmosphériques sur les 10 dernières années (+1 °C) se répercute dans **l'estuaire de la Seine qui a vu ses eaux se réchauffer d'environ 0,54 °C dans sa partie fluviale**. Si l'on se concentre sur les températures estivales, la tendance atteint +0,11 °C par an pour la masse d'eau de fond à l'embouchure, témoin du réchauffement de l'océan. A Rouen, des températures dépassant les 23°C ne sont désormais plus exceptionnelles, ce seuil ayant été dépassé plus de la moitié du temps pendant l'été 2022, par exemple. Ce paramètre est notamment crucial pour les poissons, car ils ne régulent pas leur température corporelle. Leur capacité de déplacement ou de reproduction peut ainsi être affectée dès 20°C pour le saumon ou la truite de mer, dont la migration en Seine se trouve ralentie en période estivale.



Seuils de température et d'oxygène influençant la migration du saumon atlantique

Cette hausse des températures pose également la question de l'oxygénation de l'eau, les teneurs en oxygène dissous diminuant à mesure que la température augmente. Pour l'instant, les valeurs observées à Rouen ne sont pas problématiques, même en conditions extrêmes de température, mais **la vigilance est de mise !** A l'embouchure de la Seine, une légère baisse de l'oxygénation des eaux est observée, les valeurs pouvant ponctuellement se rapprocher du seuil sensible pour la vie aquatique établi à 5 mg/l. La remontée du bouchon vaseux et

l'augmentation de la turbidité associée jouent certainement un rôle dans cette baisse, comme c'est le cas à l'embouchure de la Loire.

CHIFFRES CLEFS

- Le réseau SYNAPSES :
- 7 stations
- 5 paramètres
- 1 interface de consultation et de téléchargement
- 5 millions de mesures par an

Niveau marin



Au Havre
(1985-2022)

Débit



A Vernon
(1992-2022)

Température de l'eau



à Oissel
(2012-2022)

Oxygénation de l'eau



Selon les secteurs
(2012-2022)

Front de salinité



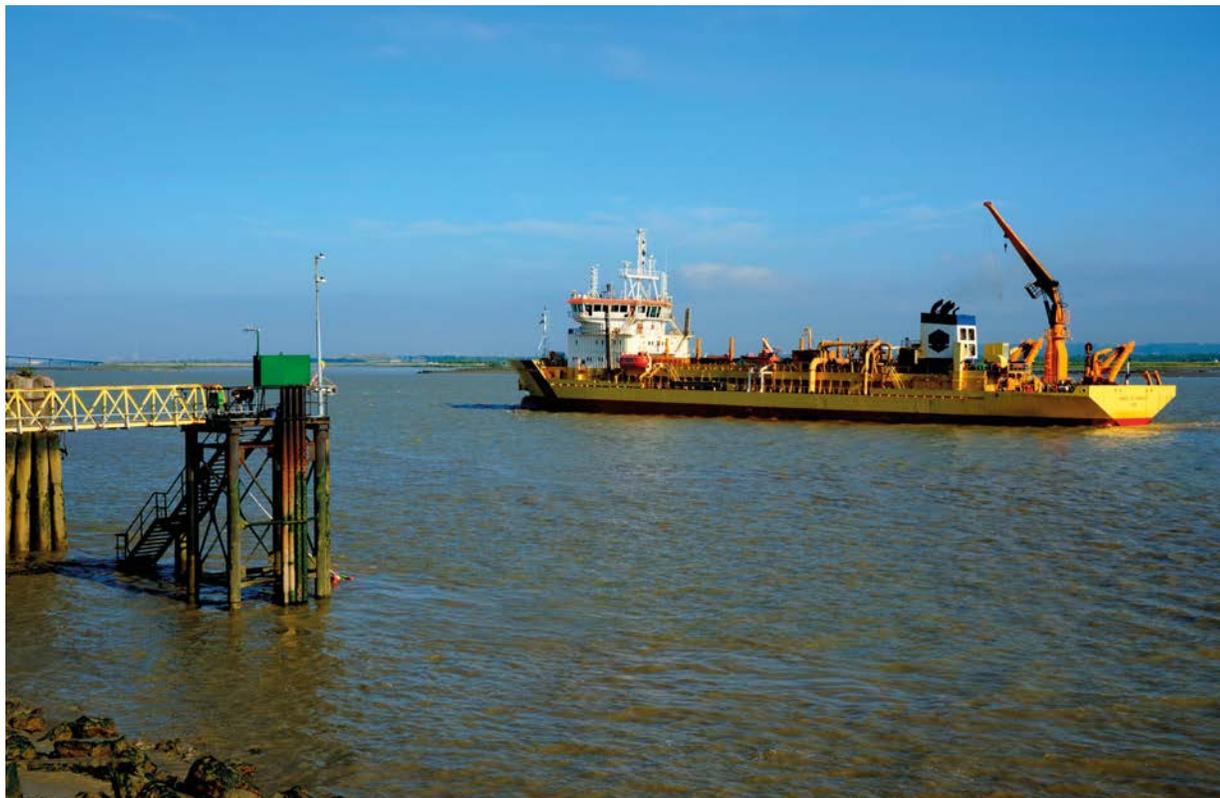
vers l'amont
(2016-2022)

Bouchon vaseux



vers l'amont
(2016-2022)

Bilan de 10 ans d'évolution des eaux de la Seine



Un effort d'acquisition à poursuivre

Les observations effectuées sur la dernière décennie montrent une **évolution sensible des conditions physico-chimiques de l'estuaire, en cohérence avec les trajectoires induites par le changement climatique** (diminution du débit moyen annuel, augmentation du niveau marin et des températures) **et l'aménagement de l'estuaire** (renforcement du caractère marin à l'embouchure). Elles permettent également de **suivre l'impact potentiel d'évènements ponctuels**, comme les crues, les tempêtes ou les orages. Ce suivi haute-fréquence vient compléter les

autres suivis menés dans l'estuaire, notamment sur la contamination chimique ou les communautés biologiques. Il alimente et complète également les résultats issus de la modélisation, pour se projeter sur l'évolution possible de la position du bouchon vaseux ou du front de salinité par exemple. L'ensemble de ces observations est d'importance, car **si ces évolutions se confirment, elles modifieront significativement le fonctionnement de l'estuaire sur le long terme**. On peut ainsi s'attendre à des répercussions sur les habitats naturels, la qualité de l'eau et des

activités humaines comme la navigation, la pêche, les prélèvements d'eau ou la dilution des rejets industriels et urbains.

Le réseau SYNAPSES va poursuivre les observations pour documenter ces changements et s'enrichir, avec de nouvelles analyses (nitrates, chlorophylle *a*) et deux stations récemment installées : à Poses, pour suivre les caractéristiques de la masse d'eau en amont de l'estuaire et à Vatteville-la-Rue, pour suivre plus finement la remontée des gradients de salinité et de turbidité.



Plus d'infos

GIP Seine-Aval, 2023. **Suivi en continu de la qualité de l'eau de la Seine par SYNAPSES entre 2012 et 2022 : Quelles tendances d'évolutions ?** Rapport d'étude, 53 pp.



<https://www.seine-aval.fr/reseau-synapses/>

Le fonctionnement écologique dans la colonne d'eau de l'estuaire fluvial

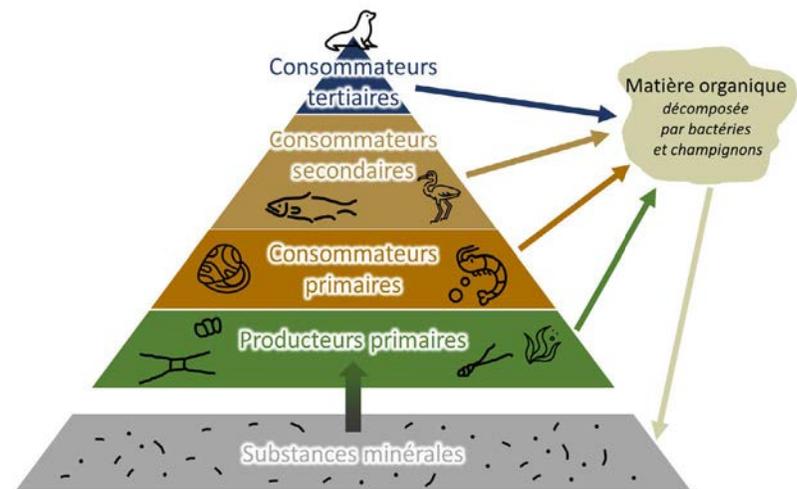
Avec les barrières de corail et les forêts tropicales, les estuaires sont les écosystèmes les plus productifs au monde. Cette productivité s'appuie sur la croissance de microalgues qui alimentent tout un réseau trophique, allant du zooplancton aux poissons, aux oiseaux et autres mammifères marins. La richesse et l'état de santé de ces populations dépendent ainsi de la bonne réalisation de cette production, dite primaire.

© Philippe Laforge

Quel est le niveau de production primaire dans la partie fluviale de l'estuaire de Seine et quels sont les facteurs qui l'influencent ? Comment alimente-t-elle la suite du réseau trophique, et notamment le *zooplancton**, le *supra-benthos** et les poissons ? C'est à travers la mise en œuvre de suivis multidisciplinaires que des réponses ont été apportées par les scientifiques.

Pourquoi s'intéresser à la production primaire dans la colonne d'eau ?

Tout d'abord, définissons ce qu'est la production primaire. Il s'agit de la production de matière organique végétale, autrement appelée biomasse, par l'utilisation de l'énergie du soleil (phénomène de photosynthèse). Pour les milieux aquatiques, elle est en grande partie assurée par des algues microscopiques, appelées phytoplancton, que l'on retrouve dans la colonne d'eau ou à la surface des sédiments. Ces algues, ainsi que la matière organique d'origine terrestre et planctonique dégradée par les microorganismes, sont à la base de la pyramide alimentaire. Elles sont consommées par des petits animaux, comme des crustacés,



➔ Vue simplifiée du réseau trophique

des mollusques ou des larves de poissons (i.e. consommateurs primaires). Ceux-ci sont à leur tour consommés par de plus gros organismes comme les crevettes, les poissons ou les oiseaux (i.e. consommateurs secondaires). **La production primaire est ainsi le moteur d'importants flux d'énergie dans l'estuaire.** L'étude des processus liés à la production primaire dans la colonne d'eau fournit une image de l'état écologique de l'estuaire et de son

évolution face aux perturbations qui sont susceptibles d'altérer le fonctionnement de toute la chaîne trophique.

« *Le fonctionnement écologique de l'estuaire de la Seine à l'amont de Tancarville était jusqu'à présent mal connu et l'importance de la colonne d'eau méritait d'être investiguée* » nous explique Michèle Tackx, écologue et spécialiste du zooplancton à l'Université de Toulouse. En effet, en comparant avec d'autres grands

estuaires, **la productivité actuelle du système estuarien fluvial de la Seine ne semble pas optimale et pourrait constituer un facteur limitant pour le développement des populations de poissons.** Comprendre les processus sous-jacents à cette productivité peut ainsi permettre de fournir des préconisations de gestion ou de restauration pour améliorer le fonctionnement écologique de la partie fluviale de l'estuaire.

Un effort de suivi adapté à la question

Pour bien comprendre les relations entre les paramètres du milieu (e.g. salinité, marée), la qualité de l'eau (e.g. matière en suspension, sels nutritifs, matière organique), la production primaire, les communautés planctoniques, supra-benthiques et les poissons (abondance et stratégie alimentaire), un **suivi ambitieux a été mené par un consortium de scientifiques aux compétences complémentaires.** « *L'enjeu a ensuite été de croiser*

toutes ces données pour proposer un schéma de fonctionnement écologique de la colonne d'eau à

l'amont de Tancarville » nous explique la scientifique, coordinatrice de ce suivi.

**Le projet SARTRE :
7 équipes scientifiques,
19 campagnes de mesures sur 14 stations,
5 campagnes communes sur 5 stations**



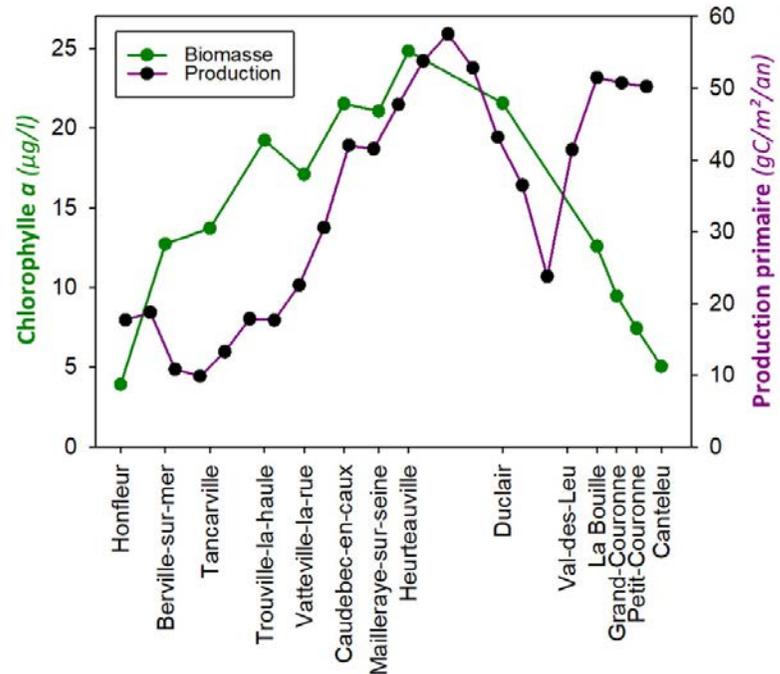
Un fonctionnement trophique contrasté selon les secteurs

Dans le secteur de Tancarville, la forte turbidité liée à la présence du bouchon vaseux limite la pénétration de la lumière. La production primaire y est donc faible. La présence de matière organique venant de l'amont et du milieu marin alimente cependant de nombreux organismes, comme de petits crustacés zooplanctoniques. Les forts courants rendent le milieu très dynamique et favorisent la rencontre de ces crustacés avec des poissons, qui s'en nourrissent et que l'on retrouve en forte abondance.

En remontant vers l'amont (Caudebec – Duclair), les eaux saumâtres laissent place à des eaux douces qui bloquent la remontée des organismes adaptés aux variations de salinité. La production primaire y est plus importante et alimente des communautés zooplanctoniques, cependant moins abondantes qu'en aval. L'appauvrissement de la ressource trophique se répercute sur les poissons, plus rares dans ce secteur, même si des pics d'abondance sont parfois observés en lien avec la présence d'habitats spécifiques comme des talus envasés. Les proies ingérées par ces derniers sont plutôt inféodées aux vasières latérales, témoin de l'importance des habitats latéraux du chenal principal de la Seine comme source de nourriture et de refuge pour les poissons présents dans les eaux douces de l'estuaire.

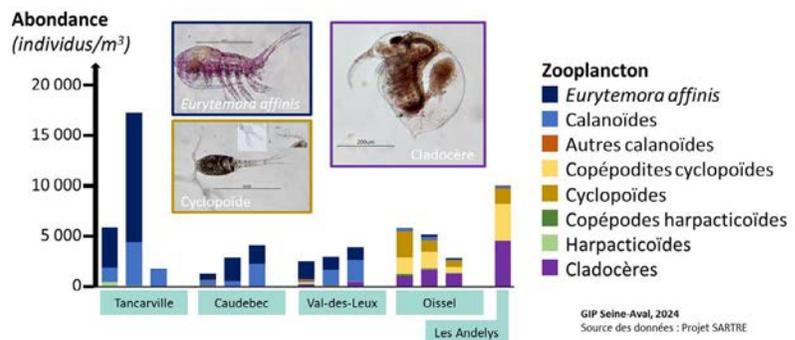
Le fonctionnement n'est pas complètement élucidé sur la portion de Seine que l'on rencontre en continuant de remonter vers l'amont. En effet, la biomasse phytoplanctonique* chute en amont de Duclair. La production primaire, qui intègre la croissance des cellules, suit la même trajectoire, sauf qu'elle remonte à partir de La Bouille et que la biomasse phytoplanctonique y reste faible. Ce découplage entre production primaire et biomasse suggère une sédimentation des algues et/ou leur consommation

PRODUCTION PRIMAIRE ET BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE ENTRE HONFLEUR ET ROUEN - Claquin et al., 2024. Projet SA6 SARTRE



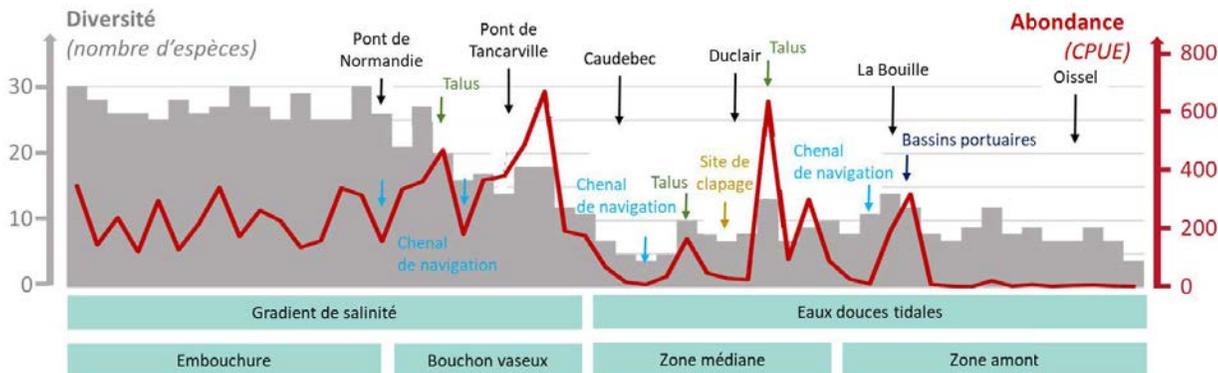
ABONDANCE ET COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS ZOOPLANCTONIQUES LE LONG DE L'ESTUAIRE (2019-2021)

Tackx et al., 2024 - Projet SA6 SARTRE



dans ce secteur par la communauté zooplanctonique. En effet, dans le secteur de Oissel, la biomasse phytoplanctonique est très faible ; alors que le zooplancton est plus abondant. Cette communauté planctonique est dominée par les organismes qui arrivent de la Seine amont et dont les communautés sont spécifiques, tout

comme la matière organique qu'on y retrouve. A noter pour ce secteur, l'importance de la consommation de la matière organique par des communautés bactériennes et microbiennes qui alimentent la boucle microbienne du réseau trophique. Les poissons sont eux très rares, avec les plus faibles abondances de l'estuaire.

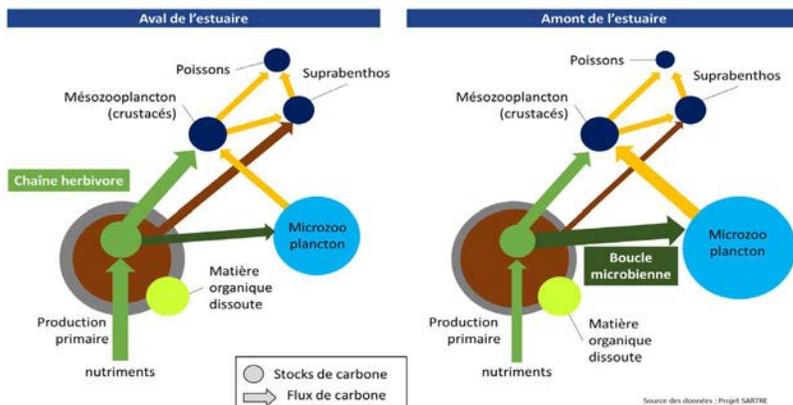


Source des données : CSLN

Vers un suivi écologique sur le long terme

Au final, les indicateurs dérivés des différents suivis sont cohérents, avec **des communautés biologiques et des fonctionnements trophiques spécifiques à chacun des secteurs étudiés**. Les suivis montrent bien la particularité de chacun d'eux, même si le fonctionnement de la zone intermédiaire dans la boucle de Duclair questionne encore les scientifiques. Basé sur les résultats du projet SARTRE, les chercheurs ont émis l'hypothèse que l'aval de l'estuaire fonctionne surtout par une chaîne herbivore, c'est-à-dire la consommation du phytoplancton par le zooplancton et par les consommateurs secondaires et tertiaires à la suite. En amont, par contre, la boucle microbienne, dans laquelle les microorganismes (e.g. bactéries, ciliées) utilisent le phytoplancton et la matière organique morte, prendrait une plus grande importance dans le transfert de l'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs.

SCHEMA DU FONCTIONNEMENT PELAGIQUE EN AVAL ET EN AMONT DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE - Tackx et al., 2024 - Projet SA6 SARTRE



Source des données : Projet SARTRE

La mise en place de suivis écologiques sur le long terme, associés au développement des mesures haute-fréquence (réseau SYNAPSES), est certainement la prochaine étape pour comprendre le dynamisme de ces phénomènes et juger de l'évolution de l'état écologique de l'estuaire. La comparaison de la Seine avec d'autres systèmes estuariens apportera également un éclairage sur son fonctionnement et pourra permettre d'identifier d'éventuels leviers d'amélioration et anticiper les évolutions attendues à moyen et long terme, comme la marinisation de l'estuaire, la modification des débits ou encore l'élévation des températures moyennes.

Glossaire

La **biomasse phytoplanctonique** présente dans la colonne d'eau a été estimée par la mesure de la chlorophylle *a*, principal pigment photosynthétique présent dans les cellules phytoplanctoniques.

Le **zooplancton** correspond au plancton animal qui vit en suspension dans l'eau.

Le **supra-benthos** regroupe des animaux de petite taille, en particulier des crustacés, présents dans la couche d'eau adjacente au fond.

La **Capture Par Unité d'Effort (CPUE)** est une mesure indirecte de l'abondance d'une espèce.

Plus d'infos

Tackx M. (Coord.), 2024. **Projet SARTRE : Seine-Amont : Réseaux trophiques estuariens**. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6, 111 p.



<https://www.seine-aval.fr/projet/sartre>

Un futur incertain pour les nourriceries de poissons de l'estuaire de la Seine

Les vasières des embouchures des fleuves incarnent l'essence du fonctionnement écologique estuarien. Ces habitats sont extrêmement productifs et présentent d'importantes densités de *proies benthiques**. Cette richesse trophique leur confère un rôle de nourricerie essentiel pour la croissance de nombreux poissons, notamment d'espèces marines. Du bon état de ces milieux dépend donc le renouvellement des stocks en mer d'espèces commerciales telles que la sole et donc le maintien d'une activité de pêche de proximité.

© Philippe Laforge

Qu'en est-il de la fonction de nourricerie actuelle à l'embouchure de la Seine ? Comment peut-elle évoluer en contexte de changement climatique dans un estuaire très aménagé ? En estuaire de Seine, la marinisation de l'embouchure alerte les scientifiques sur l'avenir de cette fonction estuarienne.

L'estuaire de Seine, une zone de nourricerie importante ...

L'estuaire de la Seine accueille de nombreuses espèces de poissons, qui y passent tout ou partie de leur vie pour se nourrir, se reproduire ou accéder à d'autres habitats. C'est par exemple le cas de poissons marins comme les juvéniles de bar ou de sole qui profitent de l'abondance de proies et de la protection fournie par ces habitats pour grandir pendant deux à trois ans, avant de migrer vers les côtes et de rejoindre la population adulte en mer. On estime par exemple que **l'estuaire de la Seine contribue à 15% du stock de sole présent en Manche est.**

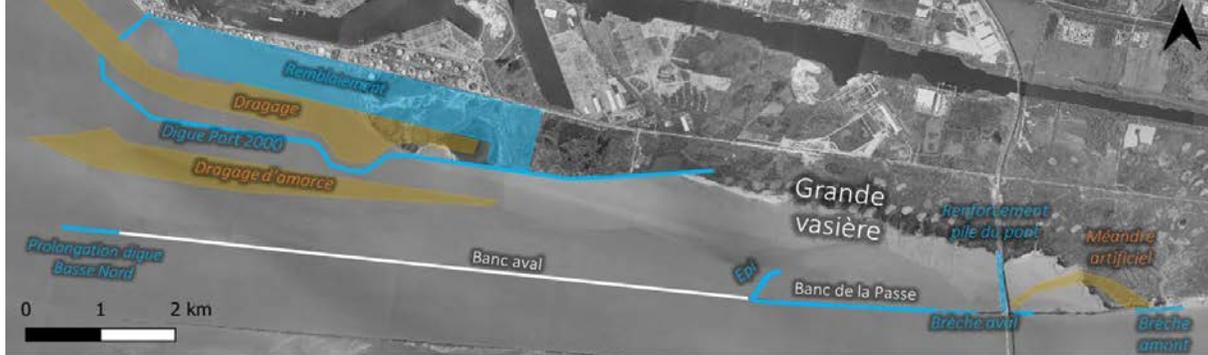
Situées à l'embouchure de la Seine, la fosse nord et les vasières attenantes sont les principaux secteurs qui assurent cette fonctionnalité et constituent un point d'intérêt particulier. Leur situation à l'inter-

face terre mer leur permet d'être alimentées par un apport de nutriments d'origine marine, fluviale et terrestre qui favorise une forte *production primaire**. Cette dernière alimente un important réseau trophique, dont la diversité et l'abondance sont des facteurs clés pour satisfaire les besoins énergétiques et la croissance des jeunes poissons, notamment marins.

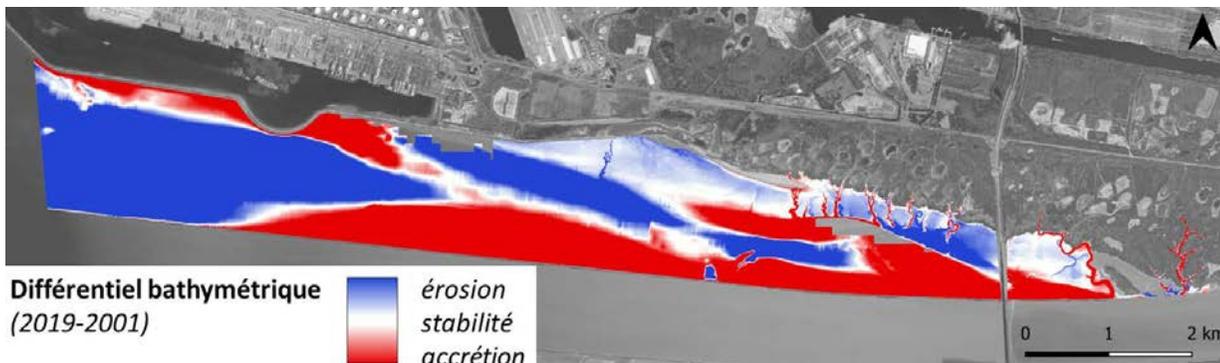
75% des stocks de poissons débarqués et évalués en Atlantique Nord-Est sont dépendants des nourriceries côtières.

... mais affaiblie

Bien que toujours d'importance et attractive, **cette nourricerie d'embouchure a vu sa surface largement réduite**, avec une perte estimée à 33 % depuis les premiers aménagements du milieu du XIX^e siècle. Cette tendance se poursuit encore aujourd'hui avec les derniers aménagements portuaires réalisés dans ce secteur. Cette évolution récente est particulièrement visible en rive droite, dans le secteur de la fosse nord directement impacté par le projet Port 2000 (2002-2005), qui fait notamment suite à la construction du Pont de Normandie. En lien avec ces travaux, la connexion de la fosse nord avec le chenal principal de la Seine a été réduite et la canalisation du courant de la marée montante renforcée. Alors que la fosse s'est creusée dans sa partie aval, des zones de sédimentation sont apparues le long de la digue basse nord et la limite des *zones intertidales** a reculé.



➡ Aménagements de la fosse nord liés au projet Port 2000, entre 2002 et 2005



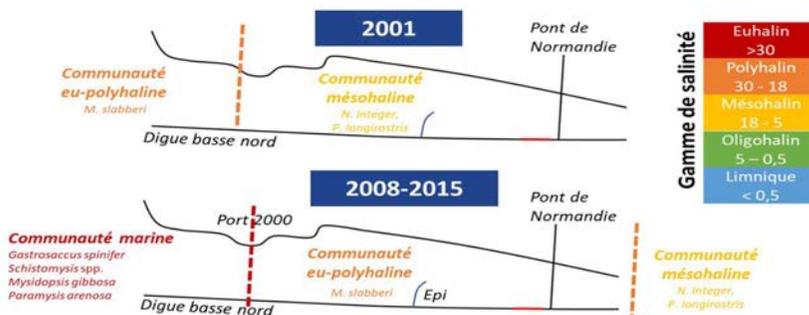
➡ Modification des profondeurs de la fosse nord (2019 – 2011)

Avec une diminution des *surfaces subtidales** peu profondes et une augmentation des zones intertidales de faible hauteur, la morphologie de la fosse nord a été profondément modifiée. Au global, ce sont **plus de 400 hectares qui ont été perdus depuis les 20 dernières années**, et ce malgré les différentes mesures de restauration menées sur ce secteur. Au-delà de la diminution de sa surface et de la modification de ses profondeurs, la fosse nord connaît **une tendance à l'ensablement et à la marinarisation depuis les années 2000**. Cela se traduit par une modification de la faune aquatique vers des espèces plus marines, plus inféodées à des fonds sableux, et par la raréfaction des espèces qui se développent avec de moindres salinités. Ces changements se répercutent sur la communauté de poissons, avec une raréfaction des espèces typiquement estuariennes (éperlan, gobie) et une baisse de l'abondance des juvéniles de poissons marins comme la sole. « *L'analyse conjointe des données physiques et biologiques montre bien le lien entre ces compartiments et les conséquences des modifications morphologiques sur les habitats et les espèces présentes* » nous résume Manuel Muntoni, chargé de mission au GIP Seine-Aval.

En comparaison d'autres nourriceries de soles présentes en baie de Seine, les densités de juvéniles observées en estuaire de Seine sont moindres, ce qui témoigne de la dégradation de cette nourricerie et de sa perte d'attractivité. La capacité maximale d'accueil de la nourricerie de la Seine semble être régulièrement atteinte : la disponibilité estimée des proies étant limitante en automne. De plus, la contamination chimique de l'estuaire, notamment de ses sédiments, se répercute dans les tissus des juvéniles, dont le **niveau d'imprégnation en Poly-BromoDiphénylEthers* (PBDE) et PolyChloroBiphényles* (PCB) est 6 à 9 fois plus élevé que pour les individus prélevés en baie des Veys**. Cette contamination affecte la croissance des poissons et peut avoir des

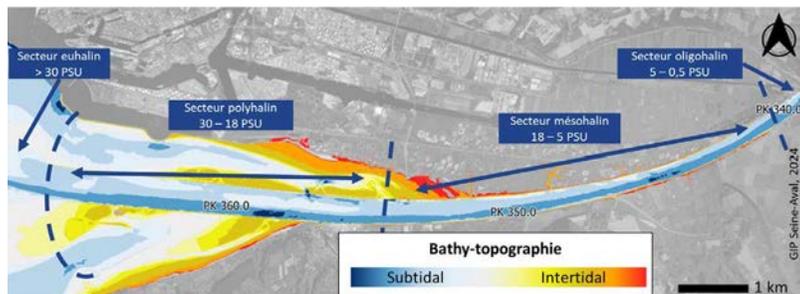
conséquences sur leur survie ou leur fécondité future. Avec cette contamination chimique des vasières d'embouchure, « *la perte de surface des vasières et l'affaiblissement des sources de nourriture, la capacité d'accueil de l'estuaire de la Seine en tant que nourricerie de poissons marins diminue nettement* » nous résume Anik Brind'Amour, chercheuse à l'Ifremer.

**Aménagements
Port 2000 :
14 km de digues
5,1 millions de m³ de
sédiments dragués**



➡ Effet de la marinarisation de la fosse nord sur les communautés supra-benthiques*

Quel avenir pour la nurricerie de l'estuaire de la Seine ?



Bathy-topographie et salinité à l'embouchure de la Seine

A la différence d'autres grands estuaires moins aménagés, les abondances de juvéniles de poissons sont particulièrement faibles pour la Seine. Pour chiffrer le potentiel de cet estuaire pour alimenter la population de sole en Manche, on a eu recours à la modélisation de scénarios de restauration de surface d'habitats et de plus faible contamination chimique (associée à une meilleure survie des juvéniles de sole et à une fécondité plus forte des adultes). Les résultats montrent un potentiel important d'augmentation de la population adulte présente en Manche et mettent en évidence **l'intérêt d'améliorer la qualité des vasières, ainsi que de préserver ou de recréer des surfaces de nurriceries côtières et estuariennes pour augmenter la production des ressources halieutiques qui en dépendent**, à bien plus large échelle. Cependant, avec l'élévation du niveau de la mer, **le caractère marin de l'embouchure de la Seine va se renforcer dans les décennies à venir**. Le gradient de salinité va se

décaler plus en amont et les vasières correspondant aux eaux saumâtres, aujourd'hui présentes en aval du pont de Normandie, vont progressivement perdre cette caractéristique et la richesse trophique associée. « *On pourrait imaginer une transposition vers l'amont de ces vasières, mais la configuration actuelle de l'estuaire ne le permet pas* » nous explique Manuel Muntoni. En effet, en amont du pont de Normandie, la Seine est largement endiguée, les vasières sont relictuelles et les habitats latéraux déconnectés. Ceci complexifie la restauration de ces milieux pour anticiper le décalage vers l'amont des nurriceries et l'expression de mosaïques d'habitats latéraux. « *A moyen terme, les nurriceries de poissons marins de l'estuaire de la Seine seront coincées entre l'influence marine qui pénètre dans l'estuaire et l'indisponibilité de surface de report plus en amont : c'est ce que nous avons appelé Nursery Squeeze* » conclut le spécialiste.



Plus d'infos

Projet CAPNORD
financé avec le concours
d'HAROPA Port



GIP Seine-Aval, 2022. **CAPNORD : Caractérisation des évolutions hydro-morpho-sédimentaires et écologiques du secteur de la fosse Nord depuis la construction de Port 2000**. 55 pp.

Labadie P. (Coord.), 2021. **Projet CHOPIN : Contaminants organohalogénés historiques et d'intérêt émergent : Présence et transfert vers la sole commune – Impact de la contamination sur la nurricerie et conséquences sur la population**. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6, 110 p

Brind'Amour A. (Coord.), 2021. **Projet CAPES : Capacité trophique des nurriceries de poissons de l'estuaire de Seine**. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6, 70 p.

Glossaire

Les organismes **suprabenthiques** vivent dans la couche d'eau à proximité du fond, alors que les organismes **benthiques** vivent sur ou dans le sédiment de fond.

Les **zones intertidales** correspondent aux espaces couverts à marée haute et découverts à marée basse, alors que les **zones subtidales** sont toujours en eau.

La **production primaire** correspond à la production de matière organique végétale par l'utilisation de l'énergie du soleil (phénomène de photosynthèse). Pour les milieux aquatiques, elle est assurée par des algues microscopiques appelées phytoplancton.

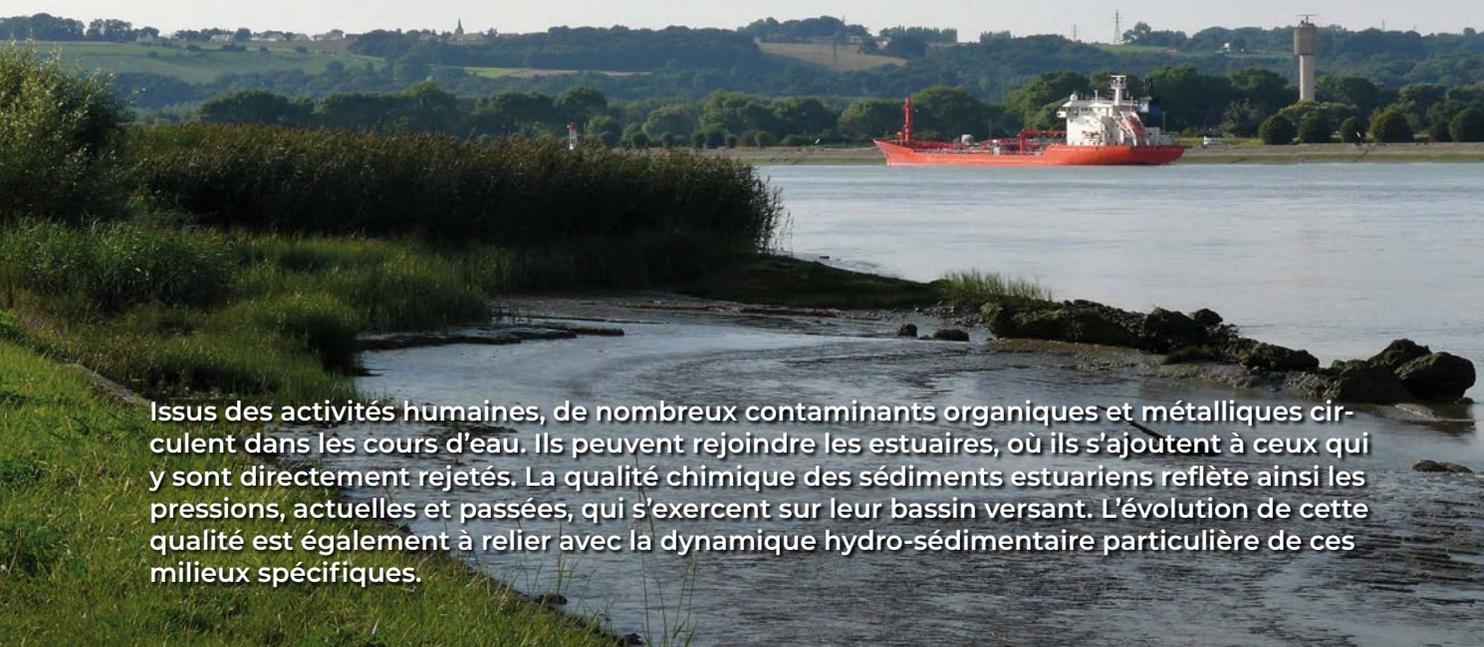
Les **PolyChloroBiphényles (PCB)** sont des produits de synthèse lipophiles (affinité pour les graisses et faible solubilité dans l'eau), bioaccumulables et persistants. Ils sont classés comme perturbateurs endocriniens et peuvent avoir des effets toxiques et cancérigènes. Ils sont interdits d'usage depuis 1987.

Les **PolyBromoDiphénylEthers (PBDE)** sont des retardateurs de flamme utilisés dans une vaste gamme de produits de consommation. Ils sont persistants dans l'environnement et présentent un fort potentiel de bioaccumulation et de biomagnification. Leur cancérogénicité n'est pas établie, mais ce sont des perturbateurs endocriniens potentiels.



<https://www.seine-aval.fr/publication/etude-capnord/>
<https://www.seine-aval.fr/publication/sa6-chopin/>
<https://www.seine-aval.fr/publication/sa6-capes/>

La contamination chimique des sédiments de l'estuaire de la Seine



Issus des activités humaines, de nombreux contaminants organiques et métalliques circulent dans les cours d'eau. Ils peuvent rejoindre les estuaires, où ils s'ajoutent à ceux qui y sont directement rejetés. La qualité chimique des sédiments estuariens reflète ainsi les pressions, actuelles et passées, qui s'exercent sur leur bassin versant. L'évolution de cette qualité est également à relier avec la dynamique hydro-sédimentaire particulière de ces milieux spécifiques.

Quels sont les contaminants retrouvés dans les sédiments ? Comment varie cette contamination dans le temps et l'espace ? Comment impacte-t-elle les usages et quels sont les risques écologiques associés ? C'est à travers une synthèse des suivis environnementaux et des travaux scientifiques qu'une vision actualisée de cette problématique en estuaire de Seine a été proposée.

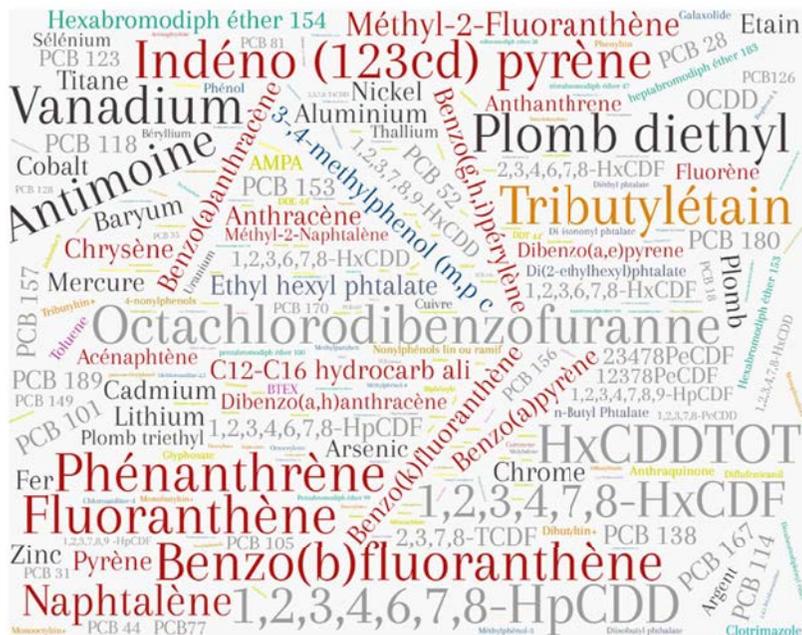
Une grande diversité de polluants présents dans les sédiments, avec des effets toxiques avérés

Depuis plusieurs décennies, la qualité chimique de l'estuaire de la Seine est suivie à la fois dans les eaux, mais également dans les sédiments. Cette matrice est particulièrement intéressante, car elle conserve la mémoire des substances chimiques peu ou pas dégradables qui transitent dans l'estuaire et permet d'avoir une vision intégrée des apports polluants. Sur les 700 substances recherchées dans les sédiments de l'estuaire, plus de 250 ont été mesurées au moins à une reprise depuis 2007. Pour les 450 autres

substances recherchées, elles sont soit indétectables, soit présentes à des teneurs inférieures aux limites de quantification des laboratoires qui réalisent les mesures. Ces chiffres témoignent de l'**imprégnation du compartiment sédimentaire par un large spectre de substances formant un cocktail chimique aux multiples ingrédients** : des **polluants historiques** (e.g. métaux, HAP, PCB), mais aussi des **substances d'intérêt émergent*** (e.g. produits pharmaceutiques, pesticides et métabolites, composés perfluoroalkylés, retardateurs de

flamme, plastifiants, surfactants). On peut également évoquer la contamination en microplastiques (<5µm), avec plusieurs centaines de fragments, microbilles et fibres retrouvés en moyenne dans un kilogramme de sédiment.

+ de 250 substances chimiques détectées dans les sédiments de l'estuaire



Famille de substances chimiques

- Métaux
- Alkylphénols
- BTEX
- Chlorophénols
- Composés organostanniques
- HAP
- Médicaments
- PCB, Dioxines, Furanes
- Pesticides
- Phtalates
- PolyBromoDiphénylEthers
- Solvants halogénés
- Autres composés organiques de synthèses

La taille de la police correspond à la fréquence de quantification de la substance dans les sédiments

GIP Seine-Aval, 2023 – Source des données : AESN (2007-2019)

➔ Substances chimiques quantifiées dans les sédiments de l'estuaire de la Seine (2007-2019)

Au-delà de cet inventaire de substances chimiques, il est important de considérer l'impact potentiel de ce cocktail sur les organismes aquatiques. Pour cela, des *bioessais** ont été réalisés sur des sédiments prélevés tout au

long de l'estuaire entre 2019 et 2020. Ils ont permis d'en évaluer la toxicité potentielle (génotoxicité, cytotoxicité, activité hormonale) et de mettre en évidence une **problématique écotoxicologique modérée relativement homogène**

le long de l'estuaire. Ces résultats viennent compléter le diagnostic de qualité chimique des sédiments, basé sur les données de concentrations en contaminants acquises par ailleurs, et montrent la complémentarité des approches.



➔ Prélèvement de sédiments superficiels sur une banquette latérale de l'estuaire

Une contamination qui varie dans le temps et dans l'espace

A l'échelle de l'axe Seine, l'évolution de la qualité chimique des sédiments raconte l'histoire de l'usage des différentes substances. **Le développement industriel et urbain le long de la vallée de la Seine au cours de la seconde moitié du XX^{ème} siècle a ainsi largement détérioré la qualité chimique des sédiments du fleuve**, avec un enrichissement marqué pour de nombreuses substances. Pour les PCB ou les métaux par exemple, une augmentation rapide et continue des concentrations a été observée entre 1945 et 1970, en lien avec leurs usages et des apports massifs dans le milieu. **Une baisse des concentrations s'est opérée à partir de la fin des années 1970**, notamment grâce à un traitement plus efficace des eaux usées et à des changements de pratiques industrielles. **Depuis le début des années 2000, la contamination chimique des sédiments superficiels est stabilisée à des niveaux modérés** qui s'expliquent par des apports actuels diffus, la recirculation et la dilution progressive d'un stock environnemental historique. En effet, des contaminants émis dans les années 1950 à 1980 sont restés stockés 1) dans les couches moyennes à profondes de vasières

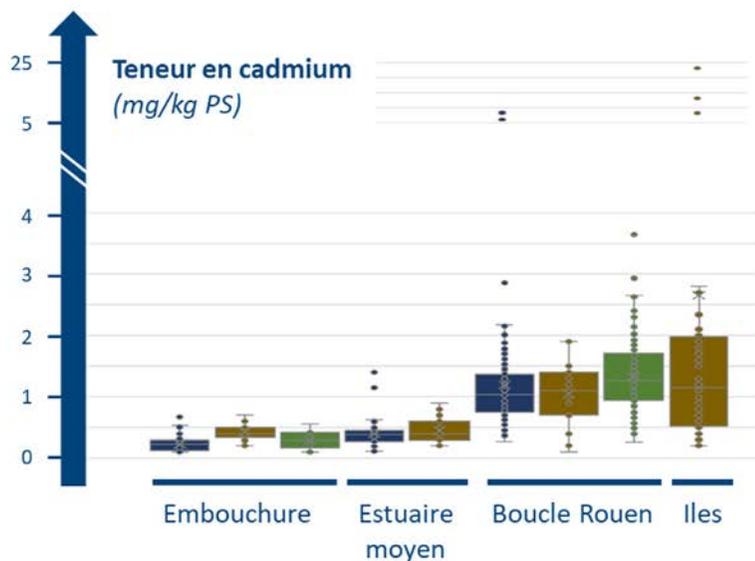
formées dans des zones de ralentissement des courants (e.g. bras morts, annexes hydrauliques, bassins portuaires) ou 2) dans les zones d'accumulation sédimentaire naturelles ou remblayées avec des sédiments de la Seine, aujourd'hui isolées du lit mineur par un endiguement. Bien que considérés comme immobilisés, **ces sédiments peuvent être remis en circulation lors d'un événement hydro-météorologique majeur** (e.g. crue, tempête) **ou lors d'une intervention anthropique qui remet en suspension le matériel sédimentaire et les contaminants associés**. Cette remobilisation potentielle se trouverait renforcée dans le contexte de changement climatique, avec des modifications du fonctionnement hydrologique de la Seine (intensité des crues,

durée et intensité des étiages) et des conditions marines (fréquence et intensité des tempêtes) qui pourraient conduire à une augmentation de la sensibilité à l'érosion de ces stocks.

D'un point de vue spatial, et quelle que soit la période considérée, un même schéma se dessine pour les principales familles de substances, avec :

- **des concentrations croissantes de l'amont de Paris jusqu'à la partie amont de l'estuaire** (i.e. entre Poses et Rouen), secteur où certains sites présentent des concentrations parfois extrêmes. Ceci s'explique par le cumul des apports de contaminants issus de tout le bassin versant, au fur et à mesure de leur transit d'amont en aval ;
- **des concentrations qui baissent de Rouen à l'embouchure de la Seine**, du fait de leur dilution dans la partie aval de l'estuaire et leur export vers la baie de Seine ;
- **une empreinte de la contamination en baie de Seine et le long du littoral**, notamment le long du pays de Caux, en raison de l'orientation générale du panache de la Seine qui se dirige préférentiellement vers le nord-est.

Une division d'un facteur 5 à 10 pour les principaux contaminants historiques depuis les années 1980



Contexte de prélèvement des sédiments (2011-2022)

- Chenal de navigation
- Banquette latérale
- Souille portuaire

GIP Seine-Aval, 2023
Source des données : AESN, HAROPA

➔ Contamination en cadmium dans les sédiments de l'estuaire de la Seine



→ Système d'encagement pour suivre l'impact de la contamination sur les poissons

Un stress pour les organismes aquatiques

Les organismes benthiques, qui vivent en contact avec la couche superficielle des sédiments de fond, sont particulièrement concernés par cette contamination sédimentaire. **Les contaminants métalliques et organiques présents dans le sédiment peuvent en effet s'accumuler dans les organismes benthiques**, puis s'accumuler le long de la chaîne trophique. Cette bioaccumulation participe ainsi à l'exposition à la

Des effets néfastes de la contamination chimique visibles sur les poissons

contamination chimique de tous les réseaux trophiques estuariens, voire plus largement de la baie de Seine.

Parmi les organismes benthiques, l'état de santé des poissons plats comme le flet ou la sole est particulièrement scruté par les équipes scientifiques. **Des effets délétères liés à la contamination chimique ont ainsi été mis en évidence**, comme des atteintes à l'ADN, au système neurologique ou aux tissus et cellules. L'intensité de ces effets est modulée par le niveau de contamination des sédiments, avec 1) une amélioration de l'état de santé des organismes, en lien avec la baisse de la pression chimique depuis plusieurs décennies ; et 2) des organismes présents

à l'embouchure moins impactés que ceux présents plus en amont dans l'estuaire, en lien avec la dilution des contaminants de l'amont vers l'aval.



Des contraintes pour les usages et les projets d'aménagement



Drague en estuaire de Seine

La contamination chimique des sédiments contraint également des usages de la Seine, notamment pour l'entretien des accès portuaires aux navires. En effet, **des dépassements des normes de gestion pour l'activité de dragage sont régulièrement observés** dans les sédiments prélevés en Seine et dans le port du Havre. Dans ce cas, une gestion alternative à l'immersion est mise en place pour limiter les risques environnementaux. L'activité de pêche en estuaire est également indirectement contrainte par la contamination sédimentaire, cette dernière pouvant se transférer dans le réseau trophique et entraîner des **dépassements des normes sanitaires pour la consommation des poissons**.

C'est le cas pour les PCB, dont les teneurs dans les poissons de l'estuaire en interdit la consommation. Enfin, la présence de stocks de contaminants dans les sédiments plus ou moins profonds et connectés avec le lit mineur de la

Seine est à considérer lors de projets d'aménagement ou de restauration écologique pour **limiter leur remise en suspension et éviter des apports additionnels de contaminants au milieu**.

Glossaire

Les **substances d'intérêt émergent** regroupent un ensemble de familles de substances dont l'étude de l'imprégnation environnementale est récente, du fait d'usages nouveaux ou de l'évolution des capacités analytiques des laboratoires prestataires de la surveillance environnementale

Un **bioessai** est un test de laboratoire qui permet d'évaluer l'activité biologique d'échantillons environnementaux (eau, sédiment), via l'exposition d'un modèle biologique à ces derniers.



Plus d'infos

Fisson C., 2023. **La contamination chimique des sédiments de l'estuaire de la Seine : Etat des lieux et enjeu de gestion**. Fascicule Seine-Aval 3.8, 48p.



<https://www.seine-aval.fr/publication/fasc-contamination-chimique-sediments/>

Un diagnostic écotoxicologique des eaux de la Seine et du littoral normand



Les cours d'eau véhiculent de nombreuses et diverses substances chimiques qui forment un cocktail de contaminants, témoin des activités présentes sur le bassin versant. Ce mélange complexe exerce une pression toxique sur les organismes aquatiques présents dans le milieu et le suivi de leur état de santé permet d'appréhender le niveau de toxicité de l'eau et son évolution.

© Philippe Laforge

Comment évolue l'écotoxicité le long de l'axe Seine ? Quels sont les enjeux pour la mise en place à grande échelle d'un suivi basé sur la mesure de *biomarqueurs** ? C'est à travers une expérimentation originale sur l'axe Seine et le littoral normand que les scientifiques du consortium BIOSURVEILLANCE ont répondu à ces questions.

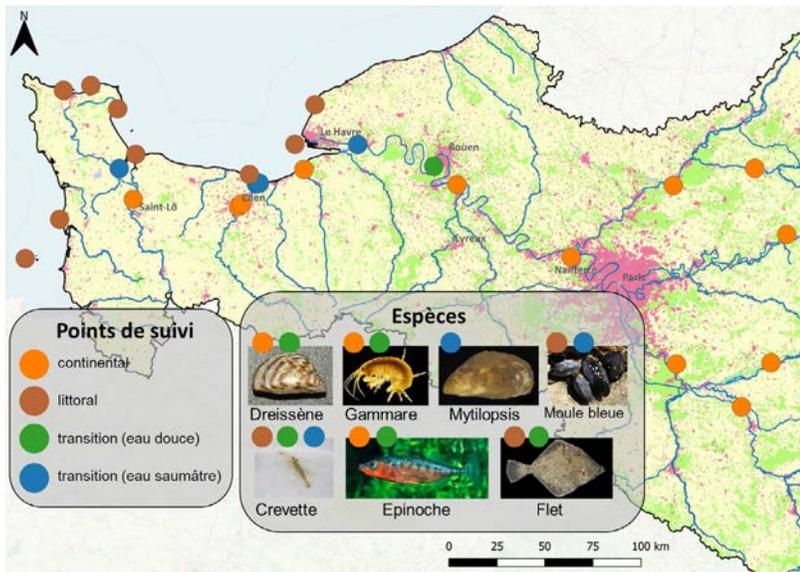
Une réussite pour un suivi pilote à grande échelle

Le défi posé aux scientifiques était de taille : **suivre de manière simultanée la pression écotoxique sur 27 stations réparties le long de la Seine, de l'Orne, de la Vire et du littoral normand !** Pour cela, des poissons, mollusques et crustacés ont été mis dans des casiers et plongés dans l'eau à l'automne 2020 et 2021. Après 1 à 4 semaines d'immersion, **95 % des systèmes d'encagement ont pu être récupérés et le taux de survie moyen des organismes était proche de 90 %.** Ces chiffres sont très satisfaisants pour ce type d'opération et démontrent la faisabilité logistique d'un tel déploiement. De retour au laboratoire, les organismes ont fait l'objet de diverses analyses pour évaluer leur état de santé, via les dommages à l'ADN (i.e. génotoxicité) et la capacité de phagocytose (i.e. immunotoxicité). L'application d'une grille d'interprétation a alors permis de poser un **diagnostic écotoxicologique des masses d'eau suivies.** « Cette approche de biosurveillance active permet de mesurer les réponses biologiques d'organismes dans un contexte intégrateur et représentatif de la complexité environnementale » nous explique Benoît Xuereb, écotoxicologue à l'Université du Havre et coordinateur de l'expérimentation. L'intérêt de cette approche par transplantation d'organismes dans des systèmes d'encagement est de s'affranchir de l'influence de certains facteurs de confusion,

comme la taille, le sexe ou l'origine des organismes, pour faciliter l'interprétation des données et gagner en pertinence dans le diagnostic.



➔ Systèmes d'encagement mis en œuvre dans le projet BIOSURVEILLANCE



Stations investiguées et espèces déployées - Xuereb et al., 2023 - Projet BIOSURVEILLANCE

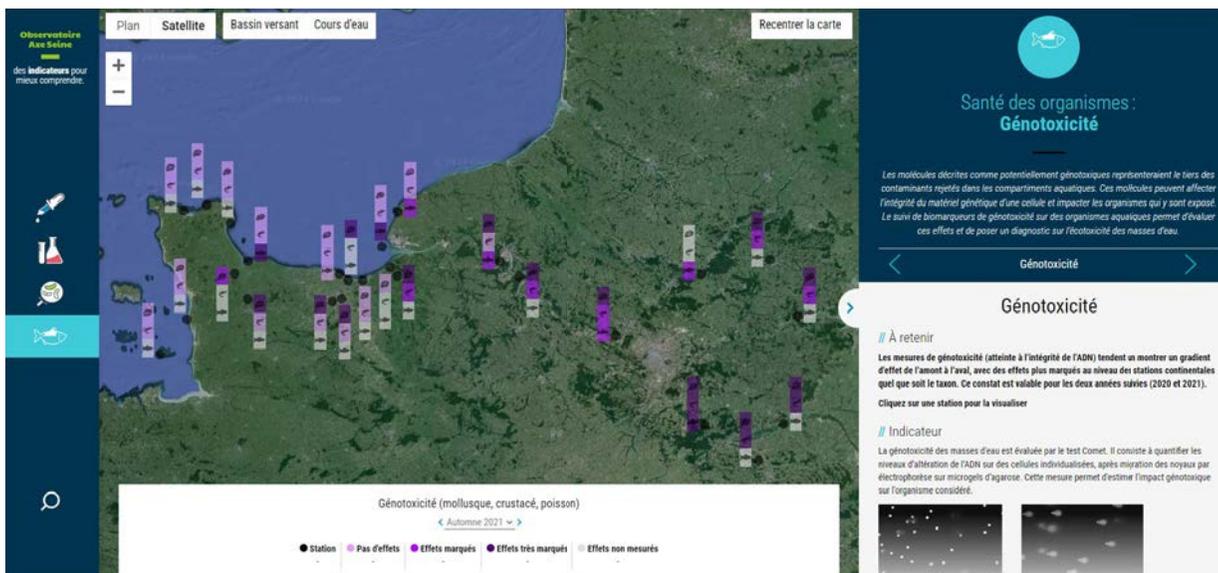
BIOSURVEILLANCE
en chiffres :
27 stations
7 espèces
2 biomarqueurs
2 campagnes
232 résultats

Une pression écotoxique hétérogène le long de l'axe Seine

Sur l'axe Seine, seuls 25% des résultats n'indiquent pas d'effets significatifs, et ce majoritairement sur les stations situées à la sortie de l'estuaire. Les effets sur l'ADN (i.e. génotoxicité) sont sensiblement plus marqués que ceux sur le système immunitaire (i.e. réponse phagocytaire). Ces résultats témoignent de la **pression écotoxique véhiculée par la Seine, puis de sa dilution**

en baie. Ils sont très cohérents avec notre connaissance de la contamination chimique le long de ce continuum. Ce même schéma est observé pour l'Orne et la Vire ; alors que les **stations sur le littoral du Cotentin n'indiquent pas d'effets écotoxiques.** « Ces résultats englobent des mesures sur divers organismes, en usant de leur diversité en termes de physiologie et de

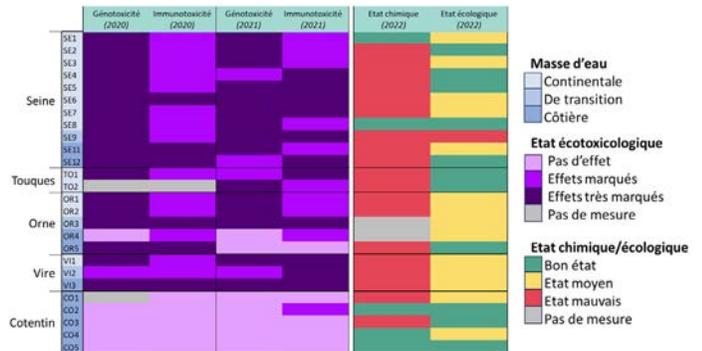
mode d'exposition pour renforcer le diagnostic » nous précise Benoît Xuereb. En comparaison aux mollusques et crustacés, les poissons ont globalement montré de plus forts niveaux d'effets génotoxiques et immunotoxiques, indiquant une méthodologie plus sensible pour ces derniers.



Portail de consultation des résultats – exemple de la génotoxicité en 2021 - www.phresques.fr

Un état écotoxique compatible avec la Directive Cadre sur l'Eau ?

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) vise à garantir le bon état des masses d'eau, à travers la mise en place de suivis pour évaluer et, le cas échéant, définir des actions pour en améliorer l'état. Sur la base des résultats acquis par ce suivi pilote, un état génotoxique et un état immunotoxique des masses d'eau suivies ont été proposés et mis en regard de l'état chimique et de l'état écologique établis dans le cadre de la DCE. **La comparaison des différents diagnostics montre leur cohérence**, avec 10 des 11 stations qui présentent à la fois un état chimique, un état écologique et un état écotoxicologique dégradés. A l'inverse, sur les 3 stations présentant un bon état chimique et écologique, seule une d'entre elles ne présente aucun effet écotoxicologique significatif. Pour les autres cas, l'état écotoxicologique apporte un éclairage complémentaire pour pondérer l'état chimique et/ou l'état écologique, montrant **l'intérêt de cette approche en tant qu'appui à l'évaluation de la qualité des masses d'eau**.



➡ Etat génotoxique et immunotoxique, en regard de l'état chimique et écologique - Xuereb et al., 2023 - Projet BIOSURVEILLANCE

Des enseignements pour pérenniser un suivi de biosurveillance

Au-delà du diagnostic posé sur l'écotoxicité des masses d'eau suivies, le déploiement de ce suivi pilote à grande échelle a été l'occasion d'interroger les perspectives d'utilisation de ces biomarqueurs dans le cadre d'un suivi pérenne des masses d'eaux côtières, de transition et continentales. Le premier élément concerne la nécessité **d'élargir la batterie de biomarqueurs**, pour couvrir une plus large typologie de toxicités potentielles. Pour **proposer une restitution simplifiée des résultats**, les méthodes d'intégration des mesures devront également être adaptées. Un deuxième point est le **transfert des outils mis au point par le monde scientifique vers**

la sphère plus opérationnelle. Ce transfert devra s'appuyer sur la production de méthodes standardisées et robustes retranscrites au sein de guides méthodologiques, voire de normes d'application. Une fois mis en place, ces suivis permettront **d'acquies de grandes séries de données** dans divers contextes. Elles pourront être mobilisées pour **consolider les référentiels et les grilles d'interprétation**, augmentant la fiabilité des diagnostics établis. « *En définitive, les outils basés sur la mesure d'effets biologiques peuvent avoir leur place dans l'évaluation de l'état des masses d'eau. Ils permettront de mieux comprendre la relation entre*

Glossaire

Un **biomarqueur** correspond à changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant.

une exposition à des contaminants multiples et la structure des communautés vivantes, dans une approche intégrée de surveillance » conclut Luc Pereira-Ramos, chef du Service connaissance des milieux aquatiques à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

Plus d'infos

Projets ZA Seine, financés avec le concours de l'Agence de l'eau Seine-Normandie et de l'Office Français de la Biodiversité



Xuereb B., Fisson C., Geffard A. (coord.), 2023. **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**. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6 et de la Zone Atelier Seine, 49p.

Xuereb B. & Geffard A. (coord.), 2023. **Projet SASHIMI : Surveillance active de l'impact de la pression chimique par des biomarqueurs - Synthèse opérationnelle**. Projet financé par l'OFB, 31p.



<https://www.seine-aval.fr/projet/biosurveillance>
<https://www.seine-aval.fr/projet/sashimi>



L'anguille, une espèce cible pour la restauration des habitats naturels de l'estuaire de la Seine

L'anguille européenne présente un cycle de vie complexe. Sa reproduction a lieu en milieu marin et, suite à l'éclosion des œufs, les larves (*leptocéphales**) voyagent pendant un à deux ans avant d'arriver en milieu continental, où elles grandissent jusqu'au moment de reprendre la mer pour se reproduire. Les estuaires sont ainsi des passages obligés pour la migration de l'anguille et des milieux de croissance pour une partie de la population.

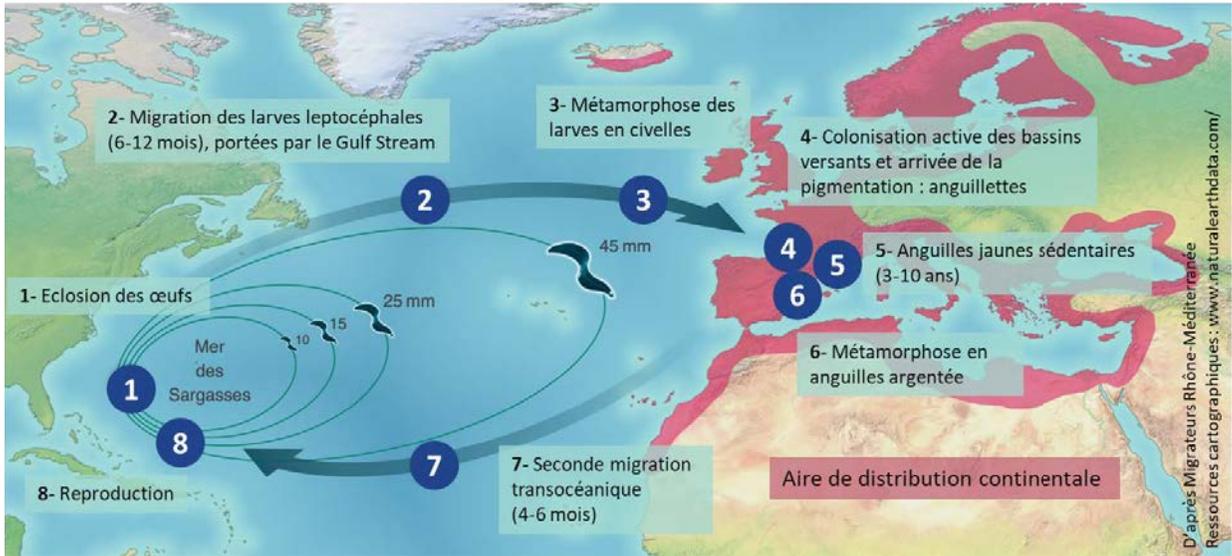
Comment l'anguille utilise-t-elle les habitats présents en estuaire ? Quels sont les facteurs limitant son implantation et quels sont les leviers de gestion pour améliorer la capacité d'accueil de l'estuaire pour cette espèce ? A travers la mobilisation des connaissances acquises par les nombreux acteurs qui œuvrent en faveur de l'anguille, les scientifiques dressent un bilan des connaissances aujourd'hui disponibles en estuaire de Seine.

Un rôle important des habitats estuariens

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est présente sur de vastes territoires, allant de son site de ponte en mer des Sargasses, jusqu'à la côte ouest du continent européen, au nord-ouest du continent africain et dans le bassin méditerranéen. Les estuaires sont ainsi des zones de passage à deux moments de sa vie : 1) au stade juvénile (*civelle** et *anguillette**) pour remonter les cours d'eau et aller coloniser le bassin versant et 2) au stade adulte (*anguille argentée**) pour migrer vers les zones de reproduction en mer. L'anguille

est présente sur l'ensemble du territoire métropolitain français et colonise une très grande diversité d'habitats. A l'échelle nationale, le bassin Seine-Normandie joue un rôle d'importance, avec **une production annuelle d'anguille argentée estimée à 152 tonnes**, soit 25% de la production naturelle nationale de géniteurs. Cependant, elle est en **danger critique d'extinction** à l'échelle normande, française et même mondiale. Selon le stade de vie de l'anguille, l'estuaire est utilisé en tant que 1) **zone de transit** vers l'amont de

la Seine et les affluents pour les anguilles en phase de colonisation ; 2) **zone d'accueil et de croissance** des anguilles du stade civelle jusqu'à l'âge adulte ; et 3) **zone de transit** pour les anguilles en dévalaison qui iront rejoindre la zone de ponte en mer. L'estuaire de la Seine et ses affluents sont donc en première ligne pour soutenir la production d'anguilles et la qualité des habitats (e.g. surface disponible, accessibilité, qualité trophique, contamination chimique) est déterminante dans l'accomplissement du cycle de vie de l'espèce.



D'après Migrateurs Rhône-Méditerranée
Ressources cartographiques : www.natureearthdata.com/

➔ Répartition et cycle biologique de l'anguille européenne

Des effectifs faibles par rapport au potentiel du bassin de la Seine

Plusieurs acteurs du territoire acquièrent de la connaissance sur la présence de l'anguille en estuaire de Seine, alliant des campagnes de suivi et des projets de recherche. « *Bien que disparates et pas toujours comparables, ces informations ont pu être compilées pour proposer un premier bilan de la présence de l'anguille en Seine* » explique Nils Teichert, chercheur au Muséum National d'Histoire Naturelle et auteur d'une synthèse sur le sujet.

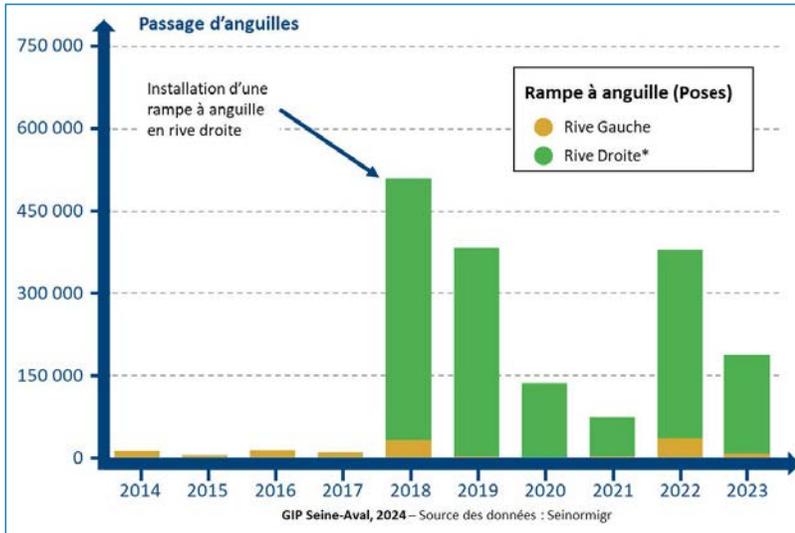
Des barrages équipés de rampes à anguilles

Dans l'estuaire de la Seine, l'anguille est présente à tous les stades de vie continentaux (civelle, anguillette, anguille jaune et argentée), avec une majorité d'anguilles jaunes immatures âgées de 3 à 4 ans. Cette espèce est observée dans tous les habitats de l'estuaire, que ce soit dans le lit mineur de la Seine et de ses affluents ou dans les zones latérales comme les marais ou les fossés. Les abondances sont très variables. Néanmoins, les anguilles présentent des densités plus faibles dans le secteur amont de Rouen en regard du secteur aval. Dans ce dernier, les individus en phase de colonisation sont prépondérants, alors que la population en amont de Rouen se compose d'individus plus âgés. A noter également, la présence de fortes densités d'anguilles dans les marais endigués à l'embouchure, dans les filandres et dans les réseaux de fossés, preuve de la capacité de cette espèce à coloniser les habitats latéraux. Grâce aux suivis menés sur les rampes à anguilles qui équipent les barrages de navigation, on observe que le recrutement de l'anguille en estuaire de Seine présente une variabilité interannuelle assez importante. Il est cependant considéré comme faible par rapport à la capacité d'accueil du bassin. « *L'efficacité du piégeage des anguilles à Poses est liée au fonctionnement du barrage, no-*



© Seinemigr

➔ Rampe à anguille accolée au barrage de Poses



🔄 Bilan migratoire des anguilles à Poses (*rampe à anguille installée en rive droite en 2018)

tamment de la gestion des vannes, et ne couvre pas le passage des anguilles par les écluses. Malgré cette incertitude on estime que le recrutement est assez stable sur les dernières années, bien loin des

quantités historiques. Ces informations sont cohérentes avec ce qui est observé au niveau national » nous explique Sébastien Grall, en charge du suivi des poissons migrateurs à Seine-Normandie Migra-

teurs. En parallèle, une baisse des anguilles sédentaires est observée en amont de l'estuaire et sur les affluents depuis 2010 (diminution proche d'un facteur 2 du nombre d'anguilles adultes en capacité de se reproduire). Ces données mettent en évidence un non-remplacement des individus matures partis vers la mer ou morts sur la zone de croissance, avec un **renouvellement insuffisant de la population pour maintenir des densités stables.**

Producteurs de données sur l'anguille en estuaire de Seine : AESN, CSLN, Fédérations de pêche du 27 et 76, HAROPA PORT, MNHN, PNRBSN, RNNES, Seinormigr.

Une population fragilisée par des pressions multiples et variées



Bien que présente en estuaire de Seine, la population d'anguille est soumise à différents stress pouvant compromettre le succès de sa migration ou limiter sa croissance. La présence de barrages sur la Seine et les affluents **limite la connectivité longitudinale** du réseau hydrographique, et ce, malgré la mise en place de dispositifs de franchissement. Les milieux connexes comme les marais, les mares ou les vasières sont eux souvent cloisonnés ou déconnectés de la

Seine, ce qui empêche ou retarde l'accès des anguilles vers ces habitats. Associée à une diminution de leur surface, la **perte d'accessibilité aux habitats latéraux semble être l'une des causes majeures du déclin de la population d'anguille dans l'estuaire de la Seine.** L'état de santé des anguilles est également altéré par la contamination chimique, avec par exemple une **bioaccumulation forte de polluants** comme les PCB ou les métaux, qui dépassent les normes sanitaires fixées pour la consommation de ces poissons. Enfin, des **pathologies parasitaires** ont été observées, avec la présence de nématodes (*Anguillicola crassus*) se fixant sur la vessie natatoire des individus et limitant leur capacité de nage. L'état sanitaire des individus n'est cependant pas régulièrement évalué. Le peu de données disponibles en termes d'imprégnation chimique, de pathologie et de parasitisme ne permet pas d'évaluer l'impact de ces perturbations sur le renouvellement des populations.

2008 : 1^{er} arrêté d'interdiction de la pêche à l'anguille dans l'estuaire de Seine

Un stress pour les organismes aquatiques



dardisés et homogènes (e.g. outils de pêche, période) pour suivre les grands types d'habitats et évaluer l'état de santé de la population. Quant à la mesure de l'abondance de civelles qui arrivent en estuaire, elle permettrait d'évaluer plus finement l'importance de l'estuaire dans la production d'anguille. Enfin, la question de l'accessibilité, de la disponibilité et de la fonctionnalité des habitats latéraux de l'estuaire de Seine pour soutenir la fonction d'installation et de croissance des anguilles ressort comme centrale.

Suite à ce bilan et pour répondre à ces questions, un projet de recherche porté par le MNHN est lancé en 2024 dans le cadre du programme Seine-Aval (projet soutenu financièrement par l'Etat via le fonds vert). « Ces nouvelles connaissances devront nous permettre de **proposer des préconisations d'amélioration des pratiques de restauration et de gestion des habitats de la vallée de Seine pour l'anguille** » conclut Ivan Mirkovic, responsable technique à la Fédération de pêche de Seine-Maritime.

Le bilan des connaissances disponibles sur les anguilles en estuaire de Seine met en exergue la **difficulté à croiser des données acquises dans différents contextes** pour appréhender l'état de santé de la population et identifier

les leviers prioritaires d'amélioration de la qualité d'accueil de la vallée estuarienne. Pour améliorer notre évaluation spatio-temporelle des populations d'anguilles de l'estuaire, il semble ainsi nécessaire de partager des protocoles stan-

Glossaire

Au cours de sa vie, l'anguille se métamorphose trois fois, pour passer d'une larve **leptocéphale** au stade **civelle** et **anguillette**, puis **anguille jaune** et **argentée**.

Abréviations

AESN : Agence de l'Eau Seine-Normandie

CSLN : Cellule de Suivi du Littoral Normand

MNHN : Museum National d'Histoire Naturelle

PNRBSN : Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normande

RNNES : Réserve Naturelle Nationale de l'Estuaire de la Seine

Seinormigr : Seine Normandie Migrateur



Plus d'infos

Olivry M., Teichert N., Trancart T., Carpentier A., Acou A., Muntoni M., Bacq N. et Feunteun E., 2023. **Projet REEL : Renforcement des connaissances sur l'anguille européenne au service de la restauration des habitats de l'estuaire de la Seine**. Programme Seine-Aval 7. MNHN, Station Marine de Dinard, GIP Seine-Aval. 99p.



<https://www.seine-aval.fr/projet/reel>

La continuité écologique longitudinale de la Seine pour les poissons migrateurs

La continuité écologique consiste à permettre la libre circulation des organismes aquatiques dans les cours d'eau, l'accès aux habitats pour qu'ils réalisent leur cycle de vie et le bon transit des sédiments. Améliorer et restaurer cette continuité est un enjeu majeur pour préserver la biodiversité et accompagner la recolonisation progressive des bassins versants par les espèces historiquement présentes.

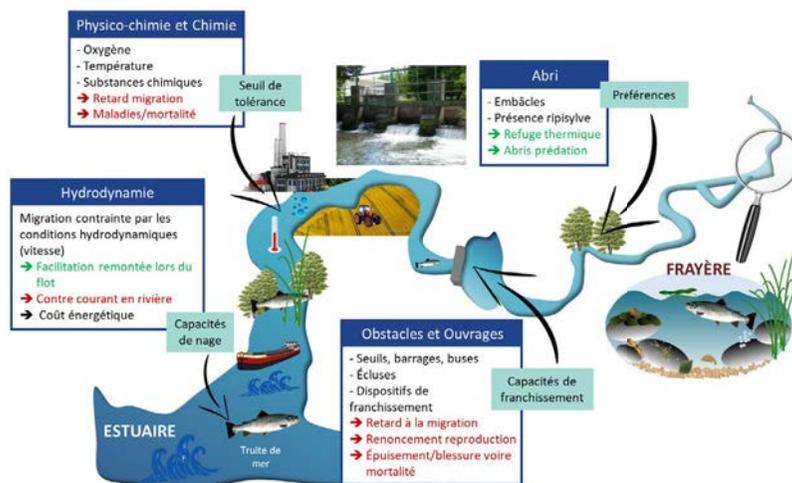
Quelle est la continuité écologique actuelle de la Seine ? Comment les poissons migrateurs se déplacent-ils ? C'est grâce à la mise en œuvre de divers dispositifs de suivi que les scientifiques ont pu mieux connaître les comportements migratoires des poissons présents en Seine et fournir des arguments scientifiques pour accompagner l'amélioration de cette circulation.

Une migration coûteuse en énergie pour les poissons

Pour les poissons migrateurs qui remontent les cours d'eau pour aller se reproduire, le coût énergétique d'un tel voyage est important. Il dépend de plusieurs facteurs qui peuvent augmenter ou diminuer la dépense d'énergie pour le poisson. Ainsi, profiter de la marée montante pour franchir les estuaires limite les dépenses d'énergie. La présence de végétation sur les berges, d'embâcle ou d'une arrivée d'eau fraîche est également positive, en fournissant une protection face aux prédateurs, des zones de repos ou des refuges thermiques. A l'inverse, **un courant fort ou la présence d'ouvrages pour la navigation (barrages) engendrent d'importantes dépenses d'énergie liées à la nage ou au blocage des individus** lors du trajet migratoire. A ces **barrières physiques**, plus ou moins perméables, il faut ajouter des **barrières dites physico-chimiques ou chimiques**. « La

présence de contaminants chimiques, une trop faible oxygénation ou une température trop élevée diminuent la capacité de nage et de franchissement des obstacles

pour les poissons, pouvant aller jusqu'à un échec de la migration ou même à leur mort » nous explique Céline Le Pichon, spécialiste des poissons à l'INRAE.



➡ Facteurs qui influencent la migration des poissons

Les obstacles, l'artificialisation des berges et la pollution des eaux sont ainsi les principaux facteurs qui expliquent la baisse des effectifs d'espèces migratrices engagée dès le milieu du XIX^e, allant jusqu'à leur quasi-disparition dans les années 1960 à 1970. Dès le début du XX^e siècle, divers acteurs se mobilisent pour restaurer la libre circulation des poissons migrateurs. **Cette question n'est donc pas nouvelle en Seine et elle s'est renforcée grâce à une volonté croissante de la société de préserver la Nature.** Les associations de protection des poissons migrateurs, en coordination avec l'État et les scientifiques, mettent en place progressivement de telles mesures et, **depuis les années 2000, on observe une phase de recolonisation par les poissons migrateurs sur la Seine et ses affluents.** C'est l'amélioration globale de la qualité de l'eau depuis les années 1990 et la mise en place d'ouvrages de franchissement des barrages, telles les passes à poissons qui expliquent le retour de quelques grands migrateurs comme le saumon atlantique, la



➔ Barrage de Martot (confluence Eure/Seine) effacé en 2017

lamproie marine ou la grande alose. Cependant, les diverses représentations du cours d'eau et les compréhensions variables des enjeux de la continuité écologique

par les usagers, continuent d'être source d'opposition et de conflits d'usages lorsque des projets de restauration émergent.

Des ouvrages de navigation difficiles à franchir

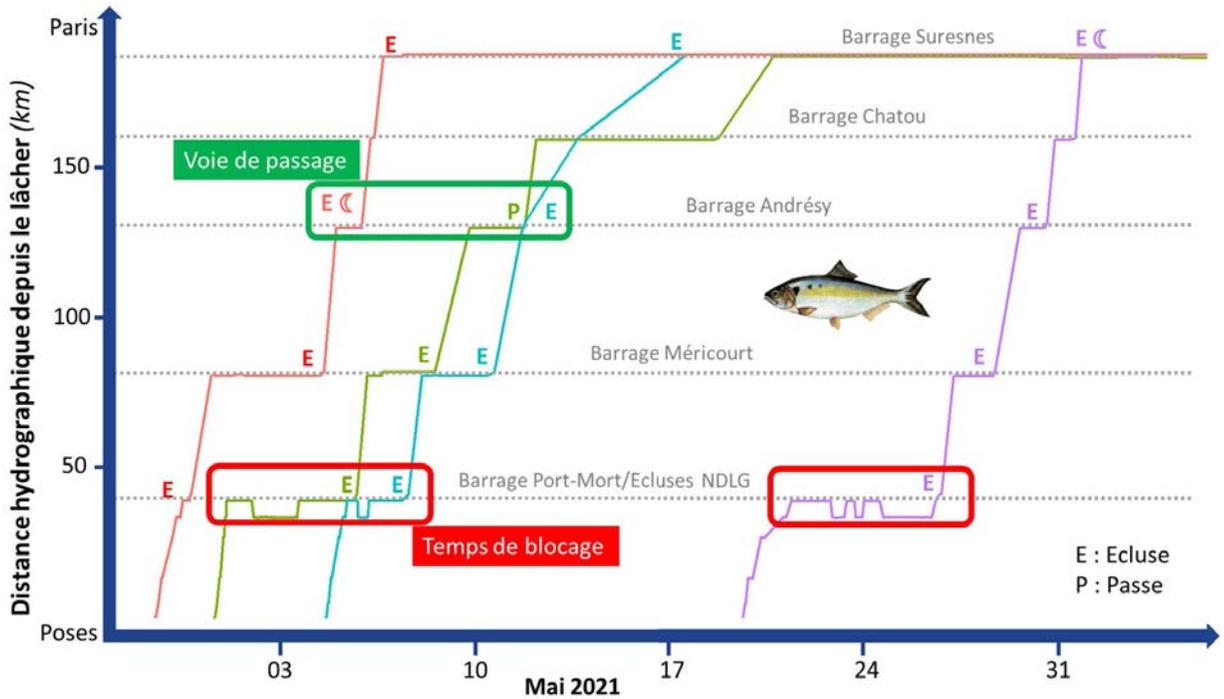
Pour étudier le déplacement des poissons, les scientifiques ont équipé plusieurs individus d'émetteurs acoustiques. Leurs passages au droit de bouées réceptrices placées en Seine entre Poses et

Suresnes ont ainsi pu être détectés. Ceci nous éclaire sur le déplacement des poissons et le franchissement des ouvrages. Les résultats indiquent que ces derniers sont difficiles à franchir, la majorité des poissons marqués ne passant pas le premier ouvrage qui se présente à eux. Les aloses qui arrivent jusqu'à Suresnes et remontent aussi vers l'Oise, utilisent en partie les écluses pour remonter la Seine. Pour l'aloise et la lamproie marine, **les barrages équipés de passes à poissons sont toujours des sources de retard à la migration, voire de blocage et de renoncement au franchissement.** A noter que les espèces résidentes, comme le barbeau fluviatile, ne le sont pas tant que ça, avec une grande mobilité observée entre Poses et Port-Mort.



➔ Mise en place d'un émetteur acoustique sur un poisson

Vitesse de nage en montaison :
entre 0,3 et 5,6 km/h pour les aloses ;
0,7 à 2,5 km/h pour les lamproies marines ;
0,3 à 1 km/h pour le barbeau

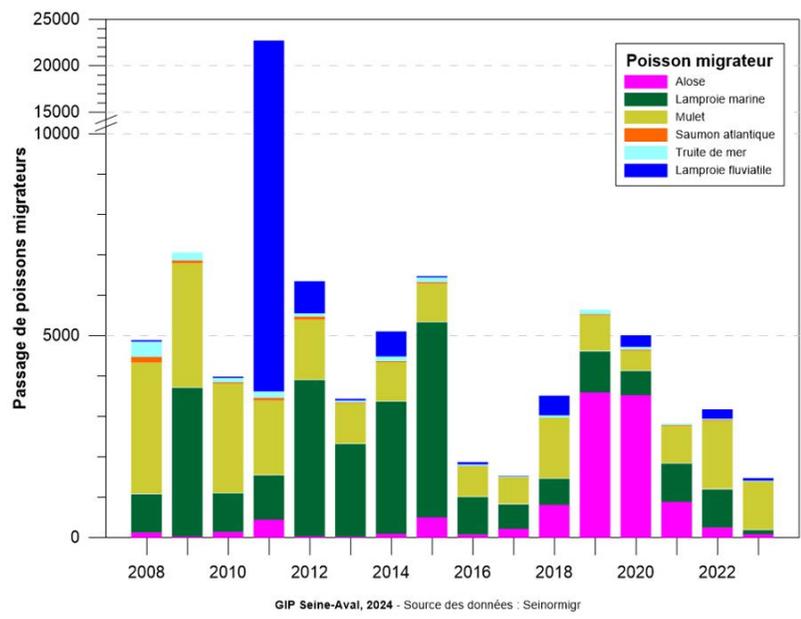


↳ Parcours des aloses ayant franchi les 5 barrages en amont de Paris (4 aloses sur 19) - Le Pichon et al., 2024 - Projet CONSACRE

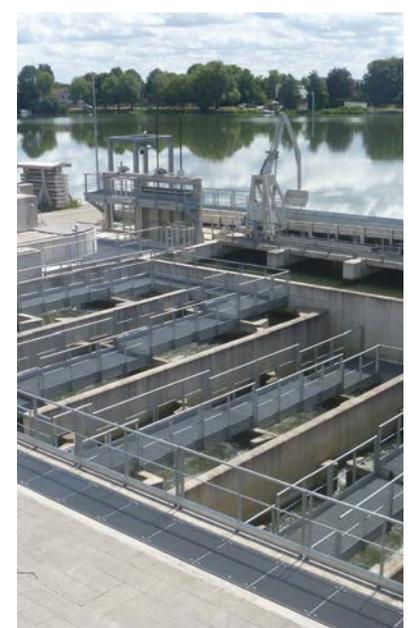
Le décompte des poissons migrateurs au niveau des chambres de vidéo-comptage qui équipent les passes à poissons placées au niveau de barrage de Poses permet de compléter cette vision. Avec un recul de quelques années, on observe **quelques dizaines de**

saumons, quelques centaines à quelques milliers de lamproies et d'aloses annuellement. Ces chiffres restent faibles et bien en-deçà du potentiel du fleuve. « Le comportement migratoire est propre à chaque espèce, avec des passages principalement guidés

par les heures de la journée, la marée et les conditions hydro-climatiques saisonnières » nous explique Sébastien Grall, en charge du suivi des poissons migrateurs Seine-Normandie Migrateurs



↳ Observation des passages des poissons migrateurs à Poses



↳ Passe à poissons de Poses

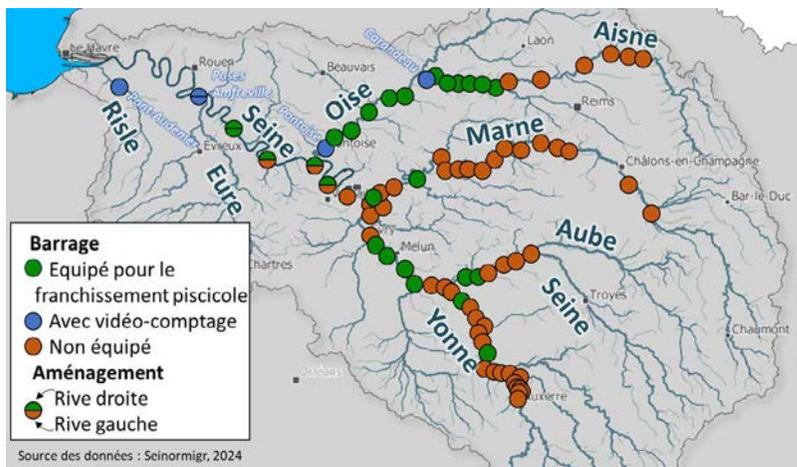
Des fronts de colonisation qui progressent

Ces dernières années, des actions de restauration de la continuité écologique ont été menées par les acteurs de la gestion des milieux aquatiques, notamment sur l'Eure (arasement du barrage de Martot en 2017), la Risle (aménagement de l'ouvrage de la Madeleine en 2022) ou la Seine (seconde passe à poissons à Poses en 2018). En conséquence, les **linéaires accessibles aux migrateurs augmentent** : le front de colonisation est par exemple de 13 km sur l'Andelle et de 38 km sur l'Eure pour la lamproie marine en 2020.

L'accessibilité aux frayères a également été modélisée sur quelques affluents de la Seine, pour la situation actuelle et en appliquant des scénarios d'effacement ou d'aménagement d'ouvrages. C'est l'Andelle qui présente les meilleures conditions actuelles d'accès aux frayères pour la truite de mer et la lamproie marine, avec des gains importants en cas de restauration de la continuité écologique. Des gains sont également attendus pour l'Austreberthe ou l'Eure, en cas d'effacement des seuils plus ou

moins proches de la confluence qui rendent aujourd'hui les frayères quasi inaccessibles pour ces affluents. En amont de Poses, la difficulté d'accessibilité des frayères est liée aux conditions de débit, d'oxygénation et de température défavorables, modulée par la période de migration de chaque espèce. « **Ces quelques observations démontrent l'inté-**

rêt de travailler à la fois sur la poursuite de l'amélioration de la qualité de l'eau du fleuve et des affluents, sur la fonctionnalité des passes à poissons existantes, mais aussi sur l'effacement d'ouvrages ou leur équipement pour le franchissement, afin d'augmenter les surfaces de frayères accessibles » nous résume la scientifique.



↳ Equipement des barrages du bassin de la Seine en ouvrages de franchissement piscicole et vidéo-comptage

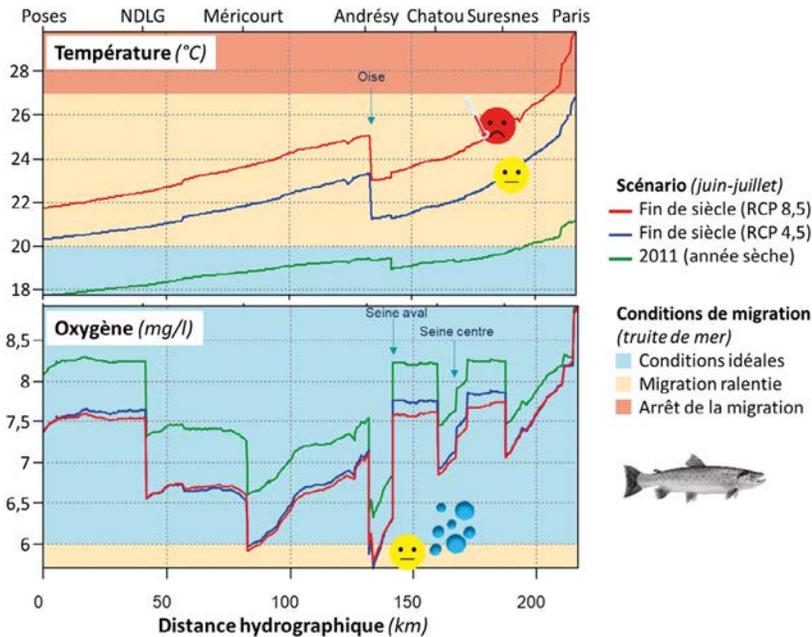
Une température de l'eau qui va devenir problématique



La modélisation des parcours migratoires prenant en compte les différentes contraintes comme la vitesse de courant, la présence d'ouvrages transversaux, la température ou l'oxygénation permet

d'évaluer le poids de ces facteurs dans le succès de la migration. Les résultats montrent que **la difficulté à traverser l'estuaire varie selon les espèces et leur période de migration**. Alors que

l'alose, la lamproie (au printemps) et la truite de mer (en automne) utilisent le flot pour réduire les distances, la remontée de l'estuaire est plus difficile pour la truite de mer (en été) du fait de la contrainte de la température (>20°C). **Sur la partie fluviale, la présence de contraintes fortes sur le fleuve (ouvrages, température, oxygène) peut multiplier jusqu'à 10 la difficulté de migration !** Avec le changement climatique et l'élévation de la température de la Seine, on peut s'attendre à une réduction du nombre de jours favorables à la migration des espèces les plus sensibles à la température, notamment les salmonidés comme la truite de mer ou le saumon qui auront de plus en plus de mal à se reproduire dans le bassin de la Seine.



➡ Conditions de migration pour la truite de mer selon différents scénarios de température et d'oxygénation de l'eau - Flipo et al., 2024 - Projet CONSACRE

Des pistes pour améliorer l'efficacité du parcours migratoire des poissons

La complémentarité des approches mises en œuvre pour étudier la continuité écologique piscicole de la Seine a permis de réaliser un état des lieux des enjeux actuels et à venir. Les résultats du projet CONSACRE ont aussi renforcé l'intérêt des mesures déjà engagées pour améliorer l'efficacité du parcours migratoire et favoriser la reproduction des poissons migrateurs :

1. Gestion du franchissement des ouvrages de navigation : maintenir le bon fonctionnement des ouvrages par un entretien adapté, faire évoluer les règles de gestion pendant les périodes

migratoires, favoriser diverses voies de passage et leur complémentarité ;

2. Connaissances des lieux de reproduction : favoriser la préservation et la restauration d'habitats favorables en aval des ouvrages ou sur des affluents accessibles, caractériser les zones colonisées par des individus matures pour identifier les frayères potentielles ;

3. Qualité des eaux : prévenir les pollutions accidentelles ; développer des refuges thermiques (e.g. ombrage) et des zones de réoxygénation ;

4. Liens entre usagers de la rivière et cette dernière : accompagner les opérations de restauration par une médiation dédiée aux usagers, rendre visible et accessible la vie aquatique par des supports pédagogiques.

Au-delà du travail scientifique, les démarches menées sur la continuité écologique ont contribué au dialogue et au partage d'une vision commune des différents acteurs concernés. Elles devraient permettre d'optimiser l'existant et d'améliorer la continuité écologique de la Seine et de ses affluents.

Projet Zone Atelier Seine, financé avec le concours de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, de la Région Normandie et de la Région Île-de-France dans le cadre du CPIER Vallée de Seine

 Plus d'infos



Le Pichon C. (coord.), 2024. **CONSACRE : Continuité écologique et poissons en Seine.** Fascicule ZA Seine, 73p.



<https://www.seine-aval.fr/projet/consacre/>

Immersion en 3D dans la vallée de Seine Normande : les données LIDAR

La technologie *LIDAR** a vu le jour au début des années 1960 pour des applications militaires, puis spatiales. C'est avec le développement du GPS et de la communication satellite à la fin des années 1990, que son utilisation s'est démocratisée. Cette technologie a aujourd'hui fait sa place dans de nombreux domaines, notamment celui de l'archéologie, en rendant visibles des vestiges jusqu'alors inconnus.

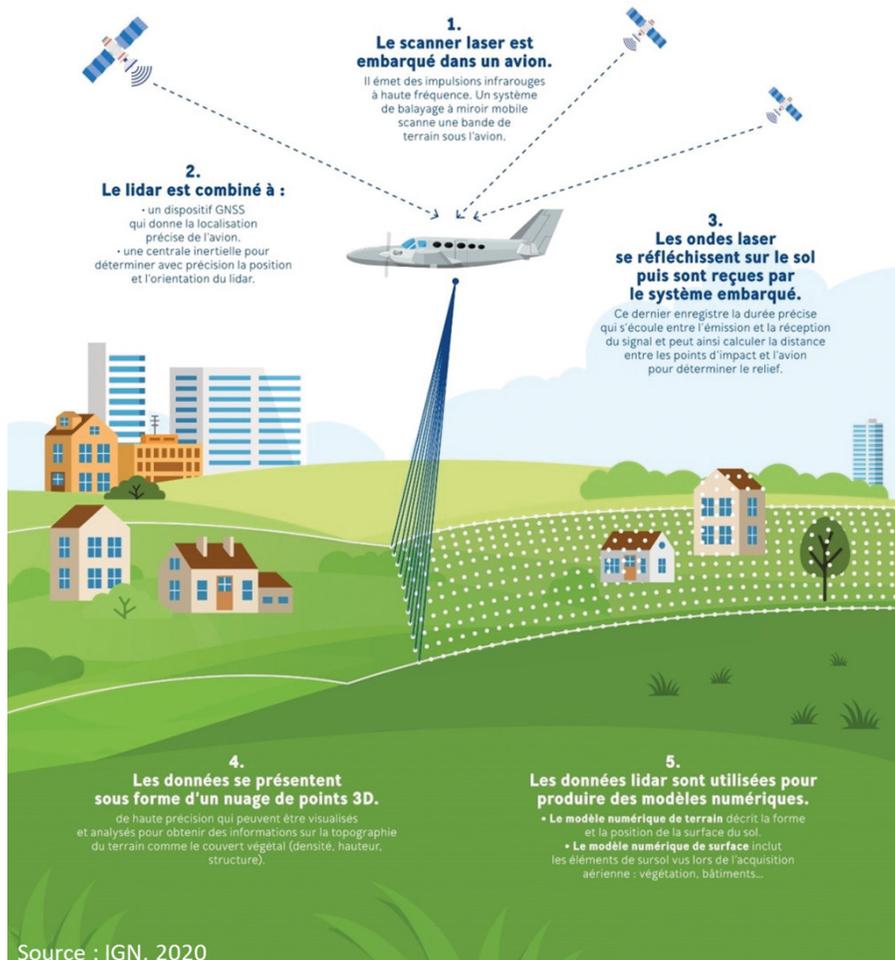
Comment cette technologie peut aider à la gestion environnementale de l'estuaire de la Seine ? Comment l'utiliser et quelles en sont les limites ? C'est grâce à sa mise en œuvre qu'une cartographie 3D de la vallée de la Seine normande est aujourd'hui disponible et utile à de nombreux acteurs.

Des besoins de suivi topographique à l'échelle de l'estuaire

La topographie se définit par la mesure et la représentation sur un plan ou sur une **carte des formes du terrain** (e.g. relief, hydrographie), ainsi que des éléments qui s'y trouvent (e.g. bâtiments, arbres). Appliquée à la vallée de la Seine, cette science permet de produire une information nécessaire pour de nombreux domaines de l'action publique. Elle est à la base de nombreuses disciplines et peut par exemple

aider à la prévention des **risques inondation**, à la gestion des **zones humides**, permettre le suivi de la **végétation de la forêt**, caractériser des **sites archéologiques**, et donc plus généralement aider à la **gestion du territoire**. Disposer d'une donnée fiable, actualisée et à haute-définition à l'échelle de la vallée de la Seine revêt ainsi un enjeu d'importance pour de nombreux acteurs. « *Nous nous sommes saisis de ce besoin pour*

programmer une campagne d'acquisition topographique haute définition de la vallée de Seine Normande, en partenariat avec la Métropole Rouen Normandie (MRN) et le Syndicat Mixte de Gestion de la Seine Normande (SMGSN) » nous explique Nicolas Bacq, coordinateur technique et scientifique du GIP Seine-Aval. Cette campagne a également permis d'actualiser les données précédemment acquises en 2011.



➡ Fonctionnement de la technologie LIDAR

Pour ce faire, c'est la **technologie LIDAR** qui a été choisie. Cette technique de télédétection utilise des faisceaux laser pour mesurer des distances : la mesure du temps entre l'émission d'un signal laser, sa réflexion sur la surface terrestre et sa réception depuis une position connue, permet de **produire des données en trois dimensions**. Acquisées par des

moyens aéroportés pour couvrir rapidement de grandes surfaces, ces informations renseignent sur la topographie du terrain et des éléments du sursol, comme le couvert de végétation ou encore le bâti avec une précision très élevée, de l'ordre de quelques centimètres. Le signal ne traversant pas l'eau, ce système d'acquisition ne permet pas d'obtenir de

données dans les environnements aquatiques, même si dans certains environnements littoraux, des systèmes spécifiques sont mis en œuvre pour acquérir des informations sous la surface de l'eau. Ils ne sont cependant pas adaptés aux milieux estuariens en raison des fortes turbidités rencontrées.

Des campagnes menées en 2022

En mars et mai 2022, un avion a survolé la vallée de la Seine normande, englobant les coteaux, les terrasses, la plaine alluviale et les zones riveraines de la Seine, de Vernon à la mer. A son bord, un système LIDAR a permis l'acquisition de points positionnés en 3 dimensions à haute résolution, ainsi que des orthophotographies. **La chronologie de vol a été complexe à définir et à mettre**

en œuvre, car de nombreux paramètres entraient en ligne de compte. Pour caractériser au mieux les zones intertidales, ces dernières devaient être découvertes lors du survol de l'avion. Le coefficient de marée était donc à considérer et l'avion devait suivre la marée basse : pas évident quand on vole à 300 km/h ! La saison était également déterminante pour que le couvert végétal soit le moins

CHIFFRES CLEFS

Campagnes LIDAR :

8 journées d'acquisition (mars et mai 2022)

+ 2000 km² couverts

+ 20 points/m²

~5 cm de précision altimétrique

2 téraoctets de données

important possible et permettre au laser d'atteindre le sol. L'hiver semblait donc idéal, mais les jours sont plus courts et le couvert nuageux plus important, limitant les possibilités d'acquisition. Disponibilité et réactivité ont donc été de rigueur !

Une fois l'acquisition menée, il a fallu valider la donnée pour s'assurer de sa précision. Pour cela, deux étapes se sont succédé. Tout d'abord, la cohérence entre les données des différentes bandes de vol a été vérifiée et corrigée si besoin, c'est le **calage relatif**. Les valeurs d'altitude mesurées ont ensuite été comparées à des mesures réalisées au sol par un géomètre, puis ajustée si besoin : c'est le **calage absolu**.

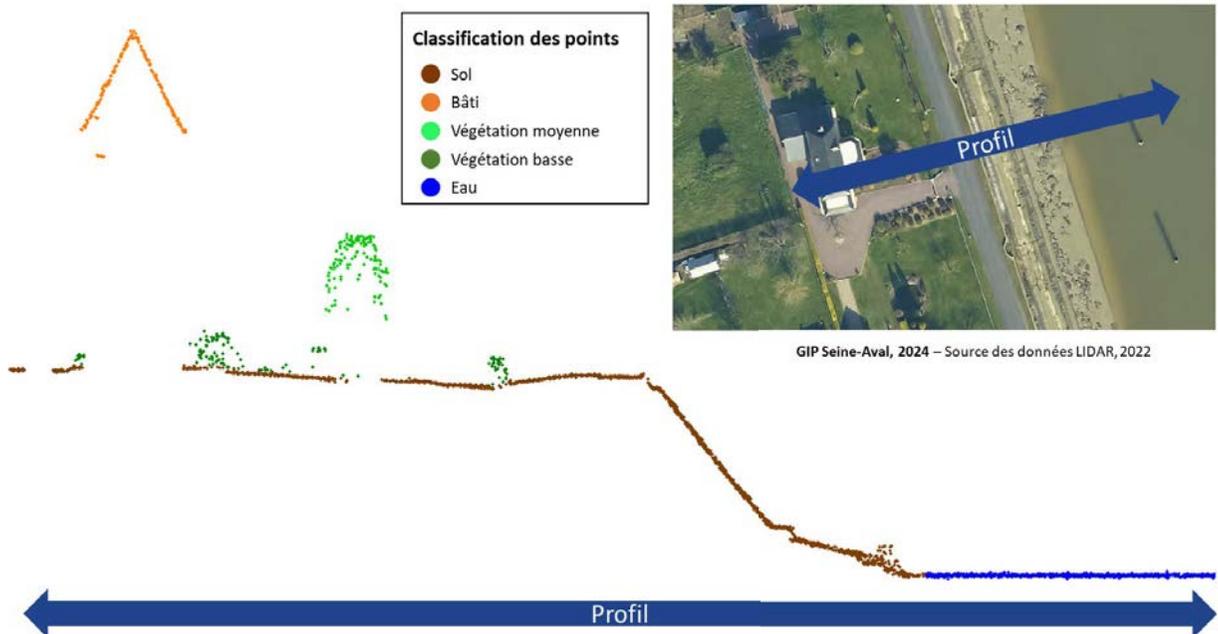
Grâce aux différentes longueurs d'ondes enregistrées et leurs géo-références en trois dimensions, une classification a été réalisée. En effet, la lumière du laser est filtrée par les différents objets composant le *sursol**. Avec la hauteur des points par rapport au sol, ceci permet de définir à quel type d'élément correspond chacun des points acquis (sol, bâti, végétation, eau).



Visualisation de l'orthophotographie et de la donnée LIDAR

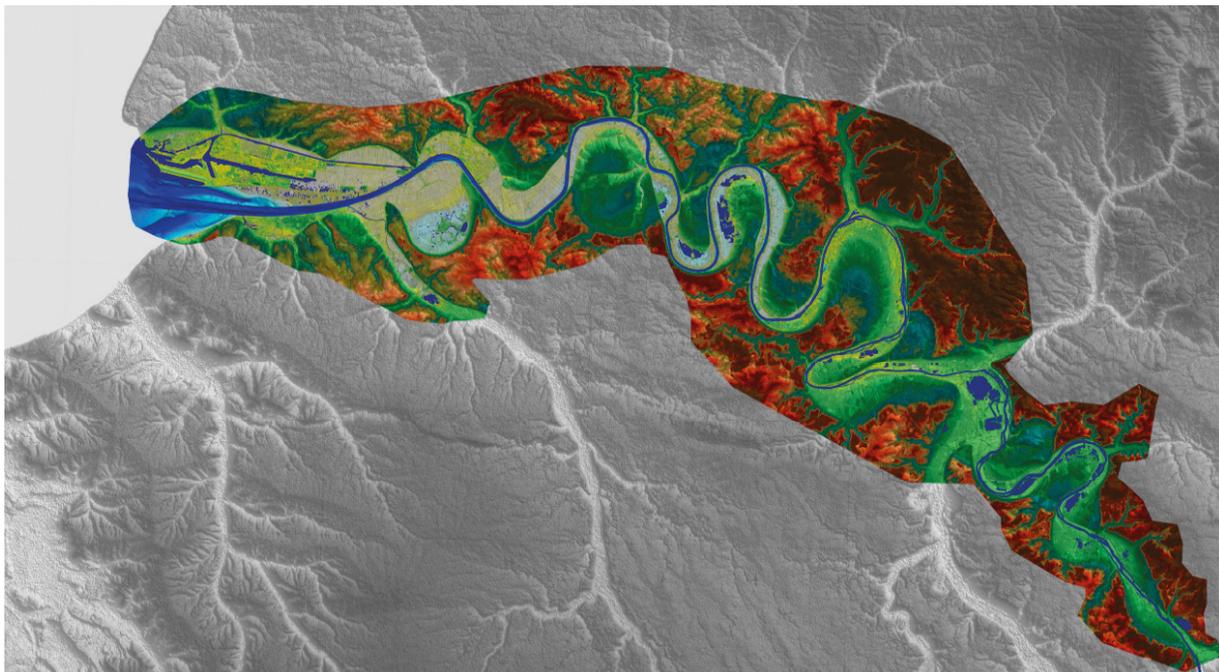
Les murets présents en bord de Seine ont fait l'objet d'une attention particulière au regard de l'intérêt de cette information pour la gestion du risque inondation. Il a alors été possible d'obtenir une représentation du sol brut (i.e. MNT : Modèle Numérique de Terrain), une représentation du sursol (i.e. MNE : Modèle

Numérique d'Élévation), ainsi qu'une classification des différents points. Le contrôle qualité opéré permet d'avertir l'utilisateur sur des limites d'utilisation (e.g. confusion de petits bâtis ou de la végétation basse avec le sol, délimitation des zones en eau avec de la végétation aquatique).



GIP Seine-Aval, 2024 – Source des données LIDAR, 2022

Exemple d'un profil obtenu en bord de Seine, avec les points classés



↳ Topo-bathymétrie de la vallée de la Seine

Une donnée mobilisée pour de nombreuses études

Diverses utilisations de cette donnée sont d'ores-déjà en cours au sein de la communauté scientifique Seine-Aval, que ce soit pour la mise à jour des modèles d'inondation, l'identification de zones potentielles de restauration, la délimitation des zones humides, la caractérisation des berges de la Seine et des ouvrages présents, l'identification du réseau de fossés dans le lit majeur, la compréhension de la dynamique des macrodéchets, ou encore la caractérisation des filandres à l'embouchure. Cette donnée a également été transférée à de nombreux acteurs de l'estuaire (e.g. collectivités locales, services de l'Etat, organismes de recherche, bureaux d'études,

Glossaire

LiDAR : Light Detection And Ranging (détection et télémétrie par la lumière)

Le **sursol** correspond au relief du terrain situé au-dessus du sol, principalement constitué de la végétation, des bâtiments et des ouvrages d'art.

associations), avec une diversité de thématiques d'utilisation très large (e.g. hydraulique, écologie, aménagement, archéologie, enseignement, communication, art). Les applications associées à cette donnée nous réservent encore quelques surprises !

La donnée LIDAR est disponible sur demande et son utilisation est libre de droit.

Etude financée avec le concours du Syndicat Mixte de Gestion de la Seine Normande et de la Métropole Rouen Normandie

50 demandes d'accès à la donnée LIDAR sur les 12 derniers mois

 Plus d'infos



GIP Seine-Aval, 2023. **Topographie haute-résolution de la vallée de la Seine Normande – Données LiDAR et ortho-photographies 2022.** Rapport d'étude 42p.



<https://www.seine-aval.fr/actu-lidar2023/>



Conception : www.partenairesdavenir.com

Rédacteur en chef : Cédric Fisson
Contribution et relecture : équipe du GIP Seine-Aval, Anik Brind'Amour, Sylvain Duhamel, Sébastien Grall, Céline Le Pichon, Ivan Mirkovitch, Michèle Tackx, Nils Teichert, Benoit Xuereb
Crédits photos : GIP Seine-Aval, sauf mention contraire.

GIP Seine-Aval

Hangar C - Espace des Marégraphes
CS 41174 - 76176 ROUEN Cedex 1
☎ 07 45 03 46 36

✉ gipsa@seine-aval.fr 🌐 www.seine-aval.fr 🌐 [@gipseineaval](https://www.linkedin.com/company/gipseineaval)

