

Les vasières, des milieux clefs pour l'écosystème estuarien

Les estuaires sont des milieux très productifs qui permettent à de nombreuses espèces de poissons, d'oiseaux ou de mammifères marins de se nourrir, se reproduire et se reposer. Leur alimentation repose sur une succession de maillons biologiques, dont les crustacés, les vers et les mollusques en composent un compartiment essentiel. Ces organismes sont particulièrement présents dans les vasières d'embouchure qui constituent ainsi un milieu déterminant pour tout l'écosystème estuarien.

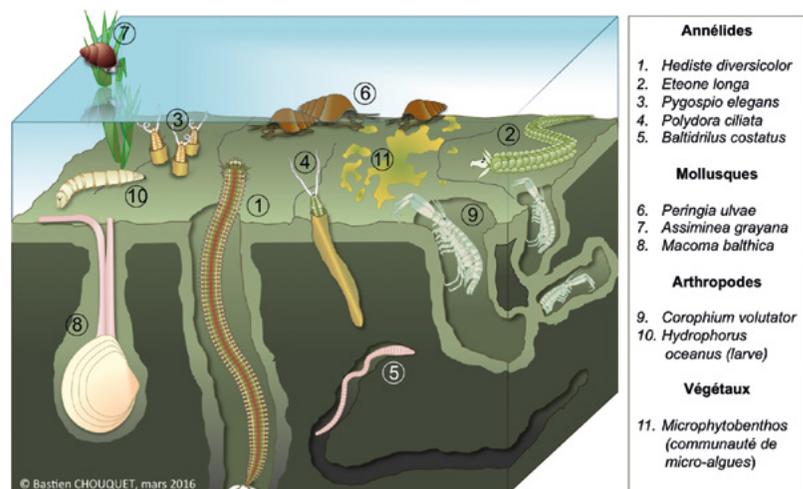
Quels sont les facteurs qui déterminent l'expression de ces différents organismes ? Comment leur présence a-t-elle évolué au cours du temps dans l'estuaire de la Seine ? C'est à travers la mobilisation de données historiques et la mise en œuvre de suivis dédiés que les scientifiques ont apporté un éclairage nouveau sur l'importance de ces communautés dans le fonctionnement global de l'estuaire de la Seine.

Une vie aquatique très riche dans les vasières à l'embouchure de la Seine

Dans les vasières de l'estuaire de la Seine, la vie est omniprésente, avec de nombreux oiseaux qui viennent se nourrir à marée basse et des poissons que l'on imagine nombreux lorsque l'eau remonte. De multiples petits invertébrés, comme des vers, des bivalves ou des crustacés sont également présents dans les premiers centimètres du sédiment : c'est le **macrozoobenthos**. Derrière ce nom, se cache une diversité d'espèces dont la **présence dépend des caractéristiques du milieu** : nature des sédiments, vitesse des courants, salinité, niveau d'oxygénation, érosion et dépôt sédimentaire, etc. « Ces organismes sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité écologique du milieu, car ils sont sédentaires et réagissent aux modifications des conditions du milieu » nous explique Sami Souissi, écologue à l'Uni-

versité de Lille et coordinateur du projet SENTINELLES. Dès lors, ils sont scrutés pour suivre et comprendre les évolutions du milieu, en lien avec le rôle fonctionnel de

cette biodiversité et les services écosystémiques qu'elle procure. Un intérêt particulier a été porté aux vasières en rive droite de l'embouchure de la Seine.



ORGANISMES PRÉSENTS DANS LES VASIÈRES D'EMBOUCHURE
Chouquet B., 2016 (CSLN)

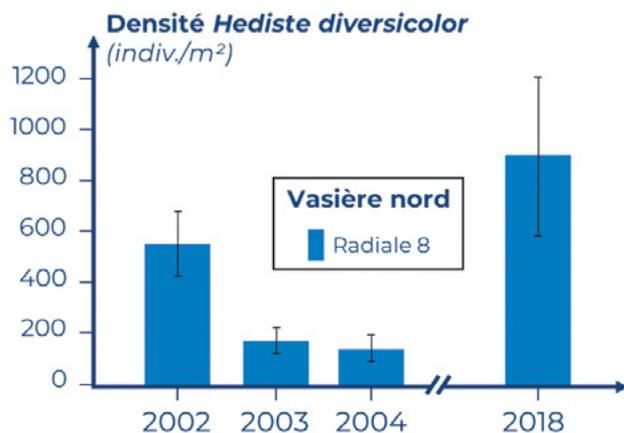
Des communautés benthiques qui évoluent au cours du temps

Pour appréhender l'évolution des communautés benthiques* dans le temps, les données de suivi acquises depuis les années 2000 dans la vasière Nord de l'embouchure de la Seine ont été mobilisées par les chercheurs. Elles ont permis de distinguer six assemblages d'espèces qui s'expriment différemment selon les sites et les années. Ces variations temporelles semblent être liées à des composantes du milieu, comme le débit de la Seine, les apports en nutriments (azote, phosphore) et la teneur en chlorophylle α^* dans l'eau ; mais aussi à des évolutions physiques liées à des aménagements. « Les très faibles niveaux d'abondance observés entre 2000 et 2004 pourraient être liés aux perturbations induites par les travaux de Port 2000 (2001-2005). En effet, pen-

dant cette période et malgré des paramètres environnementaux favorables à la macrofaune benthique, des faibles densités ont été observées » nous décrypte le scientifique. Depuis, une augmentation de la biomasse de macro-faune benthique est observée dans le secteur, ce qui peut *a priori* être interprété comme favorable à l'écosystème dans son ensemble.

Une augmentation de la biomasse de macrofaune benthique par rapport au début des années 2000

DENSITÉ MOYENNE D'HEDISTE DIVERSICOLOR À L'EMBOUCHURE DE LA SEINE – Souissi et al., 2021. Projet SA6 SENTINELLES



Les scientifiques se sont plus spécifiquement intéressés à quelques espèces, dont le ver annélide *Hediste diversicolor* qui est particulièrement présent dans les vasières à l'embouchure de la Seine. Son état de santé et la dynamique de la population avaient déjà été suivis au début des années 2000 et de nouvelles acquisitions de données en 2018 ont permis d'établir un comparatif à plus de 15 ans d'intervalle.

Les résultats montrent que l'état de santé général de la population d'*Hediste diversicolor* s'est amélioré. Les vers sont en effet plus nombreux, plus gros, grandissent plus vite et investissent plus d'énergie dans leur reproduction. Ces résultats sont encourageants et témoignent du caractère essentiel de ces milieux pour soutenir les réseaux trophiques estuariens.



Expérimentation d'ensemencement biologique dans des quadrats de 0,25 m²

Une activité de bioturbation qui influe sur l'évolution des vasières ...

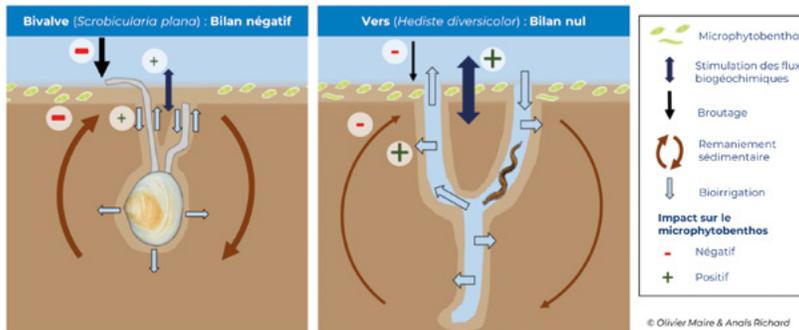
A la surface de ces vasières intertidales, il est possible d'observer de nombreux trous de terriers et des tortillons de sédiments. Il s'agit des traces de la présence d'organismes dits « bioturbateurs », comme les vers ou des bivalves, qui ont la capacité de s'enfouir dans le sédiment, de l'ingérer et de l'excréter. « Avec les collègues de 12 équipes scientifiques, nous avons étudié le rôle de ces organismes dans le fonctionnement écologique des vasières » nous explique Francis Orvain, écologue à l'Université de Caen et co-coordonateur du projet PHARESEE. Pour cela, une expérimentation originale a été menée sur deux sites de la vasière nord : elle a consisté à suivre de petits secteurs de la vasière dans lesquels ont été ajoutés des vers (*Hediste diversicolor*) ou des bivalves (*Scrobicularia plana*) pour estimer le rôle de ces organismes bioturbateurs dans l'évolution des vasières. Bien que ce soient les processus physiques et climatiques qui guident le fonctionnement sédimentaire d'une vasière et qui déterminent si elle s'érode ou si elle s'engraisse, les bioturbateurs peuvent accompagner cette dynamique sédimentaire. Avec ou sans présence de

ces organismes, des différences de quelques centimètres de hauteur de vase sont observées : les bivalves ont ainsi un rôle déstabilisateur qui favorise l'érosion de la vase, alors que les vers aident à la stabiliser. En lien avec cet impact

Les vers contribuent à la stabilisation des vasières

qui est le plus nettement visible, les chercheurs du projet PHARESEE ont cherché à identifier les effets sur d'autres variables (croissance des **microalgues benthiques***, flux de sels nutritifs à l'interface, oxygénation, production bactérienne).

... et favorise la production de microalgues



IMPACT DES BIOTURBATEURS SUR LA PRODUCTION DE MICROPHYTOBENTHOS EN CONDITIONS ESTIVALES – Orvain & Huguet, 2021. Projet SA6 PHARESEE

L'activité de bioturbation participe également au recyclage de la matière organique et à la diffusion des nutriments et de l'oxygène dans le sédiment, l'effet saisonnier (lumière et température) expliquant principalement les variations d'activité des micro-organismes et de minéralisation de la matière organique. La nature des sédiments est une autre variable qui joue sur l'intensité de ces processus, les sédiments vaseux - plus cohésifs que les sédiments sableux - limitant la photosynthèse et le développement des biofilms algaux. La **faune benthique*** peut également avoir **un rôle sur les flux de nutriments à l'interface eau/sédiment**. Ainsi, une forte densité de vers favorise le transport de l'oxygène en profondeur, ce qui stimule

les réactions microbiennes, rend plus disponibles les nutriments et *in fine* permet une plus forte croissance des microalgues présentes en surface du sédiment (le microphytobenthos). Or, ces dernières sont la principale source de nourriture pour des organismes comme les bioturbateurs. « **De par leur activité de remaniement sédimentaire et leur capacité de bioirrigation, les vers favorisent donc la production de leur propre nourriture** » nous résume Arnaud Huguet, biogéochimiste à Sorbonne Université et co-coordonateur du projet PHARESEE.

Cet ensemble de résultats, originaux en milieu estuarien, constitue un pas en avant vers la compréhension du fonctionnement des vasières d'embouchure. Ce travail a mis en évidence les interactions entre les processus physiques, biogéochimiques

et biologiques qui s'expriment au sein de ces habitats et affirme le rôle central des organismes bioturbateurs dans leur fonctionnement. « Avancer sur la compréhension du fonctionnement de ces vasières va maintenant nous permettre de **consolider les préconisations pour la restauration écologique de ces milieux clefs** pour le fonctionnement de l'écosystème estuarien » concluent les scientifiques.

Glossaire

Les **communautés benthiques** correspondent aux organismes qui vivent en lien avec les fonds aquatiques. On distingue le **phytobenthos** (végétaux) et le **zoobenthos** (animaux).

Les **bioturbateurs** regroupent les organismes qui ont la capacité de s'enfouir dans le sédiment, de l'ingérer et de l'excréter.

La **chlorophylle a** est un pigment photosynthétique caractéristique des algues, dont le suivi permet d'évaluer le développement du phytoplancton.

Plus d'infos

Souissi S. (coord.), Tackx M., Mouneyrac C., 2021. **Projet SENTINELLES : Fonctionnement des écosystèmes de l'embouchure de l'estuaire de la Seine à travers une étude interdisciplinaire ciblant le zooplancton et le macro-zoobenthos**. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6, 73 p.

Orvain F. & Huguet A. (coord.), 2021. **Projet PHARESEE : Productivité microphytobenthique des habitats intertidaux en lien avec la dynamique sédimentaire, biogéochimique et les ingénieurs d'écosystème de la faune benthique : implication pour des enjeux de modélisation et de réhabilitation des vasières de la Seine Estuarienne**. Rapport de recherche Seine-Aval 6.



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

Le plancton, témoin des changements de la qualité des eaux de l'estuaire de la Seine

Le phytoplancton* regroupe une très grande diversité d'algues microscopiques qui, par le biais de la photosynthèse, sont responsables de la production de biomasse végétale, autrement dit la production primaire. En tant que nourriture principale du zooplancton*, le phytoplancton se situe à la base des chaînes alimentaires en milieu aquatique, surtout dans le domaine pélagique*. Cependant, le développement des différentes communautés phytoplanctoniques est dépendant d'un apport équilibré en nutriments, sous peine d'engendrer des dysfonctionnements de l'écosystème, comme des désoxygénations ou des blooms algaux parfois toxiques.

© Philippe Laforge

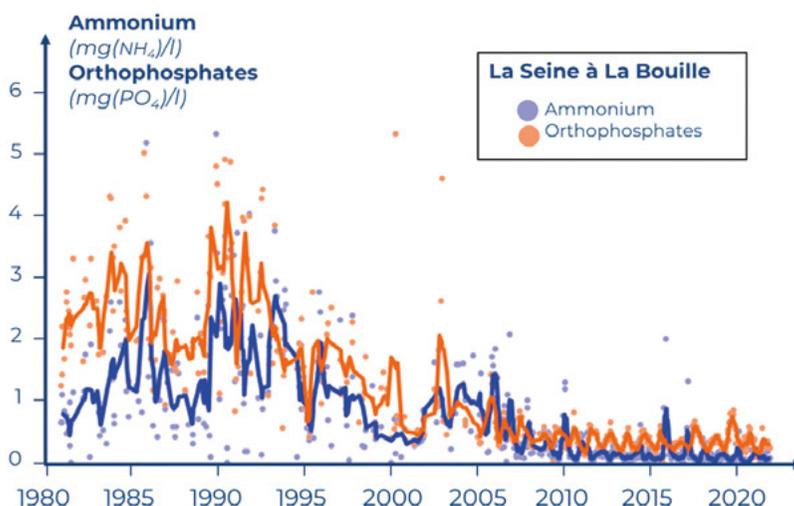
Qu'en est-il de la présence du plancton en estuaire de Seine ? Comment réagit-il face aux évolutions récentes des concentrations en nutriments dans le cours d'eau ? C'est grâce à un suivi des paramètres physico-chimiques, du phytoplancton et du zooplancton que les scientifiques ont mis en évidence des évolutions récentes dans l'estuaire de la Seine.

Des concentrations en nutriments qui évoluent favorablement

Parmi les nombreux éléments qui transitent dans les cours d'eau, les nutriments comme l'azote, le phosphore et la silice ont une place particulière car ils sont indispensables à la croissance des algues. Cependant, selon leurs concentrations et des paramètres environne-

Les concentrations en ammonium et en phosphore ont été largement réduites depuis 20 ans

mentaux comme la température, ils peuvent engendrer des changements importants dans la compo-



CONCENTRATIONS EN AMMONIUM ET ORTHOPHOSPHATES DANS LA SEINE, À LA BOUILLE - Données AESN

sition des communautés phytoplanctoniques. Ils ont également une responsabilité dans le développement d'efflorescences algales, dont certaines peuvent être toxiques et avoir des implications sanitaires en cas de consommation de coquillages contaminés (ex. *Dinophysis*).

De fortes concentrations en azote et en phosphore ont longtemps été observées en Seine, engendrant des proliférations algales en baie de Seine et des désoxygénations récurrentes en estuaire lors des périodes les plus chaudes. Les efforts de traitement et la réduction de certaines sources,

notamment urbaines, ont permis **une réduction sensible des flux à la Seine pour l'ammonium et le phosphore**, particulièrement depuis les années 2000, réduisant les effets néfastes pour l'homme et le milieu.

Une production primaire qui repart ?



➔ Mesure de la production algale lors d'une remontée de Seine

La croissance des algues phytoplanctoniques est particulièrement sensible à ces apports en nutriments, dont l'intensité et l'équilibre sont déterminants pour l'ensemble du réseau trophique. Lors de conditions favorables (éclairage, température), **le phytoplancton se développe et peut produire des efflorescences plus ou moins importantes**. Une des méthodes utilisées pour évaluer ce développement consiste à suivre un

des apports en nutriments. **Des concentrations importantes en chlorophylle a ont cependant été mesurées durant les étés 2019 et 2020 en aval de Rouen**. Des suivis spécifiques ont montré une **zone très productive entre La Bouille**

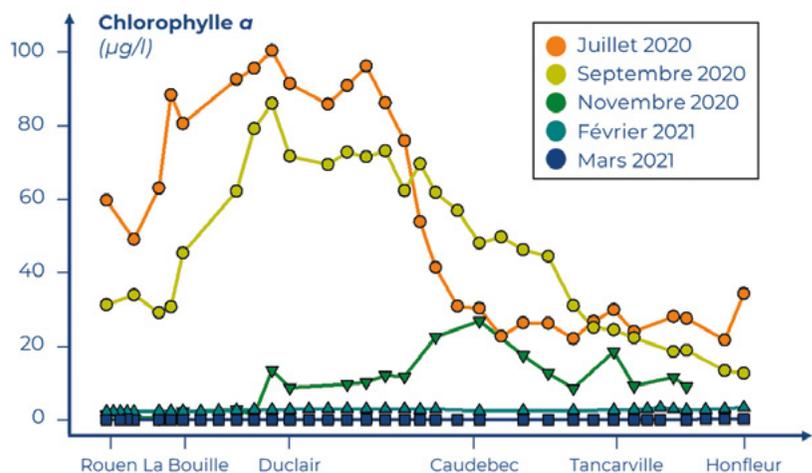
et Caudebec-en-Caux, avec une forte consommation d'orthophosphates et de silice, ainsi qu'une importante production de biomasse algale. « *Les différents indices nous montrent qu'il ne s'agit pas d'une accumulation de matière végétale potentiellement néfaste pour le milieu, mais bien à une production locale alimentant le réseau trophique* » nous précise Pascal Claquin, biologiste à l'Université de Caen Normandie. Même si la genèse de cette production n'est pas complètement élucidée, le fonctionnement hydrologique de l'estuaire et le passage de la masse d'eau dans l'agglomération rouennaise semblent déterminants. Afin de favoriser cette production primaire à l'échelle de l'estuaire de la Seine, la compréhension des processus représente ainsi un enjeu d'importance pour la restauration écologique de l'estuaire !

Des pics de chlorophylle a observés en conditions estivales à l'aval de Rouen en 2019 et 2020

pigment photosynthétique caractéristique des algues : **la chlorophylle a**. Sa concentration a été largement réduite en Seine depuis les années 2000, suite à la baisse

LES CONCENTRATIONS DE CHLOROPHYLLE a LE LONG DE LA SEINE MONTRENT DES PICS EN CONDITIONS ESTIVALES À L'AVAL DE ROUEN

Claquin et al., Projet SA6 SARTRE



Des conditions de vie favorables en eau douce pour le zooplancton

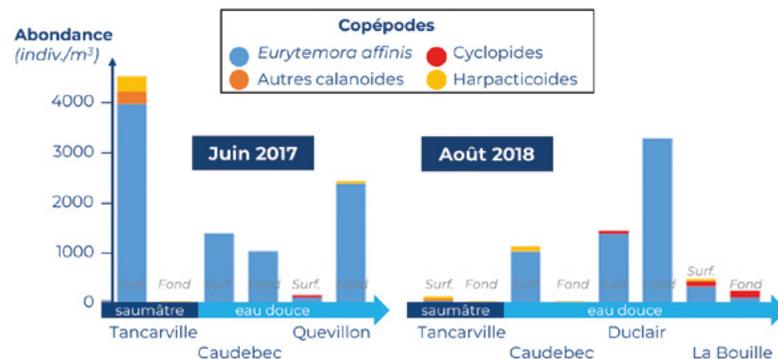


© Philippe Laforge

Cette production primaire représente une source d'alimentation pour le **zooplancton***. Avec leur capacité de nage limitée, ces petits animaux sont souvent entraînés par les courants et s'alimentent principalement de phytoplancton. Suivis depuis de nombreuses années dans la zone de gradient de salinité, leur étude a été étendue à la partie d'eau douce de l'estuaire de la Seine. **Les copépodes constituent une partie importante du mésozooplancton** (organismes entre 0.05 et 2 mm) et sont eux même fortement dominés par l'espèce *Eurytemora affinis*. Elle dépasse souvent les 1000 individus par m³ et représente 75% de la biomasse zooplanctonique à l'aval de Rouen. C'est cette même espèce qui domine la communauté zooplanctonique en eau saumâtre

Une colonisation des eaux douces de l'estuaire par le copépode *Eurytemora affinis*

et sa présence plus en amont démontre sa capacité à coloniser les eaux douces estuariennes. **Cette répartition spatiale, récente pour l'estuaire de la Seine, semble**



ABONDANCE DES COPÉPODES ADULTES OBSERVÉS EN ESTUAIRE DE SEINE - Souissi et al., 2021. *Projet SA6 SENTINELLES*

être reliée à une amélioration de la qualité des eaux. « Par un suivi régulier, long terme et multidisciplinaire dans l'estuaire de l'Escaut (Belgique), il a été montré que les teneurs en oxygène devaient dépasser 5 mg/l et les concentrations en NH₄⁺ être inférieures à 0,8 mg/l pour que cette espèce puisse se développer en abondance » nous précisent Michèle Tackx et Sami Souissi, respectivement spécialistes du zooplancton à l'Université de Toulouse et de Lille. Or, ces conditions sont observées en Seine à l'aval de Poses depuis 2010, ce qui pourrait expliquer la colonisation des eaux douces par *Eurytemora affinis* observée actuellement. Autre élément d'intérêt, leur poids est plus élevé en eau douce que saumâtre, suggérant de meilleures conditions de vie dans la partie en amont de Tancarville.

Les résultats acquis sur le phytoplancton et le zooplancton en estuaire de Seine montrent des évolutions récentes en réponse à une amélioration de la qualité physico-chimique des eaux, allant dans le sens d'une **meilleure productivité du système estuarien**. Dans un contexte de changement climatique et de volonté de restauration écologique de milieux naturels, **l'intégration de ces compartiments planctoniques dans le suivi à long terme du milieu présente un intérêt fort** pour répondre aux enjeux d'évolution de l'estuaire.

Glossaire

Le **plancton** désigne les organismes vivant en eaux douces, saumâtres ou salées et qui se déplacent de façon relativement passive dans la colonne d'eau. Il peut être végétal (**phytoplancton**) ou animal (**zooplancton**).

Plus d'infos

Souissi S. (coord.), Tackx M., Mouneyrac C., 2021. **Projet SENTINELLES : Fonctionnement des écosystèmes de l'embouchure de l'estuaire de la Seine à travers une étude interdisciplinaire ciblant le zooplancton et le macro-zoobenthos**. Rapport de recherche du programme Seine-Aval 6, 73 p.



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