



NOURSEINE : SUIVI DES NOURRICERIES DE LA BAIE DE SEINE ORIENTALE ET DE L'ESTUAIRE DE SEINE

RAPPORT FINAL

Coordinateur : Camille Vogel

Projet FEAMP-FFP 2017-2020



Titre du rapport : NOURSEINE : Suivi des nourriceries de la baie de seine orientale et de l'estuaire de seine. Rapport final. Projet FEAMP-FFP 2017-2020.

Référence interne : RBE/HMMN/LRHPB 2021-XX

Diffusion :

libre (internet)

restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ

interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ

Date de publication :

2021/01/15

Version : 1.1

Référence de l'illustration de couverture

Langue(s) :

Français

Résumé/ Abstract :

Mots-clés/ Key words : NOURSEINE, nourriceries, baie de Seine, FEAMP, plie, sole, bar, merlan

Comment citer ce document :

Vogel, C., Cariou, T., Dubroca, L., Bez, N., Brind'Amour, A., Schlaich, I., Mahé, K., Paul, C. (2021) NOURSEINE : Suivi des nourriceries de la baie de seine orientale et de l'estuaire de seine. Rapport final. Projet FEAMP-FFP 2017-2020. 18 p.

Disponibilité des données de la recherche :

Les données collectées sont en libre accès (DOI ci-dessous) et documentées dans Cariou *et al.* (2020)

DOI : <https://doi.org/10.18142/244> (campagnes); <https://doi.org/10.5281/zenodo.3695712> (données)

Commanditaire du rapport : DIRM MEMN

Nom / référence du contrat : Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) Rapport définitif**Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit** (programme européen, campagne, etc.) : Projet FEAMP NOURSEINE 2017-2020**Auteur(s) / adresse mail****Affiliation / Direction / Service, laboratoire**Camille Vogel (camille.vogel@ifremer.fr)

Ifremer/RBE/HMMN/LRHPB

Thibault Cariou (thibault.cariou@ifremer.fr)

Ifremer/RBE/HMMN/LRHPB

Laurent Dubroca (laurent.dubroca@ifremer.fr)

Ifremer/RBE/HMMN/RHPEB

Nicolas Bez (Nicolas.Bez@ird.fr)

IRD/MARBEC

Anik Brind'Amour (anik.brindamour@ifremer.fr)

Ifremer/RBE/EMH

Ivan Schlaich (ivan.schlaich@ifremer.fr)

Ifremer/RBE/HMMN/RHPEB

Kelig Mahé (kelig.mahe@ifremer.fr)

Ifremer/RBE/HMMN

Catherine Paul (catherine.paul@comite-peches-normandie.fr)

CRPMEM Normandie

Encadrement(s) :

Destinataire : DIRM MEMN

Validé par :

Contributeurs et experts associés

| NOM Prénom | Affiliation | Laboratoire | Lieu |
|-------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| BEZ Nicolas | IRD | UMR MARBEC | Sète/Nantes |
| BRIND'AMOUR Anik | Ifremer | EMH | Nantes |
| CARIOU Thibault | Ifremer | HMMN/LRHPB | Port-en-Bessin |
| CASTIGLIONE Julie | Ifremer | HMMN/LRHPB | Port-en-Bessin |
| CHANTRE Céline | Ifremer | HMMN – Pôle de sclérochronologie | Boulogne sur mer |
| COUVREUR Clémence | Ifremer | HMMN – Pôle de sclérochronologie | Boulogne sur mer |
| DUBROCA Laurent | Ifremer | HMMN/RHPEB | Port-en-Bessin |
| GENTIL Claire | Ifremer | HMMN – Pôle de sclérochronologie | Boulogne sur mer |
| LEFRANCOIS Thomas | CSLN | | Le Havre |
| MAHE Kelig | Ifremer | HMMN – Pôle de sclérochronologie | Boulogne sur mer |
| PARRAD Sophie | Ifremer | HMMN/LRHPB | Port-en-Bessin |
| PAUL Catherine | CRPMEM Normandie | | Cherbourg |
| QUEMPEL Florian | Ifremer | HMMN/RHPEB | Port-en-Bessin |
| SCHLAICH Ivan | Ifremer | HMMN/RHPEB | Port-en-Bessin |
| TETARD Xavier | CRPMEM Normandie | | Cherbourg |
| VOGEL Camille | Ifremer | HMMN/RHPEB | Port-en-Bessin |

Rapports associés

Castiglione, J. (2018) Ecologie des communautés benthiques de l'estuaire de Seine, en lien avec l'évolution de la pêcherie locale de crevette grise (*Crangon crangon*, Linnaeus, 1758). Rapport de stage M2 « Génie des environnements naturels faune sauvage et environnement », Université de Reims Champagne-Ardenne. 53 p.

Gentil et al. (2019) Protocole de préparation des otolithes de juvéniles de poissons pour l'estimation de l'âge journalier. 28 p.

Quemper F., (2020) Croissance des juvéniles de plie (*Pleuronectes platessa*) et de sole (*Solea solea*) de la nurricerie de l'estuaire de Seine. Rapport de stage de césure M1/M2. AgroSup Dijon. 23 p.

Cariou, T. (2020) Rapport d'avancement du projet de thèse NOURSEINE : Des nurriceries de la baie de Seine aux populations exploitées : approche empirique et modélisation spatio-temporelle de leurs liens statistiques. Ifremer, Port-en-Bessin. 27 p.

Sommaire

Table des matières

| | |
|---|----|
| 1. Résumé exécutif | 6 |
| 2. Rappel des objectifs généraux du projet..... | 6 |
| 3. Avancement des travaux et premiers résultats | 7 |
| 3.1. Description de l'effort d'échantillonnage et des données acquises au cours du projet | 7 |
| 3.2. Evolution de la pêcherie de crevette grise (Crangon crangon) | 8 |
| 3.3. Dynamique spatio-temporelle des juvéniles de poissons plats de l'estuaire | 9 |
| 3.4. Croissance des juvéniles de sole et de plie en estuaire de Seine | 10 |
| 4. Respect des délais initiaux, difficultés rencontrées et travaux à venir | 14 |
| 5. Publications soumises ou acceptées suite aux travaux déjà réalisés | 14 |
| 5.1. Revue de rang A | 14 |
| 6. Communications réalisées depuis le début du projet..... | 15 |
| 6.1. Article de presse | 15 |
| 6.2. Communications scientifiques | 15 |
| Présentation d'un poster : | 15 |
| Présentations orales | 15 |
| 7. Bibliographie | 15 |

1. Résumé exécutif

Les travaux engagés dans le cadre du projet NourSeine (2017-2020) ne montrent pas d'évolution notable des communautés de juvéniles de la baie de Seine pour la période de suivi. Comme identifié dans la littérature, les populations de juvéniles sont structurées selon un gradient côte-large, en lien avec la salinité et la profondeur. L'utilisation des outils de géostatistique permettent de bien représenter la répartition des espèces dans l'estuaire et leurs interactions. Une réduction du taux de croissance journalier moyen de la plie (*Pleuronectes platessa*) est identifiée dans la période récente (2011-2017), sans que les causes en soient explicitées. Les liens entre l'efficacité de la fonction de nourricerie et cet indicateur de la condition des juvéniles restent à explorer.

2. Rappel des objectifs généraux du projet

Le cycle de vie des espèces halieutiques s'organise autour de différentes zones fonctionnelles : les frayères, les zones de fourrage, les zones de nourriceries et les voies de migration qui assurent le lien entre ces différents espaces. En particulier, les zones de nourricerie se caractérisent par des conditions abiotiques favorables à la croissance et à la survie des juvéniles (disponibilité des ressources trophiques et de l'habitat, protection contre les prédateurs, faible hydrodynamisme, Gibson, 1994). L'étendue géographique de la nourricerie est alors définie par une abondance plus forte des juvéniles par rapport aux secteurs alentours. La faible profondeur et les apports en nutriments en provenance des bassins versants rendent les estuaires propices à assurer cette fonction de nourricerie. L'estuaire de Seine et la baie de Seine orientale servent de nourricerie pour de nombreuses espèces emblématiques de l'espace Manche, telles que le bar (*Dicentrarchus labrax*), la sole (*Solea solea*), la plie et le merlan (*Merlangius merlangus*).

Les études récentes ont montré que l'efficacité de la fonction de nourricerie, qui conditionne l'accès des juvéniles au stade adulte, est affectée par différents forçages d'origine naturelle et anthropique. Dans un contexte de forte pression anthropique lié au développement du port du Havre, il a été montré que la réduction des abondances de soles juvéniles dans l'estuaire de Seine est fortement corrélée avec la réduction de la surface des vasières intertidales (Rochette *et al*, 2010). En modélisant le réseau trophique de l'estuaire, Tecchio *et al.* (2015) ont montré des différences notables de fonctionnement entre les différents secteurs de l'estuaire. Les suivis scientifiques réalisés sur différents sites de nourricerie ont montré une structuration des espèces benthiques selon un gradient côte-large représentatif des processus estuariens physico-chimiques (i.e. salinité, granulométrie des sédiments). Les effets du changement climatique sur le régime hydrique pourraient affecter les communautés benthiques caractéristiques de ces espaces. Des approches centrées sur les relations entre les communautés benthiques et les juvéniles de poisson ont par ailleurs été développées pour explorer le lien entre l'assiette trophique à disposition des juvéniles (i.e. disponibilité des proies) et leur condition dans le cadre d'un projet parallèle (CAPES, AO GIP Seine-Aval 6). Les résultats de ce projet seront intégrés à la réflexion menée dans le cadre du projet NourSeine.

Les nourriceries de la baie de Seine orientale ont fait l'objet d'un suivi historique de 1995 à 2002 puis de 2008 à 2010. Les projets de recherche antérieurs ont permis de définir une typologie des communautés piscicoles en baie de Seine orientale et en estuaire de Seine, d'améliorer la connaissance de l'utilisation de la nourricerie pour trois espèces de poissons plats (sole, plie et petite sole jaune *Buglossidium luteum*), d'estimer la contribution de la baie de Seine au renouvellement du stock de sole en Manche Est, et d'identifier et quantifier les facteurs explicatifs de l'évolution des densités de poissons utilisant le secteur en aval du pont de Tancarville comme nourricerie.

Dans la continuité de ces travaux, et en lien avec les travaux menés à l'échelle nationale, le projet NourSeine a été monté autour de quatre axes de travail principaux. Les campagnes menées, l'échantillonnage et l'analyse des résultats contribuent à fournir une image actualisée des communautés de juvéniles dans le contexte d'une diversification des usages et ainsi augmenter la capacité des scientifiques à caractériser la variabilité à court et long terme de l'efficacité de la fonction de nourricerie (axe 1). Dans un deuxième temps, les échantillons collectés dans le cadre des campagnes et l'analyse des mesures obtenues avaient pour but d'étudier la croissance journalière moyenne d'espèces emblématiques de la zone (sole, plie, bar et merlan), qui peut alors être utilisée comme proxy de l'efficacité de la fonction de nourricerie (axe 2). Mener à une échelle fine, ce travail pourrait permettre d'identifier la variabilité spatiale de la croissance des juvéniles au sein des différents habitats de la zone, qui apportera une information sur leur niveau de connectivité, et de mettre en lien cette variabilité avec les facteurs identifiés dans l'efficacité de la fonction de nourricerie (axe 3). Dans un contexte de forte anthropisation de la zone, ces informations amélioreront les connaissances scientifiques de la dynamique des populations et peuvent générer des retombées en termes de gestion des ressources halieutiques et de l'espace maritime. Dans cette perspective, l'apport global du projet NourSeine devait être l'identification de zones clés pour le renouvellement des espèces au sein de l'estuaire et l'amélioration des connaissances relatives à la dynamique des populations de juvéniles, en prenant en compte l'évolution du contexte anthropique (axe 4).

Pour mener à bien ces travaux, le projet s'est appuyé sur plusieurs contrats à durée déterminée (acquisition de données, travail de thèse) et plusieurs stages (niveau M1 et M2). Les personnels de l'Ifremer et du CRPM de Normandie ont travaillé à l'encadrement de ces différents intervenants et à la finalisation des travaux engagés par les personnels temporaires.

3. Avancement des travaux et premiers résultats

Cette section synthétise les résultats des différents travaux de recherche engagés et les remet en contexte par rapport aux objectifs du projet. Le détail des résultats peut être retrouvé dans les livrables particuliers

3.1. Description de l'effort d'échantillonnage et des données acquises au cours du projet

Objectif associé : « fournir une image actualisée des communautés de juvéniles dans le contexte d'une diversification des usages »

Le projet s'est appuyé sur la réalisation d'une campagne annuelle menée 3 années consécutives de 2017 à 2019, réalisée en septembre sur le schéma des campagnes historiques menées dans la zone et en concordance avec les suivis DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin) menés à l'échelle nationale. Il s'agit de déployer un chalut à perche selon le plan d'échantillonnage stratifié fixe défini depuis 1995, où la zone prospectée est divisée en strates basées sur la bathymétrie et la distance à l'estuaire. Le plan d'échantillonnage est ainsi constitué de 47 trames. Au total, ce sont 136 traits de chalut qui ont été menés en 13 jours de campagne dans le cadre du projet NOURSEINE.

Les données collectées portent sur l'abondance, la biomasse et la richesse spécifique des captures, qui sont identifiées à l'espèce ou au genre, pesées et dénombrées. Les principaux paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau sont également enregistrés (température, salinité). Pour chaque opération de pêche, les profondeurs et les heures de filage et de virage sont notées ainsi que les coordonnées géographiques. Une partie de la capture de pêche a été conservée pour poursuivre les analyses au laboratoire (i.e. otolithométrie).

L'analyse des données collectées a été réalisée au travers des travaux de recherche engagés pendant le projet, soit un stage de Master 2, 1 année ½ de thèse et un stage de césure (Master 1/ Master 2).

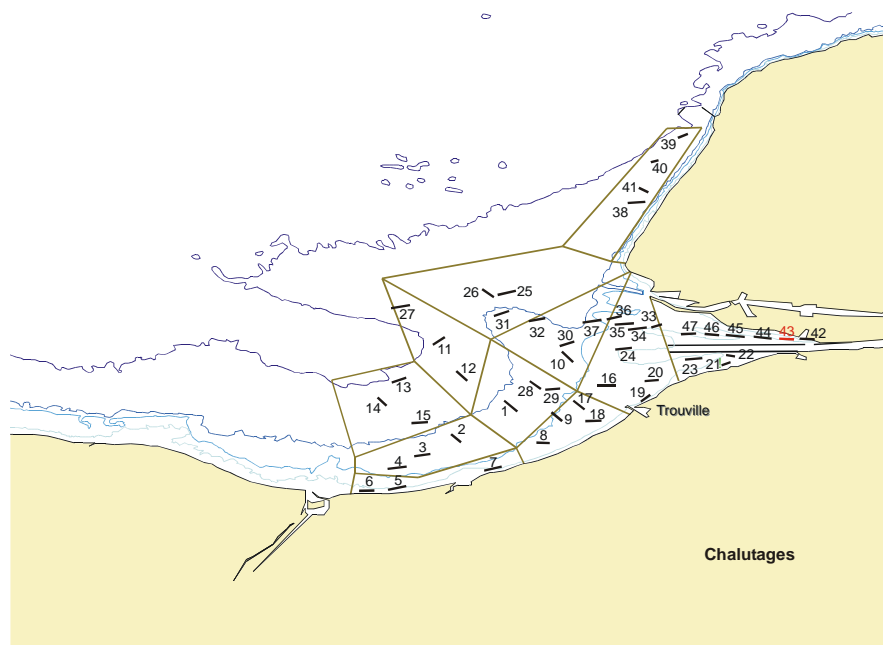


Figure 1: Localisation et identification des traits de chalut.

Tout au long du projet, l'accent a été mis sur l'accessibilité des données à l'ensemble de la communauté scientifique et sur l'utilisation d'outils « open-source ». Cette volonté s'inscrit dans le contexte de la loi « biodiversité », faisant de toute donnée biologique une donnée publique et pour la promotion d'une science ouverte au plus grand nombre. L'ensemble des données de suivi des populations de juvéniles de l'estuaire a ainsi été mis à disposition et le contenu du jeu de données documenté (Cariou *et al*, 2020). Cette initiative garantit la reproductibilité des résultats obtenus et assure la mise à disposition des informations collectées au-delà du cadre de ce projet (accessible ici <https://doi.org/10.18142/244>).

3.2. Evolution de la pêche de crevette grise (*Crangon crangon*)

Objectif associé : « fournir une image actualisée des communautés de juvéniles dans le contexte d'une diversification des usages »

Ces travaux ont été présentés à l'occasion du rapport d'avancement de mi-projet, transmis à la DIRM-MEMN (Direction Inter-régionale de la Mer - Manche Est - Mer du Nord) en juillet 2019. Il n'y a pas eu de développement spécifique à cette question depuis. Les principaux résultats sont ici rappelés ci-après :

- Il n'y a pas de rupture dans la série temporelle, mais une partition spatiale de la dynamique temporelle selon trois facteurs forçants : les apports de la Seine, les apports de l'Orne et l'influence marine.
- L'année 2010 peut être considérée comme une année moyenne en termes de conditions environnementales.
- Les données satellitales montrent une augmentation de la température de surface de 1.5°C entre 1995 et 2017 ; les effets de cette augmentation sur la niche écologique des espèces ne sont pas identifiés à ce jour.

Ce travail a fait l'objet d'une présentation à un colloque international en 2018 à Caen lors du Sixth International Conference on Estuaries and Coasts (ICEC-2018, 20-23 août 2018, Caen, France). Une publication sous forme de « short note » est prévue et devrait être finalisée en 2021.

3.3. Dynamique spatio-temporelle des juvéniles de poissons plats de l'estuaire

Objectifs associés : « fournir une image actualisée des communautés de juvéniles dans le contexte d'une diversification des usages » ; « identification de zones clés pour le renouvellement des espèces au sein de l'estuaire, l'amélioration des connaissances relatives à la dynamique des populations de juvéniles et la caractérisation de l'évolution du contexte anthropique »

Les résultats associés à cet axe sont issus du travail de thèse de Thibault Cariou. Les avancées du travail jusqu'à septembre 2020 sont détaillées dans le rapport intitulé « *Rapport d'avancement du projet de thèse NOURSEINE : Des nourriceries de la baie de Seine aux populations exploitées : approche empirique et modélisation spatio-temporelle de leurs liens statistiques* ».

La thèse s'est focalisée dans un premier temps sur les populations de poissons juvéniles de l'estuaire de Seine. Par rapport aux travaux antérieurs (Riou *et al*, 2001; Le Pape *et al*, 2003), l'approche développée se veut novatrice par l'usage de méthodes statistiques d'interpolation qui permettent d'intégrer la structure spatio-temporelle des caractéristiques environnementales définissant les habitats et celle des espèces qui en dépendent, et leurs interactions (Switzer et Green, 1984; Petitgas *et al*, 2020). Dans le cadre de l'étude de l'efficacité de la fonction de nourricerie, les travaux menés apportent donc un éclairage nouveau sur les motifs récurrents d'occupation de l'espace par les juvéniles de poissons de l'estuaire de Seine.

La salinité, la profondeur et le type d'habitat benthique structurent l'utilisation de l'espace par les espèces dites « nourricerie dépendantes ». Ainsi, pour les poissons plats, la sole se retrouve plus en amont de l'estuaire que la plie, qui affiche une distribution plus marine (Figure 2). L'importance du secteur côtier pour cette seconde espèce par ailleurs est notable. Le travail réalisé depuis le début de la thèse a montré une stabilité des patrons de répartition spatiale des juvéniles dans le temps et l'espace depuis 1995, en dépit des modifications physiques de l'estuaire (construction de Port 2000) (Cariou *et al*, in prep). Ces résultats posent la question du rôle des relations inter-spécifiques dans la structuration des assemblages, en plus des paramètres abiotiques et de la disponibilité des ressources alimentaires.

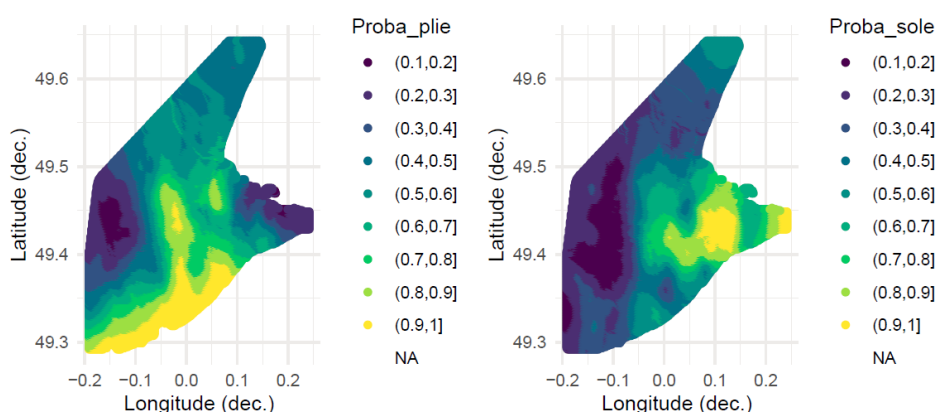


Figure 2. Probabilité de présence de la plie (à gauche) et de la sole (à droite) juvéniles dans l'estuaire de la Seine au mois de septembre. Les probabilités sont construites en fonction de la relation spatiale à l'habitat EUNIS et entre les espèces (reproduit de Cariou 2020).

En parallèle, les résultats antérieurs identifient que l'efficacité de la fonction de nourricerie dépend de la surface et de la qualité de l'habitat (Gilliers *et al*, 2006; Courrat *et al*, 2009). Les études récentes ont cependant démontré le fractionnement de l'espace de la nourricerie en une « mosaïque d'habitats » (Tecchio *et al*, 2015). Ce fractionnement se retrouve également dans l'alimentation, avec différents niveaux de contribution des habitats à l'apport énergétique (Kopp *et al*, 2013; Day *et al*, 2020; Tableau *et al*, 2016; Saulnier *et al*, 2020). Par exemple, Day *et al*. (2020) ont récemment souligné l'importance de certains habitats non chalutables (*i.e.* les vasières intertidales nord) dans l'alimentation des juvéniles de poissons plats fréquentant l'estuaire de la Seine. L'utilisation de marqueurs naturels tels les isotopes stables s'avèrent des outils fortement utiles pour ce type de question. L'utilisation d'habitats ne pouvant pas être correctement échantillonnés au titre des campagnes montre l'importance de confronter les méthodes pour aboutir à une bonne compréhension du fonctionnement estuarien. La correspondance entre les patrons d'occupation spatiaux-temporels des poissons et la contribution des habitats à l'alimentation devait permettre d'affiner la compréhension des mécanismes entrant en jeu dans l'efficacité de la fonction de nourricerie. Néanmoins, les liens entre distribution spatiale et qualité des habitats doivent encore être approfondis pour aider les scientifiques à définir les zones de la nourricerie représentant un enjeu majeur pour le bon fonctionnement de l'estuaire au titre des espèces halieutiques.

3.4. Croissance des juvéniles de sole et de plie en estuaire de Seine

Objectif associé : « caractériser la variabilité à court et long terme de l'efficacité de la fonction de nourricerie par la croissance journalière moyenne » ; « identification de zones clés pour le renouvellement des espèces au sein de l'estuaire, l'amélioration des connaissances relatives à la dynamique des populations de juvéniles et la caractérisation de l'évolution du contexte anthropique »

Dans un premier temps, un travail d'estimation d'âge a été réalisé. Chaque otolithe a été préparé selon les méthodes classiquement utilisées à savoir des polissages successifs de façon à optimiser l'interprétation de la surface des otolithes pour la plie, la sole, le merlan et le bar (**Erreur ! Source du r envoi introuvable.**). L'analyse des interprétations montre que ces données ne sont pas exploitables en l'état. Si cette technique de sclérochronologie a été souvent appliquée à des espèces durant leurs premiers mois de vie, elle s'est révélée inadaptée pour les juvéniles de plus de 200 jours des espèces étudiées dans le projet. Ici, les individus présentaient pour la plupart entre 150 et 500 anneaux à la surface de leur otolithe.

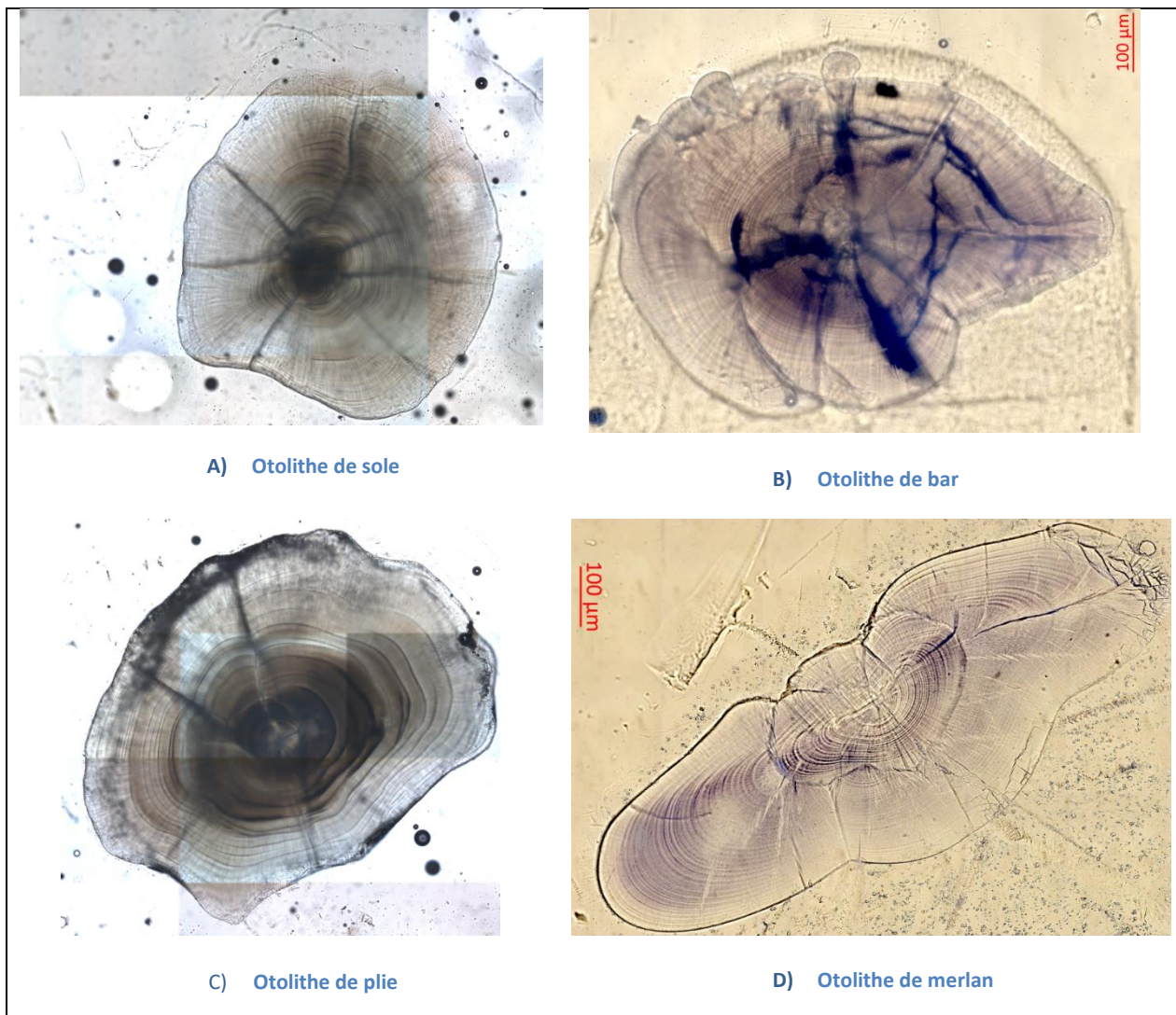


Figure 3. Exemples d'images mosaïque d'otolithes de juvéniles, obtenues au microscope et après polissage, pour les 4 principales espèces du projet.

Suite aux difficultés rencontrées dans le cadre de l'exploitation des résultats de l'interprétation des otolithes de juvéniles, une autre approche a été recherchée pour permettre de caractériser la croissance journalière des juvéniles de l'estuaire de Seine. En s'appuyant sur l'opportunité d'accueil d'un étudiant en stage de césure de septembre 2019 à février 2020, un travail a été engagé sur l'analyse des données de suivi mensuelles, en nombre et en taille, collectées pour le Grand Port Maritime du Havre (GPMH) de 2000 à 2017. L'objectif du travail engagé était d'identifier des phénomènes de densité-dépendance dans le paramètre de fitness « croissance ». Pour ce faire, l'information sur le taux de croissance journalier moyen des individus G0 (*i.e.* juvéniles arrivés sur la nourricerie l'année de suivi et n'ayant pas encore complété leur première année de vie) pour chaque mois est croisée avec la densité d'individu, étudiée au travers d'ellipses de concentration des juvéniles autour du barycentre de la population. Les valeurs de taux de croissance journalier corroborent les connaissances acquises ailleurs en Manche (Amara *et al*, 2007), avec des variations au cours du temps sur la période étudiée (Tableau 1).

Tableau 1. Taux de croissance journalier moyen et densité de juvéniles G0 de plie (*Pleuronectes platessa*) et de sole (*Solea solea*) en estuaire de Seine entre 2001 et 2017 (reproduit de Quemper, 2020).

| Espèces | Période | Croissance (mm.jour ⁻¹) | Densité (nb.ha ⁻¹) |
|---------|---------|-------------------------------------|--------------------------------|
|---------|---------|-------------------------------------|--------------------------------|

| | | | |
|------------------------------|-------------|-------------------|---------------|
| <i>Pleuronectes platessa</i> | 2001 - 2005 | 0.616 ± 0.147 | 601 ± 528 |
| | 2006 - 2010 | 0.582 ± 0.131 | 903 ± 428 |
| | 2011 - 2017 | 0.499 ± 0.100 | 472 ± 327 |
| <i>Solea solea</i> | 2003 - 2007 | 0.746 ± 0.088 | 615 ± 251 |
| | 2008 - 2012 | 0.688 ± 0.127 | 540 ± 341 |
| | 2014 - 2017 | 0.920 ± 0.093 | 369 ± 404 |

Logiquement, le taux de croissance est plus fort en début de période de croissance (de mars à juillet) et atteint en plateau en fin de période de croissance (septembre-octobre). L'analyse montre par contre que ce taux de croissance a évolué au cours du temps, avec une réduction marquée des valeurs obtenues pour la plie dans la période récente (

Figure 4). Ces premiers résultats nécessitent d'être affinés, avec la prise en compte de paramètres environnementaux, pour comprendre les causes de l'évolution observée.

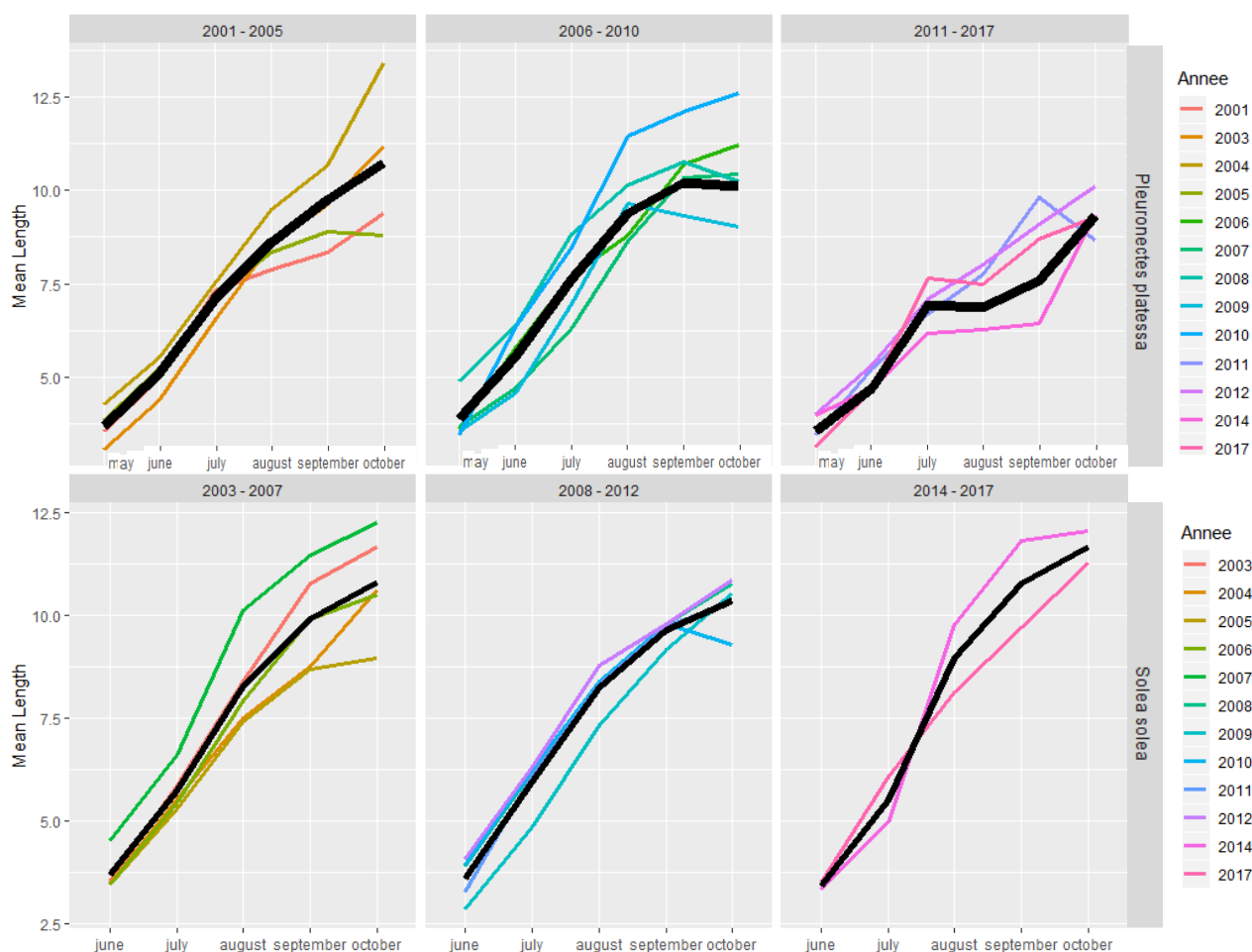


Figure 4. Dynamique d'évolution de la taille moyenne des juvéniles G0 de plie (en haut) et de sole (en bas) de mai à octobre entre 2001 et 2017. Les groupes d'années sont regroupés par méthode du K-means (reproduit de Quemper, 2020).

Le travail n'a pas permis de mettre en évidence de phénomène de densité-dépendance en lien avec la croissance pour la plie et la sole. Cependant, la méthode des ellipses ne semble pas adaptée au vu de la répartition par patch des juvéniles G0 (

Figure 5). Un travail avec une autre méthode d'analyse des patrons de répartition spatiale, basé sur l'identification de patches et inspiré du travail de thèse en cours sur le projet, devra être engagé pour poursuivre cette réflexion. Le travail devra également être réitéré pour le bar et le merlan, dont les données n'ont pas encore été traitées.

Le rapport de stage est fourni en complément aux différents livrables du projet.

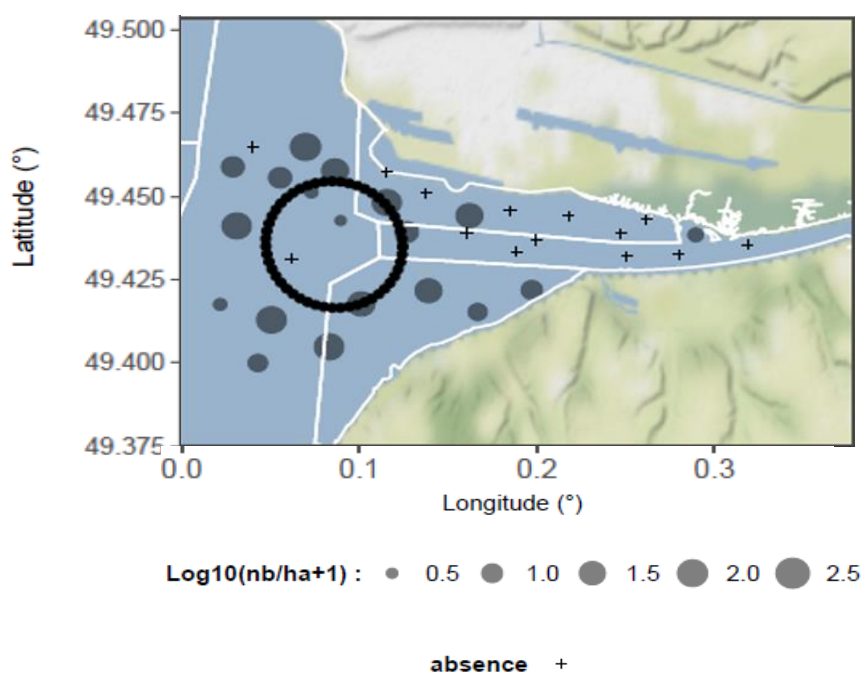


Figure 5. Illustration d'une distribution de juvénile GO en estuaire de seine (sole au mois d'août 2006) pour laquelle la méthode de l'ellipse de concentration autour du barycentre ne permet pas de cibler les zones de plus forte concentration des individus.

4. Respect des délais initiaux, difficultés rencontrées et travaux à venir

Travaux de thèse

Le rapport d'avancement de juin 2019 a fait état du délai au démarrage du travail de thèse. Celle-ci a commencé le 28 janvier 2019. Un rapport d'avancement détaillé est fourni en complément de ce rapport. En lien avec la situation sanitaire de 2020, la thèse sera prolongée de 3 mois pour permettre la finalisation des travaux.

Interprétation des otolithes pour l'estimation de la croissance journalière

L'interprétation des stries journalières des otolithes de juvéniles de 4 espèces emblématiques de l'estuaire de Seine constituait la partie la plus compliquée du projet. Malgré les efforts déployés, la qualité du résultat n'a pas été à la hauteur des attentes. De nombreuses incohérences sont apparues dans les estimations d'âge journalier *via* l'interprétation des structures à la surface des otolithes par rapport à la biologie connue des espèces considérées, tel que le rétro-calcul de l'âge des juvéniles de l'année ne correspondant pas à la période de reproduction de l'espèce ou des correspondances taille-âge très incertaines. Ces difficultés ont été plus marquées pour les poissons ronds que pour les poissons plats, mais les résultats obtenus pour ces derniers n'étaient malgré tout pas exploitables. Pour ces 4 espèces, l'estimation d'âge journalier montre des limites de l'ordre de 200 jours au-delà desquels la technique n'est pas adéquate. A ce jour, il n'y a pas de solution technique identifiée pour résoudre ce problème. Des études de marquage à l'aide de fluorochrome pourraient permettre de valider ou non les structures observées à la surface des otolithes comme des anneaux de croissance.

Le travail réalisé à partir des données de suivi mensuel des poissons en estuaire de Seine a permis de pallier en partie à ces difficultés à partir des mesures de taille récoltées.

5. Publications soumises ou acceptées suite aux travaux déjà réalisés

5.1. Revue de rang A

Cariou Thibault, Dubroca Laurent, Vogel Camille (2020). **Long term survey of the fish community and associated benthic fauna of the Seine estuary nursery grounds** . *Scientific Data* , 7(1), 229 (8p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0572-x> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00641/75277/>

6. Communications réalisées depuis le début du projet

6.1. Article de presse

Jeudi 12 octobre 2017 – Numéro spécial de Marin : Quels sont les impacts des activités humaines sur les nourriceries ?

6.2. Communications scientifiques

Présentation d'un poster :

Cariou Thibault, Dubroca Laurent, Vogel Camille, Bez Nicolas (2019). *Approche géostatistique de la distribution de poissons plats dans la nourricerie de l'estuaire de Seine*. 14e colloque de l'AFH "Recherche Halieutique et Développement Durable". 26 au 28 juin 2019, Université de Caen Normandie. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00512/62355/>

Présentations orales

Castiglione Julie, Dubroca Laurent, Paul Catherine, Schlaich Ivan, Lefrancois Thomas, Camille Vogel (2018) Brown Shrimp (*Crangon crangon*) as Sentinel of Estuarine Ecosystem. A Case Study in the Seine Estuary, France. Sixth International Conference on Estuaries and Coasts (ICEC-2018), August 20-23, 2018, Caen, France

Cariou Thibault, Dubroca Laurent, Vogel Camille, Bez Nicolas (2019) *Approche INLA/SPDE de la distribution des juvéniles de poissons plats dans la zone de nourricerie de Baie de Seine*. JIEM 2019 (22 et 23 octobre 2019, Ifremer, Nantes).

Cariou Thibault, Dubroca Laurent, Vogel Camille, Bez Nicolas (2019) *Approche Géostatistique de la distribution des juvéniles de poissons plats dans la zone de nourricerie de Baie de Seine*. 14^e journées de la Géostatistique (19 et 20 septembre 2019, Ecole des Mines, Fontainebleau).

Cariou Thibault, Dubroca Laurent, Vogel Camille, Bez Nicolas (2020) *Elaboration de « niches écologique géostatistique » à partir de cokrigage de variables continues et catégorielles. Applications sur les stocks de poissons plats en baie de Seine*. Réunion annuelle du GdR Ecostat (9-10 mars 2020, Agrocampus Ouest, Rennes).

Un résumé a été soumis pour présenter les méthodes importées de géostatistiques à :

- 13e conférence internationale sur les géostatistiques dans les applications environnementales à Parme (1-3 Juin 2020). « *Elaboration de niches écologiques à l'aide des pluri-gaussiennes seuillées* »

En raison de la situation sanitaire de l'année 2020, le colloque a été reporté.

7. Bibliographie

- Amara R., Meziane T., Gilliers C., Hermel G., Laffargue P., 2007. Growth and condition indices in juvenile sole *Solea solea* measured to assess the quality of essential fish habitat. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, 351, 201.
- Cariou T., Dubroca L., Vogel C., 2020. Long term survey of the fish community and associated benthic fauna of the Seine estuary nursery grounds. *Sci. Data*, 7, 229.
- Cariou T., Dubroca L., Vogel C., Bez N., in prep. Investigating spatial heterogeneity of a nursery through two decades of spatio-temporal dynamics of three flatfish distributions.

- Courrat A., Lobry J., Nicolas D., Laffargue P., Amara R., Lepage M., Girardin M., Pape O.L., 2009. Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 81, 179-190.
- Day L., Brind'Amour A., Cresson P., Chouquet B., Le Bris H., 2020. Contribution of Estuarine and Coastal Habitats Within Nursery to the Diets of Juvenile Fish in Spring and Autumn. *Estuaries Coasts*. Consultable : <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00823-z> [Consulté le 22 décembre 2020].
- Gibson R.N., 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth. J. Sea Res.*, 32, 191-206.
- Gilliers C., Le Pape O., Désaunay Y., Morin J., Guérault D., Amara R., 2006. Are growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 69, 96-106.
- Kopp D., Le Bris H., Grimaud L., Nérot C., Brind'Amour A., 2013. Spatial analysis of the trophic interactions between two juvenile fish species and their preys along a coastal–estuarine gradient. *J. Sea Res.*, 81, 40-48.
- Le Pape O., Chauvet F., Mahévas S., Lazure P., Guérault D., Désaunay Y., 2003. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. *J. Sea Res.*, 50, 139-149.
- Petitgas P., Renard D., Desassis N., Huret M., Romagnan J.-B., Doray M., Woillez M., Rivoirard J., 2020. Analysing Temporal Variability in Spatial Distributions Using Min–Max Autocorrelation Factors: Sardine Eggs in the Bay of Biscay. *Math. Geosci.*, 52, 337-354.
- Quemper F., 2020. Croissance des juvéniles de plie (*Pleuronectes platessa*) et de sole (*Solea solea*) de la nurricerie de l'estuaire de Seine. Ifremer, Port-en-Bessin,
- Riou P., Le Pape O., Rogers S.I., 2001. Relative contributions of different sole and plaice nurseries to the adult population in the Eastern Channel: application of a combined method using generalized linear models and a geographic information system. *Aquat. Living Resour.*, 14, 125-135.
- Rochette S., Rivot E., Morin J., Mackinson S., Riou P., Le Pape O., 2010. Effect of nursery habitat degradation on flatfish population: Application to *Solea solea* in the Eastern Channel (Western Europe). *J. Sea Res.*, 64, 34-44.
- Saulnier E., Le Bris H., Tableau A., Dauvin J.C., Brind'Amour A., 2020. Food limitation of juvenile marine fish in a coastal and estuarine nursery. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 241, 106670.
- Switzer P., Green A., 1984. Min/max autocorrelation factors for multivariate spatial imagery: Dept. of Statistics. Stanford University, Tech. Rep. 6,
- Tableau A., Brind'Amour A., Woillez M., Le Bris H., 2016. Influence of food availability on the spatial distribution of juvenile fish within soft sediment nursery habitats. *J. Sea Res.*, 111, 76-87.
- Tecchio S., Rius A.T., Dauvin J.-C., Lobry J., Lassalle G., Morin J., Bacq N., Cachera M., Chaalali A., Villanueva M.C., Niquil N., 2015. The mosaic of habitats of the Seine estuary: Insights from food-web modelling and network analysis. *Ecol. Model.*, 312, 91-101.