





**Rapport annuel 2017 de l'Unité de  
Recherche Halieutique Manche Mer du  
Nord (HMMN)**





---

## Introduction

L'Unité HMMN développe ses activités scientifiques au sein d'un continuum Observation-Recherche-Expertise dans un contexte de recherche finalisée. Les missions de service public d'observation et d'expertise nourrissent les questionnements scientifiques qui sous-tendent les travaux de recherche ainsi développés. Les résultats en retour permettent à l'Unité, et plus globalement à l'Ifremer, d'adapter ses techniques d'observation et d'améliorer ses compétences en termes d'expertise afin d'exercer au mieux sa mission de service public. L'Unité HMMN est depuis 2013 structurée en trois grands thèmes de recherche :

- THEME 1 : Individus, populations et niche écologique,
- THEME 2 : Communautés, réseaux trophiques et biodiversité,
- THEME 3 : Flottes, exploitations et scénarios de gestion,

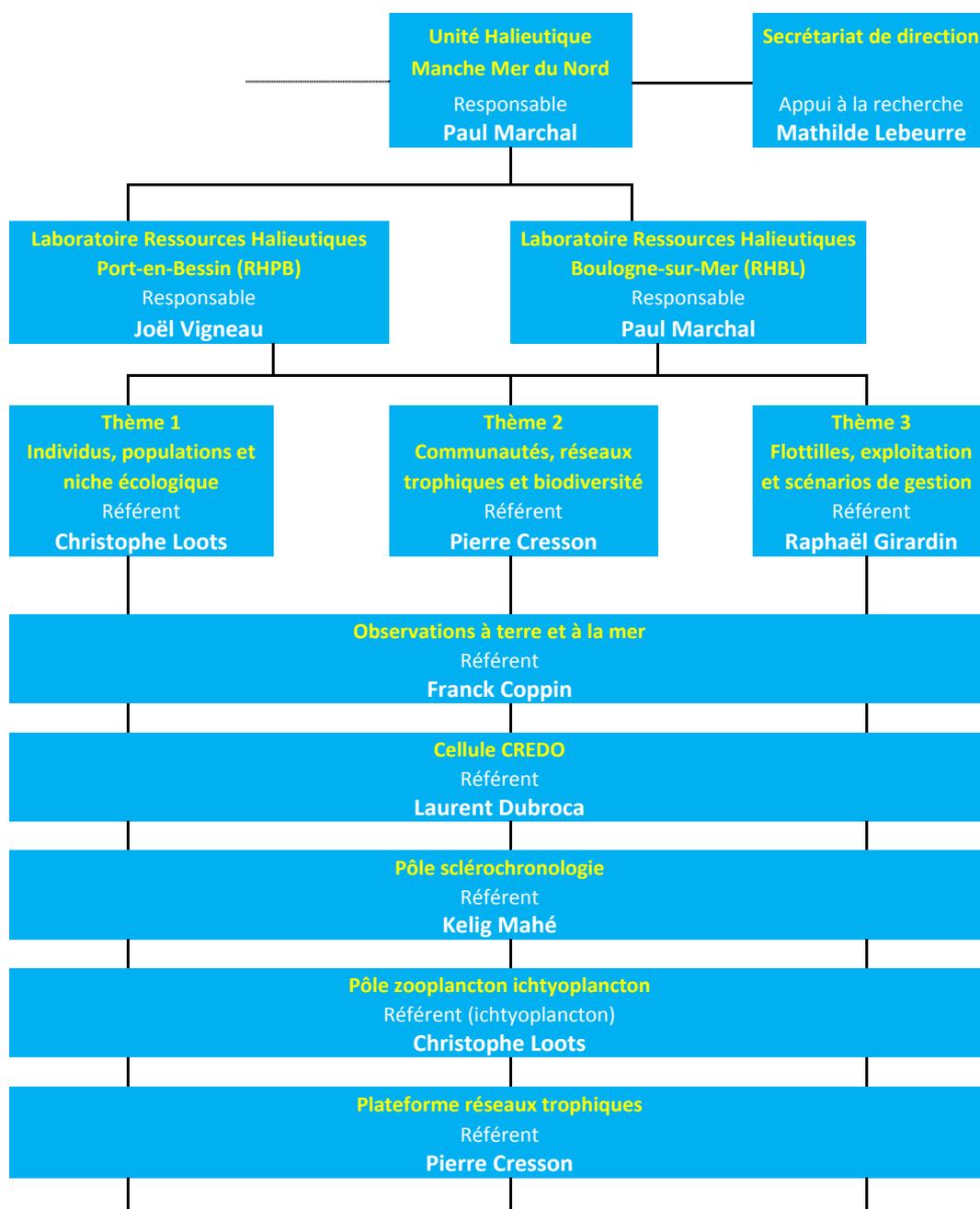
partageant les outils d'observations – Observations à terre et à la mer, Pôle de Sclérochronologie, Pôle Zooplancton-Ichtyoplancton, Plateforme Réseaux Trophiques, cellule CREDO – et la mission d'avis et expertise. Cette structuration des thèmes de recherche permet (i) d'explicitier clairement les interactions réciproques entre l'exploitation et les différentes échelles biologiques, de (ii) mettre en évidence les facteurs de changement communs aux trois composantes et (iii) de répartir de manière plus homogène l'effort de recherche entre thèmes. Forte de sa pluridisciplinarité en termes de compétences mais également de missions, l'Unité HMMN projette de poursuivre ses activités de recherche en soutien à la mise en place d'une approche écosystémique des pêches et plus généralement des activités maritimes humaines. Le projet développé par l'Unité vise donc à (i) acquérir des connaissances amont sur l'écologie des espèces halieutiques, le fonctionnement de leurs écosystèmes et la dynamique des pêcheries et des filières associées; (ii) appliquer ces connaissances pour prédire l'impact de la pêche, des nouveaux usages, de l'environnement et du changement global sur les différents compartiments des écosystèmes marins, dont les espèces exploitées, ainsi que l'impact de la réglementation, de l'économie et du changement global sur les pêcheries et les filières qui en dépendent; et (iii) évaluer pour ensuite proposer des modes de gestion des activités humaines qui permettent à la fois la conservation des ressources halieutiques et des écosystèmes marins et le maintien de la profitabilité et la durabilité des activités humaines. Les résultats des recherches de l'Unité HMMN et leurs produits en termes d'applications et d'expertises concernent aussi bien le monde de la recherche en écologie marine et en sciences halieutiques, que les pouvoirs publics responsables des Politiques Maritimes Européennes (Politique Commune des Pêches, PCP, et Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, DCSMM) mais également à l'échelle nationale (DPMA, code minier) et régionale (services déconcentrés de l'Etat) et les acteurs socio-économiques que sont l'industrie de la pêche, de la transformation des produits de la mer, de l'extraction des granulats marins ou des énergies marines renouvelables.

Les principaux concepts examinés et/ou développés par l'équipe de l'Unité HMMN sont synthétisés dans les Figures 0.1-0.2.



## 1.1. Organisation de l'unité

L'Unité HMMN appartient au Département Ressources Biologiques et Environnement (RBE) de l'Ifremer. Ses missions associent des activités de recherche dans le domaine des sciences halieutiques, et plus généralement de l'écologie marine, à des missions de service public – le suivi et l'évaluation des ressources halieutiques, des écosystèmes marins, des flottilles françaises et d'autres secteurs d'activité (extractions de granulats marins, fermes d'éoliennes). L'Unité HMMN est composée de deux laboratoires Ressources Halieutiques, situés à Boulogne (LRHBL) et Port-en-Bessin (LRHPB), dont les activités sont depuis 2013 structurées selon trois grands thèmes interconnectés : Individus, populations et niches écologiques (Thème 1) ; communautés, réseaux trophiques et biodiversité (Thème 2) ; flottilles, exploitation et scénarios de gestion (Thème 3). En termes de suivi en amont, et outre la collecte de données à terre et en mer coordonnée par le programme SIH, l'UR HMMN dispose de trois plateaux techniques dédiés à l'observation: un pôle national de sclérochronologie, une plateforme dédiée à l'écologie trophique et un pôle national de taxonomie du zooplancton, ainsi que d'une cellule nationale centralisant les réponses aux appels à données nécessaires à l'évaluation des ressources halieutiques (cellule CREDO).



## Avis et expertise

Référénts

Eric Foucher, Raphaël Girardin (Halieutique) ; Camille Vogel (Extraction de granulats)

**1.2. Effectifs**Tableau de synthèse des personnels de l'unité

Personnel permanent* (dont 0 % en UMR) Scientifique et technologique - animation scientifique et technique - chercheurs (dont ayant une HDR) - ingénieurs recherche et développement Soutien à la recherche - ingénieur - technicien - appui opérationnel Fonctions support - gestionnaire - direction	en ETP : 28,8  2(dont 1 HDR) 7 6  1 11,9  0,9
Personnel non permanent* (dont 0 % en UMR) - CDD - Doctorants (dont étrangers) - Post-doctorants (dont étrangers) - Chercheurs étrangers invités	En ETP : 6 2 4 (dont 2 étrangers)

\* présents à la date du rapport

Tableau de l'évolution des effectifs

Nom	date de départ	date d'arrivée	raison du mouvement (retraite, MI, CSS, recrutement...)	catégorie	compétence(s)
ROUQUETTE Manuel	09/2017		MI	technicien	Réseaux trophiques
DELPECH Jean-Paul	03/2017		Retraite après CFC	Ingénieur	Evaluation pêcheries, granulats marins, halieutique
SAVINA Marie	04/2017		MI	chercheur	
BLED DEFRUIT Geoffroy		03/2017	recrutement	technicien	
GIRARDIN Raphael		12/2017	recrutement	chercheur	Halieutique, écologie, bio.pop.ecol.dynamique, évaluation pêcheries, modélisation, biomathématiques

Liste nominative par catégorie

## 1. Personnel permanent Ifremer

<b>Marchal</b>	Paul	Responsable d'unité scientifique
<b>Girardin</b>	Raphael	Chercheur en écologie/environnement
<b>Auber</b>	Arnaud	Chercheur en halieutique
<b>Coppin</b>	Franck	Ingenieur en halieutique
<b>Cresson</b>	Pierre	Chercheur en écologie/environnement
<b>Dufour</b>	Jean-Louis	Technicien(ne) biologie
<b>Ernande</b>	Bruno	Chercheur en écologie/environnement
<b>Giraldo</b>	Carolina	Chercheur en écologie/environnement
<b>Loots</b>	Christophe	Chercheur en écologie/environnement
<b>Mahe</b>	Kelig	Ingenieur en halieutique
<b>Bled-Defruit</b>	Geoffrey	Technicien(ne) biologie
<b>Caboche</b>	Josselin	Technicien(ne) collecte données polyvalent
<b>Chantre</b>	Celina	Technicien(ne) biologie
<b>Denamiel</b>	Margaux	Technicien(ne) collecte données specialise
<b>Elleboode</b>	Romain	Technicien(ne) biologie
<b>Lazard</b>	Coline	Technicien(ne) collecte données specialise
<b>Lebeurre</b>	Mathilde	Assistant(e) de Direction
<b>Lefebvre</b>	Valerie	Technicien(ne) biologie
<b>Tribouilloy</b>	Karine	Technicien(ne) biologie
<b>Verin</b>	Yves	Ingenieur en halieutique
<b>Dubroca</b>	Laurent	Ingenieur en statistiques
<b>Foucher</b>	Eric	Chercheur en halieutique
<b>Schlaich</b>	Ivan	Ingenieur en halieutique
<b>Vigneau</b>	Joel	Responsable de laboratoire/de service/de groupe
<b>Vogel</b>	Camille	Ingenieur en halieutique
<b>Goascoz</b>	Nicolas	Technicien(ne) metrologie
<b>Parrad</b>	Sophie	Technicien(ne) collecte données specialise
<b>Quinquis</b>	Jerome	Technicien(ne) collecte données specialise
<b>Cochard</b>	Marie-Laure	Ingenieur technique

## 2. Personnel temporaire Ifremer en CDD, hors post-doc

<b>Pernak</b>	<b>Michele</b>	<b>Contrat alternance</b>	<b>Chercheur en écologie/environnement</b>
<b>Horri</b>	Khaled	Doctorant / Allocataire de recherche	Chercheur halieutique
<b>Mc Lean</b>	Matthew James	Doctorant / Allocataire de recherche	Chercheur en Ecologie/environnement
<b>Timmerman</b>	Charles-Andre	Doctorant / Allocataire de recherche	Chercheur Halieutique
<b>Di Pane</b>	Julien	Doctorant / Allocataire de recherche	Chercheur Ecologie/environnement
<b>Osmond</b>	David	Durée déterminée	Technicien de collecte
<b>Quemar</b>	Thibaud	Durée déterminée	Ingénieur statisticien données halieutiques

---

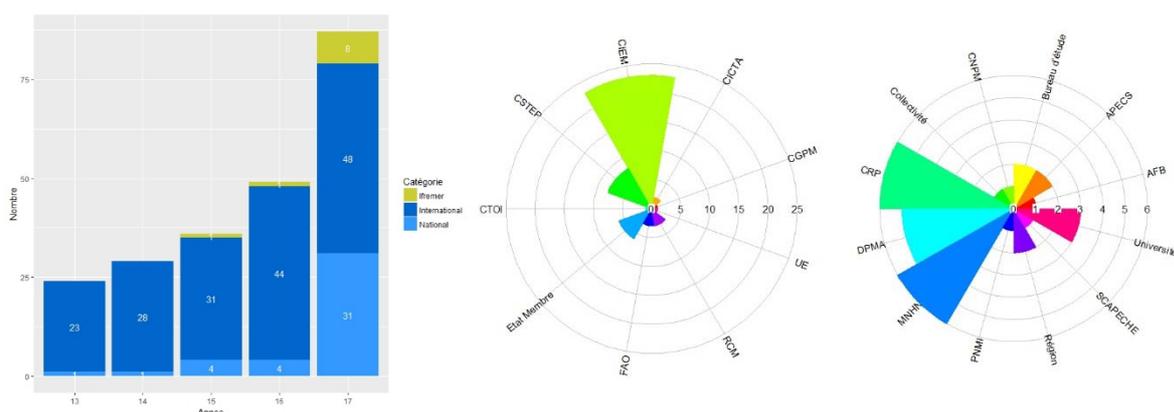
### 3. Accueil de personnels d'autres organismes

Nom	Prénom	Titre
Lefebvre	Sébastien	Prof. U. Lille – Accueil en délégation

## 1.3. Equipements, moyens matériels

### 1.3.1. La cellule CREDO

La cellule de Réponse aux appels à données (CREDO) a été créée par le COPIL du SIH (novembre 2012) sur proposition de HMMN. La cellule CREDO a pour vocation d'organiser l'expertise Ifremer de traitement statistique des données collectées dans le cadre du règlement européen DCF et ainsi mieux répondre aux besoins exprimés des organisations régionales de gestion des pêches et des instances scientifiques internationales, conformément aux obligations internationales de la Communauté et de ses États membres. L'objectif est également de libérer du temps aux experts évaluateurs de stocks pour la préparation des analyses et modèles avant leur participation aux réunions internationales d'expertise. La cellule CREDO est coordonnée par l'Unité HMMN (1 cadre à 20% de son temps et un ingénieur CDI à temps plein), capitalisant sur l'expérience acquise dans le développement d'outils dédiés au traitement de la donnée (bibliothèques COST). En 2017, le réseau CREDO, aidé d'experts dans tous les laboratoires halieutiques de l'Ifremer a pu traiter dans les temps impartis par les demandeurs 80 appels à données, correspondant à l'envoi de données et d'estimations de volumes de capture et structures démographiques aux formats demandés par les utilisateurs pour plus de 100 stocks. La Figure 1.3.1 montre l'augmentation continue des appels à données et la typologie des demandeurs de données aux niveaux international et national.



**Figure 1.3.1.** Evolution du nombre d'appel à données traitées par la cellule CREDO (gauche) et typologie des demandeurs internationaux (milieu) et nationaux (droite)

### 1.3.2. Les campagnes à la mer

L'unité HMMN joue un rôle moteur dans la planification et l'organisation des campagnes halieutiques, que ce soit dans le cadre national du SIH-Campagnes ou de la Commission Nationale de la Flotte Côtière (CNFC), ou dans le cadre international du Groupe de Travail du CIEM WGIBTS. L'Unité HMMN intervient en tant qu'animateur logistique des campagnes, et participe au soutien des responsables de campagnes dans l'analyse et le traitement de leurs données, à l'assistance à la maîtrise d'ouvrage dans la mise en place de logiciels centralisés, et aux développements et la maintenance d'outils de gestion et de restitutions. De plus, pour les campagnes qu'elle pilote, l'équipe de l'unité HMMN participe activement à la production d'indicateurs de communauté et de populations au travers des travaux menés dans le cadre du projet « Indicateurs écosystémiques » de l'IFREMER. En 2017, l'Unité HMMN a piloté, comme au cours des années précédentes, cinq campagnes récurrentes financées par la DCF (CGFS, IBTS), le FEAMP (COMOR), et IGA (CRUSTAFLAM, NOURSOM). A ces cinq

campagnes historiques sont venues se rajouter trois nouvelles campagnes DCSMM pérennes (NOURCANCHE, NOURMONT, NOURSEINE) et une campagne opportuniste (REIVE, menée dans le cadre du projet FFP SMAC). Toutes ces campagnes se sont déroulées en Manche et mer du Nord.

### **SIH-Campagnes et Commission Nationale de la Flotte Côtière**

L'Unité Mixte de Service Flotte Océanographique Française (UMS FOF), créée en 2011, s'appuie sur les évaluations scientifiques de 2 commissions, les Commission Nationale de la Flotte Côtière (CNFC) et Hauturière (CNFH). Un chercheur de l'Unité HMMN (Eric Foucher) est vice-président (nommé par la DS) de la CNFC depuis sa création, et son mandat sera reconduit jusqu'en 2018. A ce titre, il participe à tous les travaux de la CNFC : établissement de l'Appel d'Offres annuel pour les demandes de campagnes à la mer, examen et évaluation des demandes, examen et évaluation de la valorisation scientifique des campagnes. A ce titre, il participe également aux travaux relatifs à l'organisation et la prospective de la flotte océanographique, en représentant la thématique de l'halieutique. Eric Foucher a ainsi participé activement à l'exercice de « Prospective de la Flotte Océanographique Française 2017-2030 », coordonné par Catherine Jeandel (CNRS – Présidente du Conseil d'Orientation Scientifique et Stratégique de la FOF), en tant qu'animateur du groupe « Halieutique » de cette prospective. Le document final se trouve à l'adresse suivante :

<https://www.flotteoceanographique.fr/A-la-une/Prospective-Flotte-Oceanographique-Francaise-Texte-et-Annexes>

### **Groupe de Travail CIEM WGIBTS**

Le groupe de travail IBTS (International Bottom Trawl Survey) du CIEM est chargé de coordonner les campagnes de chalutage de fond réalisées depuis l'ouest Ecosse jusqu'aux côtes Ibériques, en mer du Nord et dans le Skagerrak. Les objectifs sont de standardiser, d'optimiser les méthodes de travail et de coordonner les actions engagées. La dernière réunion en date du groupe de travail IBTS s'est tenu à Copenhague du 27 au 31 mars 2017, et les principaux points abordés étaient les suivants :

#### *- Bilan de la campagne 2017*

Comme chaque année, les résultats préliminaires de la campagne 2017 ont été présentés, qu'il s'agisse de la campagne du 1<sup>er</sup> trimestre (IBTS-Q1) que de celle du 3<sup>ème</sup> trimestre (IBTS-Q3). La France participe à celle du 1<sup>er</sup> trimestre depuis 1976. Dans la zone Nord Est Atlantique, 5 pays (Royaume Uni, Irlande, Espagne, Portugal et France) réalisent 13 campagnes durant le premier, troisième et quatrième trimestre. La France réalise au quatrième trimestre la campagne CGFS en Manche Est et la campagne EVHOE dans le golfe de Gascogne et la mer Celtique.

#### *- Standardisation des méthodes de travail et validation des données*

Comme chaque année, une partie de la réunion annuelle est consacrée à la mise à jour du protocole des campagnes. En 2017, aucun changement substantiel n'a été apporté au protocole qui a été soumis au SISP (Series of ICES Survey Protocols) en juillet 2017. Cette réunion a aussi permis de lister les difficultés rencontrées pour la mise à disposition des données dans la base internationale DATRAS, en vue notamment d'améliorer leur fourniture auprès des groupes de travail (WGHMM, WGCSE, WGNEW, WGNSSK, HAWG, WGDEEP, WGEF, WGEEL, WGCEPH, WGHANSA, et groupes SCICOM). Ces données, libres d'accès sont disponibles à l'adresse suivante :

[https://datras.ices.dk/Data\\_products/Download/Download\\_Data\\_public.aspx](https://datras.ices.dk/Data_products/Download/Download_Data_public.aspx)

En vue d'une standardisation du matériel utilisé, la France a décidé d'utiliser à partir de 2018 un système de protection du chalut (tablier) bien plus respectueux de l'environnement que

---

l'ancien système ('vahinés') qui possédait l'inconvénient d'émettre des filaments plastiques dans l'environnement.

*- Calcul des indices basés sur la surface chalutée.*

Historiquement, les calculs d'indice d'abondance des principales espèces étaient basés sur le nombre d'individus capturés à l'heure. Il a été décidé qu'une publication serait initiée en vue de valoriser les avantages donnés par une standardisation basée sur la surface chalutée. Enfin, les données d'entrée et les algorithmes permettant l'estimation des surfaces chalutées ont été vérifiés pour la plupart des pays.

*- Plan d'échantillonnage.*

Une réflexion pour une restructuration des protocoles des campagnes, initiée en 2015 a été reconduite cette année. Dans ce contexte, des résultats d'analyses portant sur la modification de la stratification et la durée des traits ont été présentés en parallèle à des résultats issus de projets plus généraux tels que le projet ECLIPSE visant à identifier les causes de la dynamique spatio-temporelle des communautés ichthyologiques observées au cours des 40 dernières années en Manche et Mer du Nord. De là, des discussions ont ensuite été menées sur la possibilité de modifier la répartition des traits de chalut en fonction de la répartition des différents types de communautés ichthyologiques. Concernant la comparaison des traits de 15 et 30 minutes, de nombreux résultats ont été présentés en s'appuyant sur différents critères : structure en taille, diversité, richesse, etc. Il a été décidé de prolonger l'expérience en réalisant des traits 15min supplémentaires lors de la prochaine campagne (2018) dès lors que le temps le permettait, qu'il s'agisse des campagnes IBTS-Q1 ou IBTS-Q3 car le nombre de réplicas est encore trop faible pour atteindre la robustesse statistique nécessaire à une comparaison fiable des deux efforts d'échantillonnage. Malheureusement, la liste des critères permettant de décider si 15 minutes suffisent à collecter la même quantité et qualité d'informations que 30 minutes n'a pas encore été établie. Cette liste devra être clairement mise au point dès 2018. Enfin, il a aussi été décidé que des traits '0 minute' pourraient être réalisés par les différents pays en vue d'estimer les quantités de poissons prélevées lors de la descente et la remontée du chalut. L'idée de ces traits '0-minutes' étant de remonter le chalut dès lors qu'il est en contact avec le fond. Cette quantité prélevée lors du filage et du virage est en effet problématique puisqu'elle n'est pas à ce jour prise en compte dans les calculs des indices d'abondance (nb. ind./km<sup>2</sup>). De plus, il est évident que la profondeur est un facteur clé dans l'ampleur de cet effet dit 'end effect', ce qui par conséquent peut entraîner des différences d'estimation d'abondance entre zones dont la profondeur diffère.

### **Développements informatiques**

Au cours de l'année 2017, le logiciel de traitement des campagnes VIVALDI a été enrichi. VIVALDI a dans un premier temps été développé pour les campagnes IBTS afin de générer les formats de la base de données DATRAS mis en place par le CIEM pour la gestion des données internationales. A l'origine cet outil s'appuyait sur les informations collectées à bord à partir de l'enregistrement automatique du cahier de quart via le logiciel Casino, pour la partie mise en œuvre de l'opération de pêche, et sur les informations saisies par les équipes scientifiques grâce au logiciel Raptri pour la partie biologique. Bien que cette option ait été conservée dans la nouvelle interface, la mise en place de l'outil de saisie unifié des données des campagnes halieutiques (ALLEGRO Campagnes alias Tutti) a entraîné de nouveaux développements. VIVALDI a donc évolué vers un outil plus généraliste de traitement et restitution tenant compte du nouveau format générique. Il offre désormais la possibilité d'intégrer, de compléter, de corriger et de visualiser les données issues de ce format, de restituer comme à son origine les données internationales Datras mais aussi les formats des campagnes réalisées en Méditerranée ainsi que les formats RSUFI permettant de générer notamment les indicateurs de population. De plus, de nouvelles fonctionnalités ont été développées permettant de restituer une série de résultats pouvant être présentés aux professionnels, intégrés dans les rapports de fin de mission et servir de support pour la

réalisation de documents cartographiques. Un document technique décrivant l'ensemble des fonctionnalités est désormais disponible au sein même de l'application. Il a été décidé au cours de la réunion annuelle du SIH Campagne de 2017 de migrer VIVALDI sous R dans les 3 ans à venir afin d'en assurer la maintenance et la pérennité. Par ailleurs, l'historique des données des campagnes IBTS a été récupérée et intégrée pour les années 1999 à 2014, ainsi que les données MEDITS pour l'ensemble de la série. Le volet récupération de l'historique des données des campagnes halieutiques va encore se poursuivre en 2018, notamment par le développement des procédures pour la récupération du reste de la série IBTS à partir de DATRAS. L'intégration des campagnes de nourricerie, ainsi que Comor (Coquille St Jacques en Baie de Seine) Solper (Sole des Pertuis) et RESSGAC (Ressource Gascogne) est envisagée au cours de l'année 2018. Concernant les développements relatifs aux paramètres biologiques, les données stockées dans la base BARGE0 ont été corrigées pour la campagne CGFS et en grande partie pour la campagne EVHOE dans l'objectif d'amélioration de leur qualité. Cette action doit se poursuivre en 2018 car l'intégration des informations contenues dans Bargeo vers Harmonie a été envisagée au cours de la réunion annuelle du SIH.

### **La campagne CGFS**

Depuis 1988, la campagne CGFS (Channel Ground Fish Survey) est conduite tous les ans en octobre en Manche par le laboratoire HMMN afin de permettre la collecte au chalut de fond GOV (Grande Ouverture Verticale) de données scientifiques nécessaires à l'évaluation des stocks. Les données qui en sont issues (paramètres biologiques et biométriques, d'indices d'abondance en taille et/ou en âge) sont utilisées chaque année par les groupes de travail internationaux du CIEM, principalement WGNSSK (Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak) et WGCEPH (Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History), pour déterminer analytiquement l'état des stocks de la zone. La CGFS constitue également un support considérable à de nombreux projets de recherche (H2020 DISCARDLESS, FFP DYSTRETE, FFP SMACK, FRB ECLIPSE, RETROGRAD pour les projets en cours). La campagne CGFS est coordonnée au niveau international par le groupe de travail IBTS (International Bottom Trawl Survey) du CIEM et les données collectées au cours de cette campagne sont intégrées à la base de données DATRAS mise en place par ce groupe.

La campagne CGFS 2017 a eu lieu à bord du N/O Thalassa du 06 au 23 octobre 2017. Cette campagne était la première campagne scientifique réalisée après les travaux de modernisation du N/O Thalassa (été 2017). L'impact principal de ces travaux de modernisation pour une campagne de chalutage de fond concerne l'informatisation de la salle de tri. Bien qu'une incertitude existait avant la campagne sur la faisabilité de mesures électroniques sur toutes les espèces et stations échantillonnées, la motivation et réactivité des équipes impliquées a permis de réaliser toutes les pesées et les mensurations de façon électronique. Les algorithmes de prélèvements de pièces calcifiées ont également été testés avec succès.

Sur les 74 stations fixes du plan d'échantillonnage de la CGFS-est, 71 seulement ont été échantillonnées (Figure 1.3.2) notamment à cause de mauvaises conditions météorologiques en fin de campagne. Suite à de légers problèmes de réglage des fûnes, plusieurs avaries de chalut ont été faites et ont entraîné l'invalidation de 5 traits. Les premiers résultats montrent comme les années précédentes une prédominance du chinchard sur toute la zone, mais également de maquereau. Sur l'ensemble de la Manche Orientale, 88 espèces de poissons et céphalopodes ont été capturées, ainsi que 111 taxons d'invertébrés benthiques et méduses. Au cours de la campagne, 1329 poissons ont été individuellement sexés, pesés, mesurés, et disséqués pour prélèvement de pièces calcifiées. En parallèle des travaux de chalutage des échantillonnages d'eau et de phyto, zoo- et ichtyoplancton (principalement œufs de sardine et chinchard) ont pu être réalisés à chaque station de chalutage mais aussi en semi-continu le

long du trajet du navire. Contrairement aux années précédentes, le gélatineux invasif *M.leidyi* n'a été que très peu observé en baie de Seine. Des filtrations d'eau au filet MANTA ont également été effectuées sur 15 stations pour collecter des micro-plastiques dans le cadre de la DCSMM.

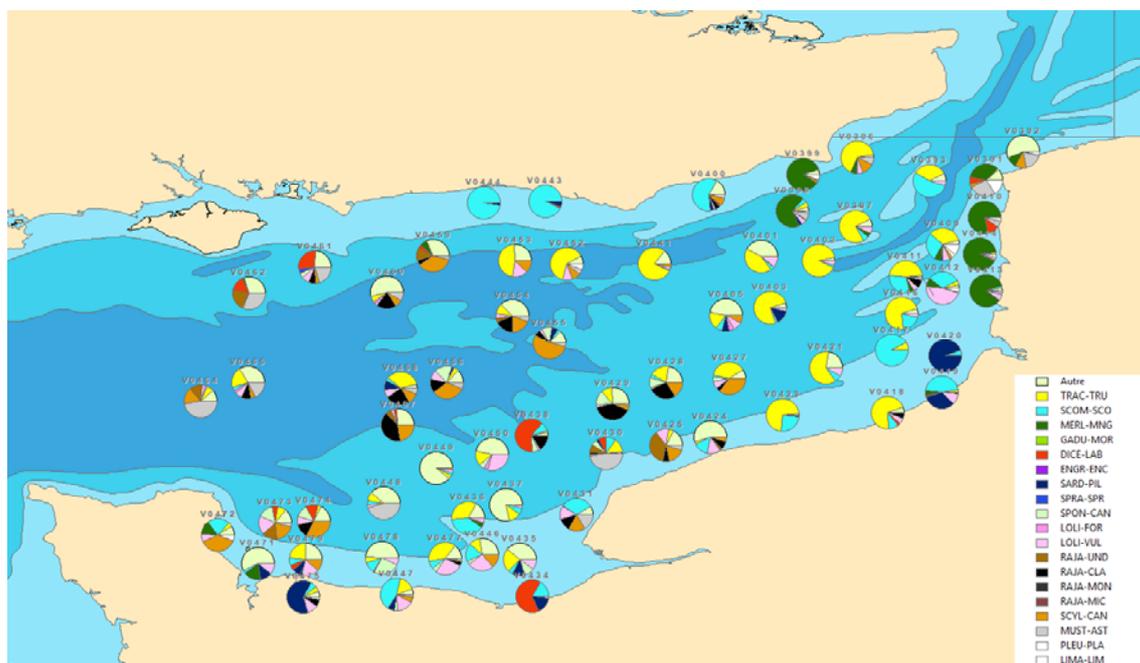


Figure 1.3.2. Composition spécifique des captures réalisées par chalutage de jour lors de la CGFS 2017.

## La campagne IBTS

La campagne IBTS17 s'est déroulée du 19 janvier au 9 février 2017. Le navire Thalassa a quitté Boulogne-sur-mer le 19 janvier, et les travaux ont commencé en Manche Est avant de rejoindre la partie sud de la mer du Nord. Après une escale aux Pays-Bas, les travaux ont repris au large des côtes néerlandaises avant de rejoindre l'ouest de la zone (Figure 1.3.3) pour se terminer à Boulogne-sur-Mer le 19 février au soir. Contrairement aux années précédentes, la campagne s'est déroulée sur 20 jours de mer (au lieu de 30) et le plan d'échantillonnage a dû être redéfini au niveau international. Grâce aux conditions météorologiques exceptionnelles, l'ensemble des travaux a pu être mené à bien. Mais il faut noter que cette situation est inhabituelle en mer du Nord à cette époque de l'année et qu'elle ne se renouvellera pas tous les ans. L'objectif principal de la campagne IBTS, coordonnée par le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) et réalisée annuellement en collaboration avec 6 autres pays riverains de la mer du Nord est de recueillir des données permettant le calcul des indices d'abondance des principales espèces de poissons commerciaux exploitées en mer du Nord. Cependant, afin d'étudier l'écosystème dans son ensemble (réseau trophique et environnement abiotique), des travaux complémentaires sont réalisés :

- *Oeufs de poissons*. Un échantillonnage en continu à l'aide du « Continuous Underway Fish Egg Sampling » permet notamment d'étudier la répartition des oeufs de poissons et d'approfondir les connaissances sur les habitats de ponte des espèces importantes en mer du Nord et en Manche.
- *Larves de poissons*. L'analyse des échantillons collectés à l'aide du filet à larves MIK permet d'étudier les processus affectant la survie et le transport de l'ichtyoplancton jusqu'aux zones de nurseries.
- *Macroinvertébrés benthiques*. En raison des fortes pressions exercées par les activités de pêche, les macroinvertébrés benthiques peuvent subir d'importantes altérations. Pour évaluer ces effets, un échantillonnage est donc réalisé à chaque trait de chalutage depuis 2008. La structuration et la distribution des communautés de macroinvertébrés benthiques sont également étudiés.

- *Compartiments hydrologiques, phyto et zooplanctoniques* : Depuis 2008, en plus de la température et de la salinité, d'autres paramètres hydrologiques (sels nutritifs, oxygène, pH, ...) et biologiques (chlorophylle a, phyto- et zooplancton) sont également mesurés afin de mieux caractériser les conditions environnementales hivernales de la zone prospectée.

- *Oiseaux et mammifères marins*. En association avec le Centre National des Mammifères marins de La Rochelle et le LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux). Le protocole a été adapté à la campagne et les observations se font de jour, durant les transits entre chaque chalutage.

Voici un résumé de l'effort d'échantillonnage réalisé durant la campagne 2017 :

- Chalut de fond (GOV) : 62 stations
- Filet à larves (MIK) : 103 stations
- Stations hydrologiques et échantillonnage de zooplancton et phytoplancton : 139 stations.
- Observation des oiseaux et mammifères marins en Manche
- Enregistrement des données acoustiques
- Echantillons d'œufs : 205

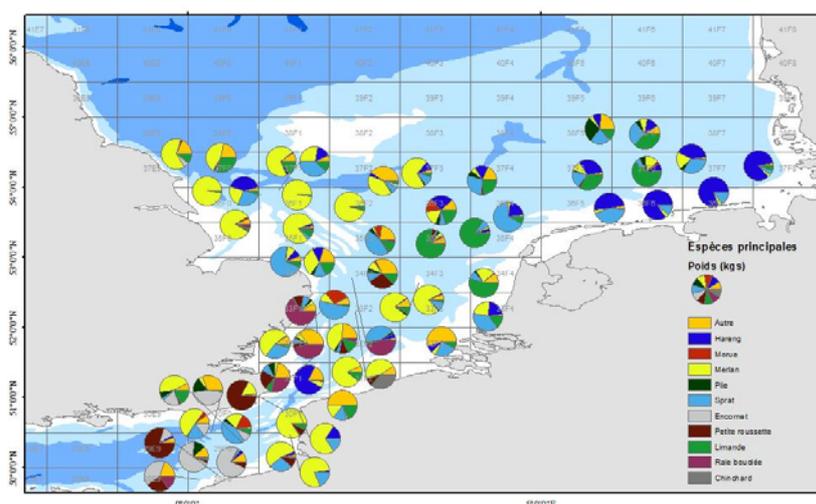


Figure 1.3.3. zone échantillonnée par le N/O Thalassa

Dès le retour de la campagne, des résultats préliminaires ont été présentés à la presse et aux professionnels de la pêche. La Figure 1.3.4 présente les indices de recrutement (âge 1) pour trois espèces commerciales principales. Ces résultats sont basés sur les 255 traits réalisés par les 6 navires impliqués dans la campagne.

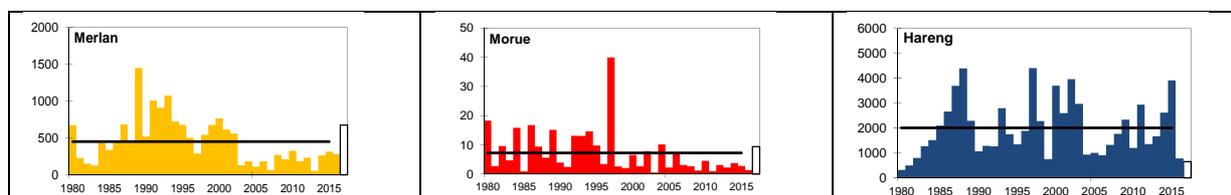


Figure 1.3.4. Indices de recrutement (âge 1) calculés à partir des données des campagnes IBTS. De 1980 à 2016 = indice final. Pour 2017 = indice préliminaire

## La campagne COMOR

Chaque année, l'Ifremer procède à l'évaluation du stock de coquilles Saint-Jacques *Pecten maximus* de la baie de Seine à partir des données recueillies lors d'une campagne de prospection estivale. La campagne COMOR47 a eu lieu du 30 juin au 17 juillet 2017, au cours

---

de laquelle 171 traits de drague ont été effectués, dans le gisement classé de la baie de Seine (situé dans les eaux territoriales françaises) et dans la partie « Proche Extérieur » située plus au nord, entre la limite des 12 milles et le parallèle 49°48N. Les résultats montrent l'arrivée dans la pêcherie d'un recrutement exceptionnel (cohorte 2015) qui constitue le record absolu de la série historique, observé dans toutes les zones et en particulier dans la partie Est de la baie de Seine. A l'Extérieur de la baie de Seine, le reliquat d'individus adultes (coquilles Saint-Jacques âgées de 3 ans et plus) s'améliore légèrement, par contre les juvéniles de 1 an (cohorte 2016, qui viendra alimenter la pêcherie en 2018) est faible. Dans la baie de Seine (eaux territoriales françaises), le reliquat s'améliore également, et contrairement à l'Extérieur, la présence d'une quantité massive de juvéniles de 1 an (pré-recrutement) est observée. La biomasse exploitable est estimée à 48572 et 18783 tonnes, respectivement pour la baie de Seine et le Proche Extérieur. Documents pertinents :

Foucher Eric (2017). Evaluation annuelle du stock de coquilles Saint-Jacques (*Pecten maximus*) de la baie de Seine : résultats de la campagne COMOR 2017. <http://doi.org/10.13155/52120>

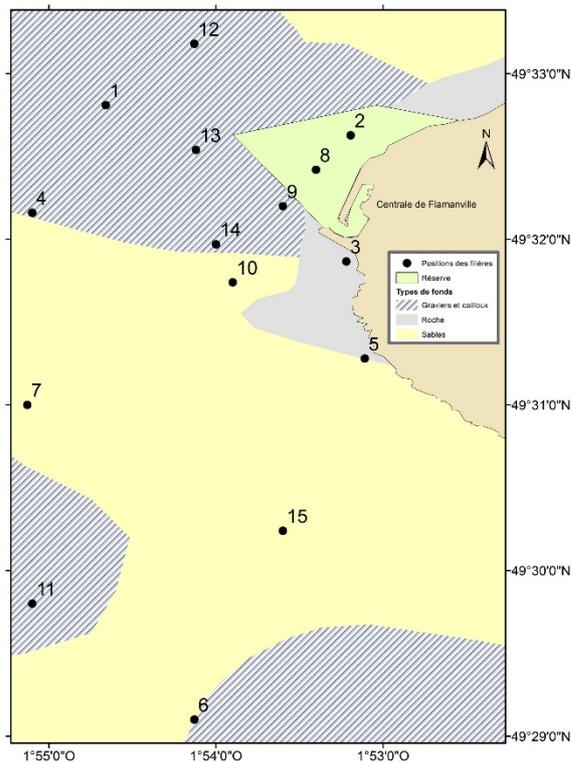
COMOR2017 : FOUCHER Eric, QUINQUIS Jérôme (2017) COMOR 47 croisière, RV Thalia, <http://dx.doi.org/10.17600/17007200>

### **La campagne CRUSTAFLAM**

Dans le cadre de l'étude de surveillance du milieu marin aux abords du CNPE de Flamanville, l'IFREMER réalise chaque année en juin et septembre une campagne halieutique dans la zone côtière. L'objectif de la campagne CRUSTAFLAM est de fournir des indicateurs spatio-temporels susceptibles de mettre en évidence un changement éventuel dans la communauté des crustacés qui puisse être lié aux rejets d'eaux réchauffées et chlorées par le CNPE de Flamanville. A cette fin, un certain nombre d'indicateurs sont élaborés à partir des données récoltées au cours de chaque campagne réalisée à bord d'un navire professionnel :

- Répartition et abondance halieutique des crustacés d'intérêt commercial;
- Estimation directe du recrutement et de ses variations;
- Connaissances historiques sur les peuplements de crustacés (plus de 30 ans);
- Données hydrologiques (température et salinité) ;
- Dynamique de la population de homard (CMR).

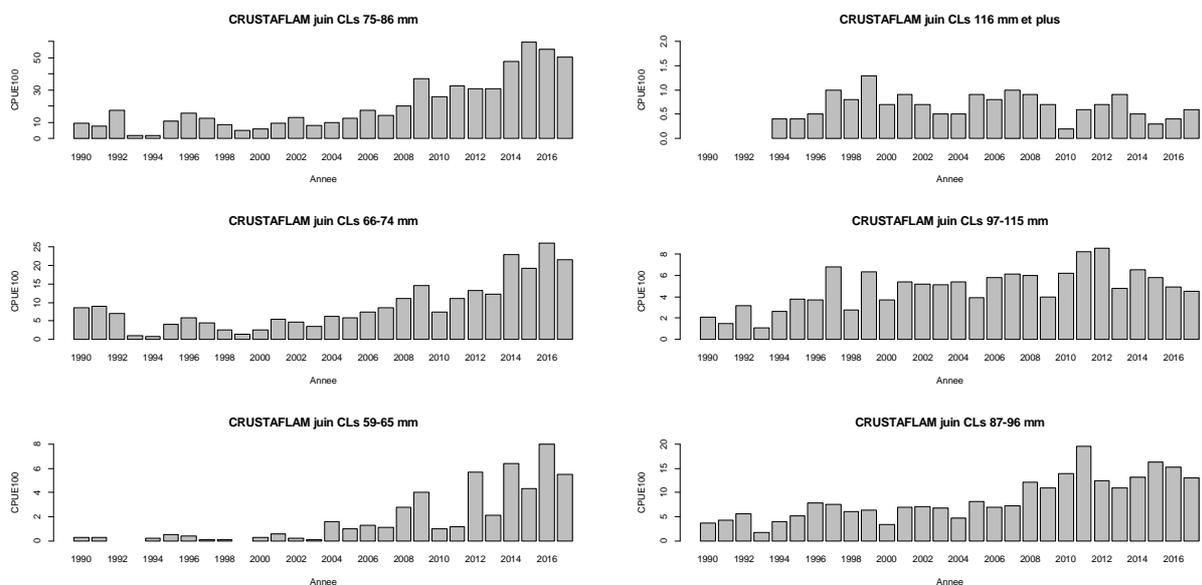
La création en 2000 d'un cantonnement de 1,2 km<sup>2</sup> pour préserver une fraction du stock de homard a induit un changement dans les captures et tout particulièrement dans celles réalisées à proximité du cap de Flamanville. Cette zone interdite à la pêche au casier fait, depuis cette date, partie intégrante du protocole d'échantillonnage des pêches expérimentales (Figure 1.3.5).



**Figure 1.3.5.** Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larsonneur) et localisation des points échantillonnés

Cette mesure de gestion se traduit par une augmentation des rendements de pêche ce qui induit depuis qu'elle est mise en œuvre un biais dans la série historique des campagnes.

En 2017, les échantillonnages ont été réalisés les semaines 24 et 37. Depuis le début de la série temporelle, les campagnes montrent que sur l'ensemble des points de prélèvement, les abondances en homard sont cette année encore parmi les plus fortes jamais observées. De plus elles mettent en évidence une augmentation régulière de l'abondance de jeunes individus dont les classes de tailles Lc sont inférieures 86 mm dans les captures totales depuis plus de 10 ans (Figure 1.3.6). Parallèlement l'abondance des plus grands individus ne cesse de diminuer depuis 2005, montrant ainsi une exploitation importante du homard, fortement tributaire des bons recrutements de ces dix dernières années. Ainsi, la classe de taille Lc 87-96 mm, située juste au-dessus de la taille commerciale est en effet la plus abondante dans les captures réalisées dans cette zone mais pourrait bien se trouver affectée par de mauvaises années de recrutements post larvaires.



**Figure 1.3.6.** Abondance des homards par classe de taille en dehors de la réserve depuis 1990.

L'analyse des données des campagnes 2017 est en cours et fera l'objet d'un rapport définitif de surveillance du CNPE de Flamanville remis à EDF pour fin mars 2018.

## La campagne NOURSOM

Dans le cadre de l'étude de surveillance du milieu marin aux abords du Centre National de Production d'Electricité de Penly, l'IFREMER réalise chaque année une campagne halieutique dans la zone côtière. Depuis 1987, elle permet d'échantillonner des juvéniles de moins de 1 an (groupes 0), principalement pour les poissons plats (sole, plie, limande) mais aussi de suivre la population de crevette grise présente dans la zone. Cette série temporelle prend en compte l'état de la communauté avant et après la mise en fonctionnement des deux tranches du CNPE en 1990. L'objectif de la campagne NOURSOM est de fournir des indicateurs spatio-temporels susceptibles de mettre en évidence un changement éventuel dans la communauté qui puisse être lié aux rejets d'eau chaude (maximum 35°C) et chlorées du CNPE de Penly. A cette fin, un certain nombre d'indicateurs sont élaborés à partir des données récoltées au cours de chaque campagne réalisée à bord d'un navire professionnel :

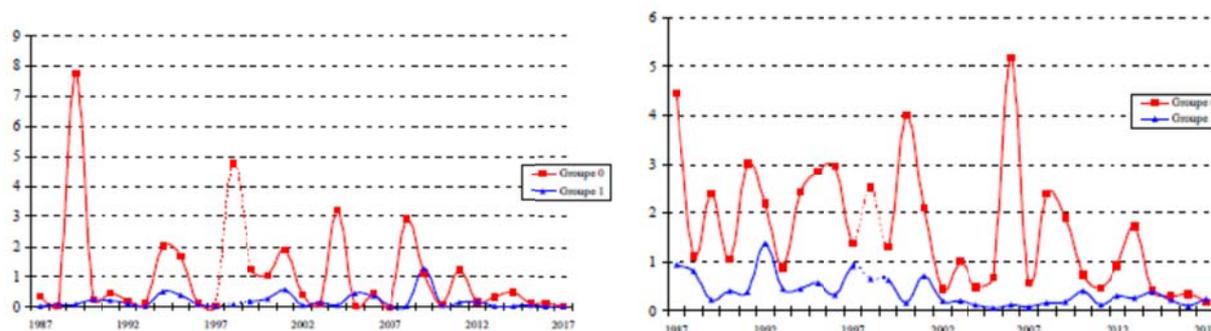
- Répartition et abondance halieutique ;
- Indices d'abondance par groupe d'âge des principales espèces ;
- Fourniture des groupes d'âge de sole et plie pour les groupes de travail du CIEM ;
- Estimation directe du recrutement et de ses variations ;
- Connaissances sur les peuplements ichtyologiques ;
- Données hydrologiques (température et salinité) ;
- Localisation et estimation de l'importance de la nourricerie de Baie de Somme ;
- Abondance et répartition spatiale des peuplements benthiques.

Deux types de stratifications ont été définis pour les calculs des indices d'abondances: un pour les poissons et invertébrés commerciaux et un autre spécifique pour la crevette grise.

En 2017 les échantillonnages ont été réalisés la dernière semaine d'août à l'aide de chaluts à perche (CP3) en dehors de la baie de Somme et de 2 m (CP2) à l'intérieur et à proximité immédiate de celle-ci, selon un plan d'échantillonnage stratifié et une durée de traîne standardisée.

Pour des raisons de confidentialité, les données 2017 ne seront diffusables qu'à partir de mars 2018. Toutefois les résultats montrent que l'année 2017 se caractérise par une très faible quantité de poissons plats capturés et tout particulièrement en ce qui concerne les juvéniles de

sole et de plie (Fig. 1.3.7). Les indices des groupes 0 et 1 sont parmi les plus faibles de la série historique commencée en 1987.



**Figure 1.3.7.** Densité moyenne de sole et de plie (nbre ind. pour 1000 m2).

La densité globale en crevettes grises observée en 2017 (principalement dans la baie) est en forte diminution comparée aux deux années précédentes. L'indice enregistré en 2017 est situé au plus bas de ce qui est généralement observé.

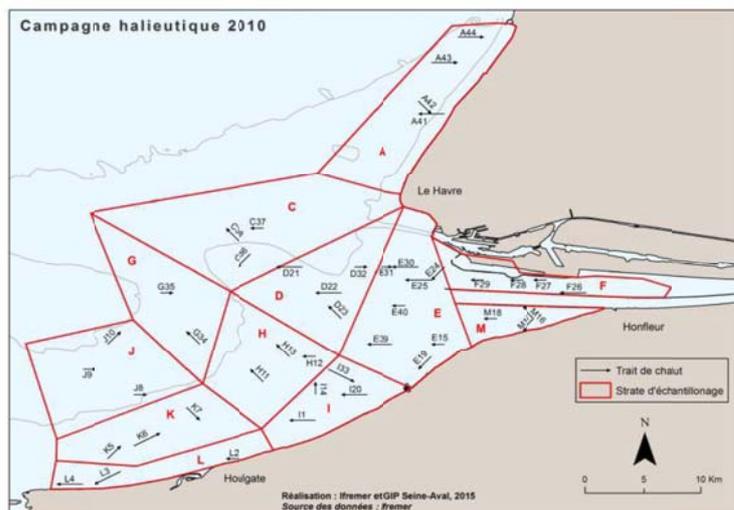
L'analyse des données de la campagne de fin août 2017 fait l'objet d'un rapport provisoire de surveillance du CNPE de Penly remis à EDF fin janvier 2018 et dont la version définitive sera rendue au mois d'avril suivant.

### La campagne NOURSEINE

La campagne 2017 est la première d'une série de 3 années (2017-2019) de suivi des nourriceries de la baie de Seine et de l'estuaire de Seine, réalisée dans le cadre du projet NOURSEINE (FEAMP mesure 40). Il s'agit de reproduire à l'identique les campagnes de suivi qui ont été historiquement menées dans la zone, de 1995 à 2002 et de 2008 à 2010, selon un protocole similaire aux campagnes de suivi des nourriceries de la baie de Somme. L'objectif de la campagne NOURSEINE est de produire une image actualisée de la communauté ichthyologique de la nourricerie, et d'intégrer cette nouvelle information dans le contexte de la série historique préexistante. Comme pour la campagne NOURSOM, les données récoltées sont:

- Répartition et abondance halieutique ;
- Indices d'abondance par groupe d'âge des principales espèces ;
- Estimation directe du recrutement et de ses variations ;
- Connaissances sur les peuplements ichthyologiques ;
- Données hydrologiques (température et salinité) ;
- Localisation et estimation de l'importance de la nourricerie de baie de Seine ;
- Abondance et répartition spatiale des peuplements benthiques.

La campagne est réalisée au mois de septembre par des coefficients de marée inférieurs à 60, à bord d'un chalutier de faible tirant d'eau capable d'opérer dans les zones de faible profondeur de l'estuaire (fosse nord en particulier). L'ensemble de la zone échantillonnée est divisée en 12 strates définies en fonction de la bathymétrie et de l'éloignement par rapport à l'estuaire, pour un total de 45 traits environ (Figure 1.3.8). Le plan d'échantillonnage est fixe en raison du risque de croche important dans ce secteur. L'engin utilisé est un chalut à perche chaîné de 2 m de large (CP2) en fosse nord et de 3 m de large (CP3) dans les autres secteurs, équipé d'un filet en maille de 20 mm étirée permettant d'échantillonner correctement les populations de juvéniles. L'ouverture vertical de l'engin est de 0.5 m. Chaque trait, d'une durée de 15 minutes, est effectué face au courant à une vitesse comprise entre 2.5 et 2.8 noeuds.

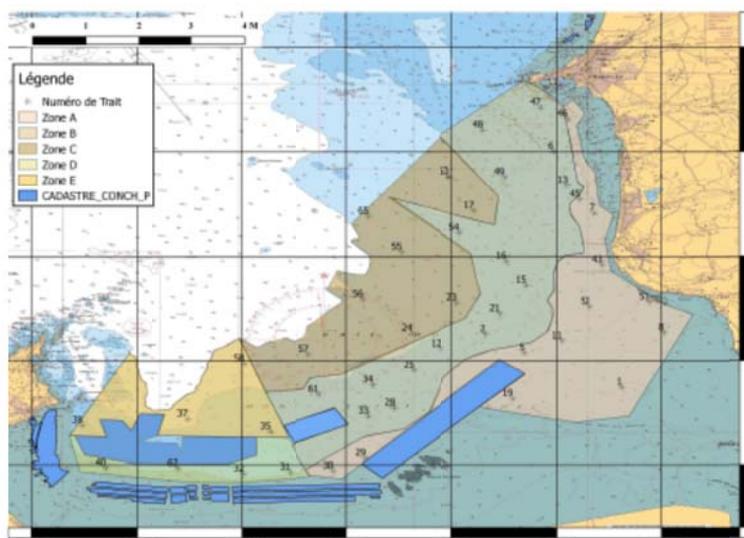


**Figure 1.3.8.** Localisation des stations de chalutage de la campagne NOURSEINE (exemple pour l'année 2010) (source : Morin et al. 2015).

La campagne 2017 a eu lieu du 15 au 18 septembre. Les données récoltées ont été saisies dans la base Access dédiée à la campagne. Les échantillons biologiques collectés (poissons, otolithes) ont été transférés vers les laboratoires où auront lieu le traitement de ces échantillons (pôle de sclérochronologie et pôle réseaux trophiques de Boulogne-sur-mer). Un premier travail d'exploitation des données sera mené dans le cadre d'un stage de M2 dont l'objet est l'étude de l'évolution de la population de crevettes (*Crangon crangon*) de l'estuaire de Seine, et qui sera réalisé au cours du premier semestre 2018.

### La campagne NOURMONT

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM), le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTSE) a confié à l'Ifremer le soin d'assurer la coordination thématique du programme de surveillance (PdS) « Poissons et céphalopodes. Parmi les recommandations du PdS, le suivi des poissons et céphalopodes démersaux des milieux meubles côtiers a été jugé prioritaire. Une surveillance pérenne et opérationnelle doit ainsi être mise en place au cours du premier cycle. Elle est basée sur une série de campagnes récurrentes à déployer dans des fonds inférieurs à 40 mètres, utilisant un protocole mis en œuvre depuis de nombreuses années dans le cadre du suivi des nourriceries existantes. Elles permettront de caractériser l'état écologique des peuplements côtiers qui sont soumis à de nombreuses contraintes d'origines naturelle et anthropique. Elles serviront aussi à évaluer la dynamique spatio-temporelle et le fonctionnement trophique des aires de nourriceries. A cette fin, la première campagne Nourmont a été programmée en fin d'été 2017 selon le plan d'échantillonnage suivant (Figure 1.3.9), dans le secteur de la baie du Mont Saint Michel.



**Figure 1.3.9.** Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Nourmont.

La zone couverte par la campagne (Figure 1.3.9) se situe au sud d'une ligne reliant Granville à la pointe du Grouin. La partie prospectée au chalut perche 3m s'étend de la limite basse de la zone intertidale à la sonde des 10 m. Sur les 66 points de prélèvement potentiellement réalisables, 45 traits ont finalement été retenus pour permettre la réalisation de la campagne en trois jours et couvrir de façon proportionnelle chacune des strates. Cette première campagne a permis de faire un point 0 et d'établir un plan d'échantillonnage stratifié en vue d'une meilleure compréhension de l'écosystème de cette unique nourricerie française en Manche occidentale. Les données sont bancarisées sur la base de données Harmonie de manière à utiliser les indicateurs portant sur les estimations d'abondance et de biomasse des espèces et de groupes d'espèces. Ceux-ci sont déjà calculés en routine pour d'autres campagnes et rendus disponibles sur le site internet du SIH. La phase de saisie des poissons et du benthos est en cours et un rapport sera rédigé d'ici la fin du mois d'avril. Il sera ensuite transmis aux différents partenaires du projet et présentera les principaux résultats relatifs aux données collectées (richesse spécifique et abondance des espèces, paramètres hydrologiques, déchets).

### **Campagnes de suivi du recrutement de sole (projet SMAC)**

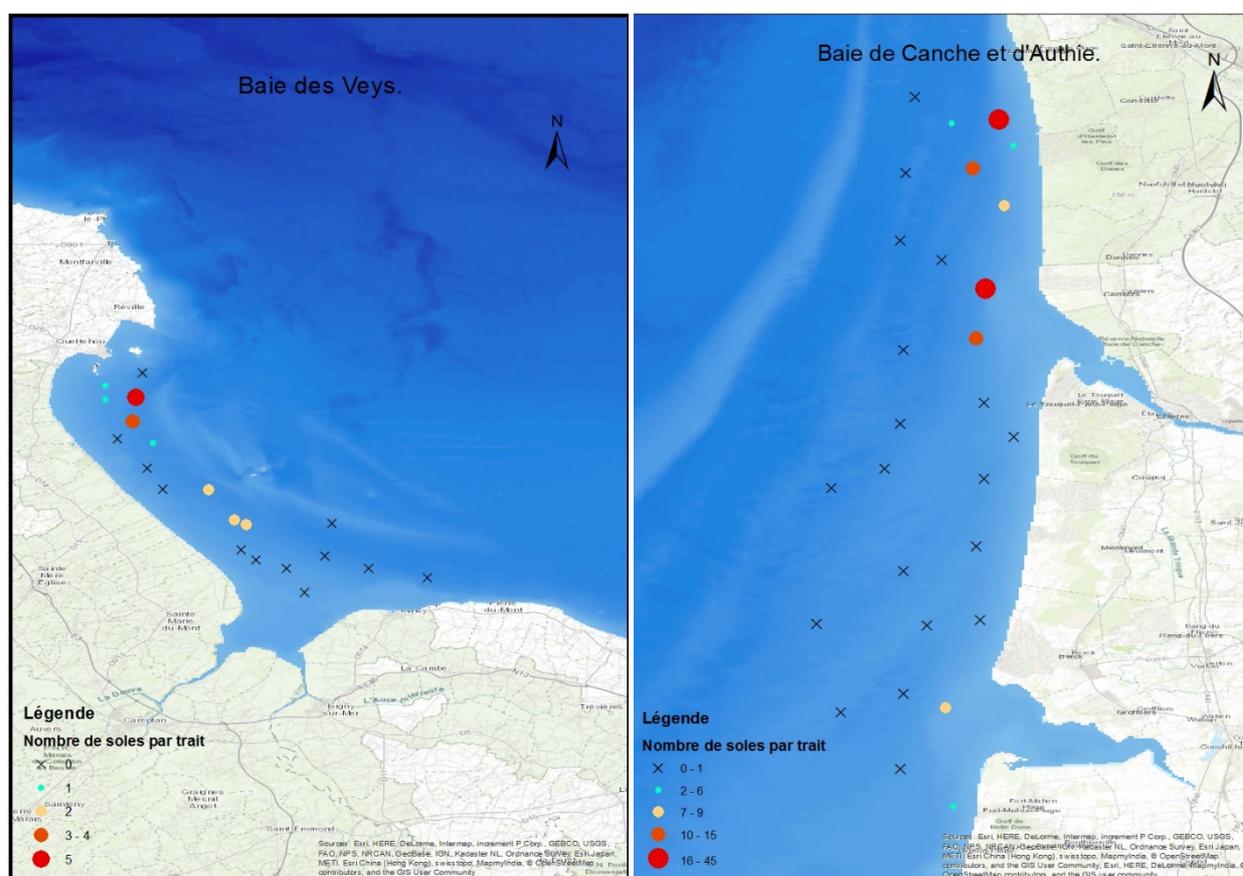
#### Contexte

Malgré une bonne connaissance de l'écologie des juvéniles de sole pendant leur phase sur nourricerie, les fluctuations interannuelles d'abondance au sein des différents secteurs de nourricerie ont été relativement peu étudiées. En conséquence, si les méthodes quantitatives d'évaluation de stock (basées sur le suivi des captures aux âges) permettent une bonne estimation du recrutement *a posteriori* (c'est-à-dire plusieurs années après la naissance de la classe d'âge), l'évaluation du recrutement de la sole VIIId pour les années récentes est emprunte d'une large incertitude. En effet, elle est basée sur une campagne d'estimation d'abondance des juvéniles réalisée sur une seule zone de nourricerie côtière (la baie de Somme), la seule campagne annuelle depuis l'arrêt de la campagne anglaise en 2006. L'analyse des variations interannuelles sur des secteurs distincts (*e.g.* sur les côtes françaises, baie des Veys, estuaire de Seine, baie de Somme) a pourtant montré que plusieurs nourriceries de productivités différentes, et non synchrones selon les années, participent au recrutement du stock de Manche Est (Rochette et al., 2010; Rochette et al., 2013, et références associées). Ainsi, une estimation d'abondance de juvéniles sur un site donné ne permet pas de déduire le recrutement à l'échelle du stock.

Une campagne multi-site d'évaluation du recrutement a donc été mise en place dans le cadre du programme SMAC sur la période 2016-2017.

### En 2017 :

Les juvéniles de soles séjournent dans les nourriceries côtières durant leurs deux ou trois premières années de vie (âges 0, 1 et 2). Comme l'année précédente, en cohérence avec les travaux précédents, il a été choisi de concentrer nos efforts sur l'âge 1, plus facile à échantillonner que l'âge 0 trop côtier, et plus fiable que l'âge 2 (qui commence à quitter les nourriceries). Les trois secteurs échantillonnés en 2016, la Baie des Veys, la Baie de Seine et les Baies Canche-Authie l'ont été de nouveau cette année au niveau des mêmes points d'échantillonnage, du 23 au 29 septembre. Les campagnes ont été réalisées à bord des mêmes navires professionnels qu'en 2016, sauf pour la baie de Seine, où la campagne s'est faite dans le cadre du projet Nourseine. Le protocole suivi était identique à celui de 2016, mais cette année, tous les poissons commerciaux ont été dénombrés et mesurés et non plus seulement les soles et plies. Les résultats ont été saisis dans une base ACCESS et sont en cours d'exploitation. La Figure 1.3.10 présente les abondances de soles pêchées.



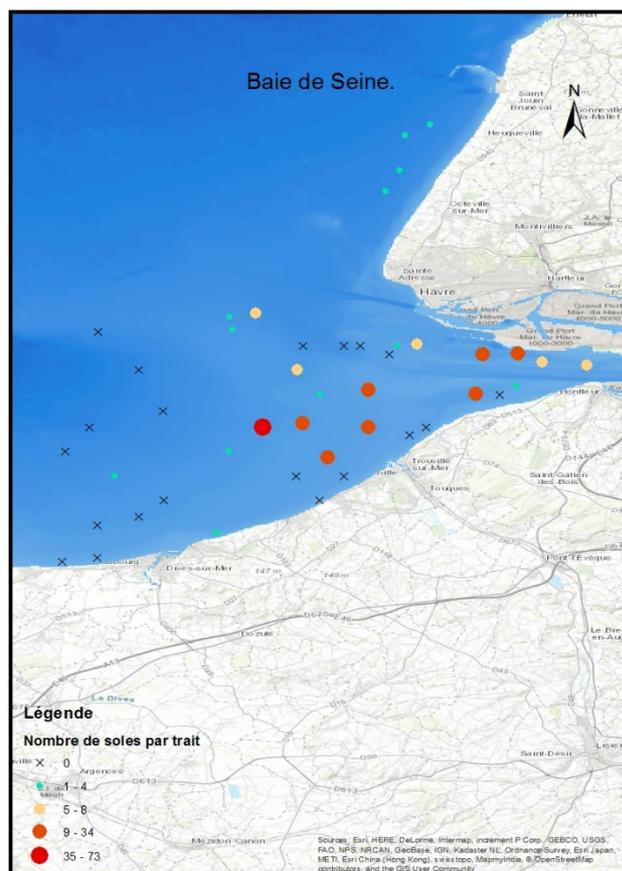


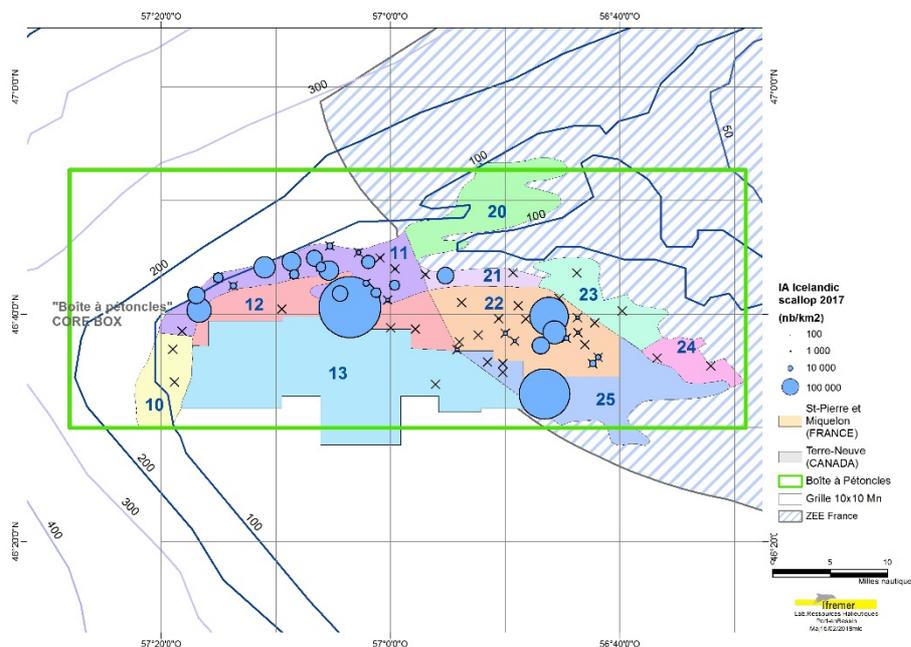
Figure 1.3.10. Nombre de soles capturées par trait dans les trois sites.

### Campagne SPM2017-Hal

L'Ifremer a conduit en août 2017 une campagne océanographique multi-thématique (physique, biologie, halieutique) dans les eaux de Saint-Pierre et Miquelon, à bord du N/O Antéa.

Au cours de cette campagne unique d'une durée de 29 jours sur zone, 10 jours ont été dédiés à des évaluations halieutiques portant sur une actualisation des connaissances relatives à l'état du stock de pétoncles (pétoncle d'Islande *Chlamys islandica* et pétoncle géant *Placopecten magellanicus*) dans la zone franco-canadienne dite « Boîte à pétoncles » et sur la ressource en holothuries (concombres de mer *Cucumaria frondosa*) dans la partie sud des eaux françaises (appelée le « Tuyau » ou « Corridor »). Toutes les données recueillies ont été saisies au jour le jour à bord du navire dans la base de données Allegro (adaptée pour la saisie des pectinidés). Les résultats (rapport définitif en cours de réalisation et présentations sur place déjà faites) ont été mis à disposition de la DPMA et plus généralement de l'ensemble des parties concernées par la gestion de ces ressources.





SPM2017-Hal : LAZURE Pascal, FOUCHER Eric (2017) SPM2017 croise, RV Antea, <http://dx.doi.org/10.17600/17004400>

### Les campagnes ichtyoplancton et larves de crustacés décapodes

Dans le cadre du projet IGA, 12 campagnes récurrentes d'1 journée sont effectuées par l'unité HMNN, 4 au niveau des CNPE de Gravelines et de Penly en avril-mai afin de suivre les œufs et larves de quatre espèces de poissons (sole, sprat, sardine, limande) et 6 campagnes de Juin à Septembre au niveau du CNPE de Flamanville afin de suivre les larves d'araignée de mer et de homard. Au niveau de chaque CNPE, plusieurs points situés dans les eaux d'amenée, de rejet et hors influence des CNPE sont échantillonnés. Ces suivis sont réalisés depuis les années 70-80 et permettent de disposer de séries à long terme sur l'évolution du milieu à proximité des CNPE et notamment sur l'évolution des abondances de certaines espèces d'intérêt halieutique (Figure 1.3.11).

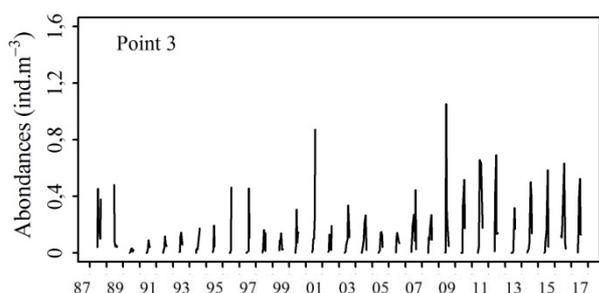
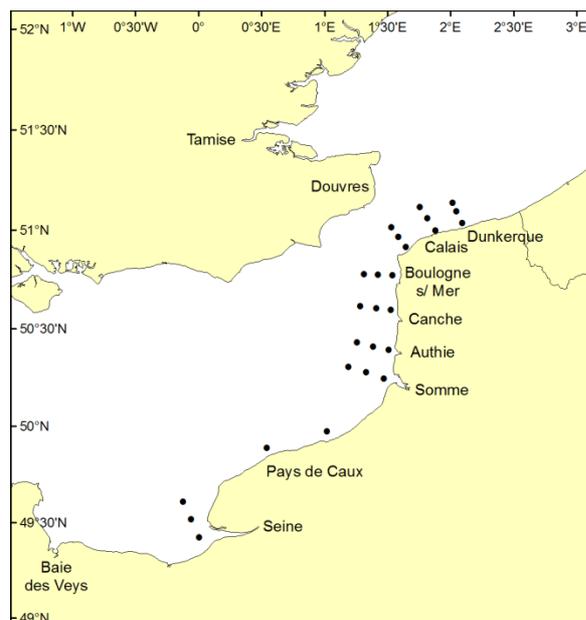


Figure 1.3.11. Evolution des abondances de larves d'araignée de mer au niveau de Flamanville depuis 1987.

### Campagne REIVE

Dans le cadre de l'axe 2 du projet SMAC, deux campagnes d'échantillonnage (REIVE 1 et 2) centrées sur l'ichtyoplancton ont été réalisées en mars et mai à bord du N/O Côtes de la Manche depuis la Baie de Seine jusqu'à Dunkerque (Figure 1.3.12). Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, chlorophylle, nutriments...), le phytoplancton, le zooplancton et l'ichtyoplancton ont été collectés au niveau de 26 stations réparties le long de

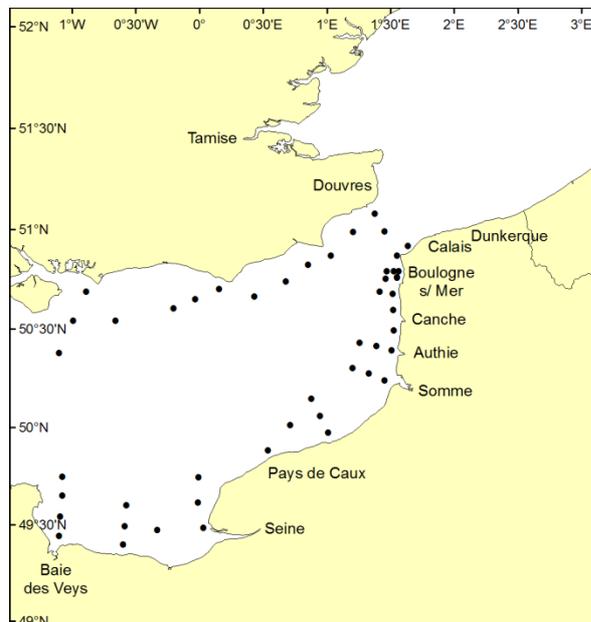
radiales côte-large. L'ichtyoplancton a été collecté dans toute la colonne d'eau à l'aide d'un filet bongo et également à proximité du fond à l'aide d'un traineau épibenthique afin de collecter les stades larvaires les plus âgés des poissons plats. Le but principal de ces campagnes était d'identifier les zones de concentration des œufs et larves de poissons, en particulier de la sole. Les autres paramètres mesurés serviront à caractériser l'environnement abiotique et biotique de vie de ces œufs et larves. Outre le projet SMAC, ces données serviront également pour la thèse de Julien Di Pane sur les « Influences environnementales sur le succès des écophases larvaires des poissons en Manche orientale et la baie Sud de la mer du Nord » et pour le CPER MARCO.



**Figure 1.3.12.** Plan d'échantillonnage des campagnes REIVE réalisées en mars et mai 2017

### Campagne PHYCO

Dans le cadre de la DCSMM, l'unité HMMN a participé à la campagne PHYCO qui s'est déroulée à bord du N/O Côte de la Manche du 21 au 29 Avril (Figure 1.3.13). Pour ce qui concerne l'unité HMNN, 27 échantillons d'ichtyoplancton ont été collectés depuis la baie de Seine jusqu'au gris nez côté français et depuis l'île de White jusqu'à Douvres côté anglais. Ces données viendront compléter celles acquises pendant les campagnes REIVE afin de préciser la distribution de l'ichtyoplancton au mois d'avril. Les échantillons collectés serviront également de matériel pour la thèse de Julien du Pane sur les « Influences environnementales sur le succès des écophases larvaires des poissons en Manche orientale et la baie Sud de la mer du Nord » et pour le CPR MARCO.



**Figure 1.3.13.** Plan d'échantillonnage de la campagne PHYCO réalisée en avril 2017

### 1.3.3. Plateaux techniques

#### LE PÔLE DE SCLÉROCHRONOLOGIE

En 2017, l'équipe du Pôle de sclérochronologie qui est maintenant dotée d'un cadre solide et de 5 techniciens a traité plus de 30 000 pièces calcifiées (écailles, otolithes et illicium) de 31 espèces dans le cadre du suivi européen des stocks halieutiques. Elle a participé comme chaque année au groupe de travail du CIEM qui structure les données biologiques au niveau européen (WGBIOP – Working Group on Working Group on Biological Parameters, Octobre 2017). De plus, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a participé à 5 autres groupes de travail : 2 concernant l'âge et la validation d'âge des espèces (Workshop on ageing validation methodology of Mullus species, Mai 2017 ; WKARBLUE, Workshop on age reading of Blue whiting, Juin 2017), 2 concernant la maturité sexuelle des espèces (WKMATHIS, Workshop on Sexual Maturity staging from histological tools, Octobre 2017 ; WKMSHS2, Workshop on Sexual Maturity Staging of Herring (*Clupea harengus*) and Sprat (*Sprattus sprattus*), Octobre 2017) et 1 sur les outils pour discriminer les stocks halieutiques (SIMWG -Stock Identification Methods Working Group, par correspondance). L'équipe a aussi participé à 2 exercices d'inter-calibrations d'âge concernant le hareng (*Clupea harengus*), la sardine (*Sardina pilchardus*), l'églefin (*Melanogrammus aeglefinus*) et la limande (*Limanda limanda*).

En 2017, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a accueilli 5 chercheurs ou doctorants : Gabriela Prestes Carneiro (MNHN Sao Paulo, Brésil & MNHN Paris), Ali Becheker (Université d'Annaba, Algérie), Asma Khalid (Université de Tunis), Jimena Torres (MNHN Paris), Gizem Akkus (institut of marine science, Turquie) sur des thématiques allant de l'archéologie à l'étude des stocks de poissons dans l'océan Atlantique et la mer Méditerranée en passant par des études de croissance.

De plus, le pôle de sclérochronologie a participé à plusieurs projets de recherche avec en particulier le projet Toolbar (Mieux appréhender l'effet de la température sur les processus de biominéralisation de l'otolithe - approche expérimentale appliquée au bar (*Dicentrarchus labrax*), dirigé par le pôle de Sclérochronologie) et le projet SMAC (Sole de Manche Est : amélioration des connaissances pour une meilleure gestion du stock). Cette année 2017 aura été marquée par une implication plus forte du pôle de Sclérochronologie dans des études expérimentales et des analyses utilisant la forme des otolithes ce qui traduit une diversité dans

les sujets de recherche. Enfin, l'équipe du pôle de Sclérochronologie a participé à la valorisation des résultats à travers 8 publications parues en 2017.

### LE PÔLE DE TAXINOMIE ET D'ÉCOLOGIE DU ZOOPLANCTON

Le pôle de Taxonomie et d'Écologie du Zooplancton est une plateforme technologique située à Boulogne sur Mer, spécialisée dans l'étude du zooplancton et notamment de l'ichtyoplancton (œufs et larves de poissons). Il s'agit d'une plateforme transversale entre les Unités HMNN et UL (Unité Littoral dont dépend les laboratoires environnement et ressources (LER)) de l'Ifremer. Pour le LER, un cadre spécialisé en mésozooplancton est responsable du pôle et est assisté d'un TA. Pour l'Unité HMNN, quatre permanents sont impliqués dans le pôle : deux cadres spécialisés en ichtyoplancton : Christophe Loots en tant que co-responsable du pôle et Carolina Giraldo et deux agents TA (Valérie Lefebvre et Josselin Caboche). Les deux cadres de recherche en ichtyoplancton étudient le déterminisme de la variabilité spatio-temporelle des zones fonctionnelles importantes pour les populations de poissons comme les frayères et les zones de dérive larvaire. La caractérisation au niveau individuel et spécifique de certains paramètres clés comme la nutrition, la condition, la croissance et la mortalité larvaires pour les principales espèces de poissons rencontrées en Manche-mer du Nord est également appréhendée afin de préciser l'influence de ces paramètres sur le recrutement. Ces activités de recherche s'effectuent via des projets de recherche (projet FFP SMAC 2016-2019, CPER MARCO, projet EDF-SUCCCES) et de surveillance écologique du milieu marin (projet IGA de EDF). Ces projets s'appuient eux-mêmes sur des observations acquises dans le cadre des campagnes en Manche et mer du Nord déjà financées par la DC-MAP (IBTS, CGFS) ou par EDF (campagnes IGA à Gravelines et Penly) ainsi que des campagnes ponctuelles financées par des projets comme le projet SMAC (campagnes REIVE 1, 2) ou la DCSMM.

La plateforme technique est constituée d'un laboratoire équipé du matériel nécessaire à la collecte (filets à plancton, bouteilles de prélèvement Niskin, etc.), à la conservation (fixateurs, bonbonne d'azote liquide) et à l'analyse des échantillons (loupes et microscopes, caméra numérique, zooscan) de mésozooplancton et d'ichtyoplancton. En 2017, la plateforme s'est dotée d'un automate de déshydratation et d'un iatroskan, financés par le CPER MARCO afin d'étudier la condition larvaire des poissons grâce aux indices histologiques et lipidiques.

Dans le cadre des activités de recherche qui sont menées, la thèse de Julien Di Pane portant sur les « Influences environnementales sur le succès des écophases larvaires des poissons en Manche orientale et la baie Sud de la mer du Nord » se poursuit. Ugo Werner a été recruté en Septembre 2016 pour un CDD technicien d'1 an dans le cadre de l'axe 2 du projet SMAC pour la participation aux campagnes SMAC (œufs, larves et juvéniles de sole) de 2017 et pour l'analyse des échantillons d'œufs et larves de sole collectés pendant les campagnes REIVE au printemps 2017. Michèle Pernak a été recrutée dans le cadre d'un master en alternance sur 2 ans (2016-2018) sur la « Variabilité spatio-temporelle des assemblages larvaires de poissons en Manche Est et mer du Nord ».

Les cadres impliqués dans le pôle participent également en tant qu'experts à de nombreux groupes de travail et workshops du CIEM: WGZE, WGEGBS2, WGALES, HAWG ainsi qu'à des groupes de travail au niveau national notamment sur le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale.

### LA PLATEFORME RESEAUX TROPHIQUES MARINS

Pour 2017, la plateforme réseaux trophiques marins a pu être équipée d'un certain nombre de matériels acquis grâce au CPER MARCO. Elle dispose donc désormais de 3 postes complets (loupe binoculaire, camera et poste informatique) dédiés à l'analyse des contenus stomacaux, ainsi que d'un nouveau poste permettant l'acquisition standardisée de paramètres morphométriques pour les poissons. D'autres petits matériels ont également été acquis et

---

permettront une pleine montée en puissance opérationnelle de la plateforme. Un effort important (et qui doit être poursuivi en 2018) a été consacré à la mise en œuvre opérationnelle de la base MINESTRONE et à la confrontation des cas « réels » à la structure de la base, par l'importation de fichiers de données dans la base en elle-même. L'année 2017 a également été marquée par le départ en mobilité interne d'un technicien, ce qui a impliqué une réorganisation des opérations. L'année 2017 a également permis de concrétiser des échanges informels avec le laboratoire de sécurité des aliments de l'ANSES par le début du projet RESCAPE (AO ANSES DGAL) et de l'action RECOMANCHE du CPER MARCO, portant tout deux sur les contaminations chimiques (microplastiques) et biologiques (bactéries antibiorésistantes et parasites) dans le réseau trophique. L'objectif général de ces projets est de cartographier la variation environnementale de ces contaminations et de comprendre si différents traits biologiques individuels expliquent les contaminations. Ce travail implique par ailleurs le pôle national de sclérochronologie. Ces projets ont donné lieu à de nombreux échanges entre les deux équipes : réunion de travail, séances de dissections communes pour confronter les besoins et les contraintes propres aux méthodes mises en œuvre par chaque équipe, analyses communes de contenus stomacaux, pour caractériser l'alimentation mais également observer la présence éventuelle de microplastiques. Dans le cadre du projet RESCAPE, 3 personnels de l'ANSES ont par ailleurs participé à la campagne IBTS 2017. Les premiers résultats de ces projets commencent à arriver, ils seront donc détaillés dans le prochain rapport d'activité. L'effectif détaillé est présenté dans la section 2.2.4 « Observations en appui aux projets de recherche ». Le projet VARITROPH (mesure 28 FEAMP / FFP) a également commencé en 2017. Il s'est traduit par le recrutement d'un doctorant, qui a réalisé ses premiers échantillonnages lors des campagnes CGFS et IBTS.

## **2. Résultats obtenus au cours de l'année N**

### **2.1 THEME 1: INDIVIDUS, POPULATIONS ET NICHE ECOLOGIQUE**

Le Thème 1 "Individus, populations et niche écologique" traite des aspects liés aux échelles individus et populations, et s'intéresse aux dynamiques correspondantes dans les dimensions à la fois temporelle et spatiale en lien notamment avec la niche écologique des organismes selon leur stade de vie et la structuration des populations. Plus précisément, le thème 1 est organisé en 4 axes qui, par ordre d'échelle, se focalisent sur (i) les processus individuels au travers de l'estimation et la compréhension des phénomènes générant la variation spatio-temporelle des traits de vie; (ii) la dynamique spatio-temporelle des populations intégrant à la fois les aspects classiques de la démographie avec l'analyse spatio-temporelle des patrons de distribution des populations; (iii) la niche écologique des espèces au travers de sa projection géographique en termes d'habitats à différents stades de vie dont certains essentiels; et (iv) la structuration des populations en stades de vie ou sous forme de méta-populations et de la connectivité entre leurs différentes composantes.

En 2017, l'unité HMMN s'est investie majoritairement dans les axes 1, 2 sous la forme de projets de recherche (dont 3 thèses et 1 post-doctorat) qui ont été soutenus par l'acquisition d'une quantité importante de données venant en appui à ces travaux (section 2.1.5) et le tout complété par une implication non négligeable dans une expertise nationale ou internationale (section 2.1.6). Les travaux de recherche menés dans le cadre de l'axe 1 ont suivi 2 orientations principales, d'une part l'amélioration de l'estimation de certains traits de vie (âge, croissance, condition) des poissons (dont 1 espèce fossile), et d'autre part l'identification des facteurs pouvant conduire à la variabilité observée de ces traits de vie selon l'espèce ou le stade de développement considéré. Les résultats obtenus ont permis 1) d'améliorer nos connaissances sur l'âge, la croissance ainsi que le régime alimentaire de plusieurs espèces marines par l'utilisation des otolithes, statolithes et/ou des écailles (section 2.1.1.1), 2) de caractériser la variabilité de la condition larvaire par l'utilisation de plusieurs indices (section

2.1.1.2) et 3) d'identifier l'impact de certains facteurs environnementaux (turbidité) et anthropiques (pollution, pêche) sur la plasticité de certains traits de vie (âge à maturité, croissance...) chez les organismes marins (sections 2.1.1.3, 2.1.1.4 et 2.1.1.5). Les résultats acquis dans le cadre de l'axe 2 ont permis de caractériser la variabilité selon différentes échelles spatiales et temporelles de la distribution de plusieurs espèces d'intérêt halieutique (section 2.1.2) comme le rouget barbet ou la seiche et ceci en combinant, au travers d'une approche de modélisation, à la fois des données des campagnes scientifiques et des données de capture des professionnels. La distribution spatiale et temporelle des stades larvaires des espèces de poissons présentes en manche-mer du Nord à différentes saisons a également été appréhendée. L'axe 3 sur l'étude de la niche écologique et des habitats concernait principalement l'acquisition de données sur les frayères en Manche Est et mer du Nord (section 2.1.3). Dans l'axe 4, la structuration spatiale et la connectivité de la sole en Manche orientale a été étudiée (2.1.4). Les résultats plus détaillés obtenus dans le cadre de ces 4 axes de recherche ainsi que le bilan des observations et des expertises réalisées en lien avec ces axes sont présentés ci-dessous.

## 2.1.1 Estimation et variation spatio-temporelle des traits d'histoire de vie des individus

### 2.1.1.1 Sclérochronologie

Les études menées en sclérochronologie en 2017 concernent trois axes de recherche qui sont la croissance, la structure des populations et les études archéologiques. Les études présentées ci-dessous ont été publiées en 2017.

#### **Relation entre les croissances somatique et otolithe : cas d'étude du Colas orné (*Pristipomoides argyrogrammicus*) de la côte de l'île de la Réunion (Sud-Ouest de l'Océan Indien)**

Mahe Kelig, Aumond Yoann, Rabhi Khalef, Elleboode Romain, Bellamy Elise, Huet Jerome, Gault M., Roos David (2017). Relationship between somatic growth and otolith growth: a case study of the ornate jobfish *Pristipomoides argyrogrammicus* from the coast of Réunion (SW Indian Ocean). *African Journal Of Marine Science*, 39(2), 145-151.

Cette espèce se produit dans la région Indo- Ouest océan Pacifique où il est capturé par la petite pêche côtière. La gestion de cette espèce est réduite du fait du manque de données. 133 individus ont été prélevés à l'aide des captures réalisées autour de l'île de la Réunion de mars 2014 à mars 2015. Les relations entre deux types de longueur du corps (longueurs totale et standard, au centimètre) et le poids total (au g) sont significatives ( $p < 0.05$ ). Le rapport de Longueur-poids a été décrit par une fonction puissance, avec le facteur  $a$  estimé à 0,008 et l'exposant  $b$  à 3,146. L'âge a été déterminé en utilisant les otolithes entiers. On a estimé une équation de croissance du type von Bertalanffy égale à  $TL_t = 30,68(1 - e^{-0,52(t)})$ . Les variables morphométriques de l'otolithe (longueur, largeur, aire et périmètre) sont significativement corrélées ( $p < 0,05$ ) aux estimations d'âge. De plus, aucune différence d'âge n'a été observée entre les otolithes gauche et droit. Ainsi, les estimations d'âge ont pu être modélisées par les variables morphométriques de l'otolithe et les résultats montrent une bonne concordance.

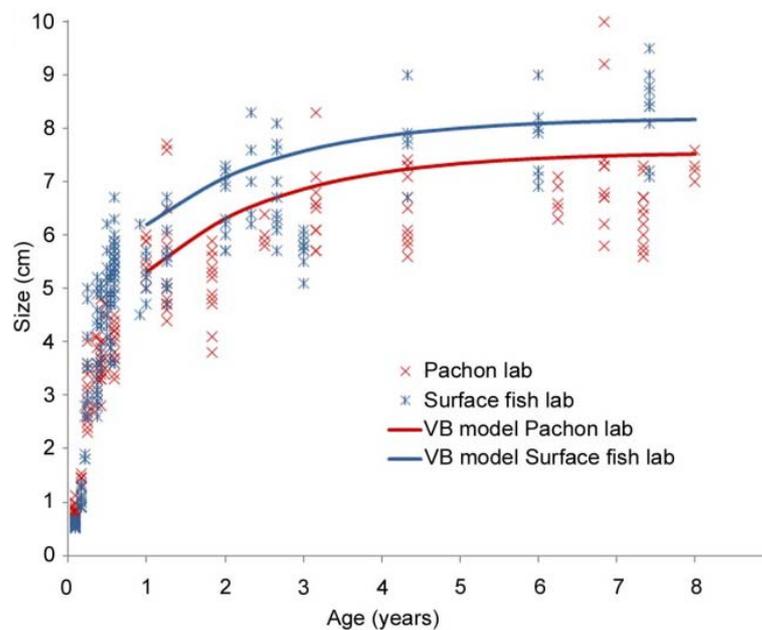
**Table 2.1.1.** Matrice d'erreur d'âge modélisé vs estimé pour les paires des comparaisons obtenues à partir des paramètres morphométriques des otolithes entiers (N=113). Les nombres dans les cases sont les nombres d'observations. Les cellules grises sont les rapports de 1:1.

		Observed age (year)				
		G1	G2	G3	G4	G5
Modelled age (year)	G1	9				
	G2		21			
	G3		3	47	12	1
	G4		1	4	8	2
	G5				2	3

### Comparaison de la croissance des morphotypes de surface et de caverne du tétra aveugle (*Astyanax mexicanus*) : perspicacités des écailles.

Simon Victor, Elleboode Romain, Mahe Kelig, Legendre Laurent, Ornelas-Garcia Patricia, Espinasa Luis, Retaux Sylvie (2017). Comparing growth in surface and cave morphs of the species *Astyanax mexicanus*: insights from scales. *Evodevo*, 8, 23 (1-13). Publisher's official version : <http://doi.org/10.1186/s13227-017-0086-6>

La vie dans l'obscurité des cavernes est accompagnée de changements phénotypiques comprenant la perte ou la réduction importante des yeux et de la pigmentation. D'autre part, les animaux de caverne ont subi les changements structurels, pour s'adapter et survivre dans cet environnement extrême. Ici, à partir des morphotypes de surface et de caverne du tétra aveugle (*Astyanax mexicanus*), nous avons posé la question de la croissance de cette espèce selon le milieu. Après avoir échantillonné 177 spécimens sauvages dans 3 cavernes et dans 2 fleuves dans la région de San Luis Potosi (Mexique), nous avons adopté une approche de sclérochronologie pour documenter la croissance des poissons dans les deux habitats très distincts. L'âge a pu être estimé à partir des marques annuelles de croissance observées sur les écailles des deux morphotypes chez cette espèce. D'autres comparaisons en particulier avec la croissance de ces morphotypes en laboratoire, ont été également réalisées. Que ce soit en laboratoire ou dans le milieu sauvage, le morphotype cavernicole de Pachón avait une croissance plus faible que celle des poissons de surface de 3 endroits différents : Rio Gallinas et Rio Lagarto (prélèvement sauvage) et Texas (population de laboratoire). Ceci suggère que le morphotype cavernicole de Pachón est soumis à une limitation intrinsèque de leur taille finale, qui est au moins en partie indépendante de l'énergie ou disponibilité de nourriture. Le morphotype cavernicole sauvage de Pachón semble également montrer des individus de plus petite taille que les 2 autres populations sauvages des morphotypes cavernicoles étudiés (Tinaja et Subterráneo), suggérant que la croissance est différente selon la population cavernicole étudiée. En conclusion, la croissance en laboratoire est supérieure à celle observée en milieu sauvage, en particulier lors des deux premières années de la vie. Ces résultats sont discutés quant à l'impact des sources d'énergie ou des conditions écologiques générales actuelles en cavernes, et aux nombreuses différences du comportement ou de l'alimentation connues pour le morphotype cavernicole.

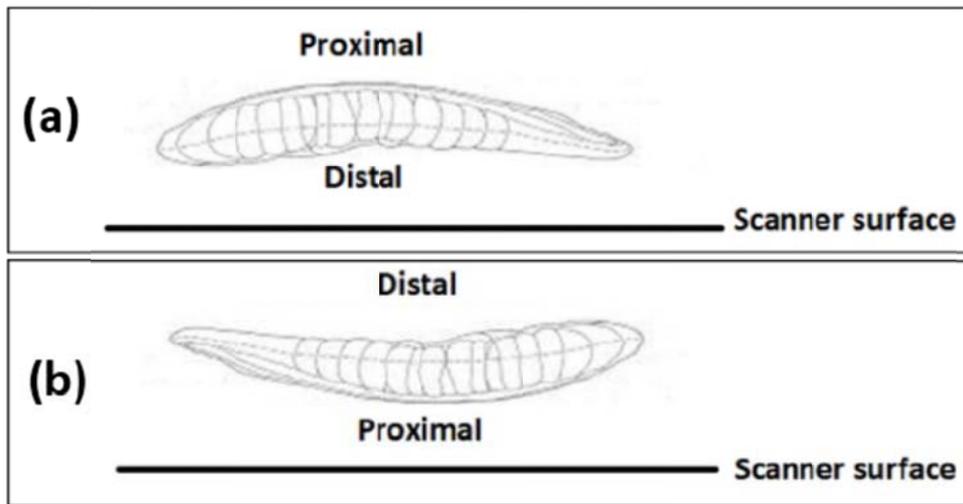


**Figure 2.1.1.** Comparaison de la croissance des morphotypes chez *Astyanax mexicanus*. Superposition de la distribution des échantillons (croix rouges et bleues) et des modèles de croissance de von Bertalanffy (lignes rouges et bleues) pour le morphotype cavernicole de Pachón (rouge) et le morphotype de surface (bleu) des poissons élevés en laboratoire.

### Effet du côté sur la symétrie de la paire d'otolithes chez le merlan bleu

Goncalves Patricia, Mahe Kelig, Elleboode Romain, Chantre Celina, Murta Alberto, Avila De Melo Antonio, Cabral Henrique (2017). Blue whiting otoliths pair's symmetry side effect. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(3 Part A), 06-09. Open Access version: <http://archimer.ifremer.fr/doc/00388/49887/>

Les otolithes sont des pièces calcifiées situées dans l'oreille intérieure des poissons téléostéens. Ils ont de nombreuses implications dans les recherches scientifiques en particulier le suivi de la croissance, l'identification des espèces. La symétrie entre les otolithes gauches et droits est spécifique à chaque espèce. Les techniques d'analyse d'images des otolithes et leurs applications ont fortement progressées durant ces dernières années. Ainsi, l'étude de la symétrie des otolithes chez les espèces est devenue importante. Le but de cette étude est d'estimer l'effet de la face utilisée de l'otolithe (distale vs proximale) qui a une influence sur l'analyse d'images des otolithes faite par la suite. Les résultats montrent que l'orientation de l'otolithe traduisant le côté utilisé devrait être prise en considération lors de l'acquisition des images d'otolithes car il influence l'analyse de forme des otolithes. Sur les merlans bleus, les images d'otolithes devraient toujours être obtenues à partir de la face concave.

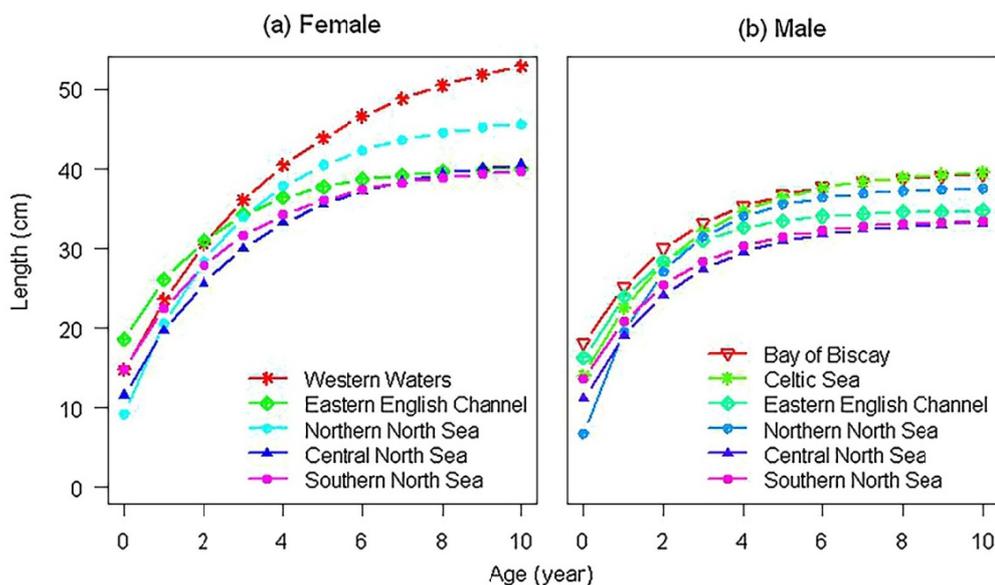


**Figure 2.1.2.** Image latérale de l'otolithe droit montrant sa position sur le scanner : (a) la surface distale (côté concave) ; (b) la surface proximale (côté convexe).

### L'utilité des modèles à effet mixte pour identifier la structure des stocks de merlans dans l'Océan Atlantique Nord-Est.

Barrios Alexander, Ernande Bruno, Mahe Kelig, Trenkel Verena, Rochet Marie-Joelle (2017). Utility of mixed effects models to inform the stock structure of whiting in the Northeast Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, 190, 132-139.

Les bases de la structure des stocks de merlans (*Merlangius merlangus*) dans l'Atlantique Nord-Est ne sont pas très bien identifiées. De ce fait, cette étude est basée sur des modèles à effets mixtes pour analyser la variabilité de croissance comme une manière d'étudier l'identification des limites de stocks. La trajectoire de croissance individuelle pour 634 individus et les données de longueurs aux âges pour 78686 individus ont été analysées pour étudier la concordance spatiale et temporelle des paramètres du modèle de croissance de von Bertalanffy. La croissance a montré des différences selon les divisions géographiques utilisées par le CIEM dans le cadre des évaluations de stocks. Les fluctuations temporelles quant à elles étaient mal synchronisées entre les secteurs géographiques. Cette étude illustre comment les analyses de croissance peuvent contribuer à l'identification courante, en plus de d'autres données.

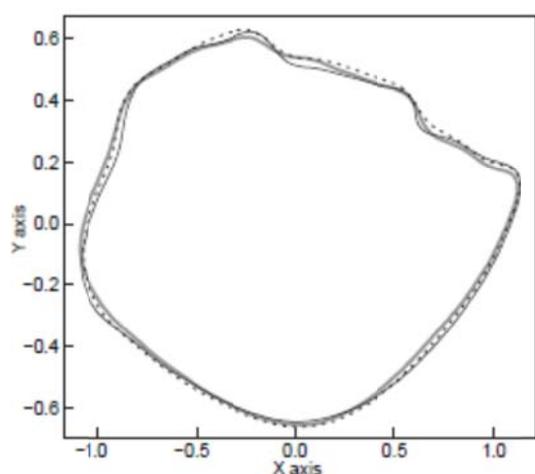


**Figure 2.1.3.** Croissance des merlans selon plusieurs secteurs géographiques pour les femelles (a) et les mâles (b). Western Waters représentent la Mer Celtique et le Golfe de Gascogne regroupés.

### Utilisation de l'analyse de forme de l'otolithe pour la discrimination de stocks des bogues (*Boops boops*) le long de la côte algérienne (Sud-Ouest de la mer Méditerranéenne).

Ider D., Ramdane Z., Mahe Kelig, Dufour Jean-Louis, Bacha M., Amara R. (2017). Use of otolith-shape analysis for stock discrimination of *Boops boops* along the Algerian coast (southwestern Mediterranean Sea). *African Journal Of Marine Science*, 39(3), 251-258.

L'analyse de la forme de l'otolithe a été examinée pour déterminer son utilité pour l'identification de stocks de la bogue (*Boops boops*) le long de la côte algérienne en mer Méditerranée. Les contours de 179 paires de *sagittae* provenant de trois sites géographiques (Oran, Bejaia et Annaba) entre 2013 et 2016 ont été digitalisés et analysés pour estimer la variabilité de forme selon des analyses de Fourier. Les effets potentiels d'autres sources pouvant impacter la forme des otolithes (longueur des poissons, âge, sexe et asymétrie entre otolithes gauche et droit) ont été examinés et retirés dans les analyses avant interprétation des différences spatiales chez la bogue. L'analyse de redondance a montré une différence significative entre les otolithes gauches et droits. Aucune différence n'a été observée en fonction du sexe et de l'âge des individus mais la longueur totale des poissons a un effet significatif sur la forme de l'otolithe. Les différences de forme de l'otolithe entre les individus des 3 sites distants approximativement de 1 000 kilomètres n'étaient pas assez grandes pour soutenir le concept des stocks biologiques séparés de *B. boops* le long de la côte algérienne. Cette étude souligne le besoin d'évaluer soigneusement les effets d'asymétrie entre les otolithes gauche et droit avant d'utiliser l'analyse de forme des otolithes comme méthode d'identification de stocks.



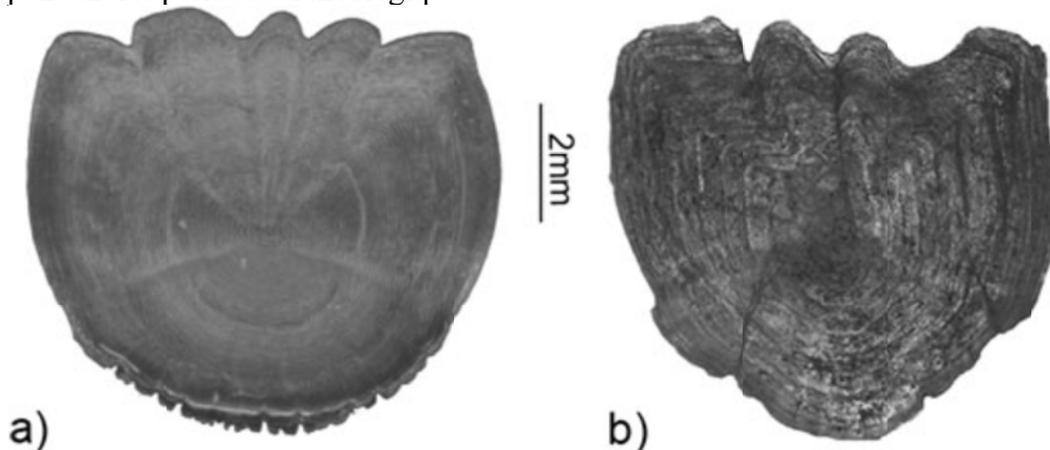
**Figure 2.1.4.** Formes moyennes des otolithes reconstruites avec la transformée inverse de Fourier selon les 3 secteurs de prélèvement sur la côte algérienne (ligne continue grise : Oran, ligne continue noire : Annaba, ligne pointillée noire : Bejaia).

### Évaluation de l'âge, de la croissance et de la période de pêche d'une population paléolithique de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) à partir de l'analyse des écailles.

---

Guillaud Emilie, Elleboode Romain, Mahe Kelig, Bearez Philippe (2017). Estimation of Age, Growth and Fishing Season of a Palaeolithic Population of Grayling (*Thymallus thymallus*) Using Scale Analysis. *International Journal of Osteoarchaeology* , 27(4), 683-692 .

Les restes prélevés dans des emplacements archéologiques sont généralement le résultat des ordures humaines de nourriture. L'étude des écailles de poissons peut ainsi fournir des informations fiables sur la saison de la capture. Parmi les poissons d'eau douce d'Europe occidentale, l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) a des écailles particulièrement identifiables et c'est une espèce généralement récupérée en nombre dans les fouilles archéologiques. Cette étude est basée sur l'analyse de modèle de croissance à partir des écailles de spécimens modernes et archéologiques. Les poissons modernes ont été échantillonnés mensuellement en France (n = 22), en Suisse (n = 16), en Finlande (n = 20) et en Suède (n = 10). Les résultats de croissance ont montré que la population archéologique d'ombres communs retrouvés en France était plus près de la population finlandaise actuelle. En outre, la comparaison des modèles de croissance entre les populations européennes modernes et archéologiques a démontré que les ombres communs retrouvés dans les fouilles archéologiques du Taillis des Coteaux datant du Magdalénien avaient été principalement capturés pendant le printemps. Ce type d'approche peut être employé pour comprendre des conditions environnementales à faible échelle spatiale et ainsi aider à identifier les saisons de pêche pendant les périodes archéologiques.



**Figure 2.1.5.** Photographie d'écailles d'ombre commun : (a) écaille moderne ; (b) écaille archéologique (période du Magdalénien entre 17 500 ans de 16 000 ans).

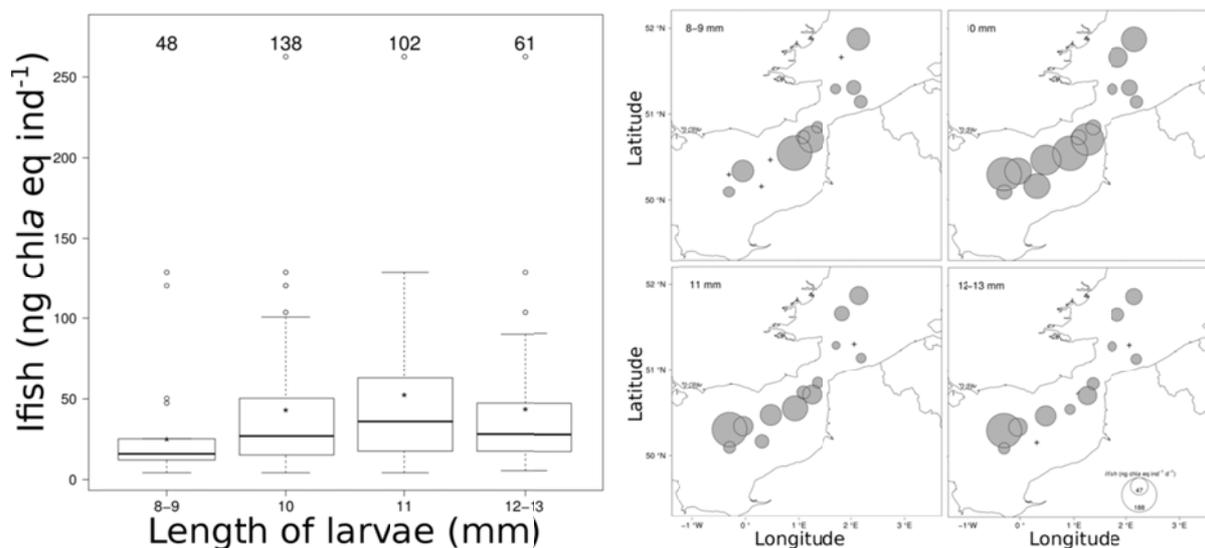
### 2.1.1.2 Variabilité des traits de vie

#### Analyse quantitative de la nutrition chez le hareng des Downs

Denis, J., Vincent, D., Vallet, C., Lefebvre, V., Caboche, J., Courcot, L., Mestre, J., Cordier, R., Antajan, E., Monchy, S., Marchal, P., Loots, C. Gut fluorescence method as a new tool to estimate fish larvae herbivory: a case study on the Downs herring in the English Channel and North Sea. *Marine Ecology Progress Series*. Soumis.

Dans le cadre de la thèse de Jérémy Denis (2013-2016), une approche quantitative a été utilisée pour quantifier la contribution du phytoplancton ainsi que l'activité alimentaire des larves de harengs de Downs en Manche Orientale et en baie sud de la Mer du Nord pendant l'hiver en 2014. Les contenus digestifs des larves des Downs de 8-13 mm collectées au cours de l'IBTS ont été analysés avec l'approche fluorimétrique adaptée des copépodes. Les pigments chlorophylliens des tubes digestifs de 10 larves par réplicas sur 2-3 réplicas par station et un total de quatorze stations ont été mesurés à l'aide d'un fluorimètre. Le taux d'ingestion des larves sur le phytoplancton variait avec la taille des larves (Figure 2.1.6). Il

montrait une augmentation de l'ingestion de phytoplancton pour les larves de 8-11 mm et une diminution pour les larves de 12-13 mm. Les taux d'ingestion moyens étaient plus élevés dans la Manche Orientale que dans la baie sud de la Mer du Nord (Figure 2.1.6). Les larves de hareng étaient en déficit de carbone car seulement 11-18% (c'est-à-dire le rapport de la ration journalière au taux de respiration) de leurs besoins métaboliques étaient couverts par l'ingestion de pigments.



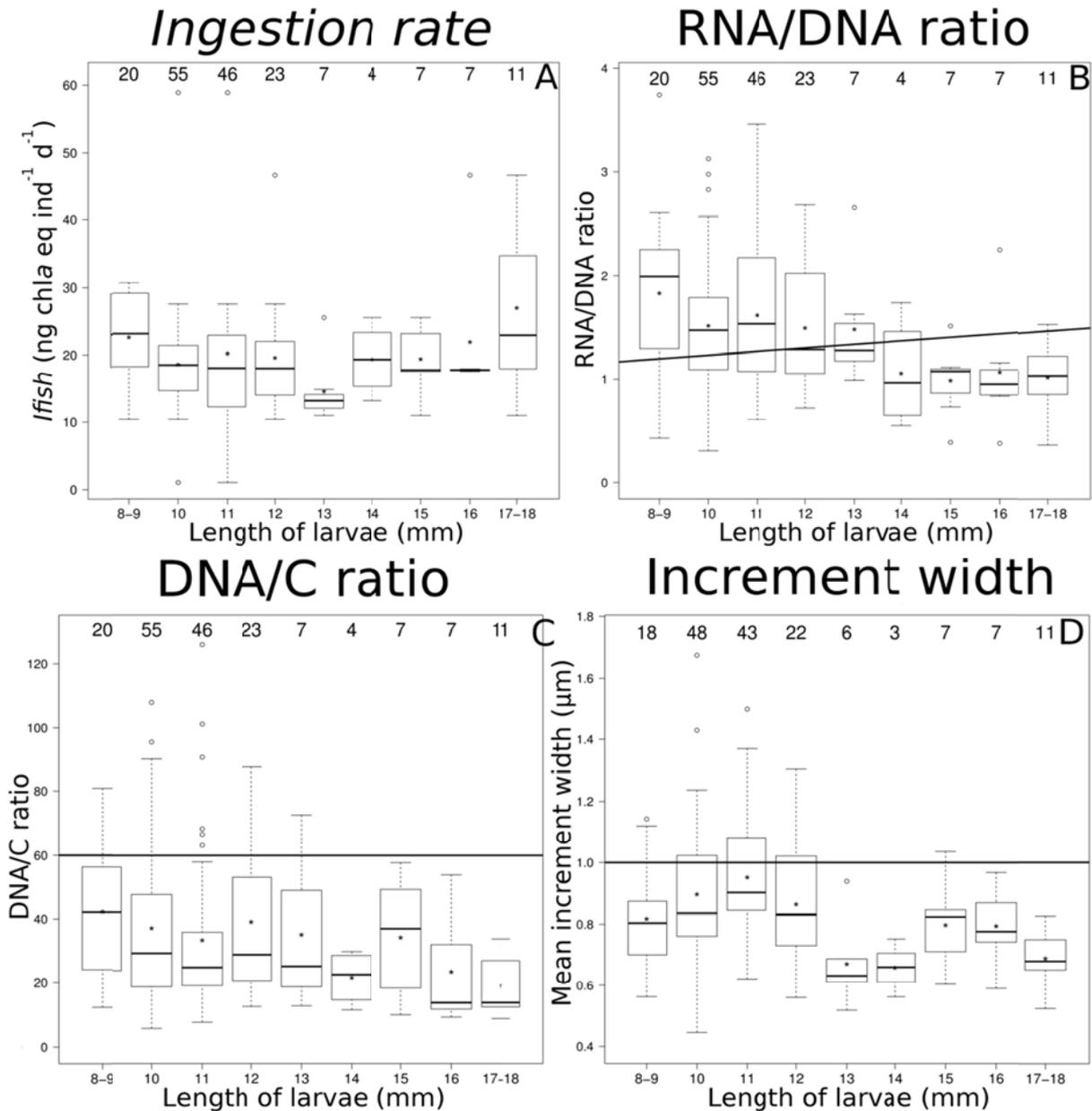
**Figure 2.1.6.** Taux d'ingestion (Ifish, ng chl *a* eq ind<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) des larves de harengs de Downs durant l'hiver 2014 (mi-janvier-mi-février) par taille de 8 à 13 mm (gauche) et par stations (droite). Le nombre de larves analysées pour chaque classe de taille est indiqué en haut de chaque barre. Les étoiles représentent la moyenne. Les croix représentent les stations avec l'absence de larves à la classe de taille.

### Changements ontogénétiques de la condition larvaire chez les hareng des Downs

Denis, J., Mahe, K., Tavernier, E., Monchy, S., Vincent, D., Vallet, C., Marchal, P., Antajan, E., Caboche, J., Lefebvre, V., Cordier, R., Loots, C. 2017. Ontogenetic changes in the larval condition of Downs herring - Use of a multi-index approach at an individual scale. *Marine Biology*. 164:154.

L'analyse de la stratégie alimentaire des jeunes larves de hareng des Downs a mis en évidence un changement ontogénétique de la composition des proies à une taille de 13 mm. Quatre indices de condition de nature et de temps d'intégration différents (taux d'ingestion, rapports ARN/ADN et ADN/C et micro-incréments d'otolithes) ont été mesurés sur des larves de hareng collectées au cours de l'IBTS 2015. Quinze larves par station sur un total de 12 stations ont été disséquées. Les fortes variabilités de l'ingestion et du rapport ADN/C observées pour les larves de 8 à 12 mm suggéraient qu'un certain nombre d'entre elles (17%) avaient des difficultés à se nourrir (Figure 2.1.7 A et C). Le taux d'ingestion augmente pour les larves de 9 à 12 mm, ce qui indique une alimentation active liée à l'absorption du sac vitellin. Les taux de croissance mesurés par le rapport ARN/ADN et à partir des otolithes indiquaient une croissance soutenue, majoritairement supérieure au seuil de détermination de bonne croissance pour le rapport ARN/ADN et bien supérieure à celle des larves plus grandes (Figure 2.1.7). Le régime alimentaire omnivore très diversifié semble permettre aux larves en première nutrition de se nourrir suffisamment pour croître. Les larves de 13 mm montraient une diminution brutale de leur ingestion et de leur croissance. En effet, à l'exception du rapport ARN/ADN, tous les indices de condition étaient au plus bas, ce qui indique de très grandes difficultés pour ces larves à se nourrir et à croître. Ces changements en termes de nutrition et de croissance

correspondent à des modifications observées dans le régime alimentaire de ces larves qui s'orientent vers un régime moins diversifié, plus carnivore, et composé principalement de proies zooplanctoniques. L'augmentation du taux d'ingestion et la diminution du rapport ADN/C suggèrent une amélioration de l'état nutritionnel des larves à partir de 14 mm qui va jusqu'à atteindre un niveau supérieur et une variabilité moindre que ceux des larves plus petites. Par ailleurs, les faibles taux de croissance mesurés à partir des otolithes et du rapport ARN/ADN suggèrent soit que la nutrition est insuffisante pour soutenir la croissance soit que les larves se sont orientées vers une stratégie de stockage de l'énergie plutôt qu'une stratégie d'utilisation de l'énergie pour la croissance.



**Figure 2.1.7.** Analyse de la condition larvaire des larves de hareng des Downs dans la Manche orientale et la baie sud de la Mer du Nord pendant l'hiver de 2015 (mi-janvier-mi-février). (A) Taux d'ingestion ( $I_{fish}$ , ng chla eq ind<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>), (B) le rapport ARN/ADN, (C) le rapport ADN/C et (D) la largeur moyenne des incréments. Le nombre de larves analysées pour chaque classe de taille est indiqué en haut. Les étoiles représentent la moyenne. Les lignes droites (B, C et D) représentent les seuils utilisés pour déterminer les larves en période de jeûne (C) et à croissance lente (B et D).

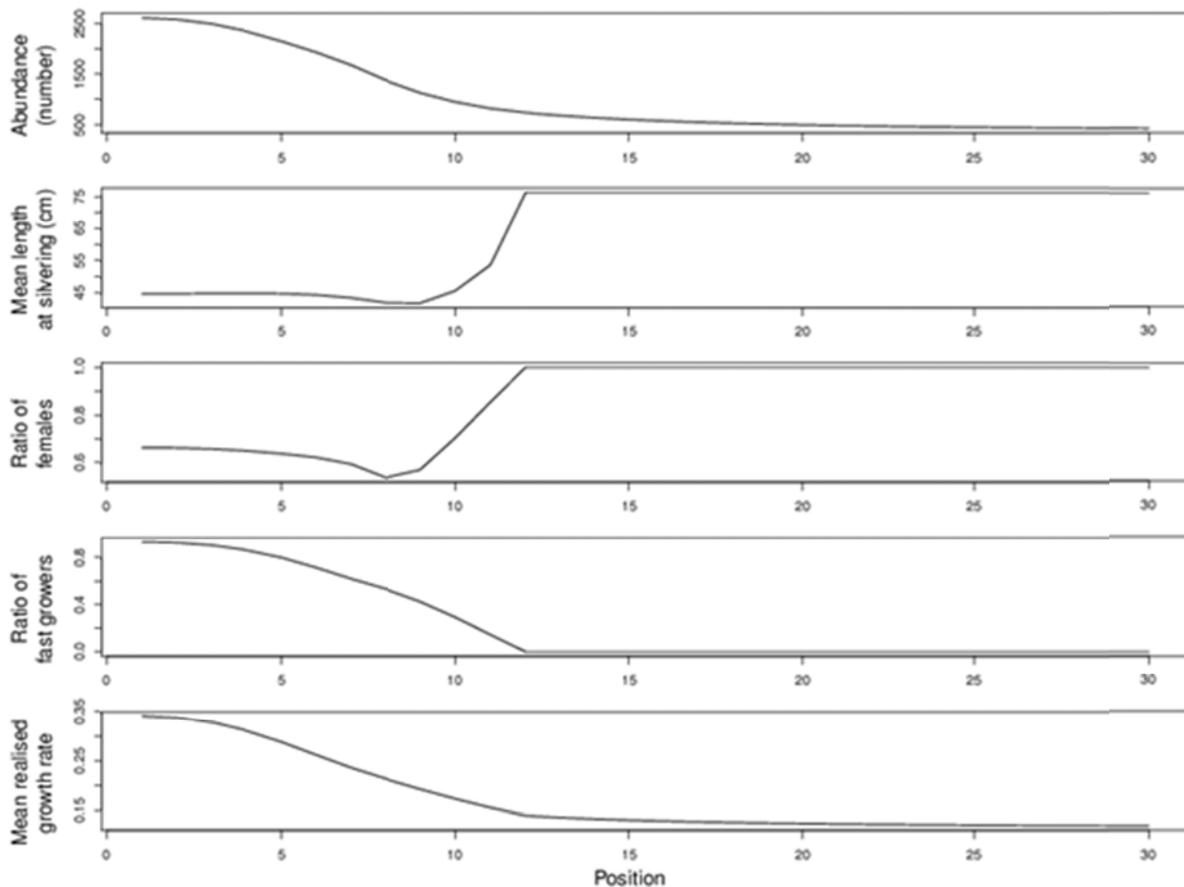
### 2.1.1.3 Plasticité phénotypique des traits de vie

---

## **Influence de la plasticité phénotypique et du polymorphisme génétique sur les patrons spatiaux de variabilité phénotypique chez l'anguille européenne**

Mateo M., P. Lambert, S. Tétard, M. Castonguay, B. Ernande & H. Drouineau. 2016. Cause or consequence? Exploring the role of phenotypic plasticity and genetic polymorphism in the emergence of phenotypic spatial patterns of the European eel. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, in press.

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), et plus généralement les anguilles des milieux tempérés, représentent un groupe d'espèces particulièrement approprié pour étudier les mécanismes adaptatifs en réponse à la variabilité environnementale du fait de leur aire de distribution étendue et leur capacité d'adaptation locale limitée. Dans ce contexte, un modèle d'optimisation individu-centré baptisé GenEveel a été développé pour explorer le rôle de la plasticité phénotypique adaptative et d'une sélection de l'habitat dépendant du génotype des individus dans l'émergence des patrons de variabilité spatiale des traits d'histoire de vie au sein d'un bassin versant chez l'anguille européenne. Les cinq patrons spatiaux observés dans la littérature et étudiés grâce au modèle GenEveel sont (i) une plus forte densité d'individus en aval qu'en amont du bassin versant, (ii) une longueur à l'argenture plus grande en amont qu'en aval, (iii) un sex-ratio biaisé vers les mâles en aval et vers les femelles en amont, (iv) une plus forte fraction d'individus ayant un génotype à croissance rapide en aval et à croissance lente en amont et (v) une réponse phénotypique entraînant une croissance plus rapide en aval qu'en amont. Les résultats à partir du modèle calibré grâce aux données de la littérature reproduisent bien les cinq patrons observés (Figure 2.1.8). Ils montrent également qu'une interaction entre les déterminants génétiques et environnementaux de la croissance pourrait être à la base d'une sélection de l'habitat dépendant du génotype, alors que la plasticité phénotypique jouerait un rôle dans la variabilité des traits d'histoire de vie des individus et des attributs démographiques des sous-populations associées. Ceci suggère que ces mécanismes sont donc des réponses à l'hétérogénéité environnementale. De plus, les résultats apportent de nouveaux éléments pour expliquer les différences de stratégie d'histoire de vie entre mâles et femelles. Une analyse de sensibilité montre que les paramètres associés avec l'optimisation de la valeur sélective (« fitness ») et les génotypes de croissance étaient cruciaux pour reproduire les patrons spatiaux des traits d'histoire de vie. Enfin, les résultats soulèvent des questions concernant l'impact des pressions anthropiques qui peuvent bien sûr directement causer une mortalité additionnelle mais aussi modifier les traits démographiques et agir comme des pressions de sélection.



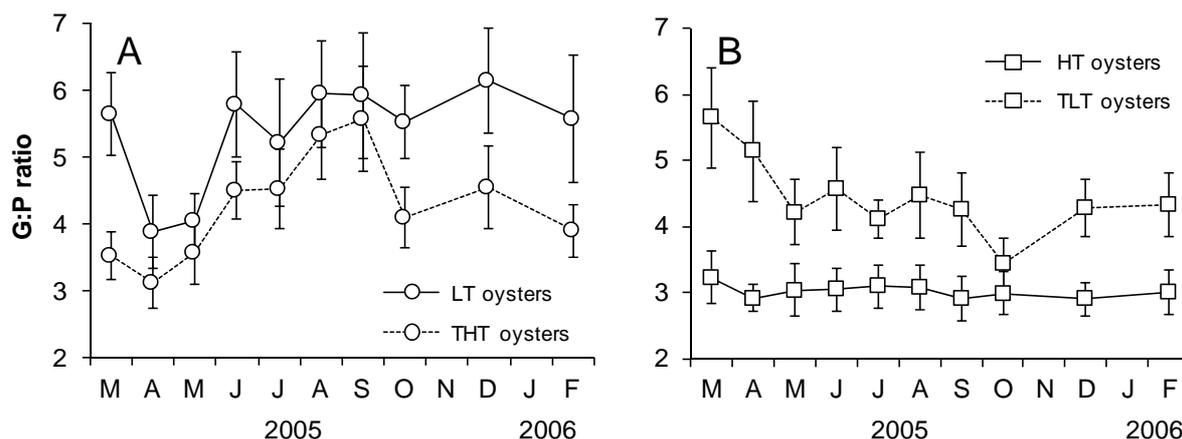
**Figure 2.1.8.** Patrons spatiaux des traits d’histoire de vie émergeant de la simulation de référence du modèle GenEveel. La simulation de référence s’appuie sur le modèle GenEveel paramétré à partir des données de la littérature. Abundance : abondance des individus en nombre ; Mean length at silvering : taille moyenne des individus à l’argenture en cm ; Ratio of females : fraction des individus femelles (sex-ratio) ; Ratio of fast growers : fraction d’individus ayant un génotype à croissance rapide (par opposition aux individus ayant un génotype à croissance lente) ; Mean growth rate : taux de croissance de von Bertalanffy moyen dans la population résultant de l’influence du génotype et de l’environnement. Position : position en unité de distance (cellules) par rapport à l’embouchure du bassin versant.

### Réponse plastique des organes filtreurs de l’huître creuse à la variabilité spatio-temporelle de la turbidité du milieu

Dutertre M., B. Ernande, J. Haure & L. Barillé. 2016. Spatial and temporal adjustments in gill and palp size in the oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Molluscan Studies*, in press.

Les variations spatio-temporelles de la taille des branchies et des palpes ont été étudiées pendant une année chez des populations naturelles d’huîtres creuses (*Crassostrea gigas*) après transplantation réciproque entre deux sites contrastés le long d’un gradient de turbidité. La variabilité de la matière particulaire en suspension (MPS) et des particules de nourriture, estimées par la concentration de chlorophylle a, a été mesurée grâce à des sondes in situ. Au cours d’un cycle saisonnier complet, les huîtres exposées à une turbidité élevée (TE, Figure 2.1.8B) présentaient un ratio taille des branchies sur taille des palpes (B:P) inférieur à celui des individus exposés à une turbidité faible (TF, Figure 2.1.8A). Des variations saisonnières du ratio B:P ont été observées sur le site TF en relation avec le bloom phytoplanctonique printanier mais différaient de celles rapportées par des études antérieures (Figure 2.1.9A). L’accroissement des palpes et la réduction de la taille des branchies (ratio B:P inférieur) suggèrent que les huîtres améliorent leur efficacité de sélection pré-ingestive en priorité plutôt que leur capacité de filtration. Ce résultat indique que les bivalves suspensivores ne présentent pas de réponse plastique indépendante de leurs structures palléales (branchies et palpes) à la

quantité et la qualité de MPS et que la direction des variations du ratio B:P dépend de la combinaison de ces deux facteurs. Sur le site TE, aucune variation saisonnière du ratio B:P n'a été observée (Figure 2.1.9B). Ceci peut être expliqué par les fortes variations de la MPS et la chlorophylle a, associées au cycle de marée, avec des variations quotidiennes comparables en amplitude à celles observées sur l'année. Les transplantations réciproques montrent que les huîtres provenant du même site peuvent différer en termes de structures palléales quand elles grandissent dans des environnements différents (Figure 2.1.8) et que les variations temporelles du ratio B:P des individus transplantés dans un nouvel environnement convergent vers celles des individus natifs de cet environnement (Figure 2.1.8). Les variations de la taille relative des branchies et des palpes apparaissent donc comme étant au moins partiellement la conséquence d'une plasticité phénotypique réversible en réponse à la variabilité spatiale et temporelle de la quantité et la qualité de la MPS. Les résultats suggèrent également que les limites et la dynamique de la plasticité des branchies et des palpes dépendent de l'origine des individus. Etant donné leur rôle dans l'exploitation de différentes conditions trophiques, et donc dans les performances biologiques (croissance et reproduction), la plasticité morphologique des organes palléaux de *C. gigas* pourrait être déterminante pour l'établissement de populations invasives dans de nouveaux écosystèmes ou pour la gestion des populations ostréicoles.



**Figure 2.1.9.** Variations du ratio B:P (G:P ratio, ordonnées) des huîtres *C. gigas* sur le site à faible turbidité (TF, A) et le site à turbidité élevée (TE, B) dans la Baie de Bourgneuf de mars 2005 à février 2006 (abscisses). Les huîtres LT et HT correspondent aux individus non-transplantés natifs des sites TF et TE, respectivement. Les huîtres THT correspondent aux individus transplantés du site TE au site TF au début de l'étude, alors que les huîtres TLT correspondent aux individus transplantés du site TF au site TE. Les valeurs moyennes sont données avec leurs intervalles de confiance à 95%.

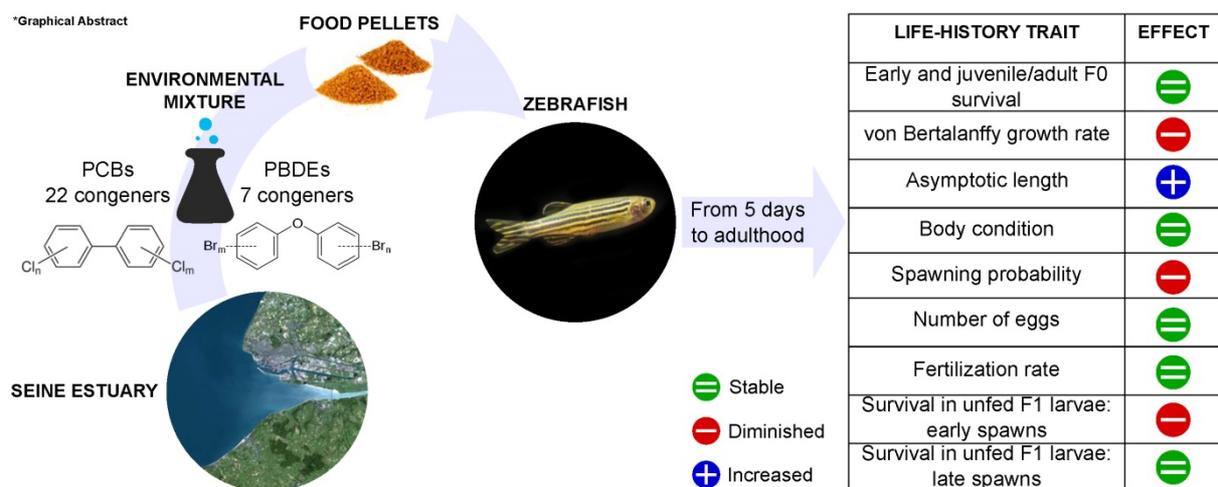
#### 2.1.1.4 Contaminants et traits de vie

### Impact d'un mélange réaliste de polluants organiques persistants (PCB et PBDE) sur les traits d'histoire de vie du poisson zèbre

Horri K., S. Alfonso, X. Cousin, P. Bodin, C. Munsch, V. Loizeau, L. Joassard, D. Leguay, S. Aroua, M.-L. Bégout & B. Ernande. *In prep.* Intra-generational effects of chronic dietary exposure to an environmentally realistic mixture of PCBs and PBDEs on fish life-history traits.

Les polychlorobiphényles (PCB) et les polybromodiphényléthers (PBDE) sont des polluants organiques persistants (POP) qui peuvent affecter les traits d'histoire de vie des poissons tels que le succès reproducteur, la croissance et la survie. A l'échelle individuelle, leur toxicité les

mécanismes d'action qui les sous-tendent ont été étudiés au travers d'études d'expositions expérimentales. Cependant, rare sont les études qui miment les conditions environnementales marines. En effet, dans la plupart des cas, les individus sont exposés soit à un seul congénère, soit à un seul type de molécules, soit à des concentrations de polluants élevées, de sorte que les résultats sont difficilement transposables à des populations naturelles. Les effets d'une exposition chronique par la voie alimentaire à un mélange réaliste de congénères de PCB et PBDE représentatif du milieu marin ont été évalués sur les traits d'histoire de vie du stade larvaire à adulte chez le poisson-zèbre, pris comme espèce modèle. L'exposition s'est faite via des aliments contaminés à partir du premier repas et tout au long du cycle de vie des individus. Le mélange a été constitué de sorte à s'approcher des conditions environnementales marines aussi bien pour la composition en termes de congénères que pour la concentration du mélange dans l'aliment, en prenant comme référence l'estuaire de Seine, un des estuaires européens les plus pollués en termes de POP. Les traits d'histoire de vie des poissons exposés ont été comparés avec ceux des poissons contrôles et ce pour plusieurs réplicas. Les individus exposés présentaient une croissance plus lente mais jusqu'à une taille asymptotique plus élevée et une probabilité de ponte retardée par rapport aux poissons contrôles (Figure 2.1.10). De plus, les descendants issus des premières pontes des individus exposés avaient une survie plus faible que ceux issus des poissons contrôles en condition de jeûne (Figure 2.1.10). Etant donné l'importance des traits d'histoire de vie pour la démographie, la dynamique de population des poissons marins, et potentiellement la productivité des pêcheries associées dans le cas d'espèces commerciales, pourraient être affectées par ces effets individuels des PCB et des PBDE sur la croissance, la probabilité de ponte et la survie larvaire.



**Figure 2.1.10.** Effet du mélange de PCB et PBDE sur la probabilité de ponte (spawning probability) en fonction de l'âge chez le poisson-zèbre. Les résultats pour les trois réplicats utilisés pour le test sur la reproduction sont présentés. Les points représentent les probabilités de ponte observées pour les poissons exposés (MIX, rouge) et les poissons en condition contrôle (SOL, bleu). Les courbes représentent le modèle statistique binomial ajusté pour chaque traitement avec la même couleur.

### 2.1.1.5 Impact évolutif de la pêche

#### Evaluation des pressions de sélection induites par la pêche (PSIP) sur les traits d'histoire de vie de 45 stocks halieutiques

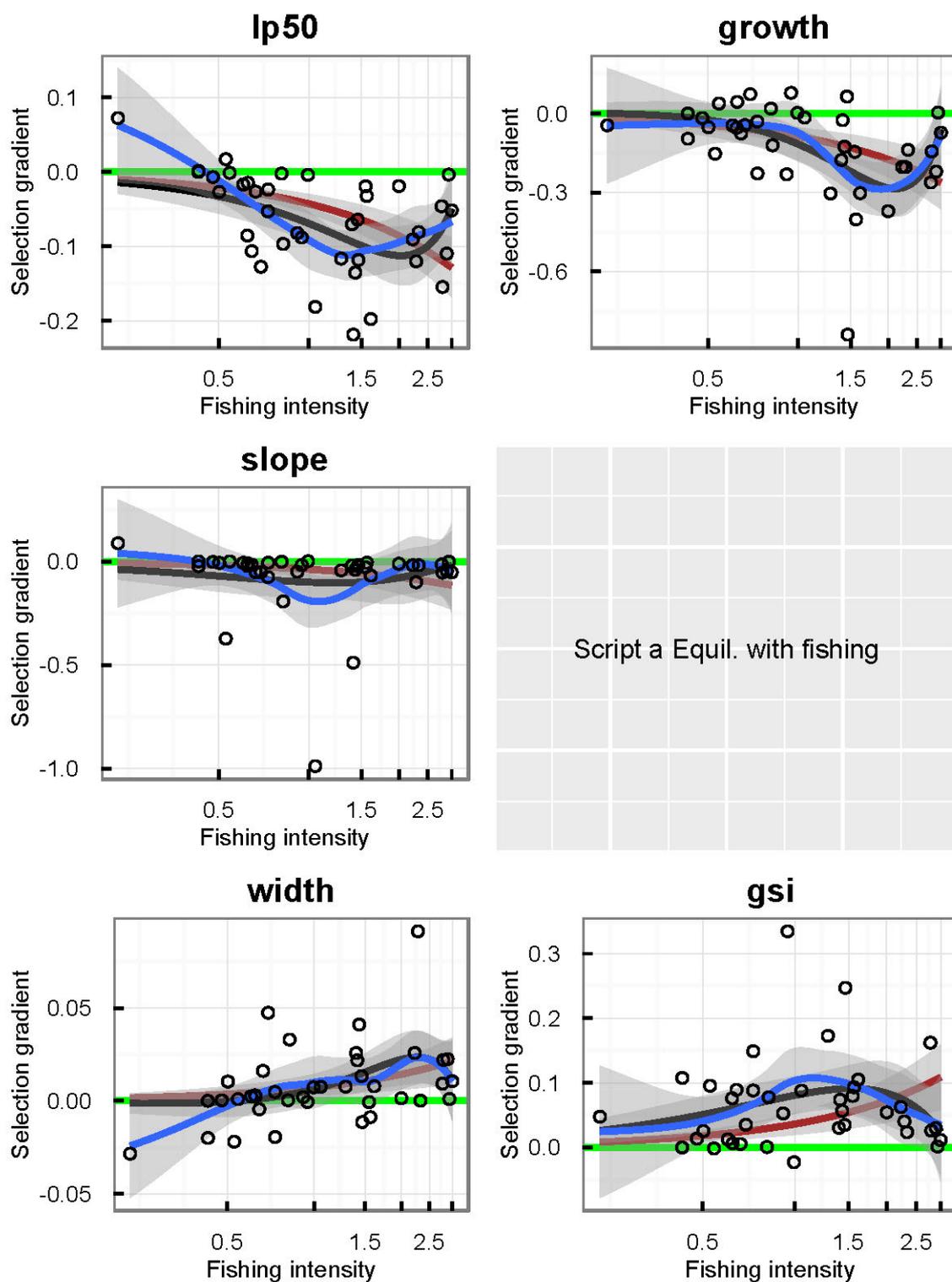
Le Groupe de Travail sur l'évolution induite par la pêche s'est réuni trois fois en 2017 : deux fois de manière virtuelle les 20-21 mars 2017 et 5-6 avril 2017 et une fois physiquement du 12 au 14 juin 2017 à l'IIASA (Laxenburg, Autriche). Le WGEVO a poursuivi ses travaux sur l'estimation des pressions de sélection induites par la pêche (PSIP) sur les traits d'histoire de vie (croissance somatique, traits liés à la maturation et effort reproducteur) des stocks

---

halieutiques. Le groupe de travail a développé un algorithme d'estimation des PSIP ainsi que les méthodes statistiques nécessaires à l'estimation des paramètres nécessaires en entrée de cet algorithme au cours des 3 années précédentes. Cette méthodologie avait été appliquée à 44 stocks et 13 nouveaux stocks ont été analysés cette année. L'estimation est toujours en cours pour quelques cas additionnels mais cette partie du travail devrait être finie d'ici quelques mois. Les principaux résultats de cette analyse à large échelle des pressions de sélection induites par la pêche sur les traits d'histoire de vie sont les suivants :

- (i) Typiquement, la pêche induit sélectionne pour une maturation précoce à des petites tailles, une croissance réduite et un effort reproducteur accru ;
- (ii) Pris sur l'ensemble des stocks, les pressions de sélection induites par la pêche s'alignent le long de deux axes à peu près indépendants : un axe « croissance » décrivant la covariation négative entre pressions de sélection sur la croissance somatique et celles sur la croissance gonadique ;
- (iii) Les pressions de sélection induites par la pêche augmente avec l'intensité de pêche pour les traits principaux i.e. propension à la maturation, croissance et effort reproducteur ;
- (iv) Les pressions de sélection induites par la pêche sont très sensibles à la sélectivité par la taille des pêcheries. Pour les traits principaux, les pressions de sélection tendent à être plus fortes quand la taille à laquelle les individus sont exposés de manière significative à la pêche est 1 à 2 fois plus grande que leur taille à la maturation. A l'inverse, les pressions de sélection sont plus bénignes pour les pêcheries avec une sélectivité de type filets plutôt que de type chalut.
- (v) Les espèces longévives à croissance lente, mûrant tardivement à des tailles élevées et ayant une reproduction coûteuse sont plus susceptibles à la sélection par la pêche.

Des analyses statistiques sont en cours pour confirmer ces tendances et un article collaboratif est en cours de préparation afin de disséminer ces résultats.



**Figure 2.1.11.** Gradients de sélection (Selection gradient) générés par la pêche sur les traits d’histoire de vie en fonction de la mortalité par pêche relative (Fishing intensity). Lp50 : longueur à 50% de probabilité de devenir sexuellement mature ; slope : pente de la norme de réaction probabiliste pour la maturation i.e. de la courbe décrivant la longueur à 50% de probabilité de devenir mature en fonction de l’âge ; width : variation probabiliste de la maturation autour de la lp50 ; growth : taux de croissance absolu ; gsi : rapport gonado-somatique ou effort reproducteur. Chaque point représente un stock de poissons.

## 2.1.2 Dynamiques spatio-temporelles des populations

### Dynamique spatio-temporelle des larves de poissons en Manche-mer du Nord

Di Pane, J., Giraldo, C., Werner, U., Koubbi, P., Marchal, P., and Loots, C. Distribution printanière des larves de poissons plats le long des côtes françaises en Manche orientale. 10th International Flatfish Symposium, St Malo, 11-16 Novembre 2017. (Poster).

L'écophase larvaire des poissons assure le lien entre les frayères au large occupées par les adultes et les nurseries côtières des juvéniles. Cette période est marquée par des changements anatomiques, physiologiques et comportementaux dont l'aboutissement est la métamorphose. Au cours de ce cycle, les larves de poissons vont subir de fortes mortalités dues à différents facteurs biotiques et abiotiques qu'elles rencontreront au cours de leur dérive soumise par les courants marins. La survie des stades larvaires, en tant qu'un des principaux moteurs de variabilité du recrutement, joue un rôle clé dans le renouvellement des stocks adultes est un objectif fondamental en écologie halieutique. C'est dans ce contexte que le matériel biologique nécessaire à l'étude de la condition physiologique des larves a été échantillonné de Janvier à Mai 2017 au cours de cinq campagnes océanographiques : IBTS, IGA, REIVE 1 et 2 et PHYCO. En plus des larves de poissons, le compartiment environnemental a également été échantillonné en tant que variables explicatives de la condition larvaire. Les échantillons ont été analysés au laboratoire, les larves ont été identifiées et comptées, et les abondances de chaque espèce ont été définies pour chaque station. En parallèle les résultats ont été cartographiés (e.g. Figure 2.1.12) et les paramètres environnementaux analysés. Ces premiers résultats serviront de base à la comparaison des abondances larvaires au cours de 20 dernières années et à l'étude de la condition via différentes méthodes (biochimiques et histologiques).

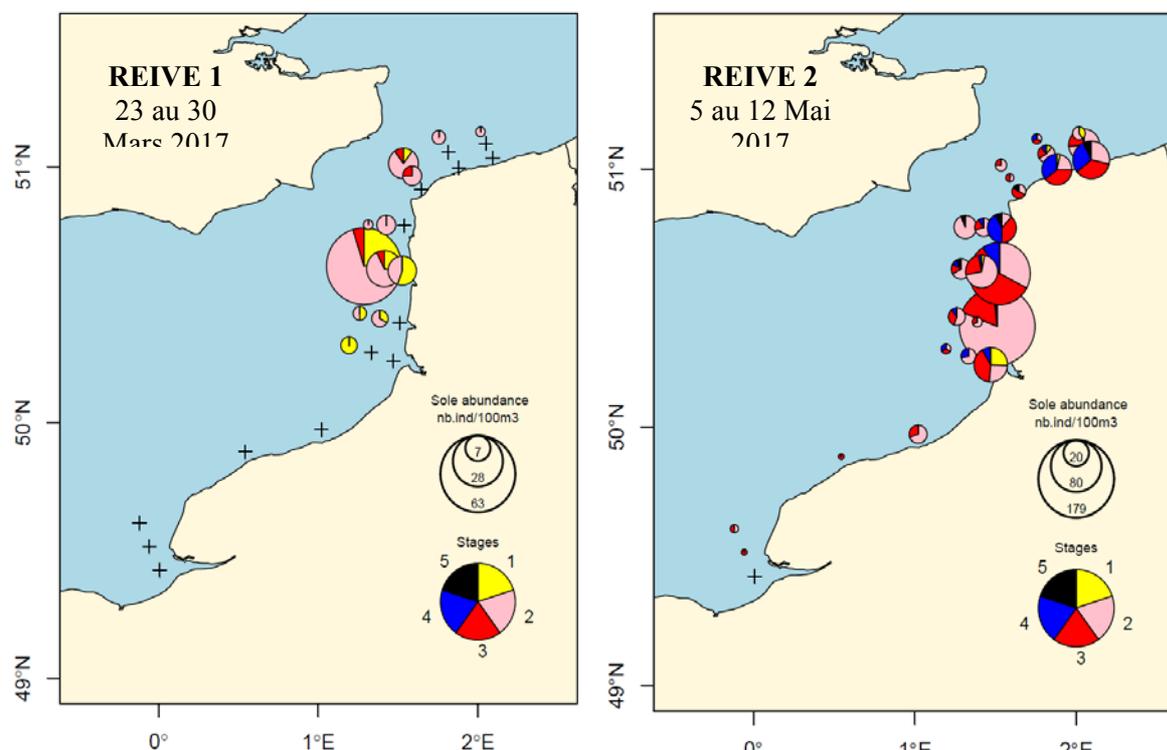
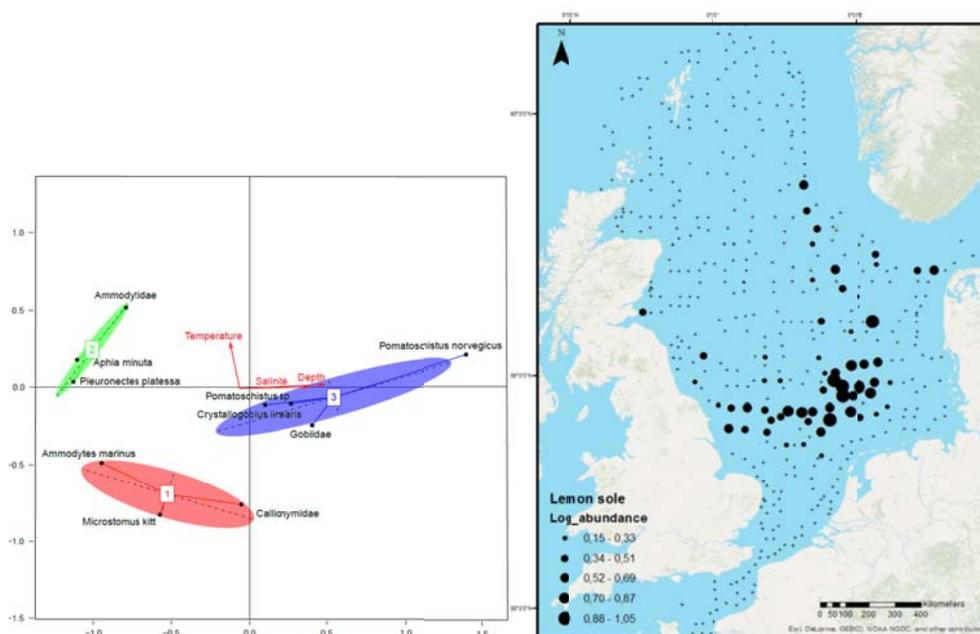


Figure 2.1.12. Cartes de distribution des différents stades larvaires de la sole lors des campagnes REIVE en 2017

Pernak, M., Giraldo, C., Huwer, B., Van Damme, C.J.G., Nash, R., Klopmann, M., Ritchie, L., Loots, C. Distribution hivernale des larves de plie (*Pleuronectes platessa*) et de limande sole (*Microstomus kitt*) en manche et mer du Nord à partir des échantillons MIK de l'IBTS 2016. 10th International Flatfish Symposium, St Malo, 11-16 Novembre 2017. (Poster).

Durant la campagne International Bottom Trawl Survey (IBTS), l'échantillonnage au filet MIK (Midwater Ring Net) est effectué tous les ans, en hiver (janvier- février) en Manche Est et sur toute la Mer du Nord. Jusqu'à aujourd'hui, les données acquises par le filet MIK étaient uniquement utilisées afin de déterminer un indice larvaire pour l'évaluation du stock de hareng en Mer du Nord. Le but de cette étude est de démontrer l'utilité de ces échantillons dans l'étude de l'écologie des autres espèces se reproduisant l'hiver. Pour la première fois, toutes les autres larves que le hareng provenant de 6 pays (France, Pays-Bas, Ecosse, Norvège, Allemagne et Danemark) participant à la campagne IBTS 2016 ont été identifiées. 420 échantillons couvrant la totalité de la Mer du Nord et la Manche Est sont analysés. Les individus ont été identifiés jusqu'au genre ou à l'espèce et comptés. L'abondance a été calculée en relation avec le volume d'eau de mer filtré mesuré par un volucompteur. Trente-six espèces ont été identifiées, incluant deux espèces de poissons plats (la plie et la limande sole) séparées en 5 stades de développement. La distribution spatiale de l'abondance fut cartographiée à l'aide du logiciel SIG ArcGIS 10. Les paramètres environnementaux (profondeur, température et salinité) ont été reliés aux assemblages larvaires par l'utilisation d'analyses multivariées (Figure 2.1.13). Ceci afin de définir l'habitat de ces deux espèces de poissons plats. Nos résultats suggèrent des assemblages larvaires différents en Mer du Nord et dans la Manche Est, en relation avec les paramètres environnementaux et biologiques. La limande sole était distribuée dans la partie Nord-Ouest de la Mer du Nord (Figure 2.1.13) tandis que la plie était distribuée dans la partie Sud-Est de la Mer du Nord et dans la Manche Est. Les résultats obtenus dans cette étude démontrent l'utilité de l'échantillonnage au filet MIK lors de la campagne IBTS afin d'étudier la reproduction hivernale des poissons, en particulier des poissons plats, ainsi que leurs larves.

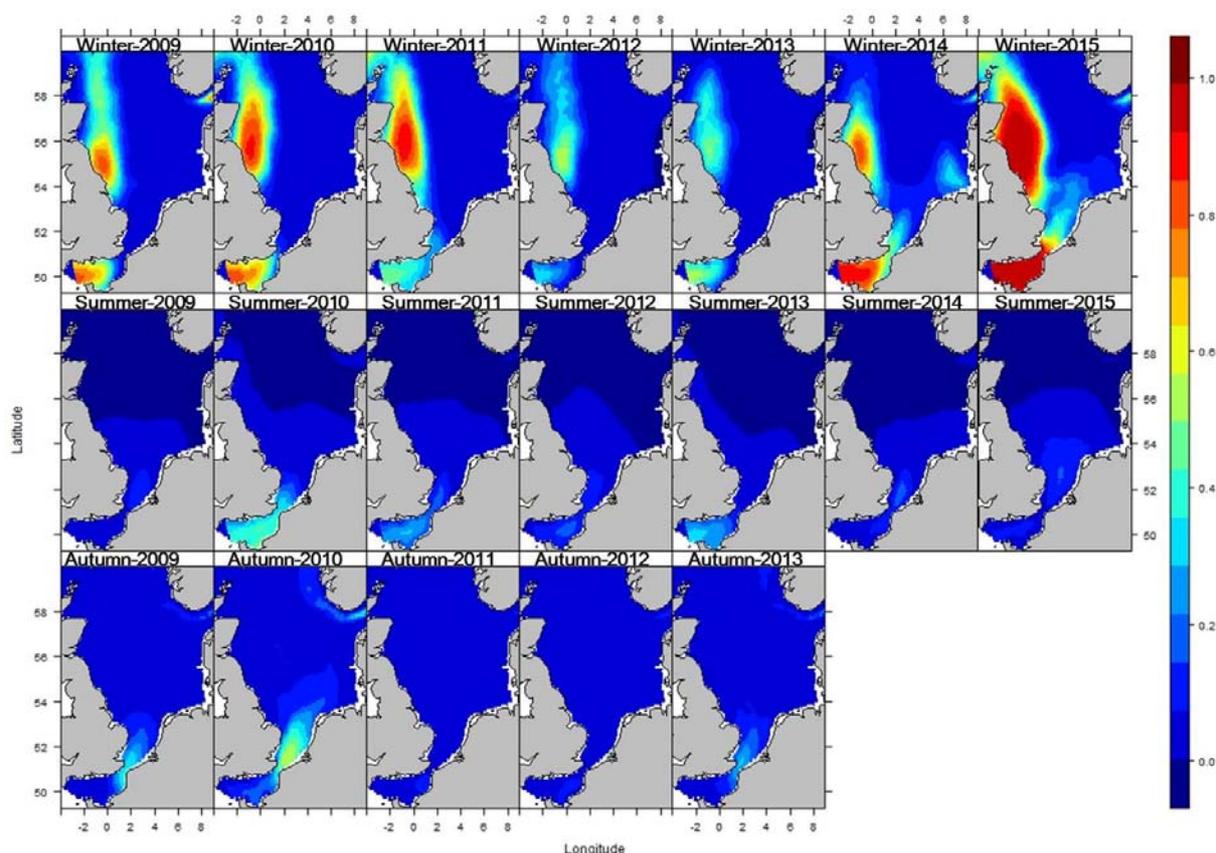


**Figure 2.1.13.** Analyse OMI sur l'abondance des espèces en relation avec les paramètres environnementaux (gauche) et distribution de l'abondance (en log de l'abondance (nb individus/5000m<sup>3</sup>)) de la limande sole pour l'année 2016 (droite).

C. Pinto, M. Travers-Trolet, J. Macdonald, E. Rivot, Y. Vermard. An integrated model combining multiple data sets to unravel the spatio-temporal dynamics of a data-limited fish stock. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. In prep. Modélisation intégrée combinant des données de différentes natures pour mieux comprendre la dynamique spatio-temporelle d'un stock de poisson à données limitées, le rouget barbet.

L'état biologique de nombreux poissons exploités à des fins commerciales reste inconnu, principalement en raison du manque de données nécessaires à leur évaluation. L'étude de la

dynamique spatio-temporelle de ces espèces peut nous informer sur les processus populationnels et favoriser une meilleure prise de décisions en matière de gestion spatiale. Ici, nous nous sommes concentrés sur le rouget barbet (*Mullus surmuletus*), une espèce d'importance commerciale, assez répandue, mais pour laquelle les données restent limitées. Nous avons cherché à étudier la dynamique spatiale en intégrant des données à la fois indépendantes des pêcheries et issues des professionnels grâce à une série de modèles bayésiens à effets mixtes conçus pour capturer les patterns mensuels et saisonniers de présence de l'espèce près de sa limite septentrionale, sur 20 ans. En se basant sur plusieurs jeux de données grâce à une approche de modélisation intégrée, nous avons pu couvrir toute la distribution de la population nord de *Mullus surmuletus*, explorer les dynamiques spatiales à différentes échelles spatio-temporelles et identifier les facteurs environnementaux clés (i.e. température de surface, salinité), façonnant les patterns d'occurrence. Nos résultats démontrent que même lorsque l'incertitude est élevée, ou lorsque les données sont rares, en intégrant plusieurs jeux de données dans un cadre de modélisation hiérarchique, des prédictions spatiales précises et utiles peuvent encore être faites (Figure 2.1.14).



**Figure 2.1.14.** Prédictions spatiales de probabilité de présence du rouget barbet en Manche et Mer du Nord à l'échelle saisonnière entre 2009 (à gauche) et 2015 (à droite).

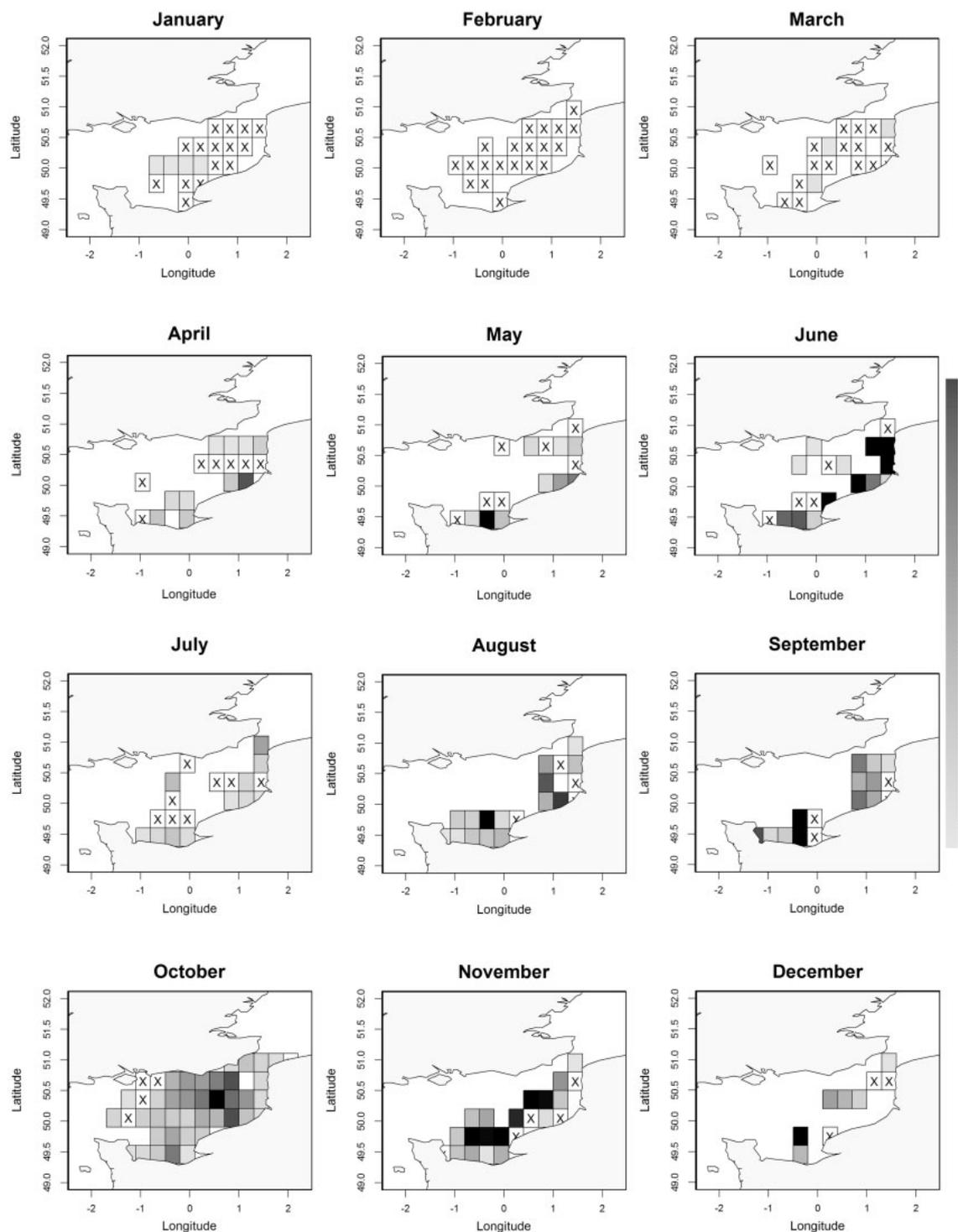
Bourdaud, P., Travers-Trolet, M., Vermard, Y., Cormon, X., and Marchal, P., 2017. Inferring the annual, seasonal, and spatial distributions of marine species from complementary research and commercial vessels' catch rates. ICES Journal of Marine Science, 74, 2415–2426.

Combiner les taux de captures obtenus sur des navires professionnels et à partir de campagnes à la mer pour déduire les distributions annuelles, spatiales et saisonnières des ressources halieutiques (Thèse de Pierre Bourdaud – Projet FFP DiscardLess).

L'objectif de cette étude est d'analyser à échelle fine les distributions annuelles, saisonnières et spatiales de plusieurs espèces de Manche orientale. D'une part, les données collectées lors

---

de campagnes scientifiques ne sont pas disponibles tout au long de l'année, mais permettent de calculer des indices d'abondances spatialement explicites et comparables d'une année à l'autre. D'autre part, les données d'observateurs embarqués à bord de navires professionnels sont collectées l'année durant, mais fournissent souvent une image biaisée de l'abondance des stocks exploités. En combinant des captures par unité d'effort (CPUEs) commerciales et scientifiques, standardisées au moyen d'un delta-GLM (Generalized Linear Model), nous avons déduit les dynamiques spatiales et mensuelles des distributions de poissons de Manche orientale, que nous avons par la suite comparées avec les connaissances existantes sur leurs cycles de vie. En prenant les campagnes scientifiques comme référence, nous avons évalué la capacité des CPUEs commerciales à représenter correctement les abondances au moyen d'un Indice Local de Collocation (LIC). Les tendances obtenues sont en accord avec la littérature, particulièrement pour la seiche (Figure 2.1.15). A une échelle plus fine, la cohérence entre données commerciales et de campagne est avérée pour la moitié des 19 espèces testées (e.g., merlan, morue). Pour les autres espèces (e.g. plie, pocheteau), les résultats ne sont pas concluants, en raison notamment de la médiocre couverture spatiale des données commerciales et/ou de certains aspects particuliers de la biologie des espèces considérées.



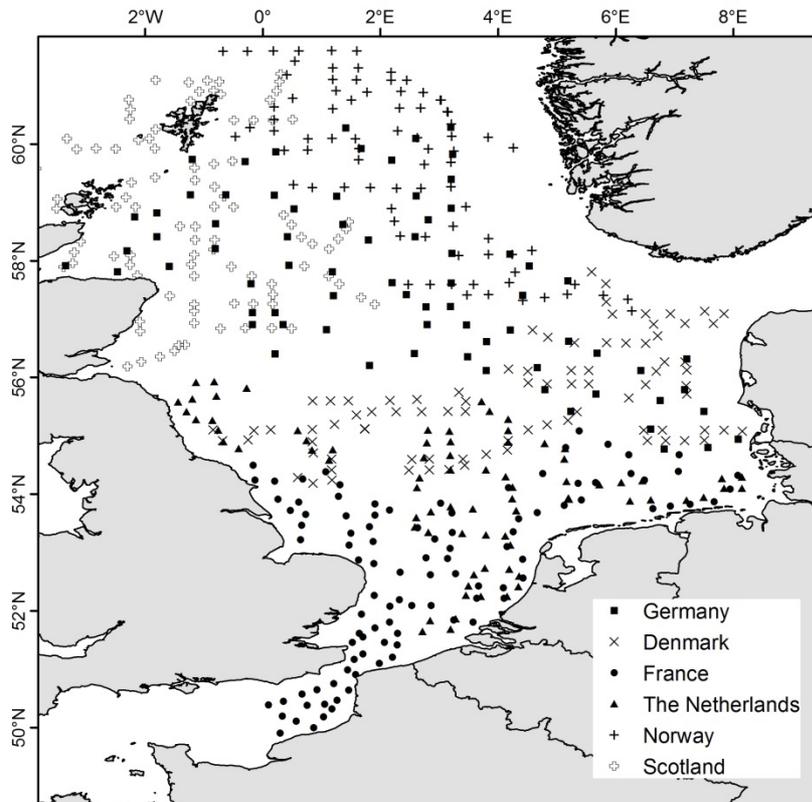
**Figure 2.1.15.** Distribution de l'abondance mensuelle et spatiale de la seiche, obtenue en combinant données de campagne et données commerciales. 'X' représente les zones où la seiche a toujours été absente dans les bases de données utilisées.

### 2.1.3 Niche écologique et habitats

#### 2.1.3.1 Variabilité spatio-temporelle des frayères en Manche-mer du Nord

Dans le cadre du Working Group on North Sea Cod and Plaice Egg Surveys (WGEGGS2) du CIEM, un suivi des frayères hivernales en Manche Est et mer du Nord est réalisé depuis 2012 grâce à un échantillonnage pendant la campagne IBTS. Le groupe, ayant été renouvelé pour

trois ans, s'est réuni à Boulogne les 10 et 11 Octobre 2017 afin faire le bilan de l'échantillonnage réalisé en 2017 (voir Figure 2.1.16) ainsi que depuis 2012. L'année 2017 offre une très bonne couverture spatiale de tout la Mer du Nord et de la Manche orientale depuis la Baie de Seine. Un bilan des données disponibles a été réalisé et la rédaction d'une première publication va démarrer en 2018.



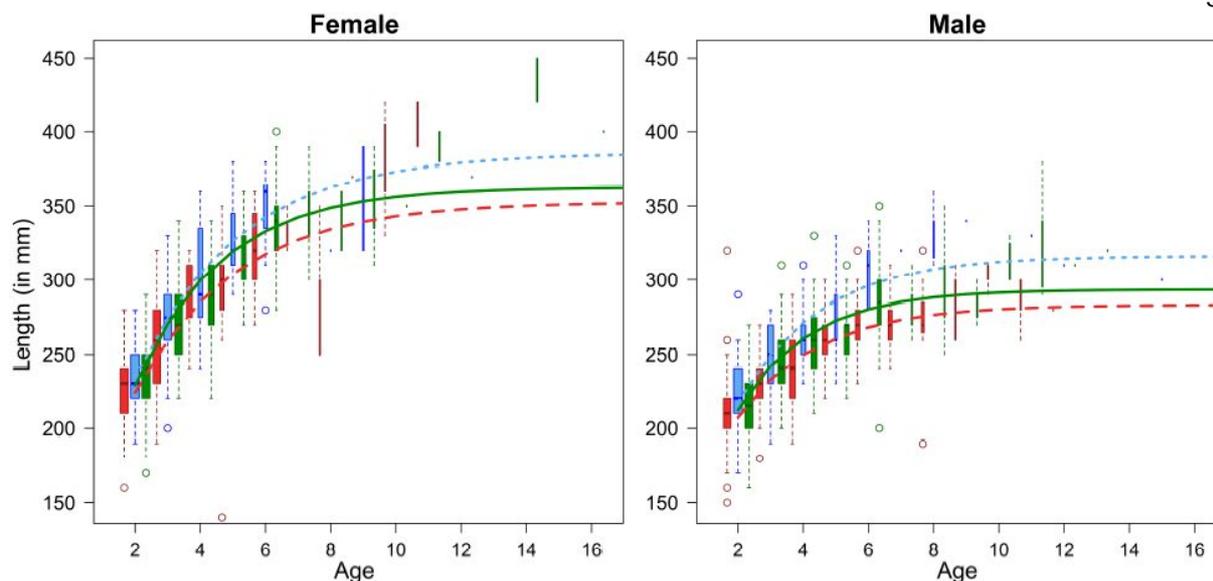
**Figure 2.1.16.** Localisation des stations d'échantillonnage des œufs de poissons réalisées en 2017 pendant la campagne IBTS selon les différents pays

#### 2.1.4 Structuration des populations et connectivité

##### La sole de Manche Est (Projet FFP SMAC)

Du Pontavice, H., Savina-Rolland, M., Vermard, Y., Lehuta S., Randon. M. Etude de l'hétérogénéité spatiale des paramètres de croissance de Von Bertalanffy pour informer sur la structuration du stock de la sole commune, *Solea solea*, dans la Manche orientale. Fisheries Research. En revision.

Cet article traite de la structuration spatiale de la sole en Manche Est. Deux jeux de données de taille aux âges (échantillonnage commercial et campagne) sont utilisés pour paramétrer des relations de Von Bertalanffy et tester des différences de croissance entre trois sous régions préalablement identifiées (Figure 2.1.17). Les résultats obtenus tendent à confirmer l'existence de trois sous-populations dans la Manche Est.



**Figure 2.1.17.** Courbes de croissance de Von Bertalanffy pour les régions du Nord-Est (pointillés rouges), du sud-Ouest (pointillés bleus) et du Nord (côtes anglaises, ligne verte) de la Manche Est. Les paramètres de croissance de ces trois relations sont issues de l'ajustement du modèle de Von Bertalanffy aux données de campagne (UK-BTS). Les boxplots représentent la distribution des données à chaque âge, et leurs largeurs sont proportionnelles aux nombres de données disponibles à chaque âge et dans chaque région.

## 2.1.5 Les observations en appui aux travaux de recherche

### 2.1.5.1 Croissance

La croissance est suivie par l'unité HMMN dans 3 zones géographiques : la Manche Ouest (VIe), la Manche Est (VIId) et la mer du Nord (IV). Plusieurs types de données sont collectés : la taille (précision  $\pm 1$  cm), le poids (précision  $\pm 1$  g) et l'âge. Ce dernier paramètre est obtenu en analysant les otolithes, pièce calcifiée dans l'oreille du poisson. La croissance est obtenue en suivant les relations entre la taille et l'âge ou entre le poids et l'âge. Il y a une exception pour les raies pour lesquelles on ne suit que la relation entre la taille et le poids car ce sont souvent des espèces protégées et l'estimation de l'âge nécessiterait d'abattre les individus.

Le bilan pour les 9 principales espèces commerciales montre un nombre réalisé de 5588 pour les données de taille/âge par rapport à l'objectif européen fixé à 9920 ce qui correspond à 56% de réalisation. Les données récoltées en 2017 pour analyser la croissance des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 2.1.2. Ce taux de réalisation est faible mais il s'explique en grande partie par d'une part les problèmes techniques qui ont limité voir bloqué l'Ifremer dans les achats de poissons (exemple du merlan *Merlangius merlangus*) et d'autre part des espèces observées en faible nombre lors des campagnes scientifiques (exemples de la morue *Gadus morhua* et de l'églefin *Melanogrammus aeglefinus*).

**Tableau 2.1.2.** Nombre de données de croissance (relation taille/âge) échantillonnées par l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par la DCMAP.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
<b>Océan Atlantique Nord</b>			
<i>Mullus surmuletus</i>	500	561	112%
<b>mer du Nord -Ouest Ecosse</b>			
<i>Pollachius virens</i>	1200	639	53%
<b>mer du Nord- Manche Est</b>			
<i>Aspitrigla cuculus</i>	400	23	6%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	300	272	91%
<i>Gadus morhua</i>	600	53	9%
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	200	22	11%
<i>Merlangius merlangus</i>	3000	1464	49%
<b>Manche Est</b>			
<i>Pleuronectes platessa</i>	1750	1244	71%
<i>Solea solea</i>	1270	1184	93%
<b>Manche Ouest</b>			
<i>Solea solea</i>	700	126	18%

### 2.1.5.2 Maturité sexuelle

La maturité sexuelle est suivie par l'unité HMMN dans les même 3 zones géographiques et pour les même principales espèces commerciales que pour les données de croissance. Cependant, les nombre sont plus faibles que ceux planifiés pour la croissance. 2 types de données sont collectés en plus de l'âge: le sexe et le stade de maturité sexuelle.

Le bilan pour les principales espèces commerciales montre un nombre réalisé de 4602 pour les données de maturité sexuelle par rapport à un objectif européen de 2300 ce qui correspond respectivement à 200% de réalisation. Les données récoltées en 2017 pour analyser la croissance des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 2.1.3. Ce taux élevé s'explique par le fait que tous les échantillons pour ces espèces proviennent de campagnes scientifiques et/ou d'achats donc il est possible d'observer la maturité sexuelle et le sexe sur tous les individus échantillonnés ce qui explique que le taux d'échantillonnage de l'unité HMMN soit bien supérieur aux attentes de l'Europe.

**Tableau 2.1.3.** Nombre de données de maturité sexuelle échantillonné par l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par l'Europe.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
<b>All areas</b>			
<i>Aspitrigla cuculus</i>	200	231	116%
<i>Pollachius pollachius</i>	100	6	6%
<b>mer du Nord- Manche Est</b>			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	100	272	272%
<i>Gadus morhua</i>	150	53	35%
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	200	22	11%
<i>Merlangius merlangus</i>	700	1464	209%
<b>Manche Est</b>			
<i>Pleuronectes platessa</i>	400	1244	311%
<i>Solea solea</i>	300	1184	395%
<b>Manche Ouest</b>			
<i>Solea solea</i>	150	126	84%

### 2.1.5.3 Age

Le pôle national de Sclérochronologie de l'unité HMMN reçoit des pièces calcifiées qui proviennent des différents laboratoires ressources halieutiques de l'Ifremer pour estimer l'âge des principales espèces commerciales dans le cadre du suivi des stocks (Tableau 2.1.4). Ainsi, cette année, le pôle national de Sclérochronologie a reçu 18252 individus sur les 24400 planifiés, soit un taux de réalisation de 75%. Ces échantillons étaient répartis en 2 grandes zones géographiques que sont la mer Méditerranée (3791 individus échantillonnés soit 135% de réalisation) et l'océan Atlantique (14461 individus échantillonnés soit 67% de réalisation). Ce taux de réalisation dans l'océan Atlantique est faible mais il s'explique en grande partie par d'une part les problèmes techniques qui ont limité voir bloqué l'Ifremer dans les achats de poissons et d'autre part des espèces observées en faible nombre lors des campagnes scientifiques.

**Tableau 2.1.4.** Nombre de données d'âge réalisé par le pôle national de Sclérochronologie de l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par l'Europe.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
<b>Mer Méditerranée</b>			
<i>Engraulis encrasicolus</i>	800	476	60%
<i>Merluccius merluccius</i>	800	1209	151%
<i>Mullus barbatus</i>	200	1141	571%
<i>Sardina pilchardus</i>	800	762	95%
<i>Sparus aurata</i>	200	203	102%
<b>Océan Atlantique Nord</b>			
<i>Aspitrigla cuculus</i>	1000	231	23%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	1100	1068	97%
<i>Gadus morhua</i>	1800	616	34%
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> & <i>Lepidorhombus boscii</i>	500	633	127%
<i>Lophius piscatorius</i> & <i>Lophius</i> <i>budegassa</i>	1200	525	44%
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	1200	932	78%
<i>Merlangius merlangus</i>	4230	2638	62%
<i>Merluccius merluccius</i>	2000	761	38%
<i>Microstomus kitt</i>	100	17	17%
<i>Molva dypterygia</i>	450	668	148%
<i>Molva molva</i>	300	0	0%
<i>Mullus surmuletus</i>	500	561	112%
<i>Pleuronectes platessa</i>	1750	1767	101%
<i>Phycis blennoides</i>	200	30	15%
<i>Pollachius pollachius</i>	1300	639	49%
<i>Solea solea</i>	3770	3272	87%
<i>Trisopterus spp.</i>	200	103	52%
<b>Total général</b>	<b>24400</b>	<b>18252</b>	<b>75%</b>

### 2.1.5.4 Identification des œufs et larves de poissons

L'unité HMNN a en charge l'analyse d'échantillons collectés pendant la campagne IBTS dans le cadre de la DC-MAP et hors DC-MAP, du projet IGA. Le Tableau 2.1.5 fait le bilan du nombre d'échantillons analysés en 2017 selon les différents projets.

Dans le cadre de la DC-MAP, un échantillonnage au filet MIK est réalisé pendant la campagne IBTS. Cet échantillonnage permet de collecter, entre autres, les larves de hareng. Les données sont utilisées pour calculer un indice d'abondance larvaire qui sera ensuite intégré dans l'évaluation annuelle du stock de harengs de Mer du Nord par le groupe de travail HAWG (Herring Assessment Working Group) du CIEM.

**Tableau 2.1.5.** Bilan du nombre d'échantillons d'ichtyoplancton prévus/analysés par l'unité HMMN au sein du Pôle Zooplancton en 2017 en fonction des différents projets

Client	Projet/Groupe CIEM	Oeufs/larves	Echantillons prévus	Echantillons analysés
EU (PCP)	DC-MAP	Larves de hareng	103	103
EDF	IGA	Sole, sprat, sardine, limande	104	104
Hors contrat	WEGGGS2	Toutes espèces (oeufs)	103	0
Hors contrat	IGA	Toutes espèces	42	0
Hors contrat	WGALES	Toutes espèces (larves)	103	103

#### 2.1.5.5 Développements informatiques en appui à l'archivage des paramètres biologiques

Les améliorations et la maintenance du logiciel de gestion des paramètres biologiques BARGEO ont été poursuivies. Ce logiciel développé par le laboratoire de Boulogne sur mer s'appuie sur une base de données client/serveur et permet notamment de préparer les données individuelles utilisées pour les groupes de travail internationaux sous la responsabilité de la cellule CREDO.

### 2.1.6 Contribution aux avis/expertise

#### 2.1.6.1 Expertise Internationale

**Tableau 2.1.6.** Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2016 dans le cadre du Thème 1.

Instance	WG	Intitulé	Jours	Rôle principal
CIEM	WGBIOP	Working Group on Biological Parameters	5	Participant
CIEM	WKGIC2	Workshop on Growth-increment Chronologies in Marine Fish: climate-ecosystem interactions in the North Atlantic	4	Participant
CIEM	SIMWG	Stock Identification Methods Working Group, par correspondance	-	Participant
CIEM	WKARWHG	Workshop on Age reading of Whiting ( <i>Merlangius merlangus</i> )	4	Participant
CIEM	WEGGGS2	Working Group 2 on North Sea Cod and Plaice Egg Surveys in the North Sea	2	Participant
CIEM	WKHERLARS	Workshop on North Sea Herring larvae surveys, data needs and execution	3	Participant

CIEM	WGEVO	Working Group on fisheries-Induced Evolution	3	Présidence
------	-------	--	---	------------

### 2.1.6.2 Expertise nationale

#### **IGA (Impact des grands aménagements)**

Dans le cadre du respect des exigences des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets des effluents liquides et gazeux dans l'environnement pour l'exploitation des CNPE (Centre Nucléaire de Production d'Electricité) de Blayais, Flamanville, Gravelines, Paluel et Penly, EDF a confié à l'Ifremer la responsabilité du suivi écologique de l'évolution du milieu récepteur pour les domaines pélagique et benthique de ces 5 CNPE. L'unité HMMN est en charge de la collecte et de l'analyse des échantillons de plancton (œufs et larves de poissons, larves de crustacés décapodes), de l'évaluation des poissons (plie, limande, sole, hareng, sprats...) et des crustacés (tourteau, étrille, homard, araignée) au niveau de 3 centrales (Gravelines, Penly et Flamanville). En ce qui concerne le CNPE de Paluel elle réalise, à partir des données issues du Système d'Information Halieutique une synthèse de l'activité des navires professionnels dont les captures sont réalisées dans le rectangle statistique 28F0. Elle participe à la rédaction des rapports annuels ainsi qu'à la réunion plénière annuelle avec EDF qui s'est tenue au CNPE de Penly du 13 au 14 avril 2017 et où les résultats ont été présentés et discutés. Suite à cette réunion les différents rapports sur l'année 2016 ont été rendus comme chaque début d'année fin mars. Les campagnes d'échantillonnage de l'année 2017 ont été réalisées et les rapports provisoires ont été envoyés.

#### **Parc Naturel Marin des Estuaires Picards et de la mer d'Opale**

Comme les années précédentes, en 2017, un chercheur de l'unité HMMN a participé aux différents conseils de gestion du parc marin. Le conseil de gestion a principalement en charge 1) d'émettre des avis sur les demandes qui lui sont faites par les différents acteurs souhaitant exercer une activité au sein du parc et 2) de décliner son plan de gestion sous la forme d'un plan d'actions pour l'année en cours.

## **2.2 THEME 2 : COMMUNAUTES, RESEAUX TROPHIQUES ET BIODIVERSITE**

Le Thème 2 regroupe les études ayant trait à la structure des communautés et à leur évolution en fonction de l'environnement, en s'intéressant notamment aux changements de biodiversité et aux relations trophiques qui structurent les écosystèmes soumis à diverses pressions. Il est structuré autour de 3 axes : le premier s'intéresse à la dynamique spatio temporelle des communautés, en lien avec les pressions anthropiques et environnementales. Le deuxième porte sur l'étude empirique des relations de prédateurs et sur la compréhension du rôle de ces interactions comme facteur forçant la structure des écosystèmes ainsi que sur la niche occupée par les espèces au sein de communautés. Enfin, le troisième axe porte sur la dynamique du réseau trophique et son fonctionnement sous diverses pressions. Les outils de modélisation écosystémique permettent de simuler les changements de l'écosystème soumis à des pressions anthropiques et/ou environnementales, et d'en tirer des enseignements sur le fonctionnement et l'adaptabilité du réseau trophique.

Cela étant dit, il est intéressant de noter qu'il existe des convergences thématiques et que des objets d'études sont partagés entre les axes. Le changement climatique est ainsi une pression dont les effets sur les écosystèmes marins sont largement reconnus, il n'est donc pas étonnant que l'étude de ses effets sur la Manche et la Mer du Nord soit transversale aux 3 axes du

---

thème 2, aussi bien au travers d'approches descriptives que de modélisation prédictive. Dans le cadre des projets ECLIPSE et RESTICLIM, les effets des changements de température sur les communautés de poissons ont été étudiés suivant une approche fonctionnelle, où les communautés de poissons sont caractérisées par les fonctions qu'elles remplissent plutôt que par les espèces qui les composent. Cette approche a montré une migration des petits poissons pélagiques vers le sud de la mer du Nord, induisant une inversion du fonctionnement des deux communautés (Section 2.2.1.1). Les travaux menés en Mer du Nord montrent également que les espèces à préférence thermique chaude sont plus abondantes au sud, alors que les espèces d'affinité froide diminuent au nord (Section 2.2.1.2), et que cela se traduit par une dette thermique (différence entre la vitesse d'augmentation de la température de l'eau et la vitesse d'augmentation du préférendum thermique de la communauté) positive en Mer du Nord, témoin de l'intensité de l'augmentation de la température de l'eau (Section 2.2.1.3). On note également que c'est dans une des zones d'augmentation d'abondance des espèces chaudes qu'a été capturé pour la première fois en Mer du Nord un individu de *Dirtemichthys parini* (Section 2.2.2.1). Par la modélisation, il est également possible de prédire la sensibilité du réseau trophique à des modifications de différents processus de l'écosystème sous deux scénarios de changement climatique et à prédire les effets sur le fonctionnement du système (Section 2.2.3.1). Les effets sur le fonctionnement des écosystèmes marins d'autres facteurs anthropiques, tels que l'obligation de débarquement (Section 2.2.3.3) ou l'installation de fermes d'éoliennes en mer (Section 2.2.3.4), ont également été appréhendés par la modélisation

De même, dans la continuité des travaux menés les années précédentes, le travail sur le rôle du couplage benthopélagique dans le fonctionnement trophique en Manche s'est intensifiée, via l'utilisation couplée d'outils empiriques descriptifs (isotopes stables et contenus stomacaux) et de modélisation (OSMOSE, MixSIAR, IsoWeb). Une approche de modélisation valorisant les données isotopiques et de contenus stomacaux collectées précédemment a permis de définir la topologie du réseau trophique, l'intensité des flux, et l'effet de la profondeur sur le fonctionnement (Section 2.2.2.2). Les données isotopiques collectées dans le cadre du projet ECLIPSE ont aussi permis de confirmer l'importance du compartiment benthique, en adoptant des résolutions spatiales différentes (Section 2.2.2.3). Le travail de comparaison des données entre trois saisons montre également que l'intensité de la production primaire pélagique pourrait également jouer sur le couplage, par une intensification des flux (Section 2.2.2.4). Enfin, des résultats du modèle OSMOSE appliqué à la Manche Est montrent une relation négative entre taille et niveau trophique pour certaines espèces. Cette relation négative, attendue dans les réseaux trophiques benthiques, est surprenante pour un modèle individu-centré basé sur la taille (Section 2.2.3.2). Des travaux comparables, mais appliqués à d'autres systèmes (ici l'espèce de poisson clé des écosystèmes antarctiques) sont également inclus dans ce thème (Section 2.2.2.8)

Enfin, les travaux du thème 2 ont également porté sur différentes approches plus fondamentales afin de calibrer ou de valider des outils et indicateurs ou de tester la véracité d'hypothèses écologiques. En lien avec les travaux sur le changement climatique, la Courbe de Réponse Principale (PRC), outil habituellement utilisé en écotoxicologie, a été adaptée afin d'évaluer les effets d'une pression (ici l'augmentation de température) sur la dynamique spatio-temporelle des communautés, et de préciser la contribution de chaque espèce à la structure de la communauté (Section 2.2.2.4). De même, les travaux portant sur la caractérisation trophique des communautés utilisent de plus en plus des indices fonctionnels isotopiques en les considérant comme des proxys de la niche trophique, mais sans que la sensibilité de ces outils ait été vérifiée au préalable. Un travail de simulation a permis de montrer que ces métriques décrivent correctement l'organisation trophique générale des communautés, mais qu'elles sont moins pertinentes pour caractériser des structures plus fines (Section 2.2.2.5). Ce travail est issu d'une réflexion menée au sein du groupe de recherche en écologie trophique (GDR GRET), au sein duquel l'équipe « Réseaux trophiques » souhaite continuer à participer pour l'année à venir (cf. section Prospectives). Un travail sur la même

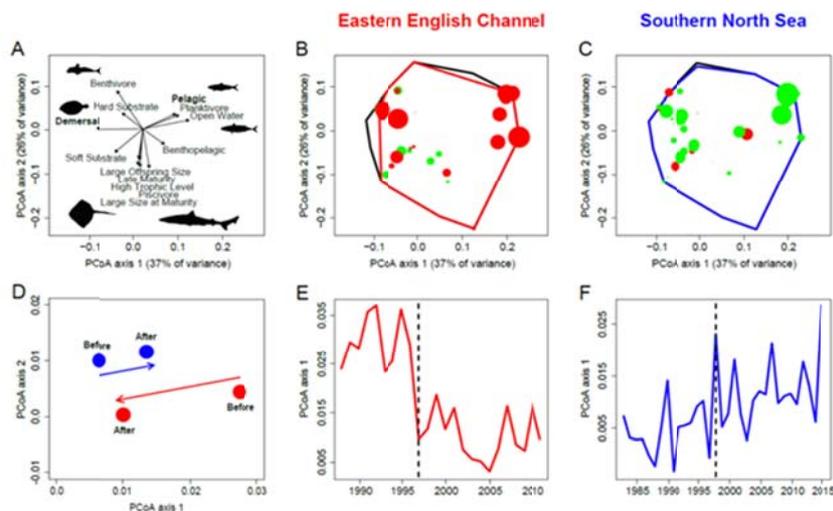
thématique a porté sur le lien entre la variation de la niche trophique à l'échelle individuelle et populationnelle et la compétition intra et interspécifique (Section 2.2.2.6). Enfin, l'effort d'échantillonnage important mené dans le cadre du projet RETROGRAD a permis de mesurer des rapports masse humide / masse sèche pour un grand nombre d'espèces, et de remettre en cause l'utilisation généralisée d'un facteur de conversion empirique pour toutes les espèces (Section 2.2.2.7).

L'unité HMMN a également contribué à l'acquisition de données dans le cadre de projets ayant effectivement commencé en 2017, et donc à des stades trop précoces pour pouvoir présenter des résultats. L'effort d'échantillonnage et quelques éléments de description de ces projets figurent dans la section « Observations en soutien aux travaux de recherche » (section 2.2.4). Les avis et expertises réalisées dans le Thème 2 concernent majoritairement l'extraction de granulats marins et son impact sur l'écosystème ainsi que les avancées et développements en termes de modélisation intégrée des écosystèmes (section 2.2.5).

## **2.2.1 Dynamique spatio-temporelle des communautés**

### *2.2.1.1 Inversion fonctionnelle des communautés ichthyologiques en Manche et Mer du Nord*

Dans le contexte actuel où le climat change rapidement, l'objectif de parvenir à une gestion durable des ressources naturelles nécessite de comprendre à la fois comment les écosystèmes réagissent au réchauffement de la planète et à la variabilité naturelle du climat. Alors que de nombreuses études ont documenté des changements dans la répartition des espèces en réponse au réchauffement, la mesure dans laquelle les oscillations climatiques naturelles peuvent exacerber les changements fonctionnels dans les écosystèmes reste relativement méconnue. Dans cette étude basée sur les données issues des campagnes de suivi halieutique en Manche et Mer du Nord (CGFS et IBTS, respectivement), il a été montré que les communautés de poissons de ces deux écosystèmes ont subi un changement fonctionnel rapide vraisemblablement déclenché et accentué et par l'Oscillation Multi-décennale de l'Atlantique (AMO), une oscillation naturelle de la température de l'eau en Atlantique Nord. Ce changement des communautés ichthyologiques était caractérisé par une modification de l'aire de répartition des espèces pélagiques et de petite taille allant de la Manche orientale vers le sud de la Mer du Nord, provoquant ainsi une inversion de la structure fonctionnelle entre les deux écosystèmes (Fig. 2.2.1). De telles réorganisations structurelles ont probablement impacté certaines propriétés écosystémiques telles que le recyclage des nutriments ou encore le couplage benthopélagique. Contrairement à la plupart des systèmes terrestres, le décalage temporel entre les variations du cycle climatique AMO et la réponse des communautés ichthyologiques n'était que d'un an, renforçant ainsi la particularité qu'ont les écosystèmes marins à répondre rapidement au changement climatique. Avec le réchauffement d'origine anthropique sous-jacent, les oscillations naturelles du climat ainsi que les événements climatiques extrêmes (e.g., tempêtes) qui devraient augmenter en fréquence et en intensité, d'importantes modifications sont attendues sur la biodiversité à échelle globale, ce qui pourrait par voie de conséquence, impacter le fonctionnement et les services des écosystèmes

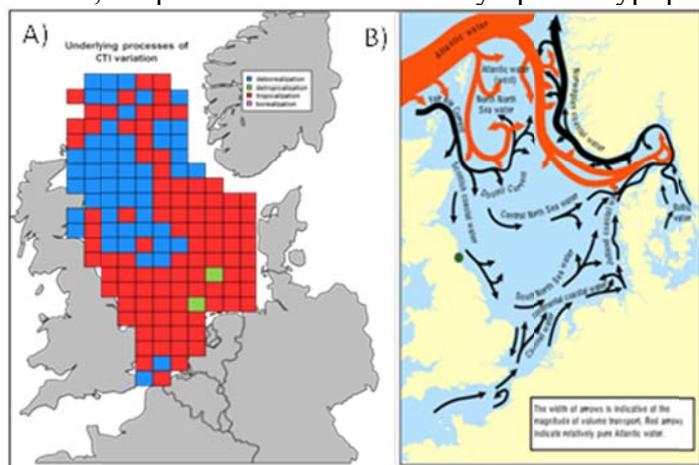


**Figure 2.2.1A.** Espace fonctionnel des communautés de poissons de Manche orientale et Mer du Nord. B : Distribution de chaque espèce dans l'espace fonctionnel et variation d'abondance en Manche orientale. Un point rouge/vert correspond à une espèce ayant diminué/augmenté en abondance sur l'ensemble de la série temporelle. La taille du point est proportionnelle à l'amplitude de la variation d'abondance. C : Distribution de chaque espèce dans l'espace fonctionnel et variation d'abondance en Mer du Nord. D : Modifications de la structure fonctionnelle des communautés ichthyologiques entre la première et la seconde partie de la série temporelle ('before' et 'after', respectivement) dans chacun des deux écosystèmes. La position des 4 points (centroïdes) dans l'espace fonctionnel caractérise la structure fonctionnelle des communautés avant et après 1997. La couleur rouge caractérise les communautés de la Manche orientale et le bleu caractérise celles de la Mer du Nord. E : Dynamique de la structure fonctionnelle (axe 1 de la PCoA) des communautés de la Manche orientale. F : Dynamique de la structure fonctionnelle (axe 1 de la PCoA) des communautés de la Mer du Nord.

### 2.2.1.2 Décomposition du processus de tropicalisation des communautés ichthyologiques en Mer du Nord

La communauté ichthyologique de la Mer du Nord est sujette à une réorganisation progressive de sa structure depuis plusieurs décennies, vraisemblablement en raison de la hausse de la température de l'eau. Cette réorganisation, appelée 'tropicalisation', est définie par une hausse de la dominance des espèces à préférence thermique élevée et par voie de conséquence par une hausse de la préférence thermique moyenne des communautés. A échelle planétaire, ce phénomène est maintenant bien connu mais de nombreuses incertitudes subsistent quant aux processus sous-jacents à la tropicalisation. En effet, au sens mathématique du terme, une hausse de la dominance des espèces à préférence thermique élevée peut aussi être le résultat d'une baisse de l'abondance chez les espèces à préférence thermique faible. Ainsi, en Mer du Nord, les données issues de la campagne IBTS (International Bottom Trawl Survey) ont été utilisées afin d'affiner notre connaissance de ce phénomène de tropicalisation. Pour ce faire, un indice a été développé afin d'identifier les processus sous-jacents : une valeur positive de l'indice indiquant que la tropicalisation des communautés est principalement expliquée par une hausse des abondances chez les espèces à préférence thermique élevée et une valeur négative indiquant quant à elle que la tropicalisation est principalement causée par une baisse des abondances chez les espèces ayant des préférences thermiques plus faibles. La tropicalisation des communautés de poissons de la Mer du Nord a été clairement mise en évidence puisque parmi les 152 communautés étudiées (car 152 rectangles CIEM étudiés), 150 d'entre elles étaient caractérisées par une hausse de leur préférence thermique moyenne. Parmi ces 150 communautés où la tropicalisation a eu lieu, certaines étaient principalement caractérisées par une baisse des abondances chez les espèces à préférence thermique faible ('déboréalisation', en bleu sur la Figure 2.2.2A) et d'autres étaient principalement caractérisées par une hausse des abondances chez les espèces à préférence thermique plus élevée (en rouge sur la Figure 2.2.2A). Au regard de ces résultats, des processus différents ont ainsi eut lieu d'une zone à l'autre de la Mer du Nord, la moitié sud semblant propice aux espèces préférant les eaux plus chaudes des latitudes inférieures. Comme indiqué sur la figure

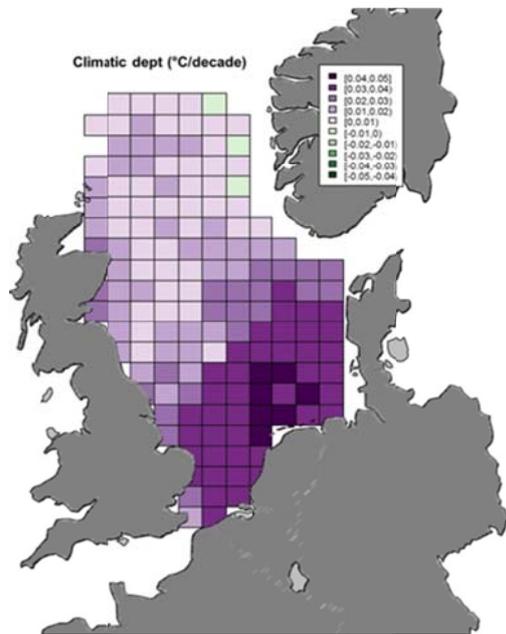
2.2.2A, les zones marquées de rouge au nord ont elles aussi été caractérisées par cette ‘arrivée’ d’espèces à préférence thermique élevée, ce qui semble cohérent du fait que le nord de la Mer du Nord est une zone de déversement d’eaux plus chaudes provenant de l’océan Atlantique (Fig. 2.2.2A). A l’inverse, la zone bleue, semble s’être appauvrie en espèces préférant les eaux froides, ce qui constitue là aussi un symptôme typique du réchauffement climatique.



**Figure 2.2.2A.** Processus sous-jacents à la hausse de la préférence thermique moyenne des communautés de poissons en Mer du Nord au cours des 40 dernières années. B. Circulation générale du bassin de la Mer du Nord (Turrell et al., 1992).

### 2.2.1.3 Accumulation d’une dette climatique au sein des communautés ichthyologiques de la Mer du Nord durant les 40 dernières années.

Les communautés de poissons sont sujettes au changement climatique et y répondent par de profondes réorganisations structurelles. Parmi les effets du changement climatique, la dérive polaire est maintenant largement reconnue comme un phénomène directement causé par la hausse des températures, soit au travers de modifications dans la démographie des populations aux différentes latitudes, soit au travers de migrations latitudinales permettant aux organismes de suivre les optimums thermiques. Toutefois, la capacité qu’ont les espèces à suivre le déplacement latitudinal de la température est à ce jour méconnue. Ce concept de décalage entre la vitesse de réorganisation des communautés/populations et la vitesse du réchauffement de l’eau/air est appelé ‘dette climatique’. Les communautés de la Mer du nord sont notamment connues pour s’être réorganisées selon une modification structurelle de type ‘tropicalisation’. Ainsi, la dette climatique de ces communautés a été évaluée par la différence entre la vitesse de la tropicalisation (taux d’augmentation de la préférence thermique moyenne des communautés) et la vitesse du réchauffement des eaux de la Mer du Nord. Au cours des 40 dernières années et sur la quasi-totalité de la Mer du Nord, les communautés de poissons ont accumulé une dette climatique positive, ce qui indique que le réchauffement de l’eau a été plus rapide que la réorganisation des communautés, en particulier dans les eaux peu profondes du sud de la Mer du Nord (Figure 2.2.3). De même, les vitesses de déplacement latitudinaux des communautés et de la température (en  $\text{km}\cdot\text{an}^{-1}$ ) ont aussi été estimées par le ratio entre les gradients temporels ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{an}^{-1}$ ) et spatiaux ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$ ). Les communautés se sont déplacées à une vitesse moyenne de 116 km/décennie vers le nord alors que la température augmentait à une vitesse de l’ordre de  $0.4^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ , soit une vitesse de déplacement vers le nord de 170 km/décennie.



**Figure 2.2.3.** Distribution de la dette climatique des communautés de poissons en Mer du Nord

#### 2.2.1.4 Une nouvelle utilisation de la Courbe de Réponse Principale pour mieux visualiser la dynamique des communautés dans le temps et l'espace

Auber A, Travers-Trolet M, Villanueva MC, Ernande B. 2017. A new application of principal response curves for summarizing abrupt and cyclic shifts of communities over space. *Ecosphere* 8(12):e02023 <http://doi.org/10.1002/ecs2.2023>

Il existe à l'heure actuelle un besoin croissant de décrire simplement la complexité des écosystèmes, aussi bien du point de vue de leurs caractéristiques biotiques qu'abiotiques. Dans cet objectif, la majorité des analyses multivariées se visualisent par des graphiques d'ordination souvent trop encombrés pour en avoir une lecture simple, y compris pour les utilisateurs familiers à ce type de représentation. Pour surmonter ces difficultés, une nouvelle version de la Courbe de Réponse Principale (PRC) a été mise en œuvre. Dans sa configuration usuelle, la PRC correspond à la représentation graphique d'une analyse canonique de redondance partielle et est presque exclusivement utilisée dans le domaine de l'écotoxicologie. Dans sa version classique, la PRC permet de visualiser l'effet de substances chimiques sur la structure de communautés soumises à des contaminations répétées dans le temps. Dans sa nouvelle configuration, la PRC permet d'évaluer les effets du temps sur la structure des communautés et ce sur chaque site d'échantillonnage (Figure 2.2.4). Cette version de la PRC permet alors de produire une carte simple à lire et qui résume à la fois la dynamique des communautés dans le temps et l'espace mais aussi la contribution de chaque espèce dans la réponse globale des communautés. Ces avantages renforcent la pertinence d'utiliser une telle analyse puisque les outils de gestion spatialisés sont de plus en plus recommandés pour l'élaboration et la mesure de l'efficacité des mesures de gestion.

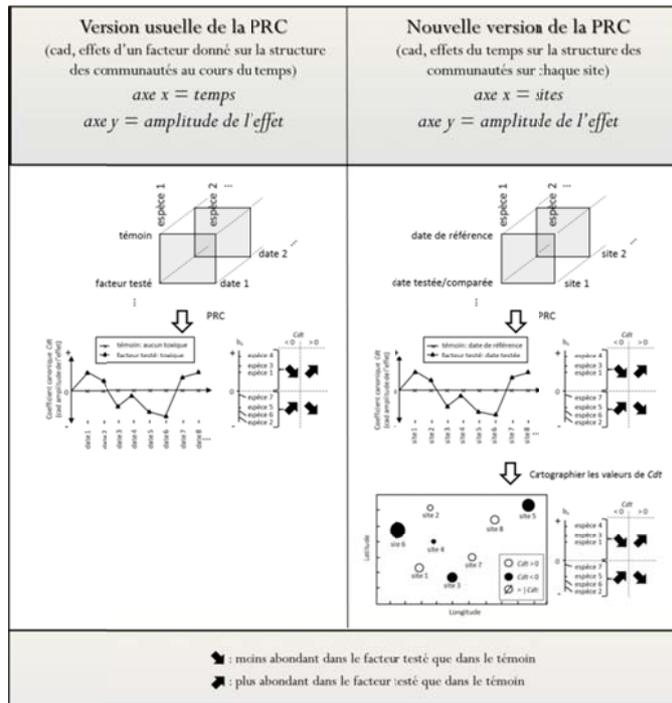


Figure 2.2.4. Comparaison de la nouvelle version de la PRC à la version usuelle.

## 2.2.2. Relations trophiques, structure et fonctionnement du réseau trophique

### 2.2.2.1 Valorisation scientifique d'une collecte opportuniste de poisson

**Cresson P, Rouquette M, Marco Miralles F, Dufour JL, Causse R, Bouchoucha M, Mahé K.** 2017. Lost in the North: The first record of *Diretmichthys parini* (Post and Quéro, 1981) in the northern North Sea. Marine Pollution Bulletin. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.074>

En juin 2015, un individu de *Diretmichthys parini* a été capturé par un chalutier opérant en Mer du Nord, au large de la Norvège. N'ayant jamais vu cette espèce auparavant, les pêcheurs ont conservé cet individu, et l'ont ramené au laboratoire Ressources Halieutiques Manche Mer du Nord de l'Ifremer à Boulogne sur Mer. En lien avec les compétences de deux des plateaux techniques du laboratoire (plateforme « réseaux trophiques » et pôle national de sclérochronologie), cette capture a été l'occasion de documenter plusieurs aspects de l'écologie de cette espèce méconnue. La dissection et l'analyse des otolithes a permis de déterminer que cet individu était une femelle de 331 mm de longueur totale et âgée de 33 ans. La vacuité de l'estomac n'a donc pas permis de déterminer son alimentation récente. Néanmoins, les rapports isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) et les concentrations en mercure faible sont cohérents avec un régime alimentaire planctonophage pour cette espèce. A notre connaissance, cette étude est la première qui mesure ces paramètres pour cette espèce.

La capture de cette espèce à une latitude aussi élevée, la plus nord à ce jour représente le premier signalement de l'espèce en Mer du Nord. *D. parini* est considérée comme une espèce tropicale ou subtropicale ayant une affinité pour les eaux chaudes. L'observation de cet individu semble cohérente avec une expansion de l'aire de répartition de cette espèce, observée au large de l'Ecosse (55°N) en 1993 puis aux îles Féroé (59°5'N) en 1996. La capture de cet individu, dans un contexte de fort réchauffement de la Mer du Nord ces dernières années, pourrait venir confirmer la poursuite de l'expansion vers le nord de l'aire de répartition de cette espèce, même s'il convient de rester prudent dans la mesure où seul un individu a été capturé à ce jour.

---

Ce travail a fait l'objet d'une note dans *Marine Pollution Bulletin*, mais ont également été largement dans la presse grand public, avec près de 20 occurrences dans la presse grand public.

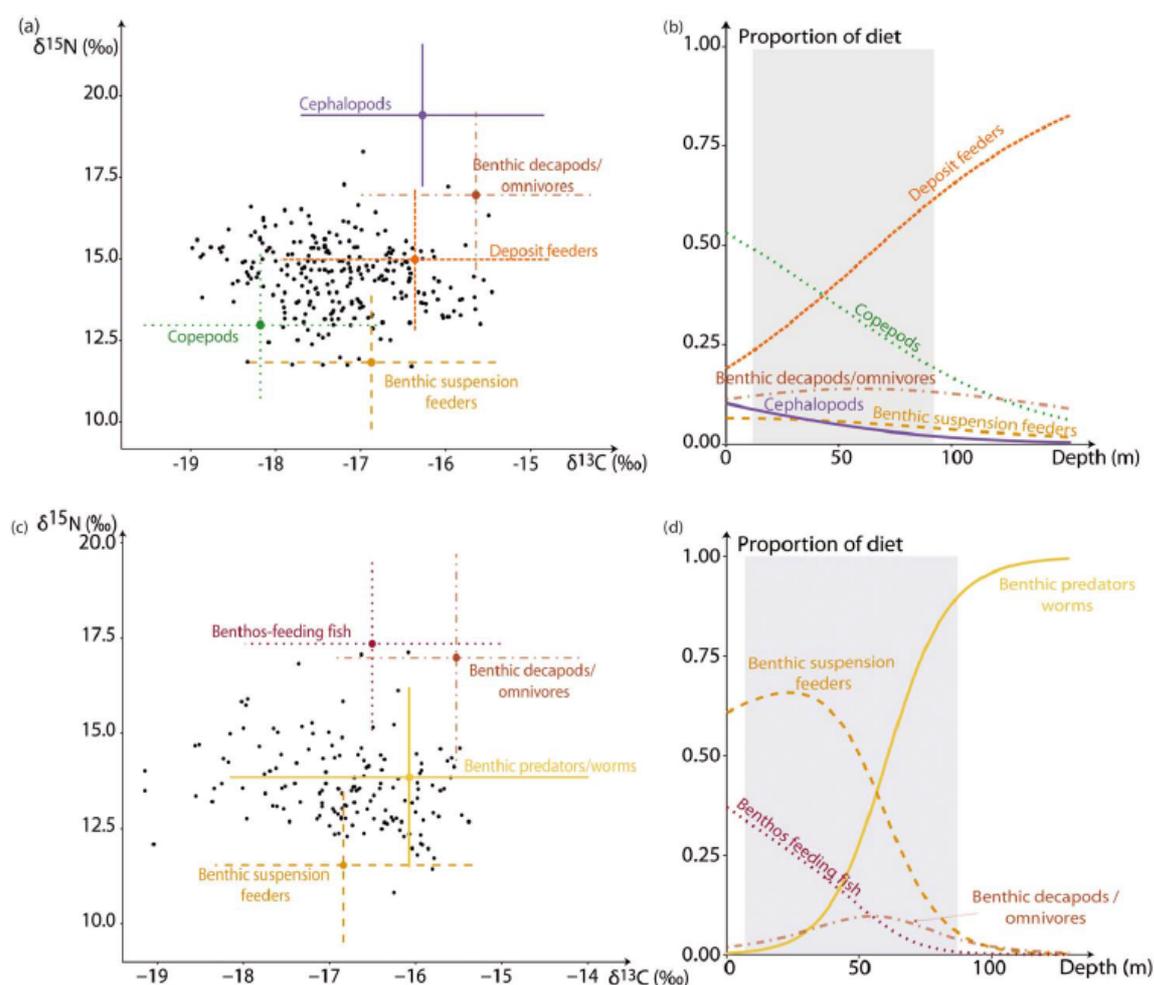


**Figure 2.2.5.** Illustration du spécimen de *Diretmichthys parini* collecté en Mer du Nord. Les carrés de la grille en arrière-plan font 1 cm de côté.

2.2.2.2. *Influence de la profondeur sur l'utilisation des ressources des poissons en Manche-Mer du Nord et conséquences sur la structure des réseaux trophiques.*

Giraldo C, Ernande B, Cresson P, Kopp D, Cachera M, Travers-Trolet M, Lefebvre S. 2017. Depth gradient on the resource use of a fish community from a semi-enclosed sea. *Limnol Oceanogr*, 62 : 2213-2226. <http://doi.org/10.1002/lno.10561>

La profondeur est l'une des variables environnementales qui contrôlent la structure des écosystèmes marins en influençant directement ou indirectement le couplage benthopélagique et les relations prédateur-proie. Dans les eaux côtières peu profondes, le haut degré de connectivité entre les réseaux pélagiques et benthiques résulte en systèmes complexes avec de multiples interactions qui sont difficiles à comprendre. Les contenus stomacaux et les analyses des isotopes stables (SI) ont été utilisés pour étudier les changements liés à la profondeur, dans l'alimentation de 33 espèces de poissons de Manche orientale collectés entre 5 et 80 m de profondeur. Les espèces ont d'abord été regroupées en groupes fonctionnels en fonction de leur similitude trophique, morphologique, taxonomique et d'habitat. Les contenus stomacaux ont été utilisés pour déterminer la topologie générale du réseau trophique et les SI ont été utilisés pour estimer les proportions de différentes sources d'alimentation de groupes fonctionnels. Globalement, les principales sources pour tous les groupes fonctionnels étaient d'origine benthique (> 50%). Ce premier modèle à l'échelle de la Manche a ensuite été utilisé comme base pour étudier l'influence de la profondeur sur l'utilisation des ressources par les poissons prédateurs. Des modèles de mélange, pouvant prendre en compte la profondeur en tant que variable continue ont démêlé et identifié les différentes stratégies alimentaires entre les groupes fonctionnels (*e.g.* Figure 2.2.6). En général, les espèces ont bénéficié de proies pélagiques et de proies benthiques indistinctement dans les eaux peu profondes. En profondeur, les espèces se nourrissent principalement sur des sources benthiques ou pélagiques en fonction de leur habitat de préférence. Nos résultats soutiennent l'hypothèse d'un fort couplage benthopélagique dans les eaux peu profondes et mettent en évidence l'importance d'inclure les facteurs environnementaux tels que la profondeur en tant que proxy de la variation de l'habitat pour comprendre l'utilisation des ressources et de la structure des réseaux trophiques.

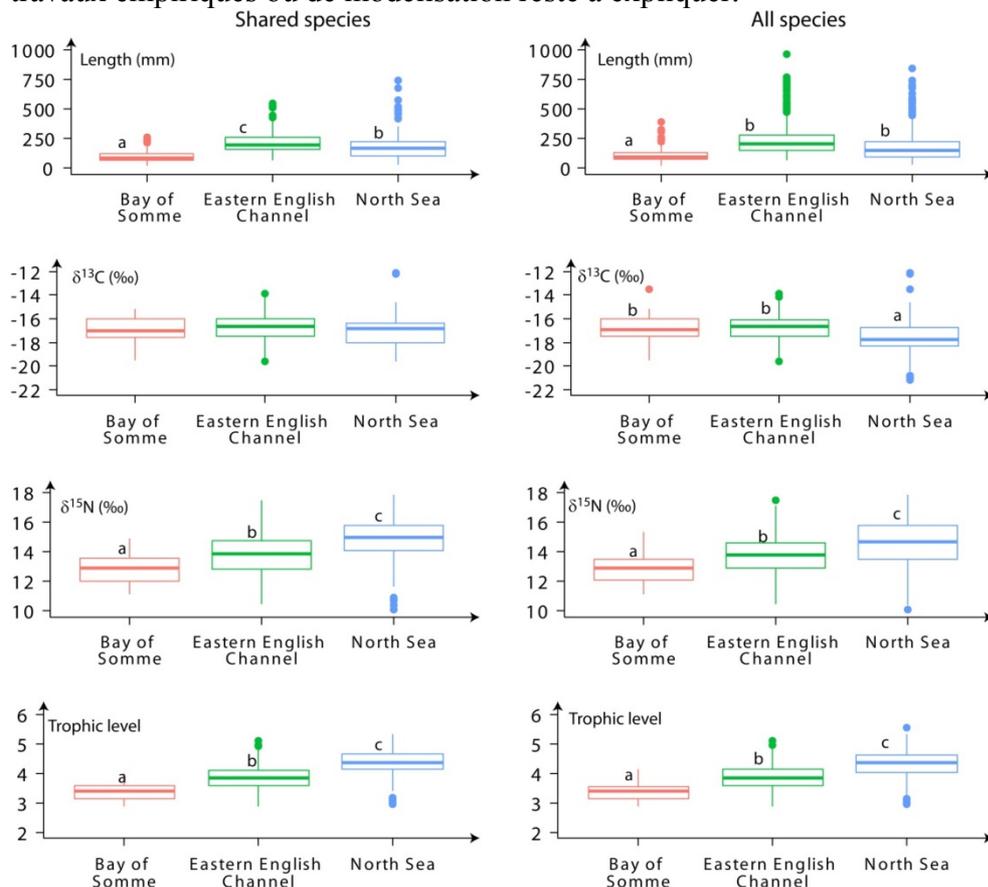


**Figure 2.2.6.** Composition du régime alimentaire des poissons se nourrissant sur le benthos (a, b) et sur l'endobenthos (c, d), telle qu'estimée par le modèle de mélange MixSIAR. Les iso-spaces (a, c) montrent les valeurs isotopiques individuelles des consommateurs (points noirs) ainsi que les valeurs isotopiques moyennes des sources (e.g. « Copepods », points colorés). Les barres d'erreur correspondent à l'écart type  $\pm 1$  résultant de l'incertitude sur la combinaison des sources et leur discrimination. La variabilité du régime alimentaire en fonction de la profondeur est illustrée à droite (b, d). La gamme de profondeurs échantillonnée est indiquée par la zone grise et s'étend de 7-12m à 80m. Les extrapolations en dehors de cette gamme de variation ont été gardées à titre illustratif.

### 2.2.2.3. Comparaison des structures trophiques en Baie de Somme, Manche et Mer du Nord.

L'analyse des données isotopiques acquises dans le cadre du projet ECLIPSE (cf. rapports d'activité des années précédentes) a permis de mettre en évidence des différences de fonctionnement trophique des communautés de poissons de ces 3 écosystèmes. Les tailles et les niveaux trophiques plus faibles pour les poissons en baie de Somme, que ce soit lorsque l'on considère toutes les espèces ou seulement les espèces communes confirment le rôle de nurserie de cet écosystème. Les rapports isotopiques du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ ) permettent également d'exclure une contribution forte des apports fluviaux dans les réseaux trophiques des 3 écosystèmes. Ce résultat vient confirmer des tendances déjà observées pour la Manche et pourrait s'expliquer par le maintien à la côte des apports de la Seine dans le « fleuve côtier ». Ils sont plus surprenant pour la baie de Somme, mais pourrait s'expliquer par la capture des poissons en dehors de la baie à proprement parler. Au contraire, la source benthique est importante dans les 3 écosystèmes, avec une contribution plus forte en baie de Somme, qu'en Manche et légèrement moindre en Mer du Nord. Ces résultats confirment à d'autres échelles

spatiales l'importance de la profondeur comme facteur majeur conditionnant le couplage benthopélagique, conformément à des résultats précédemment obtenus par l'unité (Kopp et al. 2015 ; Giraldo et al. 2017 ; cf. XX). Un autre résultat marquant est le niveau trophique systématiquement plus élevé observé en Mer du Nord. Ce résultat, retrouvé dans d'autres travaux empiriques ou de modélisation reste à expliquer.



**Figure 2.2.7.** Comparaison des indicateurs trophiques mesurés sur les trois écosystèmes (rouge : baie de Somme ; vert : Manche Est ; Bleu : mer du Nord) pour l'ensemble des espèces (colonne de gauche) ou seulement les espèces communes (colonne de droite) : de haut en bas, longueur totale,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  et niveau trophique. Les lettres témoignent des différences significatives entre les 3 écosystèmes.

#### 2.2.2.4 La profondeur est-elle le seul facteur influençant le couplage benthopélagique en Manche Est ?

Timmerman CA, Cresson P, Giraldo C, Travers-Trolet M, Rouquette M, Denamiel M, Lefebvre S, Ernande B. en prep pour J Exp Mar Biol Ecol

Plusieurs travaux menés par l'unité ont démontré l'importance du couplage benthopélagique et l'ont principalement expliqué par la faible profondeur, et l'absence de barrières entre les compartiments benthiques et pélagiques (Kopp et al. 2015, Giraldo et al. 2017, cf. 2.2.2.2 ; Projet ECLIPSE, cf. 2.2.2.3). Cependant, ces projets sont tous basés sur un échantillonnage ponctuel dans le temps, sans qu'aucune comparaison n'ait été menée. Ce travail vise donc à utiliser les données obtenues en hiver 2015, dans le cadre de la DCSMM, pour réanalyser celles obtenues en automne 2009 (Kopp et al. 2015 ; Giraldo et al. 2017) et 2014 (Projet RETROGRAD), afin de déterminer si l'intensité de production primaire et pourrait également influencer les flux de matière organique et l'intensité du couplage benthopélagique.

Ce travail a permis de montrer qu'aux 3 saisons, peu d'espèces ont un profil trophique marqué pour lequel une source de matière (pélagique ou benthique) est prédominante. Au contraire, une majorité d'espèces ont des proportions de contributions comparables pour les deux sources, ce qui confirme l'importance de la contribution benthique dans cet écosystème peu

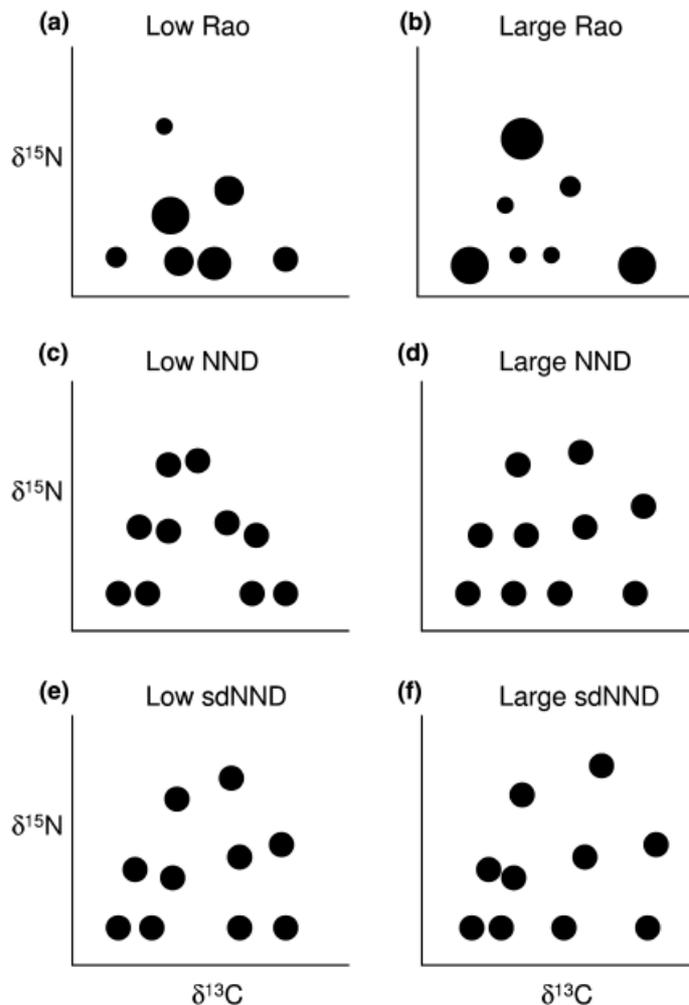
profond. Cependant, la part d'espèce avec une contribution comparable est la plus élevée en automne 2009, saison où la production pélagique est la plus forte.

Pour chaque saison, les espèces ont par la suite été regroupées sur la base de leurs signatures isotopiques. Les résultats révèlent que des groupes trophiques constitués d'espèces similaires en termes de mode de vie et de biologie ont été identifiés, avec pour chaque année un groupe d'espèces pélagiques, un groupe d'espèces benthiques et un dernier comprenant les espèces de plus haut niveau trophique. Ce résultat confirme que la structure trophique de l'assemblage de poisson est assez stable entre les années. En automne 2009, des groupes hétérogènes regroupant des espèces pélagiques et benthiques sont observés, témoignant d'une utilisation de ressources pélagiques et benthiques par l'ensemble des espèces. Ces deux résultats semblent confirmer que l'intensité de la production primaire pélagique a donc une influence sur le couplage en plus de l'effet de la profondeur. Dans la mesure où une modification de l'intensité de production primaire est envisagée dans un contexte de changement global (cf. section 2.2.3.1), comprendre les mécanismes conditionnant la structure des réseaux trophiques actuels est indispensable pour prédire les changements potentiels de celle-ci.

#### *2.2.2.5 Etude de sensibilité sur l'utilisation des métriques isotopiques pour décrire les réseaux trophiques.*

Jabot F, **Giraldo C**, **Lefebvre S**, Dubois S. 2017. Are food web structures well represented in isotopic spaces? *Funct Ecol*, 31 :1975-1984. <http://doi.org/10.1111/1365-2435.12895>

Les analyses isotopiques sont de plus en plus utilisées pour évaluer la structure des réseaux trophiques et une série d'indices fonctionnels isotopiques ont été proposés au cours de la dernière décennie pour caractériser cette structure. Ces indices sont basés sur l'hypothèse fondamentale que la proximité dans l'espace isotopique informe sur la similarité trophique entre les espèces. Bien qu'il ait été reconnu depuis longtemps que cette hypothèse simplificatrice devrait être utilisée avec prudence, aucune évaluation formelle de son domaine de validité n'a été effectuée jusqu'à présent. Nous simulons ici un grand nombre (15 000) de réseaux trophiques avec des caractéristiques variables pour évaluer (i) si la distance isotopique est un bon indicateur de la dissimilarité trophique; (ii) si les indices fonctionnels isotopiques sont de bons proxys des propriétés fonctionnelles trophiques; et (iii) comment la qualité de ces deux proxys dépend de diverses espèces et des propriétés des réseaux trophiques. Nous démontrons d'abord que la distance isotopique est modérément corrélée avec la similarité trophique dans les réseaux trophiques simulés. Nous trouvons cependant que deux métriques de la communauté isotopique étudiées (indice de divergence fonctionnelle de Rao et indice de distance fonctionnelle du plus proche voisin) sont de bons indicateurs de la structure trophique de la communauté, en particulier dans les réseaux trophiques de spécialisation alimentaire. Nous trouvons également que les indices fonctionnels isotopiques sont de moins en moins fiables car ils visent à caractériser des modèles fonctionnels plus subtils (tels que l'écart type de la distance du plus proche voisin, un indice de variation d'originalité entre espèces). Pris ensemble, nos résultats suggèrent que la fiabilité de la cartographie isotopique des consommateurs diminue avec leur nombre d'espèces proies potentielles, mais augmente avec leur nombre d'espèces proies réalisées. Par conséquent, la fiabilité isotopique diminue dans les réseaux trophiques riches en espèces avec une faible connexion, une grande diversité verticale et une forte incidence d'omnivores. Notre étude souligne que les chercheurs ne devraient pas espérer saisir des modèles subtils de structure de la chaîne alimentaire basée uniquement sur des indices isotopiques largement utilisés. Ils devraient plutôt envisager de mobiliser ces informations isotopiques en combinaison avec des types de données complémentaires.



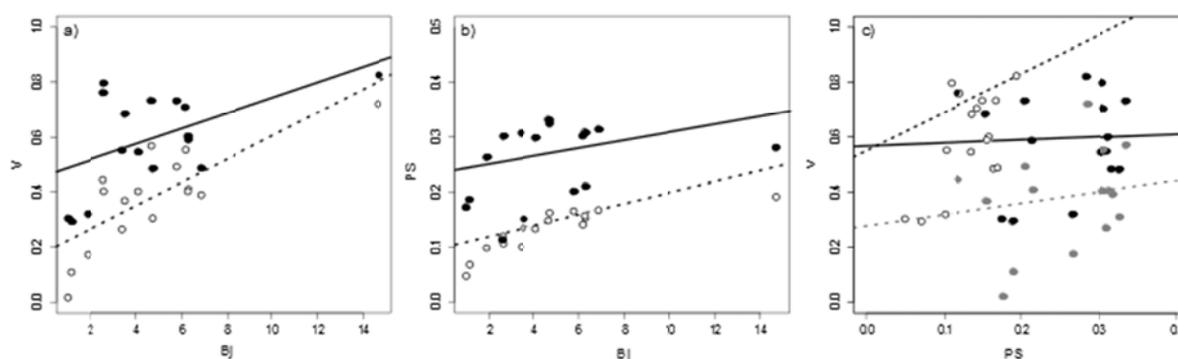
**Figure 2.2.8.** Illustration des métriques de diversité isotopique. (a, b) L'indice de Rao quantifie la divergence fonctionnelle isotopique (c'est-à-dire la propagation des communautés) et est pondéré par la biomasse. Lorsque les espèces abondantes sont situées près du centroïde (a), et / ou lorsque les espèces sont proches dans l'espace isotopique, Rao est faible (c, d). La distance du plus proche voisin (NND) quantifie la proximité moyenne des espèces voisines dans l'espace isotopique. Lorsque des paires d'espèces sont proches dans l'espace isotopique (c), les NND sont faibles, tandis que lorsque les espèces sont régulièrement espacées (d), les NND sont grandes. (e, f) L'écart-type de la distance du plus proche voisin (sdNND) quantifie la variabilité de la proximité des espèces voisines. Lorsque certaines paires d'espèces sont proches alors que les autres paires d'espèces sont éloignées les unes des autres (f), sdNND est grande.

#### 2.2.2.6 Variation individuelle du régime alimentaire dans un assemblage de poissons marins : théorie de l'approvisionnement optimal, hypothèse de variation de niche et identité fonctionnelle.

Cachera M, Ernande B, Villanueva C, Lefebvre S. 2017. Individual diet variation in a marine fish assemblage: Optimal Foraging Theory, Niche Variation Hypothesis and functional identity. *J Sea Res*, 120 :60-71 ; <https://doi.org/10.1016/j.seares.2016.08.004>

La variation individuelle du régime alimentaire impacte les interactions intra- et inter-spécifiques. L'étude de ses sources et de sa relation avec l'organisation des niches trophiques des espèces est nécessaire pour comprendre la structure et la dynamique des communautés. Selon la Théorie de l'Approvisionnement Optimal (TAO), la variation alimentaire individuelle au sein d'une espèce peut augmenter avec la variabilité de l'état des individus et l'hétérogénéité de leur habitat. L'Hypothèse de Variation de Niche (HVN) stipule quant à elle que la variation alimentaire individuelle augmente avec la largeur de la niche trophique de l'espèce. Cette hypothèse repose sur l'équilibre compétitif entre compétition intra- et inter-

spécifique. Elle implique en corolaire que le recouvrement de la niche trophique d'une espèce par celle des autres, prise comme une mesure de compétition inter-spécifique, diminue lorsque la largeur de niche de l'espèce focale ou sa variation alimentaire individuelle augmentent. Les prédictions de la TAO et la HVN ont été testées entre espèces sur la base de modèles nuls obtenus par randomisation, mais aussi entre et au sein de groupes fonctionnels, dans un assemblage de poissons marins de Manche Est. Les tests se sont appuyés sur des métriques de niche trophique dérivées de l'analyse des contenus stomacaux des espèces étudiées. Les résultats montrent que la variation alimentaire individuelle (VAI) augmente avec la variabilité intra-spécifique de l'état des individus et l'hétérogénéité de l'habitat comme attendu selon la TAO (Figure 2.2.9). A l'inverse, la HVN n'est pas soutenue car l'augmentation de la VAI avec la largeur de niche spécifique est moindre que l'attendu sous modèle nul. Cependant, le recouvrement de niche augmente avec la largeur de niche ainsi que la VAI moins qu'attendu sous modèle nul, ce qui est en accord avec le corolaire de la HVN. Bien qu'elles soient majoritairement non-significatives, les relations observées aux échelles inter- et intra-groupes fonctionnels sont cohérentes avec celles observées entre espèces. Ces résultats suggèrent (i) que la contraction de la niche écologique des espèces entraîne un déplacement de l'équilibre compétitif vers la compétition intra-spécifique, ce qui favorise une VAI plus importante qu'attendue, et (ii) que la compétition interspécifique limite l'accroissement de recouvrement de niche accompagnant l'expansion de la niche des espèces ainsi que la diversification du régime alimentaire, ce qui révèle une partition partielle des ressources trophiques entre espèces. Cette étude montre que l'utilisation combinée de diverses métriques de niches permet d'inférer les effets de la compétition sur l'organisation des niches trophiques des espèces au sein des communautés.

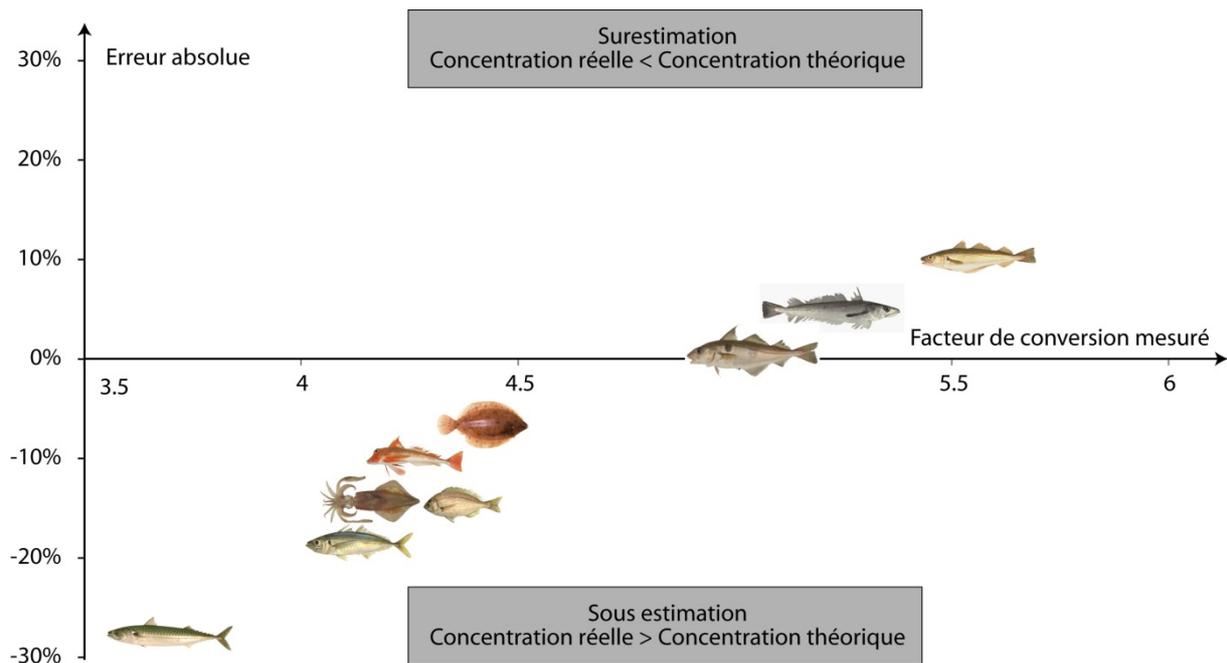


**Figure 2.2.9.** Corrélations entre indices trophiques prédites par l'Hypothèse de Variation de Niche: a) corrélation entre largeur de niche spécifique Bj et variabilité individuelle du régime alimentaire V (prédit= positif) ; b) corrélation entre largeur de niche spécifique Bj et superposition de niche PS (prédit=négatif) ; c) corrélation entre superposition de niche PS et variabilité individuelle du régime alimentaire V (prédit=négatif). Les points noirs et les lignes continues représentent les données observées et la régression associée, respectivement, alors que les points blancs et les lignes pointillées représentent les données attendues sous modèle nul et la régression associée, respectivement. La corrélation prédite par la HVN est considérée comme supportée si la corrélation observée est significativement différente de la valeur sous modèle nul dans la direction indiquée par la prédiction (supérieure si prédiction positive et inférieure si prédiction négative).

#### 2.2.2.7 Existe-il un facteur unique de conversion entre masse humide et masse sèche pour le muscle de poisson ?

Cresson P, Travers-Trolet M, Rouquette M, Timmerman CA, Giraldo C, Lefebvre S, Ernande B. 2017. Underestimation of chemical contamination in marine fish muscle tissue can be reduced by considering variable wet:dry weight ratios. *Mar Poll Bull* 123 : 279-285  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.046>

En fonction du contexte scientifique des études (approche sanitaire ou utilisation comme traceurs), les concentrations en contaminants sont exprimées relativement à une masse humide ou une masse sèche. La comparaison des résultats requière donc de convertir ces valeurs mais peu de valeurs précises et spécifiques sont disponibles, et la plupart des travaux se basent sur l'utilisation d'un facteur de conversion empirique unique de 5, lié au fait que le taux d'humidité moyen des muscles de poisson est de 20%. Cependant, les quelques travaux menés spécifiquement sur ce sujet montrent des variations importantes, liés à plusieurs facteurs. Sur la base de l'échantillonnage mené durant la campagne CAMANOC en 2014 pour le projet RETROGRAD, les masses humides et sèches du muscle de 15 espèces ont été mesurées, afin de déterminer les facteurs de conversion réels. La majorité des valeurs moyennes étaient inférieure au facteur de conversion théorique, avec des variations au niveau individuel et spécifique. Ce résultat est problématique, et questionne l'utilisation de cette méthode dans le cadre d'une approche sanitaire, car l'utilisation du facteur de conversion empirique sous-estime la concentration réelle (partie inférieure de la Figure 2.2.10). Le taux de lipides musculaires (estimé par le rapport C/N) est apparu comme un facteur majeur de variation. Ainsi, utiliser le facteur empirique de conversion de 5 pour le maquereau *Scomber scombrus* plutôt que le facteur mesuré ( $3.62 \pm 0.33$ ) amène à une sous-estimation de près de 30% de la concentration réelle. La variabilité observée montre également que l'utilisation du facteur de conversion empirique peut être largement inappropriée quand il diverge beaucoup de la valeur mesurée, ce qui impose l'utilisation de facteurs effectivement mesurés quand une grande précision est requise.

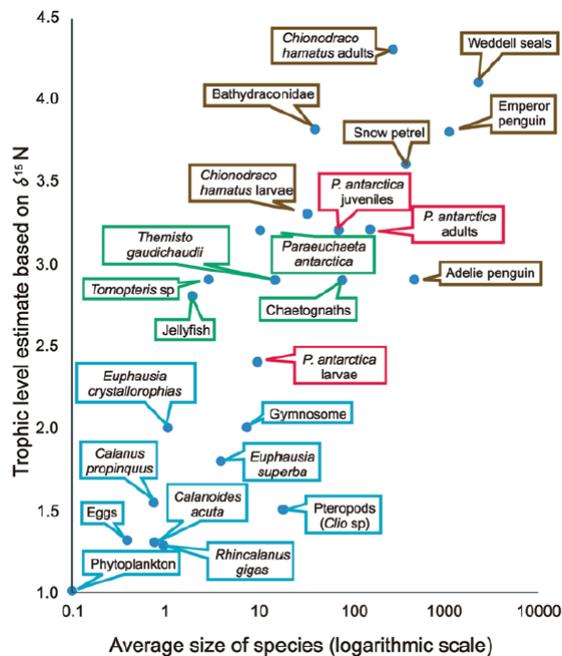


**Figure 2.2.10.** Erreur liée à l'utilisation du facteur de conversion empirique, en fonction du facteur de conversion effectivement mesuré (axe horizontal). Dans la partie inférieure du graphique, les facteurs de conversion mesurés sont inférieurs à 5. Les concentrations calculées à l'aide du facteur de conversion théorique sont inférieures de 10 à 30% aux concentrations réelles

#### 2.2.2.8 Ecologie trophique des premiers stades de développement de la calandre antarctique (*Pleuragramma antarctica*)

Tavernier E, **Giraldo C.** 2017. Trophic Ecology of Early Developmental Stages of Antarctic Silverfish. In *The Antarctic Silverfish: a Keystone Species in a Changing Ecosystem*. Vacchi M, Pisano E, Ghigliotti L (Eds). ISBN: 978-3-319-55891-2 (Print) 978-3-319-55893-6 (Online). *Advances in Polar Ecology*. Vol 3. Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55893-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55893-6_6)

L'écosystème pélagique antarctique sur le plateau continental est dominé par la Calandre antarctique *Pleuragramma antarctica* (Nototheniidae) qui représente jusqu'à 90% de la biomasse des poissons. *P. antarctica* est la seule espèce notothenioïde à avoir un cycle de vie entièrement pélagique. Cette espèce est caractérisée par un stade larvaire particulièrement long qui dure plus d'un an et une distribution verticale avec des larves dans la couche superficielle et les individus plus âgés plus en profonds. Le cycle de reproduction de *P. antarctica* est étroitement lié à la dynamique saisonnière de la glace de mer et les stades précoces dépendent de la concordance spatiale et temporelle avec la production de zooplancton. *P. antarctica* est planctivore à tous les stades de développement, les larves sont omnivores et se nourrissent activement de diatomées et de petits copépodes comme *Oithona* et *Oncaea* spp., tandis que les juvéniles et les adultes sont strictement carnivores et se nourrissent principalement de copépodes et d'euphausiacés. Dans les premières années de son histoire de vie, la Calandre antarctique se caractérise principalement par une transition marquée en termes d'écologie trophique entre les stades larvaires et juvéniles. Bien que le changement de régime alimentaire entre les juvéniles et les adultes reste moins évident, ils semblent partager un niveau trophique intermédiaire tout autour de l'Antarctique.

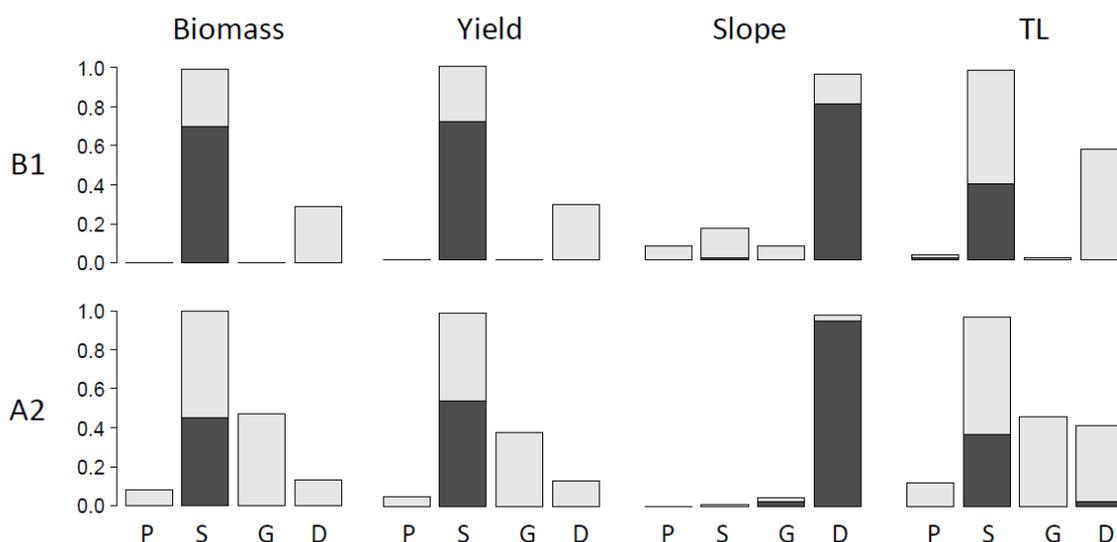


**Figure 2.2.11.** Relations trophiques de *P. antarctica*. Les proies potentielles, les prédateurs et les concurrents sont respectivement en bleu, brun et vert. L'axe des ordonnées correspond à la gamme moyenne des valeurs du niveau trophique rapportées dans différentes localités (Hodum et Hobson, 2000, Mintenbeck 2008, Cherel et al 2011, Giraldo et al 2011, Giraldo 2012, Pinkerton et al., 2013). L'axe des abscisses correspond à la taille moyenne de chaque catégorie : différents stades de vie de la Calandre antarctique, proies, prédateurs et concurrents potentiels.

## 2.2.3 Dynamique spatio-temporelle du réseau trophique

### 2.2.3.1. Evaluation de l'importance relative des différents processus impactés par le changement climatique sur les communautés de poissons

Une partie des effets du changement climatique sur les systèmes marins sont déjà bien identifiés. L'augmentation de température entraîne une redistribution spatiale des espèces vers les pôles de la planète. Il a également été démontré que la température pouvait influencer la phénologie de certains processus comme la migration ou la reproduction. Pour comprendre de manière précise comment le changement climatique affecte les divers processus sous-jacents aux dynamiques des communautés de poissons, il est nécessaire de tenir compte des interactions entre les espèces du système en plus des effets directs du changement climatique. Ainsi, il est proposé dans cette étude d'utiliser un modèle multispécifique forcé par 2 scénarios de changement climatique provenant des prévisions du GIEC pour les années 2040 à 2049. Le modèle OSMOSE, appliqué à la Manche Est, est basé sur l'hypothèse d'une prédation opportuniste entre les individus, permettant ainsi à la structure du réseau trophique d'émerger des interactions locales. En utilisant ce modèle, les effets directs du changement climatique sur 4 processus ont été simulés : la saison de reproduction, la croissance, la distribution spatiale et les productions primaires et secondaires. Le modèle a ici été utilisé comme un laboratoire virtuel, où le changement climatique peut affecter un, deux, trois ou les 4 processus simultanément. L'analyse des simulations indique que les changements de saison de reproduction influent le plus sur la biomasse du système (Figure 2.2.12) mais également pour chaque espèce. Les interactions entre les espèces entraînent des interactions entre les 4 processus de type synergique ou antagoniste. Les projections du système pour les années 2040, i.e. lorsque tous les processus sont affectés, montrent une diminution de l'abondance des 'top-prédateurs' et une augmentation de l'abondance de leur proies, écrétant ainsi la pyramide trophique en Manche orientale.



**Figure 2.2.12.** Indices de sensibilité des 4 processus étudiés (P : production primaire, S : saison de reproduction, G : croissance, D : distribution spatiale) pour quatre indicateurs globaux (Biomasse totale de la communauté de poissons, capture totale, pente du spectre de taille, niveau trophique moyen) et pour les deux scénarios de changement climatique (B1 sur la première ligne correspond à une augmentation d'environ 0.5°C, A2 sur la deuxième ligne correspond à une augmentation d'environ 1°C). Les barres noires représentent les indices de premier ordre, i.e. l'effet individuel du processus, et les barres grises représentent les indices d'ordres supérieurs, i.e. l'effet de ce processus combiné avec 1, 2 ou les 3 autres.

### 2.2.3.2. Emergence de patterns trophiques inattendus à partir d'un modèle multi-spécifique individu-centré et structuré en taille

Travers-Trolet M, Coppin F, Cresson P, Cugier P, Oliveros-Ramos R, Verley P. Emergence of surprising trophic patterns from a size-based, individual-based multispecies fish model. In prep for Ecol Model.

La structure trophique et le fonctionnement des écosystèmes marins peuvent être étudiés par des modèles équilibrés en masse qui représentent les flux de biomasse entre groupes fonctionnels, fournissant ainsi un aperçu global de la dynamique des écosystèmes. Une approche alternative consiste à modéliser les mécanismes qui sous-tendent les interactions trophiques entre les individus et à évaluer comment la structure du réseau trophique émerge des interactions locales. En utilisant un modèle individu-centré multi-spécifique, les patterns trophiques émergents ont été étudiés pour l'écosystème de Manche Est et comparés aux données empiriques existantes sur le couplage benthopélagique. Le modèle OSMOSE a été appliqué à cet écosystème en représentant explicitement le cycle de vie de 13 espèces de poissons et d'un groupe de calmars, forcés par les champs de proies pélagiques et benthiques variables dans le temps et dans l'espace. Une matrice définissant les accessibilités possibles entre les stades de vie a été ajoutée au modèle afin de prendre en compte la dimension verticale de la distribution spatiale des poissons. Après avoir optimisé certains paramètres du modèle afin de représenter l'état moyen de la communauté de poissons au cours de la période 2000-2009, la structure trophique simulée a été explorée et comparée aux données. Les niveaux trophiques moyens simulés des poissons étaient assez similaires aux niveaux trophiques dérivés de la mesure des isotopes stables. Plus surprenant pour un modèle basé sur la prédation opportuniste basée sur la taille, la tendance décroissante du niveau trophique avec la taille observée empiriquement pour certaines espèces émergeait également dans la simulation. Les organismes benthiques jouent un rôle critique dans le fonctionnement du réseau trophique de la Manche et leur écologie trophique pourrait expliquer ces patterns particuliers observés sur le terrain.

#### 2.2.3.3. *Effet de scénarios de limitation des rejets sur le réseau trophique (projet H2020 DISCARDLESS)*

Démarré en 2015 et coordonné par le DTU Aqua, le projet H2020 DiscardLess vise à élaborer des stratégies pour l'élimination progressive des rejets dans les pêcheries européennes. L'unité HMMN coordonne le « work package » 1 sur l'impact des rejets sur les écosystèmes et les stocks exploités. Un ensemble de modèles écosystémiques sont notamment utilisés pour tester dans chacun des cas d'étude des scénarios d'évolution de la pratique des rejets. Dans ce cadre, le modèle Atlantis de la Manche Est (AEEC) développé par Raphaël Girardin au cours de sa thèse a été recalibré dans une version « F » (i.e. dans laquelle la pêche est représentée simplement par une mortalité par pêche constante pour chaque groupe fonctionnel). Un ensemble de scénarios simples du « discards as usual » au « full discard ban » ont été définis en collaboration avec les autres modélisateurs du WP1 et testés sur les modèles disponibles. L'analyse de ces scénarios est en cours.

#### 2.2.3.4. *Effet des champs d'éolienne en mer sur les réseaux trophiques*

Raoux A, Tecchio S, Pezy JP, Lassalle G, Degraer S, Wilhelmsson D, Cachera M, Ernande B, Le Guen C, Haraldsson M, Grangeré K, Le Loc'h F, Dauvin JC, Niquil N. 2017. Benthic and fish aggregation inside an offshore wind farm: Which effects on the trophic web functioning? Ecol Ind 72: 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.037>

Dans le cadre de la transition énergétique, l'état français planifie la construction de trois fermes éoliennes offshore en Normandie (Baie de Seine et partie est de la Manche, nord-ouest de la France) dans les prochaines années. Ces fermes seront intégrées au sein d'un écosystème subissant déjà des perturbations anthropogéniques multiples telles que le transport maritime, la pêche, l'ostréiculture, la mytiliculture et l'extraction de granulats. A l'heure actuelle, aucune étude écosystémique intégrée ne s'est intéressée aux effets de la construction et l'exploitation de fermes éoliennes offshore, la plupart ne se focalisant que sur la conservation d'espèces ou groupes d'espèces de valeur. Des outils complémentaires de modélisation des réseaux trophiques ont été appliqués à la zone de 50 km<sup>2</sup> de la Baie de Seine qui sera couverte par la ferme éolienne pour analyser l'impact potentiel de l'agrégation de benthos et de poissons causé par l'introduction de substrats durs additionnels par les pilotis et les protections contre l'érosion éolienne. Un modèle de réseau trophique de type Ecopath composé de 37 compartiments du phytoplancton aux oiseaux marins a été développé pour décrire la situation « avant » la construction de la ferme éolienne. Puis, une projection sur 30 ans a été réalisée grâce au modèle Ecosim après avoir accru la biomasse des groupes benthiques et ichtyologiques potentiellement agrégés par les substrats durs liés à la construction de la ferme éolienne. Des indices ENA (Ecological Network Analysis) ont été calculés pour les deux périodes, « avant » et « après », pour comparer le fonctionnement et les propriétés structurales globales du réseau trophique (Figure 2.2.13). Les principaux résultats montrent que (1) l'activité total du réseau, son omnivorie globale (proportion de généralistes alimentaires), et le recyclage s'accroissent après la construction de la ferme éolienne, (2) les niveaux trophiques élevés tels que les poissons piscivores, les mammifères marins et les oiseaux répondent positivement à l'agrégation de biomasse sur les pilotis et les protections contre l'érosion éolienne, et (3) un changement des groupes d'espèces clé de voute s'opère après la construction favorisant la mise en place de groupes plus structurant et dominant. Cependant, l'ensemble de ces changements peuvent être considérés comme des impacts limités de l'installation de la ferme éolienne sur la structure et le fonctionnement de ce réseau trophique côtier.

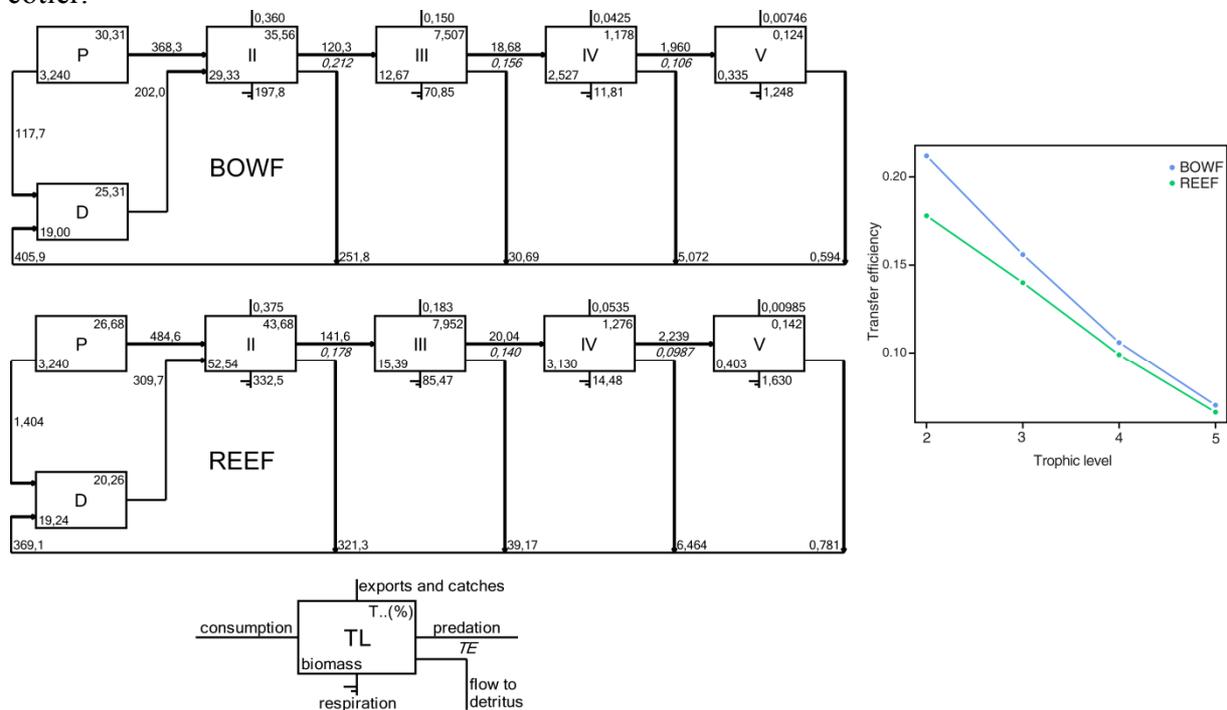


Figure 2.2.13. Graphe de Lindeman des biomasses, flux de biomasse et efficacité de transfert par niveau trophique discret entre les modèles Ecopath « avant » (BOWF) et « après » (REEF) la construction de la ferme éolienne.

## 2.2.4 Les observations en appui aux travaux de recherche

Cette section regroupe les poissons collectés dans le cadre des projets commencés en 2017, pour lesquels les analyses sont en cours et pour lesquels il n'est donc pas possible de présenter des résultats.

Le projet **VARITROPH** (FEAMP Mesure 28/FFP) vise à mieux documenter les paramètres trophiques des principales espèces exploitées en Manche, en mettant un focus sur les variations liées à la taille et à la saisonnalité. Pour cela, et par rapport aux projets précédents, il envisage de collecter des poissons couvrant l'ensemble de la gamme de taille lors des campagnes. La saisonnalité sera adressée par une collecte auprès des pêcheurs professionnels aux saisons ou il n'y a pas de campagne à la mer. Plusieurs matrices analytiques seront également considérées, afin de travailler sur la résolution temporelle liée aux différents tissus. Ce projet a commencé en octobre 2017 par la collecte de poissons sur les campagnes CGFS et IBTS, et les premiers travaux de dissection.

Le projet **CAPE**S (GIP Seine Aval) a pour objectif de caractériser le rôle fonctionnel de la nourricerie que représente l'estuaire de Seine, et notamment sa composante trophique. Pour cela, des jeunes stades (G0 et G1) de 4 espèces de poissons ont été collectés au printemps et à l'automne 2017. Les signatures isotopiques et les contenus stomacaux de ces poissons seront analysés conjointement par les équipes de HMMN (Port en Bessin et Boulogne sur Mer) et de la cellule de suivi du littoral Normand.

Les projets **RESCAPE** (ANSES/DGAL) et **RECOMANCHE** (CPER MARCO) visent à utiliser une approche couplant contaminants chimiques et biologiques et traits trophique pour documenter et expliquer la contamination en Manche et en Mer du Nord. Ils sont basés sur la collaboration entre RHBL et l'ANSES de Boulogne sur Mer. Ces projets se sont traduits en 2017 par une collecte de poissons durant la campagne IBTS 2017 ainsi que par plusieurs rencontres entre les équipes des deux laboratoires pour intercalibrer les méthodes de travail.

Le tableau ci-dessous représente la totalité des individus échantillonnés, quel que soit (1) l'analyse sur ces échantillons (analyse isotopique, analyse du contenu stomacal, analyse des microplastiques, des bactéries ou des parasites) (2) le stade actuel de traitement de ces échantillons (collecte en mer, dissection ou analyse effectuée), et (3) l'équipe en charge de l'analyse (Plateforme réseau trophique RHBL, Ifemer Port en Bessin, ANSES Boulogne sur Mer, Cellule de suivi du littoral). L'effort d'échantillonnage pour la collecte d'invertébrés (ligne de base isotopique et/ou proie des poissons) n'est par ailleurs pas mentionné par volonté de simplification.

Espèce	Projet	Campagne source	Matrice analytique	Nombre d'individus
Bar	CAPES	Campagne CAPES / CLSN	Muscle, foie contenus stomacaux	427
Chinchard	VARITROPH	CGFS 2017, IBTS 2018	Muscle, foie, cœur contenus stomacaux	314
Chinchard	RECOMANCHE	CAMANOC 2014	Contenu stomacal	20
Maquereau	VARITROPH	CGFS 2017, IBTS 2018	Muscle, foie, cœur contenus stomacaux	412
Merlan	CAPES	Campagne CAPES / CLSN	Muscle, foie contenus stomacaux	395
Merlan	VARITROPH	CGFS 2017, IBTS 2018	Muscle, foie, cœur contenus stomacaux	
Merlan	RESCAPE	IBTS 2017	Muscle	417
Plie	CAPES	Campagne CAPES / CLSN	Muscle, foie Contenus stomacaux	48

Plie	VARITROPH	CGFS 2017, IBTS 2018	Muscle, foie, cœur contenus stomacaux	416
Plie	RESCAPE	IBTS 2017	Muscle	297
Rouget	VARITROPH	CGFS 2017, IBTS 2018	Muscle, foie, cœur contenus stomacaux	215
Sole	CAPES	Campagne CAPES / CLSN	Muscle, foie contenus stomacaux	59
Sole	VARITROPH	CGFS 2017, IBTS 2018	Muscle, foie, cœur contenus stomacaux	121

### 2.2.5 Contribution aux avis/expertise

L'activité d'expertise de l'unité HMMN a contribué au groupe de travail WGIPEM (*Working Group on Integrated Physical-biological and Ecosystem Modelling*) du CIEM, co-piloté par Morgane Travers-Trolet. Ce groupe s'est réuni à Oristano (Italie) en juin 2017 et a particulièrement avancé sur la modélisation end-to-end (avec les modèles Atlantis et Norwecom.E2E), sur la modélisation bioénergétique (notamment via l'approche DEB), sur la représentation des mouvements de migration des poissons, et sur l'utilisation des modèles pour explorer les contrôles trophiques top-down et bottom-up (ce dernier point sera valorisé sous forme de publication). Plusieurs présentations ont porté sur l'utilisation des modèles complexes dans un contexte d'aide à la gestion (simulation de différentes stratégies de pêche). Un effort a été fait pour discuter les outils disponibles pour la communauté de modélisateurs, que ce soit pour visualiser les sorties de modèle, partager des méthodes pour calibrer ou analyser la sensibilité des modèles (incluant la question du temps machine) ou encore pour quantifier la performance des modèles via un ensemble de métriques.

### 2.3 THEME3 : FLOTTILLES, EXPLOITATION ET SCENARIOS DE GESTION

Suite au projet déposé dans le cadre de son évaluation par l'AERES, le Thème 3 de l'Unité HMMN a depuis 2013 été structuré en quatre axes de recherche :

- Axe 3.1 : Méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources halieutiques;
- Axe 3.2 : Dynamique spatio-temporelle des flottilles;
- Axe 3.3 : Evaluation de stratégies/scénarios de gestion conventionnelle;
- Axe 3.4 : Gestion spatialisée et Aires Marines Protégées

En 2017, l'Unité HMMN s'est investie dans les Axes 3.1, 3.2 et 3.3 sous la forme de projets de recherche (dont 2 thèses), Sections 2.3.1, 2.3.2 et 2.3.3, d'actions de production de données que nous avons fortement contribué à organiser, Section 2.3.5, et d'expertises (évaluation des stocks, appui à l'administration et à la profession), Section 2.3.6. Les travaux de recherche en évaluation des stocks menés dans le cadre de l'Axe 3.1 ce sont concentrés sur la prise en compte des espèces à données limitées. L'unité a contribué, via l'aboutissement d'un projet de thèse en collaboration avec la NOAA, à l'amélioration de l'évaluation de stocks à données limitées tels que la seiche et le lieu jaune, en s'appuyant sur la plateforme Stock Synthesis (Section 2.3.1.1). Les résultats des travaux de recherche menés dans le cadre de l'Axe 3.1 ont ainsi une incidence directe sur les méthodologies mises en œuvre par les groupes de travail d'évaluation des stocks (Section 2.3.6). Les travaux de recherche en dynamique des flottilles menés dans le cadre de l'Axe 3.2 se sont orientés vers le développement d'outils d'analyse de la trajectoire des navires de pêche (Section 2.3.2.1). En s'inspirant de travaux réalisés en écologie du comportement, l'unité HMMN, en collaboration avec la cellule CREDO et le département de zoologie de l'université Nelson Mandela en Afrique du Sud, a participé au développement d'un package R d'analyse de trajectoire permettant le traitement de données aussi bien écologique qu'halieutique. L'unité s'est principalement investie dans l'axe 3.3 en suivant deux approches en lien avec la nouvelle réglementation d'obligation de débarquement:

(i) l'évaluation de l'amélioration des techniques et stratégies de pêche en collaboration avec les professionnels (Section 2.3.3.1 & 2.3.3.2) et, (ii) l'évaluation, lors de travaux de thèse, des impacts potentiels de cette réglementation sur l'ensemble de l'écosystème au moyen du modèle OSMOSE (Section 2.3.3.3). Nous présentons ci-dessous les activités et résultats les plus marquants pour le Thème 3.

### 2.3.1 Méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources

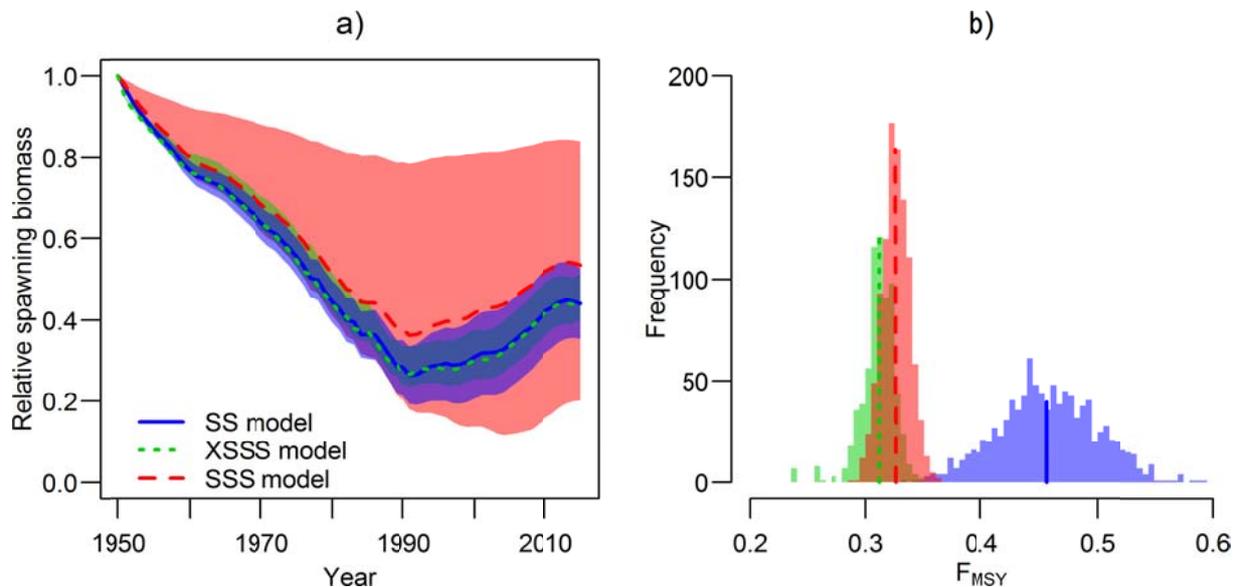
#### 2.3.1.1. Développement d'un cadre Bayésien pour l'évaluation de stocks à données limitées et élaboration de scénarios de gestion, cas particuliers de la seiche (*Sepia officinalis*) et du lieu jaune (*Pollachius pollachius*) (Thèse de Juliette Alemany)

Alemany Juliette (2017). Développement d'un cadre Bayésien pour l'évaluation de stocks à données limitées et élaboration de scénarios de gestion, cas particuliers de la seiche (*Sepia officinalis*) et du lieu jaune (*Pollachius pollachius*) / Development of a Bayesian framework for data limited stocks assessment methods and management scenarios. Application to two study cases, cuttlefish (*Sepia officinalis*) and pollack (*Pollachius pollachius*). *PhD Thesis, Université Caen Normandie*. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00411/52227/>

Le travail de thèse mené pendant 3 ans se focalise sur les stocks dits à données limitées. Souvent historiquement moins exploitées, ces stocks ne bénéficient pas des mêmes ressources, tant économiques qu'humaines, pour réaliser une évaluation de stock permettant par la suite la mise en place de mesures de gestion. Le travail réalisé s'est appuyé sur deux cas d'étude, le lieu jaune (*Pollachius pollachius*) et la seiche (*Sepia officinalis*), afin d'explorer des méthodologies d'évaluation de stocks adaptées aux situations de données limitées. Après la comparaison des résultats d'un modèle de biomasse à deux stades et d'un modèle multi-annuel de déplétion généralisé appliqués au stock de seiche de Manche, une version améliorée du modèle de biomasse à deux stades codé en Bayésien a été proposée. La deuxième partie de la thèse est davantage axée sur l'évaluation du stock de lieu jaune. Un modèle d'analyse intégrée Stock Synthesis a été ainsi appliqué au stock de lieu jaune de mer Celtique. Les résultats sont comparés aux résultats de modèles plus simples nécessitant moins de données (Tableau 2.3.1 et Figure 2.3.1). Les résultats du modèle Stock Synthesis s'avèrent sensibles aux hypothèses sur la valeur de mortalité naturelle, dont le calcul dépend des paramètres de croissance du stock. Un modèle hiérarchique Bayésien a enfin été construit, permettant un transfert d'information entre trois stocks et la mise à jour des paramètres biologiques du lieu jaune.

**Tableau 2.3.1.** Données nécessaires à différents modèles Stock Synthesis.

Modèle	Capture	Etat du stock	Indices d'abondance	Composition en taille
SS	X		X	X
XSSS	X	X	X	
SSS	X	X		



**Figure 2.3.1.** (a) Biomasse féconde relative et (b) valeur du  $F_{RMD}$  estimées par des modèles Stock Synthesis de complexité variable appliqués au stock de lieu jaune de mer Celtique, le modèle SS (trait plein bleu), le modèle XSSS (trait en pointillé vert) et le modèle SSS (trait interrompu rouge). Les intervalles de confiance de 95% en (a) sont représentés par les zones ombrées. Les lignes verticales en (b) indiquent les valeurs médianes du  $F_{RMD}$  pour chaque modèle.

## 2.3.2 Dynamique spatio-temporelle des flottilles

### 2.3.2.1. Effort de pêche et trajectoires des navires : le package R « m2b »

Thiebault A., Dubroca L., Mullers R., Tremblay Y., Pistorius P. (2018) “m2b” package in R: deriving multiple variables from movement data to predict behavioural states with random forests. *Methods in Ecology and Evolution* DOI: 10.1111/2041-210X.12989

Dubroca L., Thiebault A. (2017) m2b: movement to behaviour inference using random forest. <https://cran.r-project.org/package=m2b>

Dubroca L., (2018) Fishing activities and trajectories for 2 fishing vessels. Dépôt Zenodo <http://doi.org/10.5281/zenodo.1168832>

L'effort de pêche est un paramètre essentiel à la compréhension du fonctionnement des pêcheries, et intervient fréquemment comme paramètre dans les modèles d'évaluation des stocks. Son estimation précise s'appuie sur des inférences faites sur les propriétés des trajectoires des navires en activité de pêche. Par exemple, on peut considérer que sous un seuil de vitesse donné, le navire est en pêche. La construction de ces inférences est commune à d'autres champs disciplinaires, en particulier l'écologie du comportement, où le comportement des individus influence leurs distributions spatiales. L'observation directe de ces comportements est souvent limitée par des difficultés logistiques en écologie, alors que la collecte de données de déplacement est grandement facilitée par le développement du biologging. Les données collectées grâce à des enregistreurs embarqués peuvent ainsi être utilisées comme proxy pour étudier le comportement des individus en déplacement. Halieutique et écologie du comportement se retrouvent alors confronter aux mêmes questionnements.

Dans ce cadre, un travail conjoint entre la cellule CREDO et le département de zoologie de l'université Nelson Mandela en Afrique du Sud a été mené sur la reconstruction du comportement d'alimentation de fou de bassan à partir de trajectoire GPS, et sur la reconstruction de l'activité de pêche de navires côtiers suivis par le programme RECOPECA. La méthode développée fait l'objet de la publication d'un article scientifique (Thiebault et al. 2018), d'un paquet R (Dubroca et Thiebault 2017) et de la mise à disposition pour la communauté de jeux de données de trajectoires écologiques et halieutiques (Dubroca 2018).

### 2.3.3 Evaluation de stratégies/scénarios de gestion conventionnelle

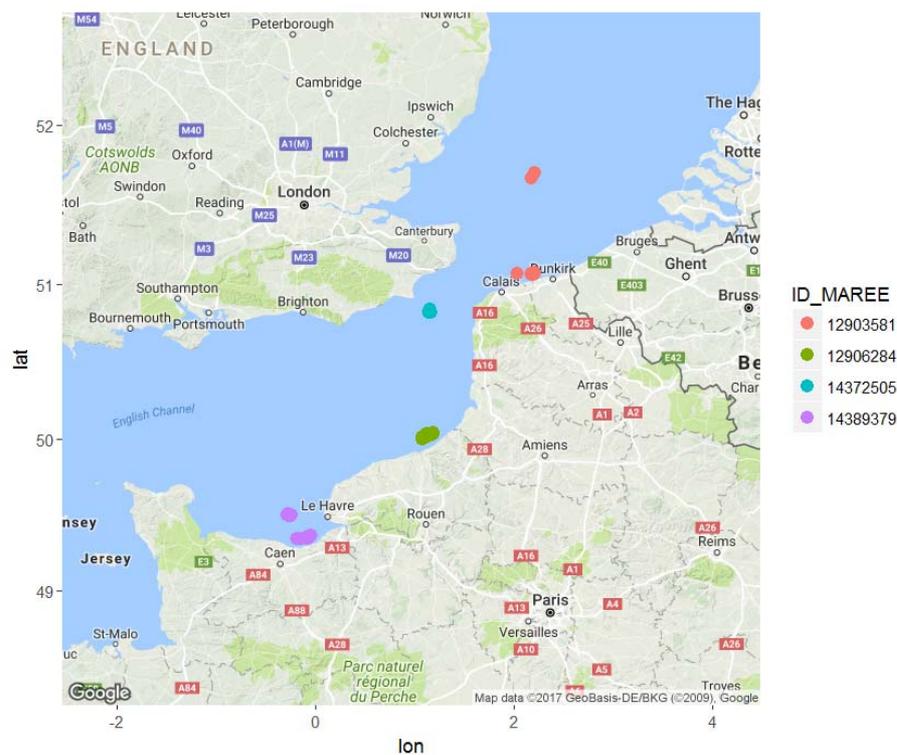
#### 2.3.3.1. Stratégie de pêche et sélectivité (projet SMAC)

*Contexte.* Le troisième axe de recherche du projet SMAC, Stratégie de pêche et Sélectivité a pour objectifs de faire une synthèse des pratiques de pêche en Manche Est en ciblant les flottilles françaises pour lesquelles les informations précises sont disponibles, de réaliser des expérimentations in situ afin de quantifier les potentielles différences de structure de capture et d'évaluer, en lien avec les professionnels, l'impact de potentiels changements dans les pratiques de pêche.



**Figure 2.3.2.** Fileyeurs et scientifiques au bassin d'essai de Boulogne-sur-Mer discutant du comportement des filets

*Méthodologie.* Les filets types et prototypes définis et conçus en 2016 au bassin d'essai de Lorient en Janvier, puis lors d'un atelier en présence des fileyeurs Normands et des Hauts de France au bassin d'essai de Boulogne-sur-Mer (Figure 2.3.2) ont été testés afin de montrer le comportement des différents filets dans différentes conditions de courant. Deux campagnes de test de sélectivité se sont déroulées au printemps et à l'automne 2017 afin de tester ces filets en Normandie et dans les Hauts de France (Figure 2.3.3). Ces 20 marées d'une journée se sont divisées en deux périodes (printemps et automne) et ont été réalisées dans les deux zones dans un laps de temps aussi court que possible compte tenu des contraintes de disponibilité de bateaux, des observateurs et des conditions climatiques afin de limiter les biais liés à la saison. Lors de ces marées, trois filières composées à chaque fois des trois types de filets (quatre pour les marées d'automne) ont été mises à l'eau selon les conditions de mises en eau spécifiques aux zones d'étude. Les filières ont ensuite été relevées et les captures dénombrées suivant le protocole OBSMER. L'ensemble des observations réalisées lors de ces marées a été saisi dans une base appropriée permettant les traitements ultérieurs. Une cinquantaine d'espèces ont été observées, dénombrées, mesurées et les fractions rejetées et débarquées enregistrées.

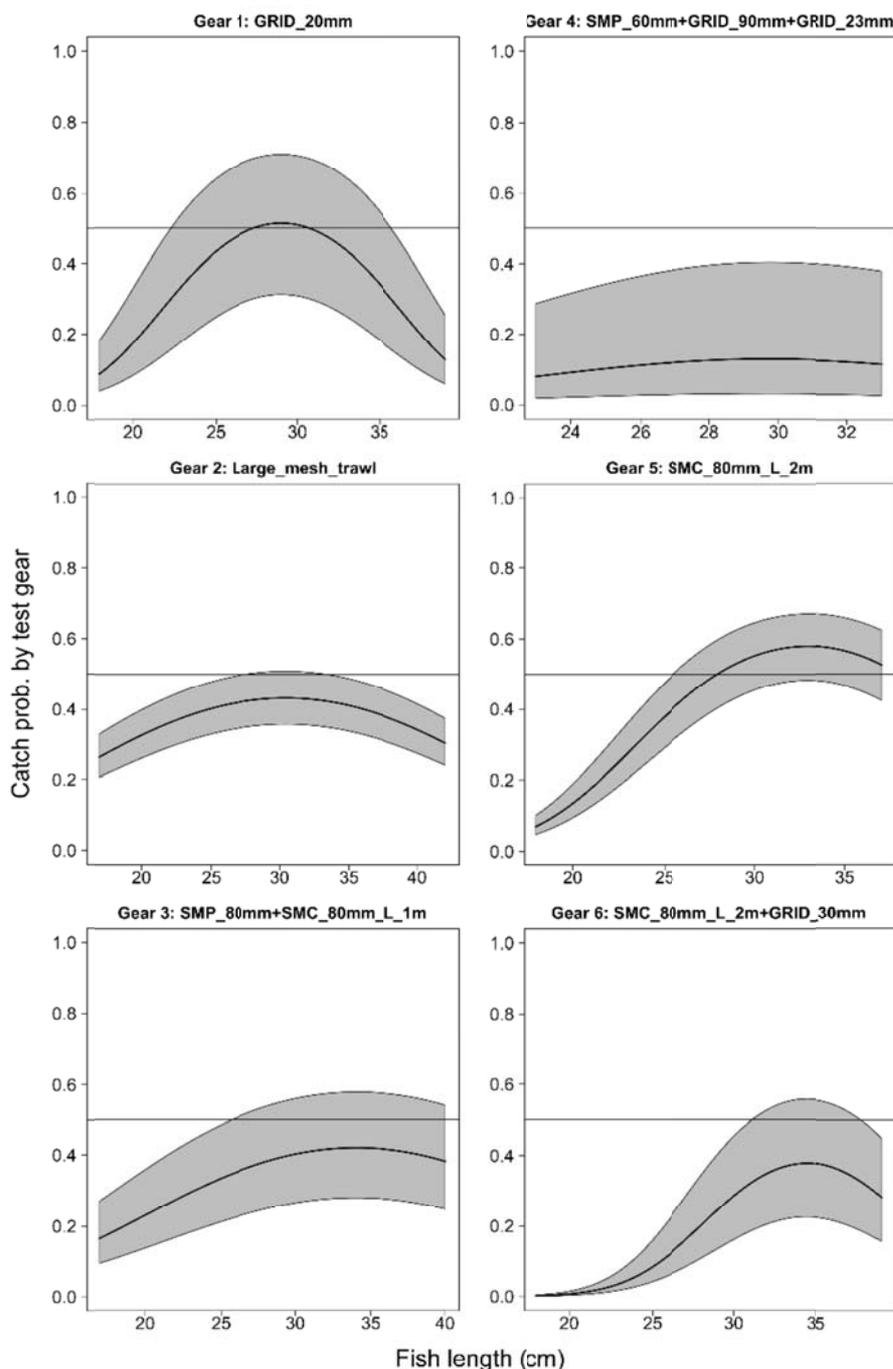


**Figure 2.3.3.** Localisation des opérations de pêche échantillonnées

### 2.3.3.2. Amélioration de la sélectivité des engins vis-à-vis du merlan (*Merlangius merlangus*) à bord de chalutiers démersaux français en Manche Mer du Nord

Vogel Camille, Kopp Dorothee, Morandea Fabien, Morfin Marie, Mehault Sonia (2017). Improving gear selectivity of whiting (*Merlangius merlangus*) on board French demersal trawlers in the English Channel and North Sea. *Fisheries Research*, 193, 207-216. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.04.013>. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00384/49553/>

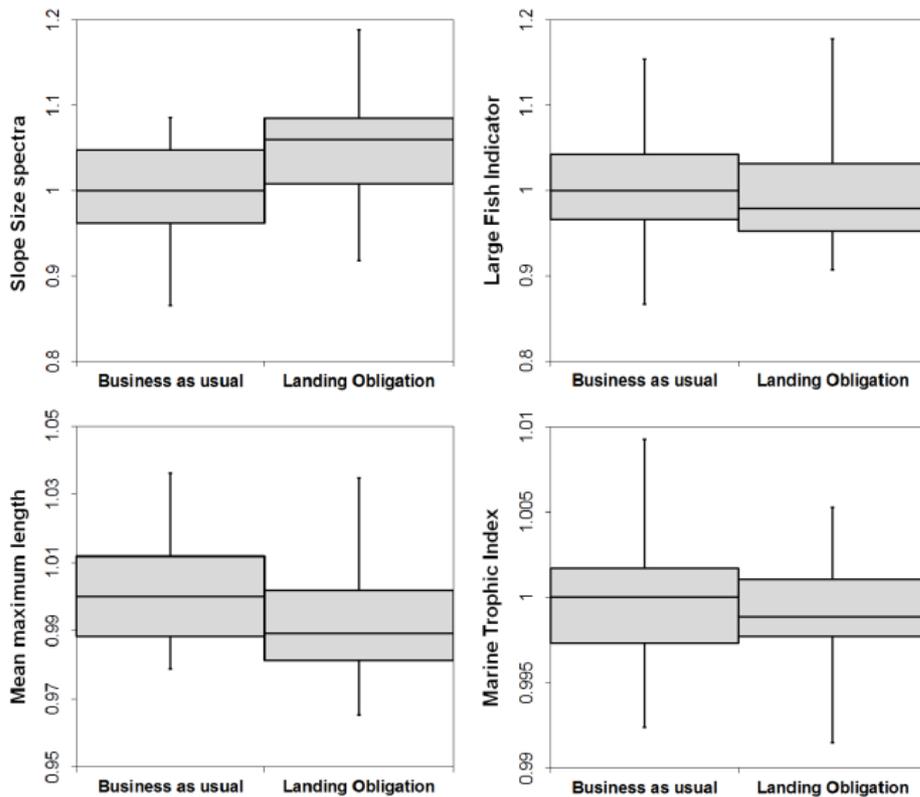
En Manche et dans le sud de la Mer du Nord, les chalutiers démersaux français ciblent un mélange d'espèces démersales dont le merlan. La mise en application en janvier 2016 de l'obligation de débarquement a incité les pêcheurs à considérer des mesures techniques pour réduire les captures indésirables d'individus sous-taille (<27cm). De 2008 à 2014, 18 configurations d'engin de pêche ont été testées pour réduire les captures accessoires à bord de flottilles de navires de pêche d'une longueur comprise entre 16-20 m et entre 20-24 m. Les dispositifs sélectifs testés comprennent des grilles, des panneaux à mailles carrés (SMP), des cylindres à mailles carrés (SMC), divers combinaisons de ces dispositifs et des chaluts à grandes mailles. En utilisant la méthode de comparaison de capture, nos résultats se concentrent sur six dispositifs, répartis également entre les deux flottilles, qui se sont avérés efficaces pour réduire les captures de merlan sous-taille. Les chaluts à grande maille ne sont pas adéquats pour améliorer la sélectivité des navires et réduisent les captures de poissons de taille commerciale. Le SMP réglementaire de 80 mm était efficace pour laisser les merlans sous-taille s'échapper du chalut pour les deux flottilles. Son efficacité était améliorée lorsque le panneau était placé à 6-9 m en amont du cul de chalut comparé à celui placé à 12-15 m du cul de chalut. L'espacement des barreaux le plus approprié pour améliorer la sélectivité par la taille du merlan a été trouvé avec une grille souple (Flexigrid) de 23 mm d'espacement de barreaux. Cependant, cela requière qu'une grande portion de filet à maille carré (SMP et/ou SMC) soit installée en amont du dispositif pour limiter les captures d'individus sous-taille.



**Figure 2.3.4.** Sortie de modèle généralisé mixte représentant la probabilité de captures par engins testés pour les dispositifs sélectifs efficaces à bord des navires de 20-24m de long (à gauche, engins 1 à 3) et à bord des navires de 16-20m de long (à droite, engins 4 à 6), avec les intervalles de confiance à 95% autour de la moyenne.

Le dispositif le plus prometteur était un SMC de 80 mm de maille, soit de 2 m de long utilisé seul soit de 1 m de long associé à au SMP obligatoire ; ces deux configurations ont permis des échappements significatifs des individus jusqu'à 25 cm. Pour les SMP comme pour les SMC, une taille de maille égale ou supérieure à 100 mm entraînait des pertes sur la partie commerciale des captures de merlan.

*2.3.3.3. Impact d'une obligation de débarquement sur la dynamique du couple écosystème-pêcheurs : une approche de modélisation individu-centrée appliquée à la Manche orientale (Thèse de Pierre Bourdaud – Projet FFP DiscardLess).*



**Figure 2.3.5.** Valeurs relatives moyennes de la pente des spectres de taille (inversée), du Large Fish Indicator, du Mean maximum length et du Marine Trophic Index of the community avec les scénarios A) “Business as Usual” et B) obligation de débarquement. Les valeurs simulées minimum et maximum des indicateurs sont représentées par les segments verticaux. Les segments horizontaux représentent le 1er quartile, la médiane et le 3ème quartile des indicateurs simulés.

Une obligation de débarquement est progressivement mise en place depuis 2015 dans le cadre de la nouvelle Politique des Pêches européenne. Cette obligation de débarquement vise à améliorer la sélectivité en taille des pêcheries en réduisant les quantités de juvéniles dans les captures. Cependant, les conséquences de l’obligation de débarquement sont largement inconnues. Des modèles peuvent être utilisés pour explorer l’évolution probable du comportement de pêche et les effets résultants sur la structure de l’écosystème, en considérant plusieurs scénarios d’implémentation de la réglementation. En Manche orientale, où de nombreux stocks sont exploités par des pêcheries mixtes, l’obligation de débarquement aura vraisemblablement un impact important sur l’allocation de l’effort de pêche. Ainsi, une espèce non ciblée, mais dont le quota est réduit (espèce “étranglante”), peut contraindre l’exploitation d’autres espèces qui sont, elles, ciblées par la pêcherie. Dans cette étude, un modèle écosystémique end-to-end a été développé en intégrant un modèle de dynamique des flottilles (DSVM) dans le modèle trophique OSMOSE, puis appliqué à l’écosystème et aux pêcheries de Manche orientale afin d’explorer les futurs effets de l’obligation de débarquement. Ce modèle mécaniste individu-centré a été appliqué aux chalutiers de fond français exploitant une communauté de poissons et céphalopodes démersaux dont deux espèces sous quota, la morue et le merlan. Les effets des scénarios avec ou sans obligation de débarquement sont comparés. L’obligation de débarquement aurait un impact négatif sur le profit à court terme des pêcheurs, lié à une importante réallocation de l’effort de pêche et à un évitement des espèces dont le quota est atteint. En protégeant la morue et le merlan par des quotas, le profit des pêcheurs peut augmenter dans le moyen terme. Cependant, l’obligation de débarquement induit une augmentation de la pression de prédation de la morue et du merlan sur les autres espèces, et n’améliore donc pas l’état général de l’écosystème (Figure 2.3.5).

### 2.3.4 Gestion spatialisée et aires marines protégées

---

Cet axe de recherche n'a pas fait l'objet de développements significatifs pendant l'année 2017.

### 2.3.5 Les observations en appui aux travaux de recherche

#### *Organisation des flux de données au niveau européen*

##### Groupe de Travail PGDATA

Le groupe de travail PGDATA du CIEM est un groupe travaillant sur les thématiques liées à la qualité de données halieutiques (PGDATA). Cette thématique est traitée par l'IFREMER au sein du SIH pour la gestion des bases de données et par CREDO pour les questions relatives à la qualité des données (échantillonnages, détection d'outliers...). La participation à ce groupe permet de suivre cette thématique à l'échelle européenne. Pour la mise en place du format d'échange de données pour les bases de données régionales, nous sommes moteurs dans l'implémentation du nouveau format et des méthodes de traitement associées (voir le dépôt <https://github.com/ldb/kfishPifct>). Un cadre de l'unité HMMN a été nommé chairman du groupe PGDATA pour la période 2017-2019, et un autre cadre HMMN nommé chairman du groupe de statisticiens travaillant sur l'optimisation de l'échantillonnage (WKCOSTBEN) en lien avec PGDATA.

##### Groupe de Travail RCM NSEA

Le groupe de travail RCM NSEA (Regional Coordination meeting of the North Sea) du CIEM est un groupe travaillant sur la coordination de la collecte de données prévu dans la DCF au niveau de la zone Manche, Mer du Nord. Ce groupe propose la mise en place de zone d'échantillonnage régional afin d'évaluer la faisabilité de mettre en place des plans d'échantillonnage internationaux et non-plus nationaux afin de mutualiser les efforts entre les différents états membres. Ce groupe se réunit une fois par an et l'IFREMER joue un rôle actif dans l'élaboration de ces nouveaux plans d'échantillonnage. Un cadre de l'unité HMMN participe à ce groupe de travail ainsi qu'au groupe LM (Liaison Meeting) qui regroupe l'ensemble des agents impliqués dans les différents RCMs.

#### *Projet FishPi<sup>2</sup>*

Le projet FishPi<sup>2</sup> a été proposé en 2017 en réponse à un appel à projets de la commission européenne (référence MARE/2016/22). FishPi<sup>2</sup> fait suite au projet FishPi (2015-2016, MARE/2014/19) et a été approuvé à financement en décembre 2017 pour une durée de 15 mois. Comme FishPi, il est coordonné par une équipe du laboratoire marin d'Aberdeen (Ecosse) dans un consortium comprenant 50 scientifiques de 14 instituts et universités européens. L'objectif du projet est de renforcer la coopération régionale dans le domaine de la collecte de données sur les pêches, dans le cadre du règlement collecte des données (EU Multi-Annual Programme). Les objectifs spécifiques du projet sont de développer des critères objectifs pour identifier les pêcheries adaptées à un échantillonnage coordonné au niveau régional (tâche 2), tester un plan d'échantillonnage régional en condition opérationnelle, en suivant les recommandations formulées par le projet FishPi sur deux cas d'étude (tâche 3). Le projet inclut l'organisation de la collecte et du traitement des données concernant l'impact des pêcheries sur l'écosystème et sur les ressources (tâche 4), le développement des approches régionales pour la collecte des données des pêches côtières et des pêches récréatives (tâche 5). Le projet doit également faciliter la coopération entre les Etats membres dans l'évaluation de la qualité des données au niveau national et régional (tâche 6), notamment les données contenues dans une base régionale qui sera développée dans la tâche 3. Les autres tâches sont le

développement de pré-requis pour un travail efficace dans les Regional Coordination Groups (RCG) liés au règlement EU-MAP (WP1), la communication et la formation sur les acquis obtenus (tâche 7) et une consultation auprès de tous les Etats Membres sur les possibilités d'évoluer plus avant dans le développement de plans d'échantillonnage régionaux (tâche 8).

L'unité HMMN contribue fortement au projet, avec un cadre leader de la tâche 6 et membre de la tâche 1, un cadre impliqué dans le développement de méthodes pour expertiser les données de type paramètres biologiques dans la tâche 6, un ingénieur pour développer les scripts de traitement de la donnée pour les tâches 3 et 6, et deux cadres pour participer aux réflexions sur la collecte des données relatives aux impacts des pêcheries sur l'écosystème et la ressource (tâche 4). La librairie R développée pour le contrôle qualité dans le cadre de la tâche 6 disponible sur un site public (<https://github.com/ldbk/fishPifct>) depuis le projet FishPi sera enrichie et complétée pour proposer une librairie disponible sur le R-CRAN.

### *Enquêtes d'activité des navires*

En 2017, les enquêtes annuelles sur l'activité des flottilles concernent tous les navires inscrits au fichier "Flotte de pêche communautaire" français (FPC) au cours de l'année 2016. Le recensement des activités de pêche permet de renseigner un calendrier annuel d'activité.

Pour conduire les enquêtes, chaque observateur est en charge d'un "portefeuille" de navires pour lequel il dispose d'une feuille de route (comportant pour chaque navire l'ensemble des données administratives) et d'une synthèse des déclarations faites par le pêcheur et des données administratives (rôles...) appelée "Pré-documentation". Le laboratoire a en charge les « portefeuilles » de navires appartenant aux quartiers maritimes Dunkerque, Boulogne s/mer, Dieppe, Fécamp, Le Havre, Caen et Cherbourg.

Chaque enquête aboutit au remplissage d'un calendrier annuel d'activité. Celui-ci consiste à indiquer pour chaque mois de l'année considérée si le navire a été actif ou non, et si oui, la liste des métiers pratiqués (par métier, on entend la mise en œuvre d'un engin pour capturer une ou plusieurs espèces cibles, dans une zone de pêche donnée). Outre ces données, le calendrier recense chaque mois le port d'exploitation principal, l'effectif moyen embarqué et le nombre de jours de mer ou de pêche.

Les renseignements du calendrier d'activité sont obtenus par expertise, en prenant appui sur le calendrier d'activité de l'année précédente (à condition qu'il n'y ait pas eu de changement d'armateur) et sur une exploitation rigoureuse de la "pré-documentation" issue du traitement des documents déclaratifs remis par le professionnel (journaux de bord et fiches de pêche et/ou des ventes enregistrées par les criées). Ces informations sont complétées par des enquêtes auprès des armateurs et patrons des navires, ou d'autres acteurs de la filière pêche.

L'activité de 764 navires a ainsi été suivie par l'unité HMMN, dont 18 % par enquêtes directes (Tableau 2.3.2).

**Tableau 2.3.2.** Bilan 2017 des enquêtes « activités » portant sur l'année 2016.

Quartier Maritime	Nb de navire inscrit au FPC	Nb de calendrier complets	Nb d'enquêtes directes
Dunkerque	18	18	5
Boulogne Sur Mer	134	133	43
Dieppe	84	84	33
Fécamp	26	26	6
Le Havre	25	25	12
Caen	193	193	14

<b>Cherbourg</b>	<b>284</b>	<b>284</b>	<b>26</b>
<b>TOTAL</b>	<b>764</b>	<b>763</b>	<b>139</b>

### *Enquêtes économiques*

Chaque année depuis 2001, les enquêtes économiques nationales sont relancées. Elles visent à recueillir, pour l'ensemble des flottilles et des façades, des informations économiques par métier à l'aide d'un questionnaire individuel (par navire). Les informations rassemblées permettent de produire des résultats sur l'activité et la situation économique des flottilles de pêche en France. Ce suivi est indispensable pour évaluer les impacts, à court et moyen terme, des évolutions du contexte économique, environnemental et réglementaire de la pêche, sur ces flottilles.

En 2017, l'unité HMMN a été chargée d'enquêter 167 navires (Tableau 2.3.3). Au total, 39 navires (23 %) ont participé à l'enquête économique portant sur l'année 2016.

**Tableau 2.3.3.** Bilan 2017 des enquêtes économiques portant sur l'année 2016.

laboratoire	échantillonnage théorique	Enquêté	Refus	Injoignable et non enquêtable
RH Port en Bessin	120	28	51	15
RH Boulogne	47	11	15	8
<b>TOTAL</b>	<b>167</b>	<b>39</b>	<b>66</b>	<b>23</b>

## 2.3.6 Contribution aux avis/expertise

### 2.3.6.1. Expertise internationale

**Tableau 2.3.5.** Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2017 dans le cadre du Thème 3. Extrait de : <http://w3z.ifremer.fr/ederu/Expertise-internationale/GT-internationaux/Planning-participations/2017>.

Client	Instance	WG	Intitulé	Jours	Rôle principal
EU (PCP) / NAFO	NAFO	SC-STACFIS	NAFO Scientific Council June meeting and Standing Committees (Halifax, 1-15/06 2017)	15	<b>Présidence</b>
EU (PCP) / NAFO	NAFO	Plénière	NAFO 39th Annual meeting TBD, 18-22 September 2017)	5	Participation
EU (PCP) / NAFO	NAFO	Flétan	Evaluation Flétan (Vigo 2017)	5	Participation
EU (PCP) / NAFO	NAFO/CIEM	NIPAG	Pandalus Assessment (ICES HQ, 28/02-02/03 2017 et Lysekil, 27/09-4/10 2017)	11	Participation
CCFC	CCFC	Morue3Ps	Evaluation morue 3Ps - St John Terre Neuve (octobre)	4	Participation
CCFC	CCFC	Conseil	Conseil Consultatif franco-Canadien – Paris, mars 2016	3	Participation
EU (PCP)	CIEM	HAWG	Herring Assessment Working Group for the Area South of 62°N (HAWG) (ICES HQ, 16-22 March 2017)	7	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGCSE	Working Group on the Assessment of Celtic Seas Stocks (WGCSE) (ICES HQ, 9-18 May 2017)	10	Coordination évaluation lieu jaune VII-VIII
EU (PCP)	CIEM	WGNSSK	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK) (ICES HQ, 26/04-5/05 2017)	11	Coordination évaluation plie VIId
EU (PCP)	CIEM	WKNSEA	Benchmark Workshop on NorthSea stocks (WKNSEA) (ICES HQ, 6-10 February 2017)	5	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGSCAL	Scallop Assessment Working Group (WGScallop) (Belfast, octobre 2017)	5	Coordination évaluation coquille St Jacques VIId
EU (PCP)	CIEM	WGCATCH	Working Group on Commercial Catches	5	Participation
	Autres	IPW	International Pectinid workshop (Portland, 19-25/04/2017)	7	Participation
Traité de Granville	Autres		Stocks des Iles Anglo-Normandes		Participation

Le Tableau 2.3.5 présente l'ensemble des groupes de travail internationaux (organisés sous l'égide du CIEM, de la NAFO, ou autres), auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2017 à divers titres dans le cadre du Thème 3. Il s'agit principalement de groupes dont le mandat est de fournir une évaluation des stocks de Manche et mer du Nord, en appui à la Politique Commune des Pêches (PCP) européenne. L'Unité HMMN représente également l'Ifremer dans plusieurs groupes de travail de la NAFO centrés sur l'évaluation de certains stocks de l'Atlantique Ouest, avec notamment un rôle de Présidence pour l'un de ces groupes. L'Unité HMMN intervient aussi dans des groupes de travail CIEM en appui à la DCSMM (Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin), afin de piloter à l'échelle européenne le développement scientifique des indicateurs nécessaires à l'évaluation du Bon Etat Ecologique (BEE) pour le Descripteur 3 D3 « Espèces commerciales ». En 2017, l'unité a participé au symposium international sur les pectinidés (IPW 2017), durant lequel un cadre de l'unité HMMN a présenté un bilan du projet ANR-COMANCHE ainsi que l'évolution et les tendances des pêcheries de coquilles St-Jacques (*Pecten maximus*) en Manche de 2000 à 2015 (<http://ipw2017.com/assets/ipw-program-singlepages-final.pdf>). Enfin, l'Unité HMMN

participe aux comités créés dans le cadre du Traité de la baie de Granville, qui définit les frontières maritimes entre la France et Jersey, et fixe les conditions d'exploitation des ressources halieutiques partagées entre les 2 états.

Le Tableau 2.3.6 présente une synthèse des diagnostics pour l'ensemble des stocks communautaires de Manche et mer du Nord suivis par l'Unité HMMN (coordination, participation aux discussions). L'état des stocks est établi soit par rapport aux points de référence, soit en analysant les tendances de l'évolution des indicateurs.

**Tableau 2.3.6.** Liste des stocks de Manche – mer du Nord suivis par l'Unité HMMN en 2016 (En **jaune**, les stocks dont l'évaluation est coordonnée par l'Unité HMMN). Extrait de : <http://w3z.ifremer.fr/ederu/Diagnostics-Avis/Diagnostics-et-Avis-CIEM/Diagnostics-et-avis-CIEM-2017>.

B : biomasse de reproducteurs estimée au début de l'année au cours de laquelle l'évaluation du stock a lieu : Pour les stocks évalués en 2017, B est la biomasse estimée pour 2017 ( $B_{2017}$ ). Pour les stocks évalués avec un modèle de production, B se réfère à la biomasse totale et non à la biomasse reproductrice

F : mortalité par pêche estimée pour l'année n-1. Pour les stocks évalués en 2017, F est la mortalité pour 2016 ( $F_{2016}$ )

	$B < B_{lim}$ ou $F > F_{lim}$ ou $F > F_{msy}$
	$B_{lim} < B < B_{pa}$ ou $F_{lim} > F > F_{pa}$
	$B > B_{pa}$ ou $F < F_{pa}$
	$F < F_{msy}$ ou $B > MSY - B_{trigger}$
<p>?Ref? : pas de point de référence          ?B? ou ?F? pas d'estimation de B ou F          ?B ?Ref? ou ?F ?Ref? pas d'estimation de B ou F <b>ET</b> pas de point de référence          (l'éventuelle coloration reflète une forte présomption)          'proxy' indique que ce stock a été classifié au regard de MSYproxies</p>	
<p>Pour les stocks DLS (de catégorie 3) :</p> <p> Application de la marge supplémentaire de précaution en l'absence d'information sur le niveau d'exploitation</p> <p> Pas d'application de la marge supplémentaire de précaution car exploitation estimée à un niveau durable et/ou très forte augmentation de la biomasse</p> <p> Réduction de précaution appliquée précédemment, non appliquée à nouveau</p>	

#### Tendance :

-  tendance significative à la hausse (sur les 5 dernières années)
- - tendance significative à la hausse mais diminution au cours de la dernière année
-  tendance significative à la baisse (sur les 5 dernières années)
- + tendance significative à la baisse mais augmentation au cours de la dernière année (à confirmer)
-  pas de tendance significative
- + pas de tendance significative mais augmentation estimée au cours de la dernière année (à confirmer)
- - pas de tendance significative mais diminution estimée au cours de la dernière année (à confirmer)

$\Delta F$  : variation entre la mortalité par pêche recommandée pour l'année n+1 et la mortalité par pêche estimée lors de l'année intermédiaire (n)

$\Delta$  TAC : variation entre la valeur des débarquements recommandés pour l'année n+1 et la valeur du TAC établi pour l'année n. NB. Dans certains cas (Obligation de débarquement oblige) ce sont les captures qui sont comparées au TAC.

$\Delta$  Déb ou  $\Delta$  Capt Dans d'autres cas (absence de TAC ou TAC couvrant une zone différente de celle du stock) la variation est estimée sur la base des débarquements (ou de la capture) de l'année n-1.

En grisé, les stocks pour lesquels les avis précédents sont toujours valides.

#### Mer du Nord – Pêcheurie du plateau

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Sole (4)	1.84	↗	0.50	↘	1.10	1.84
Plie (4)	3.24	↗	0.54	↘	0.95	1.67
Turbot (4)	?Ref?	→	?Ref?	↗	proxy	proxy
Limande (3a,4)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?↘	proxy	proxy
Flet (3a,4)	?B?Ref?	↘+	?F?Ref?	?	proxy	?
Lieu jaune (3a,4)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?
Raie radiée (2,3a,4)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	?	?	?
Raie fleurie (3a,4)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Pocheteaux gris (3a,4)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

#### Mer du Nord – Manche Est - Pêcheurie pélagique

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Hareng (3a,4,7d)	2.03	-	0.76	↗	0.79	1.36
Chinchard (3a,4bc,7d)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	proxy	?

#### Mer du Nord + Ouest Ecosse – Pêcheurie du plateau

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Lieu noir (3a,4,6)	1.72	↗	0.70	↘	0.78	1.72
Eglefin (3a,4,6)	1.88	+	1.04	-	1.46	1.88
Cardine (4a,6a)	1.67	↘+	?Ref?	→+	0.35	1.67
Baudroies (3a,4,6)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?
Raie lisse (4a,6)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

#### Mer du Nord + Manche Est – Pêcheurie du plateau

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Morue (3a,4,	1.01	↗	0.97	↘	1.23	1.01
Merlan (4,7d)	1.29	↘	0.86	↗	1.60	1.29
Bar (4bc,7a,7	0.62	↘	?Ref?	+	?	0.62
Rouget	?B?Ref?	-	?F?Ref?	↘	proxy	?
Limande		↘	?F?Ref?	-?	proxy	proxy
Balai		↘	?F?Ref?	-?	proxy	proxy
Grondin	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?
Petite	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Raie lisse (4c)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Raie	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?
Raie douce (3)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Autres	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

**Mer du Nord + Manche – Pêcheurie du plateau**

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Barbue (3a,4,7de)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	-?	proxy	proxy

**Manche Est – Pêcheurie côtière (et du plateau)**

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Sole (7d)	0.92	↘+	0.90	↘-	0.90	0.92
Plie (7d)	2.31	→+	0.37	→+	0.53	2.31

**Manche – Pêcheurie côtière (et du plateau)**

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Raie mêlée (7de)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?
Raie brunette (7de)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?

**Ouest Ecosse – Mer Celtique - Pêcheurie du plateau**

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Lieu jaune (6,7)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

**Ouest Ecosse – Mer Celtique - Pêcheurie du plateau**

Stock	B/B <sub>pa</sub>	Tendance B	F/F <sub>pa</sub>	Tendance F	F/F <sub>msy</sub>	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Lieu jaune (6,7)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?
Grande roussette (6,7)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	?	?	?
Petite roussette (6,7a-c,e-j)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?
Chien espagnol (6,7)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Raie douce (6,7bj)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Raie circulaire (6,7)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?
Raie chardon (6,7)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?
Pocheteaux gris (D.sp) (6,7a-c,e-j)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?
Autres raies (6,7)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

**Pilotage scientifique du descripteur D3 de la DCSMM**

La DCSMM (adoptée en 2008) a pour objectif majeur d'amener l'ensemble des eaux de l'Union Européenne vers un « bon état écologique », défini selon 11 descripteurs généraux (du Descripteur 1 « Biodiversité » au D11 « Introduction d'énergie »). La phase 1 de la mise en place de la DCSMM a commencé en 2010 pour s'achever mi-2018. Elle a consisté successivement à une évaluation initiale (définition du bon état écologique et des objectifs environnementaux, 2012), à l'élaboration et mise en place des programmes de surveillance (2013-2015) et d'un programme de mesures (2015). Dans le cadre du contrat d'objectifs entre le MEDDE (Ministère de l'Environnement, Développement Durable et Energie) et l'Ifremer, l'Ifremer s'est engagé à fournir un appui scientifique pour 5 descripteurs auprès de la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) pour conduire les travaux de définition et de révision du Bon Etat Ecologique (fin de la phase 1 de la DCSMM, 2016-2017) et ceux relatifs à la mise en place des programmes de surveillance. Un chercheur de l'Unité HMMN a été

nommé en juin 2015 par la DG de l’Ifremer pilote scientifique national pour le Descripteur 3 « Espèces commerciales ». Le rôle du pilote scientifique est multiple : contribuer à la définition et à l’amélioration des différents indicateurs utilisés pour chacun des descripteurs pour définir le bon état écologique, réaliser les travaux liés à l’agrégation intra-critère ou intra-descripteur, piloter de manière générale l’ensemble des travaux scientifiques liés au thème, réaliser l’analyse périodique de l’atteinte, ou non, du bon état écologique au vu des données collectées par les programmes de surveillance, assurer une veille scientifique. Outre les séminaires réguliers organisés par le MEEM (Ministère de l’Environnement, Energie et de la Mer, nouvelle appellation du MEDDE), l’année 2017 a été particulièrement marquée par la rédaction du rapport d’évaluation du Bon Etat Ecologique (BEE) du 2<sup>ème</sup> cycle de la DCSMM (2012-2018) pour le Descripteur 3. Le rapport a aujourd’hui été transmis au Ministère, il sera soumis, comme pour tous les rapports des 11 descripteurs, à consultation publique au cours de l’année 2018 avant validation définitive.

#### Saisine mandatée par la DPMA

Synthèse des connaissances sur les populations de lieu jaune (*Pollachius pollachius*) en Manche et Atlantique Est. DPMA - Direction des Pêches Maritimes & de l’Aquaculture, La Défense , Ref. RBE/ederu/2017/S08 -17-064 - Ifremer/PDG/ AB/2017 - N° 155 - Saisine 17-11832 , 4p., 8p., 2p.

#### Document de synthèse sur les rejets et captures françaises

Cornou Anne-Sophie, Goascoz Nicolas, Scavinner Marion, Chassanite Aurore, Dubroca Laurent, Rochet Marie-Joelle (2017). Captures et rejets des métiers de pêche français. Résultats des observations à bord des navires de pêche professionnelle en 2016. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00418/52945/>

Ce document est une synthèse des informations collectées en 2016 à bord des navires de pêche professionnelle dans le cadre de l’action ObsMer. Cette action vise à observer in situ l’activité de pêche et l’ensemble de la capture, particulièrement la partie non retenue, en identifiant les espèces capturées, les tonnages par espèce et en prenant des mesures de tailles. Ce travail s’inscrit dans le cadre d’un partenariat entre le Comité National des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CNPMEM), la Direction des Pêches Maritimes et de l’Aquaculture (DPMA) du Ministère de l’Agriculture et de l’alimentation, et l’Ifremer

#### Réunions avec l’administration et les professionnels de la pêche

L’Unité a participé en 2016 à 10 réunions sollicitées par l’administration (pour plus de 20 sollicitations), dont 4 par les services départementaux de l’état (DDTM), dans le cadre de la Convention-Socle DPMA (Tableau 2.3.6), et trois par le Parc Naturel Marin Estuaires Picards et de la Mer d’Opale. Les trois autres réunions ont été sollicitées par la Région Normandie, l’Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) et l’Agence Régionale de l’Environnement (ARE) de Normandie.

**Tableau 2.3.6.** Synthèse des réunions auxquelles l’Unité HMMN a participé avec l’administration en 2017.

<b>Organisation professionnelle</b>	<b>Nombre de réunions</b>
Parc Naturel Marin Estuaires Picards et de la mer d'Opale	3
DDTM 50	3
DDTM 14	1
Région Normandie	1
AAMP	1
ARE Normandie	1
<b>Total</b>	<b>10</b>

L'équipe de l'Unité HMMN a participé à 27 réunions avec les professionnels (dont 26 impliquaient les pêcheurs et/ou leurs représentants), sur plus de 40 sollicitations (Tableau 2.3.7). Les principaux organismes solliciteurs, et parfois sollicités, sont les Comités Régionaux des Pêches Maritimes (CRPMEM) de Basse Normandie (13 réunions), des Hauts de France (7), de Haute Normandie (1) et enfin le Comité National des Pêches Maritimes (CNPMEM) (1). L'Unité HMMN y participe dans le cadre de commissions concernant la gestion de la bande côtière, le métier de fileyeur, ou les pêcheries ciblant des ressources partagées (e.g., sole, morue, lieu noir, merlan, plie, rouget-barbet, lieu jaune) ou non (e.g., Coquille Saint-Jacques, moules, bulots). Au sein de ces commissions, les scientifiques sont sollicités en tant qu'experts pour donner un avis sur l'état de la ressource, les mesures de gestion proposées et la mise en place de protocoles dans le cadre d'études diverses. L'expertise de l'Ifremer sur l'état des ressources halieutiques est également sollicitée par l'aquarium Nausicaa dans le cadre de son programme Mr Goodfish. Enfin, l'Unité HMMN travaille également avec les professionnels dans le cadre du montage de projets de recherche partenariaux (CRPMEM Hauts de France, OP From Nord), ou pour présenter les résultats de projets en cours (EDF).

**Tableau 2.3.7.** Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec les organisations professionnelles en 2017.

<b>Organisation professionnelle</b>	<b>Nombre de réunions</b>
CNPMEM	1
CRPMEM Basse Normandie	13
CRPMEM Haute Normandie	1
CRPMEM Hauts de France	7
Nausicaa	2
OP From Nord	2
EDF	1
<b>Total</b>	<b>27</b>

### 3. Perspectives de l'année n+1

Les activités de l'unité HMMN resteront en 2018 structurées selon les trois thèmes définis lors de la dernière évaluation AERES d'octobre 2012 (Thème 1: individus, populations et niche écologique ; Thème 2: communautés, réseaux trophiques et biodiversité; Thème 3: flottilles, exploitation et scénarios de gestion), et seront par ailleurs toujours partagées entre activités de recherche, d'expertise et d'observation.

L'année 2018 sera tout d'abord marquée par la participation de l'Unité HMMN (LRHBL) au montage de la Fédération de Recherche Campus de la Mer, dont le projet sera déposé fin juin puis évalué par l'HCERES en fin d'année. 2018 sera également marqué par le renforcement de la collaboration du laboratoire LRHPB avec les universités normandes, et par la participation de plusieurs chercheurs HMMN au montage des GDR Plasticité et GRET.

Concernant les projets, l'année 2018 sera marquée par la montée en puissance du projet CPER MARCO (Axe 2 : étude des réseaux trophiques), grâce notamment aux nouveaux équipements obtenus depuis 2017 dans le cadre de ce projet (e.g., Iatrosan), du projet Interreg des 2 Mers SUMARIS (Réalisation d'un atlas sur la distribution des raies en Manche – mer du Nord) et du projet FEAMP VARITROPH. On notera également le démarrage du projet AWI-MARE CockTail (comprenant notamment un co-encadrement de thèse avec les chercheurs allemands de l'Institut et une collaboration forte avec PFOM), du projet DS Politique de sites MATO (en partenariat avec l'Université de Caen) et du projet DS Inter-Centres APOSTROPH (en collaboration avec EMH). On notera également le dépôt des projets ANR ZOOFISH et

---

Belmont-Biodiversa SOMBEE, pour lesquels HMMN est coordinateur et/ou partenaire majeur.

### **3.1. Mouvements de personnel**

#### **3.1.1. Personnel permanent**

Le départ de Marie SAVINA-ROLLAND (MI vers RBE-STH) a été compensé par l'arrivée de Raphaël GIRARDIN (chercheur spécialisé en modélisation des systèmes complexes). L'Unité HMMN devra cependant pallier le passage à 50% de Bruno ERNANDE à la DS (référént en écologie halieutique), ainsi que les départs fin 2017 de Morgane TRAVERS (MI vers RBE-EMH) et Manuel ROUQUETTE (MI vers ODE-ULITTORAL-LERBN), non compensés à ce jour. Trois demandes de poste (1 chercheur spécialisé dans les processus individuels déterminant les traits de vie, 1 chercheur spécialisé en modélisation écosystémique, 1 technicien réseaux trophiques) ont ainsi été formulées sur la période 2018-2019 et sont actuellement en cours d'arbitrage.

#### **3.1.2. Accueil de chercheur**

L'accueil en délégation de Sébastien LEFEBVRE, Professeur à l'Université de Lille 1, sera prolongé jusque fin août 2018. Sébastien sera notamment impliqué dans le projet CPER MARCO et dans la poursuite du montage du projet ANR ZOOFISH, si celui-ci passe en phase 2 (réponse début 2018).

#### **3.1.3. Doctorants et post-doctorants**

Il y aura en 2018 quatre doctorants, dont trois en seconde année de thèse (Julien DI PANE, Matthew MCLEAN, Kelig MAHE – ce dernier effectuant son doctorat dans le cadre d'une formation qualifiante) et un en première année de thèse (Charles-André TIMMERMAN), ainsi qu'une post-doctorante (Chloe BRACIS). Trois dossiers de thèse et un dossier de post-doctorat ont par ailleurs obtenu un co-financement IFREMER, avec démarrage prévu en octobre-novembre 2018.

#### **3.1.4. Etudiants en contrat d'apprentissage**

Il y aura en 2018 une étudiante (Master 2 FOGEM, Université de Lille 1) en contrat d'apprentissage, en deuxième année (Michèle PERNAK, écologie larvaire).

#### **3.1.5. Personnel en CDD**

Le contrat de David OSMOND (projet SMAC, enquêtes SIH) est prolongé jusque fin mai 2018. Un CDD (cadre) sera recruté pour contribuer à l'évaluation de la morue sur le banc de Terre Neuve dans le cadre de la NAFO, tandis que deux techniciens spécialisés en scélérochronologie (projets NOURSEINE et SUMARIS) et trois techniciens spécialisés en écologie trophique (projets CAPES, CPER MARCO, VARITROPH) seront recrutés courant 2018. Enfin, un CDD sera recruté à compter de Février 2018 pour conduire des enquêtes d'activité et des enquêtes économiques sur le site de Port-en-Bessin.

### **3.2. Implication dans des structures de recherche**

L'Unité HMMN poursuivra en 2018 son engagement dans deux structures de recherche régionales, le GIS Campus de la mer (Hauts de France) et la Fédération de Recherche SCALE (Normandie), ainsi que dans le GDRI franco-canadien RECHAGLO. Le principal fait marquant est l'évolution du GIS Campus de la mer vers une Fédération de Recherche, évaluée par l'HCERES en 2018. On notera également l'intégration en 2018 de l'Unité HMMN au GDR Plasticité et au GDR GRET, la poursuite du GDRI RECHAGLO et le renouvellement de

l'accord-cadre avec les universités normandes. Les faits principaux qui marqueront l'implication de l'unité HMMN dans ces différents partenariats de de recherche sont présentés ci-dessous.

### **3.2.1. Vers une Fédération de Recherche Campus de la Mer**

La Côte d'Opale dispose d'un potentiel de recherche conséquent dans le domaine marin et littoral grâce à l'existence de plusieurs laboratoires de haut niveau rattachés aux universités (ULCO, université de Lille) et aux organismes de recherche (IFREMER, CNRS, ANSES).

Un Groupement d'Intérêt Scientifique dénommé « Campus de la Mer » a été créé en 2012 pour développer les liens entre ces structures. Plusieurs projets communs ont ainsi pu aboutir, soutenus notamment par la Fondation de France (« PEROPALE » : pêche récréative sur la côte d'opale), le Contrat de Plan Etat Région (projet structurant « MARCO » pour une étude globale du milieu marin, de la ressource et de la qualité des produits aquatiques), ou le Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (projet « CEUPAMA » : Centre Européen de la Pêche, de l'Aquaculture et des Métiers Associés).

Pour poursuivre cette dynamique, il est proposé de constituer une Structure Fédérative de Recherche (SFR) reconnue, labélisable, et évaluable par l'HCERES (Haut Conseil de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur). Cette SFR a vocation à regrouper, de manière large et pluridisciplinaire, les équipes de recherche impliquées dans les problématiques marines et littorales. Onze laboratoires sont engagés de manière volontariste dans ce projet.

Les objectifs de la SFR sont clairement orientés vers la recherche, notamment autour d'objets communs, tels que les socio-écosystèmes marins et littoraux, dans une logique fédérative pluridisciplinaire (échanger, communiquer, mutualiser, collaborer, structurer). La plus-value attendue est avant tout scientifique (grâce notamment aux collaborations et à la pluridisciplinarité) mais aussi d'ordre structurant, avec un gain en termes d'attractivité et de visibilité internationale.

Pour être évaluée par l'HCERES dans le cadre de la vague E, la SFR doit être mentionnée dans la liste des structures à évaluer (février 2018), ce qui nécessite préalablement l'aval des différentes tutelles. Le dossier complet devra ensuite être déposé en septembre 2018. En pratique un comité de pilotage a été constitué début juillet 2017 (composition en annexe). La procédure de désignation du coordinateur du projet, et de l'équipe-projet a débuté et sera finalisée en octobre 2017.

Au travers de la SFR, les équipes de recherche disposeront d'un outil efficace pour renforcer leur excellence scientifique. La SFR sera en interaction avec la formation (masters d'excellence dans la thématique, projets d'Ecoles Universitaires de Recherche), avec le monde socio-économique (pôle de compétitivité Aquimer, future technopôle « Euramer », Centre National de la Mer « Nausicaa », ports, associations, collectivités locales), et avec les universités voisines (université Picardie Jules Verne, université d'Artois).

L'ambition de la SFR est de se positionner au premier plan au niveau de la recherche internationale.

### **3.2.2. GDRI RECHAGLO**

Le GDRI RECHAGLO (Réponses au changement global des populations et communautés aquacoles et halieutiques et de leurs habitats) co-financé par l'IFREMER et le Ministère des Pêches et des Océans (MPO, Canada) fait suite à la collaboration mise en place entre 2007 et 2012 sur le sujet de l'Approche Écosystémique pour la gestion des ressources halieutiques et aquacoles et de leurs habitats. Afin de maintenir et consolider cette dynamique collaborative entre le MPO et l'IFREMER, un Groupement de Recherche International (GdR-I) d'une durée de 4 ans a démarré en 2015. Les fonds d'incitation alloués au GdR-I sont de 25 k\$/an pour le MPO et 20 k€/an pour l'IFREMER.

---

Ce GdR-I vise à créer un réseau de recherche franco-canadien autour de la thématique de l'approche écosystémique des pêches et de l'aquaculture face au changement global et à la surexploitation en donnant une visibilité internationale aux actions de recherche collaboratives des partenaires, en facilitant la mobilité de personnels, l'échange de données ou d'informations, et en organisant des événements communs. Le projet scientifique est structuré autour de cinq axes :

Axe 1 : Évaluation des modifications environnementales sous l'effet des changements climatiques et scénarios,

Axe 2 : Réponses des organismes marins au changement global,

Axe 3 : Effets des changements globaux sur la dynamique des populations halieutiques et aquacoles,

Axe 4 : Effet du changement global sur la distribution des espèces, l'accessibilité et la connectivité de leurs habitats et interactions avec la spatialisation de l'exploitation,

Axe 5 : Effets du changement global sur les communautés et les réseaux trophiques.

La coordination du GdR-I est assurée par un Comité de Coordination constitué de deux agents du MPO et de deux agents Ifremer, dont un de HMMN.

7 actions ont été sélectionnées en 2015 pour financement par le Comité Scientifique du GDRI. 2018 sera la dernière année d'activité du GDRI et l'occasion pour les actions financées de finaliser leurs travaux et de tirer un premier bilan de leurs activités. Un atelier de synthèse du GdR-I sera organisé à l'automne afin de dresser un bilan de celui-ci et d'explorer différentes options pour poursuivre la collaboration entre le MPO et l'IFREMER dans le domaine de l'halieutique et de l'aquaculture.

### **3.2.3. GDR Plasticité**

L'Unité HMMN a été sollicitée pour participer au montage du projet de renouvellement du GDR PlastPhen qui fédère les chercheurs français s'intéressant à la plasticité phénotypique et porté par Vincent Debat (MNHN, Paris) et Luis-Miguel Chevin (CNRS, CEFE, Montpellier). Le projet sera organisé en 5 axes :

1. Mécanismes moléculaires, développementaux, et physiologiques
2. Aspects temporels et transgénérationnels
3. Population naturelles et écologie
4. Implications évolutives
5. Contribution des SHS à la compréhension de la plasticité

L'Unité a plus particulièrement été contactée pour participer aux axes 2 à 4. Le dossier de demande de renouvellement du GDR a été déposé auprès du CNRS le 31 janvier et est en cours d'évaluation.

### **3.2.4. GDR GRET**

L'équipe de la plateforme Réseaux trophiques a émis le souhait de continuer à participer aux activités du Groupe de Recherche en Ecologie Trophique (GDR 3716 GRET, <http://gdr-gret.univ-bpclermont.fr/>). Ce groupe se donne pour vocation de rassembler l'ensemble de la communauté scientifique intéressée par les questions liées à l'écologie trophique, en luttant contre la « ségrégation » liée aux approches méthodologiques utilisées ou aux écosystèmes ou organismes étudiés, alors que des questions transversales semblent émerger, et que la thématique gagnerait à mettre en commun des objets conceptuels utiles mais inégalement répartis. L'implication de membres de la plateforme Réseaux trophiques, et au-delà de membres du laboratoire HMMN, à ce GDR s'est traduite par exemple par le passé par la rédaction d'une publication initiée lors d'atelier de ce groupe de travail (Jabot et al. 2017 ; cf. 2.2.2.5) ou la soumission d'un projet rassemblant plusieurs partenaires académiques (dont HMMN) impliqués au sein du GRET. L'équipe « Réseaux trophique » d'HMMN ambitionne d'apporter au sein du GRET une compétence qui, bien que focalisée sur les réseaux trophique

marins, est particulièrement diverse et intégrée, en ce qui concerne les compartiments écologiques et les approches qu'elle met en œuvre.

### 3.2.5. Accord-Cadre avec les Universités de Normandie

L'accord cadre Ifremer –Normandie Université est en cours de renouvellement. Les équipes du Centre IFREMER de Manche Mer du Nord, différents laboratoires appartenant à l'Université de Normandie (SEBIO, M2C, Borea, ABTE, Ethos, Geophen), le CREC et la SFR SCALE sont en discussion avancée pour y mettre du contenu, autour d'un axe de recherche terre-mer. Après plusieurs itérations sur le projet, les équipes universitaires regroupées au sein de la COMUE Normande souhaitent une feuille de route scientifique plus développée. Ce travail sera mené en 2018, en partenariat avec la DS. Si l'accord cadre est toujours en suspens, les équipes scientifiques de l'Ifremer et des universités normandes, notamment Sebion (SFR scale) et Borea, continuent le travail de collaboration. Des initiatives de collaboration avec d'autres laboratoires de l'université (ABTE, LUSAC, GREYC) ont été entreprises mais sans succès suite à des arbitrages négatifs de l'Ifremer sur les projets déposés.

Pour le dépôt de projets de thèses, la convention de rattachement à l'école doctorale EdnBise s'avère compliqué en raison d'absence d'HDR Ifremer au sein de la station de Port en Bessin et du statut particulier de M.P. Halm (responsable de la station et du LERN, HDR en détachement).

## 3.3. Projets de recherche

### 3.3.1. Projets acceptés et démarrant en 2018

Deux projets de recherche, acceptés en 2017, démarreront en 2018, et sont décrits ci-dessous.

*Le projet COCKTAIL (AAP franco-allemand AWI-MARE)*

**Nom du Projet:** CoCktAIL, "Climate ChAnge effects on fIsh Larvae" - Projet de collaboration entre l'IFREMER (HMMN - PFOM) et l'Alfred-Wegener-Institut (AWI) en Allemagne

**Intitulé de la thèse:** Impact des changements globaux sur le développement et la survie des larves de hareng Atlantique (*Clupea harengus*): une approche expérimentale multi-stress

**Résumé:** Le but de ce projet est d'évaluer de la manière la plus réaliste possible l'impact du changement global sur les larves de poissons. Ce sujet de thèse est structuré en trois phases comparant la performance biologique des larves (taux de croissance, nutrition, condition, survie) sous différents scénarios. Effets directs: Le changement global exerce une forte pression sur les écosystèmes marins en induisant un changement rapide des conditions abiotiques du milieu. Les larves sont ainsi exposées à des changements simultanés de température, pH, et salinité. Lors de cette première phase, nous allons évaluer l'effet simultané de ces paramètres sur le développement et la condition. Effets indirects: Le changement global va modifier quantitativement et qualitativement la ressource planctonique dont les larves se nourrissent. Lors de la seconde phase, nous allons donc évaluer l'effet des changements abiotiques (testés en phase 1) en nourrissant les larves avec a) différentes proportions de phyto-, microzoo-, et mésozooplancton (proies naturelles) b) différentes qualités nutritives de plancton (stœchiométrie/teneur en lipides). Interactions entre effets directs et indirects: Une fois que les effets directs et indirects auront été identifiés, nous réaliserons une dernière expérience simulant les conditions nutritives et abiotiques auxquelles les larves pourront être soumises dans le futur. Les individus seront exposés aux conditions abiotiques et trophiques (mélange de plancton de qualité et composition déterminées en phase 2) prévues dans le futur.

---

*Le projet APOSTROPHE (DS – crédits d’incitation aux projets inter-centres)*

Le projet APOSTROPH vise à apporter de nouveaux éléments de compréhension des relations trophiques et des cycles de vies de 3 espèces d’intérêt halieutique (sole, plie et merlan) collectées dans l’estuaire de Seine et en Manche. Il se veut comme un trait d’union entre les projets CAPES et VARITROPH, en étendant les objectifs initiaux de ces deux projets à une analyse isotopique multi tissus. Analyser les rapports isotopiques dans plusieurs tissus d’un même organisme est en effet une approche puissante pour détecter des changements alimentaires plus ou moins récents, dans la mesure où des tissus avec des turnovers différents ou des activités métaboliques plus ou moins importantes reflèteront ou non des changements alimentaires récents. La possibilité de disposer pour ces 3 espèces de juvéniles collectées dans la nourricerie de l’estuaire de Seine puis des adultes collectés en Manche permettra également une réflexion plus théorique sur les mécanismes forçant la cinétique d’acquisition des signatures isotopiques, en lien avec les variations ontogéniques d’habitat, d’alimentation ou de métabolisme. Ces résultats seront une valeur ajoutée aux deux projets supports, en ce qui concerne l’importance trophique des habitats présents sur la nourricerie de l’estuaire externe de la Seine (CAPES) et la compréhension des mécanismes régissant la variabilité de l’alimentation des principales espèces exploitées en Manche (VARITROPH).

*Le projet MATO (DS – crédits d’incitation aux partenariats régionaux)*

Le projet MATO (Maturité Objective des poissons par l'histologie quantitative) a été accepté à financement dans le cadre des crédits d’incitation aux politiques de site de la DS. L’objectif du projet est d’établir un lien entre les paramètres macroscopiques et l’état de maturité réel des gonades pour lever les incertitudes liées aux mesures macroscopiques des états de maturité des poissons. Le projet est développé en lien avec les équipes de l’université de Caen Normandie UMR BOREA (Biologie des ORganismes et Ecosystèmes Aquatiques) et CMABio (Centre de Microscopie Appliquée à la Biologie Structure Fédérative 4206 ICORE).

L’étude des tissus gonadiques par l’histologie quantitative permet d’obtenir une information objective quant à l’état de maturité de l’individu. Par exemple, la présence et l’état des cellules de la lignée germinale permet d’établir sans ambiguïté si l’individu participe ou non à la reproduction (Tyler, 1996). Un lien peut alors être construit entre les paramètres macroscopiques de la gonade (mesurés lors du prélèvement) et l’état réel de maturité par l’analyse de données. L’apprentissage statistique supervisé (arbre de régression multiple et forêt aléatoire) permet par exemple de lier numériquement les observations macroscopiques multivariées avec la maturité individuelle et d’identifier objectivement les critères macroscopiques les plus discriminants. Le modèle statistique sous-jacent permet alors de corriger les observations de maturité existantes en réévaluant le stade de maturité à partir des données macroscopiques bancarisées. De plus il fournit une échelle macroscopique opérationnelle qui permet l’acquisition de données sur le terrain en s’affranchissant de la lecture histologique.

Ce projet vise à développer cette approche sur un poisson plat la plie (*Pleuronectes platessa*) à partir d’échantillons collectés en Manche. Les enjeux du projet sont doubles. D’un point de vue scientifique, il n’existe pas à l’heure actuelle de connaissances sur la dynamique cellulaire du développement de la maturité chez cette espèce. Ce projet apportera donc des connaissances fondamentales nouvelles sur la biologie de cette espèce. D’un point de vue opérationnel, les enjeux en termes d’acquisition de données sur la maturité pour la gestion des stocks (coût et qualité) sont de première importance à l’échelle européenne. Ce projet propose une méthodologie faisant un lien direct entre l’acquisition de connaissances et leurs utilisations opérationnelles pour la gestion des stocks.

Le projet MATO débutera en 2018 par le prélèvement et le traitement des premiers échantillons. Ils seront préparés par l’UMR BOREA et le CMABIO. Les coupes histologiques des premiers échantillons seront opérées à différents endroits des deux gonades afin d’évaluer

la variabilité du développement gonadique inter et intra ovaire. En fonction de l'intensité du dimorphisme de développement gonadique dans les deux ovaires, un positionnement de coupe de référence sera déterminé pour la suite des prélèvements. L'analyse des coupes histologiques sera informatisée par l'utilisation d'un scanner (scanner aperio CS) et d'un logiciel d'imagerie (Image Scope, Stereology Toolkit).

### 3.3.2. Projets déposés en 2017 et en cours d'évaluation

Sept projets de recherche ont été déposés en 2017, et sont actuellement en cours d'évaluation. Ces projets démarreront en 2018 s'ils sont acceptés. Il s'agit des projets ZOOFISH (ANR), SOMBEE (Belmont), MATO, FORWARD (crédits DS d'incitation aux politiques de site), APOSTROPHE, CHANCE (crédits DS d'incitation aux projets inter-centres) et un projet opportuniste sur la dynamique des populations de crevettes grises (Région Normandie).

#### *Le projet ZOOFISH (ANR)*

L'objectif de ZOOFISH est de révéler le potentiel d'utilisation du zooplancton marin comme bio-ressource, en fournissant des outils permettant d'évaluer l'abondance d'espèces-clés, le niveau d'exploitation qu'elles peuvent subir, les effets de cascade trophique résultant de leur exploitation, tout en évaluant les propriétés nutritionnelles que ces bio-ressources pourraient apporter au secteur aquacole, notamment. ZOOFISH est centré sur la Manche, une zone où les espèces d'intérêt pour une exploitation du zooplancton ont été bien étudiées. ZOOFISH identifiera également de nouvelles espèces d'intérêt, qui pourraient être exploitées durablement. ZOOFISH considèrera les connaissances existantes, et entreprendra des recherches pluridisciplinaire, autour de la biologie, l'écologie, des propriétés nutritionnelles et biotechnologiques du zooplancton, en combinant des synthèses de données, des analyses numériques, des expérimentations ciblées, et de la modélisation écosystémique.

L'Unité HMMN est pilote de la réponse à cet AAP de l'ANR, à laquelle participeront également l'UMR LEMAR, l'UMR LOG, et la société DIANAQUA.

Le projet ZOOFISH a passé la phase 1 de l'évaluation ANR. Une proposition détaillée (finale) sera soumise dans le cadre de phase 2 pour le 27 Mars 2018.

#### *Le projet SOMBEE (Belmont Forum - Biodiversa)*

L'Unité HMMN participe au montage d'un projet en réponse à l'appel d'offre conjoint de l'ERANet Biodiversa et du Belmont Forum sur les scénarios futurs de la biodiversité face au changement global. L'objectif général du projet SOMBEE (Scenarios Of Marine Biodiversity and Evolution under Exploitation and climate change) est de comprendre et projeter la dynamique de la biodiversité marine sous les pressions combinées de la pêche et du changement climatique aux échelles intra- et inter-spécifiques en modélisant explicitement la plasticité phénotypique des traits d'histoire de vie, leur sélection et leur évolution neutre et adaptative, tout en prenant en compte les conséquences sur les services écosystémiques d'approvisionnement liés aux ressources halieutiques et sur la vitalité économique des pêcheries. Les objectifs plus spécifiques sont (i) de développer un nouveau modèle écosystémique EVO-OSMOSE-ECON incluant évolution (EVO) et économie (ECON); (ii) d'appliquer ce modèle à un ensemble de 6 écosystèmes contrastés pour comprendre les effets écologiques et évolutifs de la pêche et du changement climatique dans un contexte écosystémique ; et (iii) de projeter la dynamique de la biodiversité intra- et inter-spécifique, la production des pêcheries et leur profit économique dans le cadre de scénarios futurs de la pêche et du climat, tout en quantifiant les interactions antagonistes ou synergiques de ces

---

pressions. Le projet est coordonné par l'IRD (Y.-J. Shin, Unité MARBEC) et co-piloté scientifiquement par l'IRD (Y.-J. Shin) et l'Unité HMMN (B. Ernande). Le consortium implique 8 pays (France, Allemagne, Grande-Bretagne, Espagne, Canada, Turquie, Pérou, et Chine). L'Unité HMMN sera plus particulièrement en charge du WorkPackage 2 "Development of a novel evolutionary end-to-end model" couvrant tous les développements en termes de modélisation (module évolution, module bioénergétique et module économie) et sera par ailleurs responsable du cas d'étude portant sur la mer du Nord. Le projet sera déposé le 9 mars et s'il est financé devrait débuter au premier trimestre 2019 pour 3 ans.

### **3.4. Moyens d'observation**

#### **3.4.1. La cellule CREDO**

Au niveau national, la cellule CREDO va évoluer en 2018 avec deux nouveaux postes d'ingénieur : un à MARBEC pour le traitement spécifique des données de Méditerranée, et un à STH, en cours de recrutement, qui développera les outils de validation et contrôle des données et contribuera au processus de préparation des jeux de données en mobilisant les outils et scripts génériques existants. Pour l'unité HMMN, ce renforcement de la cellule CREDO permettra de mieux garantir la qualité et la ponctualité des données fournies aux utilisateurs finaux. Cela permettra également de reprendre en profondeur les algorithmes de traitement et organiser une session de travail spécifique sur les questions statistiques autour de la préparation des données, et la bancarisation des données estimées.

#### **3.4.2. Plateaux techniques**

##### *Pôle de sclérochronologie*

En 2018, plusieurs projets acceptés en 2017 se poursuivront : « Nourseine » (*FEAMP, mesure 40*), « Micropolit » (*FFP*), « Microtolithe » (*DGMARE*), « Sumaris » (*Interreg des 2 mers*) et « Toolbar » (Direction Scientifique Ifremer), et l'équipe du Pôle de sclérochronologie sera renforcée par 2 techniciens en CDD. Les axes de recherche seront multiples avec la croissance des juvéniles dans la nourricerie de baie de Seine, la microchimie des otolithes de baudroies et de merlus comme outil d'aide à l'estimation de l'âge de ces espèces, le développement d'outils pour estimer la croissance des principales espèces de raies en Manche et mer du Nord et enfin, l'utilisation de données expérimentales pour mieux comprendre l'effet de la température sur les processus de biominéralisation de l'otolithe.

##### *Pôle de Taxonomie et d'Ecologie du Zooplancton*

En 2018, l'activité du Pôle s'articulera à nouveau autour des activités d'observation et d'expertise multi-annuelle (campagnes IBTS, projet IGA) ou ponctuelle (projet Ichtus) ainsi que des activités de recherche. D'un point de vue recherche, le projet SMAC sera très structurant en 2018 pour l'équipe en ce qui concerne les axes 1 (structuration et connectivité) et 2 (recrutement) du projet. Ces analyses seront intégrées dans le cadre de la thèse de Julien Di Pane (2016-2019) sur les « Influences environnementales sur le succès des écophases larvaires des poissons en Manche orientale et la baie Sud de la mer du Nord ». Le contrat en alternance (niveau Master 2) de Michèle Pernak (2016-2018) sur la « Variabilité spatio-temporelle des assemblages larvaires de poissons en Manche Est et mer du Nord » permettra de fédérer au niveau international l'analyse des échantillons de larves collectés dans le cadre d'IBTS. Les premiers résultats obtenus devraient permettre de montrer l'intérêt de ces échantillons à la fois du point de vue de la connaissance fondamentale (espèces présentes, zones de répartition, variabilité) et du point de vue de leur utilisation pour l'évaluation de certains stocks (limande sole, lançons). Le dernier aspect concerne l'étude des frayères hivernales en mer du Nord à partir des échantillons collectés pendant la campagne IBTS depuis 2012. La mise en commun des données acquises par le pôle avec l'ensemble des pays impliqués dans cette thématique permettra de publier les premiers résultats obtenus sur la

répartition des frayères à l'échelle de la Manche orientale et de la mer du Nord pour les principales espèces exploitées (plie, gadidae).

L'étude de la condition nutritionnelle des larves de poissons par des approches cellulaires et des mesures biochimiques sera renforcée en 2018 grâce à l'acquisition fin 2017 d'une histokinette, un microtome et un iatrosan MK6 (CPER MARCO). Le pôle accueillera dans ce cadre 2 stagiaires de Master II (Janvier à Juin 2018) qui travailleront sur les dynamiques spatio-temporelles de la condition larvaire en Manche Est. Le 1<sup>er</sup> stage (Léa Joly, co-encadrement avec l'ULCO et en collaboration avec l'ANSES) focalisera sur la condition lipidique (extraction des lipides totaux, analyse de différentes classes, composition en acides gras essentielles) de différents stades larvaires (écophases larvaire) des poissons plats. L'étudiante utilisera ainsi des échantillons collectés grâce aux campagnes IBTS 2017 – 2018 et les campagnes printanières REIVE 1 et 2. Une comparaison entre la sole (reproduction au printemps) et la plie (reproduction en hiver) devrait nous permettre de mettre en évidence les différentes stratégies énergétiques (croissance vs stockage) mises en place au niveau spécifique et de définir le stade critique (stade de très forte mortalité) pour ces deux espèces. Ces résultats pourront par ailleurs être comparés avec la condition larvaire déterminée par d'autres méthodes telles que l'histologie ou les rapports ARN/ADN. Ces méthodes complémentaires seront abordés dans le cadre du 2<sup>ème</sup> stage (Felix Gendrot, co-encadrement avec l'UPMC) qui regardera plus en détail la condition des individus au stade critique (ratios ARN/ADN et coupes histologiques des principaux tissus tels que l'intestin, le foie ou le pancréas). Ce dernier stage permettra ainsi d'une part de comparer la condition relative des espèces (merlan, sole, sprat) actuelles avec celle du milieu des années 90' (Publications de Grioche et al. 1997, 1999, 2000) et d'une autre part de compléter les analyses lipidiques.

Le pôle accueillera également en Octobre 2018 (2018- 2021) un étudiant(e) en thèse qui sera en cotutelle entre l'IFREMER (HMMN – PFOM) et l'AWI (Allemagne) dans le cadre du Project COCKTAIL. Les deux cadres de recherche du pôle seront directement impliqués dans l'encadrement. Le but de ce projet est d'évaluer de la manière la plus réaliste possible l'impact du changement global sur les larves de poissons. Ce sujet de thèse est structuré en trois phases comparant la performance biologique des larves (taux de croissance, nutrition, condition, survie) sous différents scénarios. Ce projet de recherche devrait par ailleurs renforcer la collaboration entre les équipes de recherche en France et en Allemagne en vue des futures réponses à des appels d'offre européens.

Enfin, en lien avec le pôle trophique (et en collaboration avec des chercheurs du LOG) l'équipe devrait également étudier les variations spatiales et saisonnières du réseau trophique planctonique en lien avec les larves de poissons en Manche Est. En effet, même si les caractéristiques générales des variations saisonnières du zooplancton sont relativement bien connues au niveau de grands groupes fonctionnels ou taxonomiques, peu d'études rapportent les changements saisonniers au niveau spécifique en lien avec la dynamique de l'ichtyoplancton. Comprendre ces processus et leurs impacts au niveau du réseau trophique planctonique devrait permettre une meilleure connaissance des interactions trophodynamiques susceptibles d'impacter le recrutement larvaire. Cette étude fera aussi partie des propositions de recherche dans le cadre du projet ANR ZOOFISH dont la phase deux est à envoyer au printemps 2018. Une proposition pour un stage Master II d'Alternance a également été proposée.

### *Plateforme trophique*

Pour 2018, l'activité de la plateforme réseau trophique devrait se concentrer autour de la poursuite de 3 projets principaux :

En ce qui concerne **VARITROPH**, l'activité sera double. La poursuite de l'échantillonnage sera assez innovante car elle sera réalisée via une collaboration avec les pêcheurs

---

professionnels locaux, afin de disposer de poissons à des saisons où il n'existe aucune campagne scientifique. Ce protocole a été explicitement conçu dans le but de combler ce manque de moyens pour étudier la variabilité saisonnière. L'activité au laboratoire sera également importante afin de disséquer les poissons et préparer les échantillons en vue des analyses isotopiques et de contenus stomacaux. Des travaux comparables de dissection, de préparation d'échantillons et d'analyse des contenus stomacaux seront également réalisés sur les poissons ronds collectés en baie de Seine dans le cadre du projet **CAPES** au printemps et à l'automne 2017. Enfin, la mise effective en fonctionnement du matériel acquis dans le cadre du **CPER MARCO**, ainsi que l'apport d'un soutien technique par le recrutement de plusieurs CDD devrait permettre de poursuivre l'analyse de l'effet des gradients environnementaux sur les paramètres trophiques via l'analyse des contenus stomacaux des poissons. Ces échantillons seront également analysés en commun avec l'équipe de l'ANSES pour poursuivre le projet **RECOMANCHE** sur la contamination dans les réseaux trophiques. Toujours dans le cadre du **CPER MARCO**, l'année 2018 devrait également donner lieu à des travaux visant à développer une approche plus intégrée des réseaux trophiques, notamment par une meilleure compréhension du fonctionnement du compartiment pélagique, en lien avec les travaux du PTE Zoo et en collaboration avec des collègues d'autres instituts.

## 4. ANNEXES

### Annexe 1: Production scientifique et technologique (2017)

A cette date, l'ensemble des documents produits en 2017 par l'équipe HMMN n'est pas totalement enregistré dans Archimer. Cependant, concernant les publications, la tendance à la hausse de leur nombre se maintient. La production d'Avis & Expertises est quant à elle pratiquement stable, les rapports marquent une baisse.

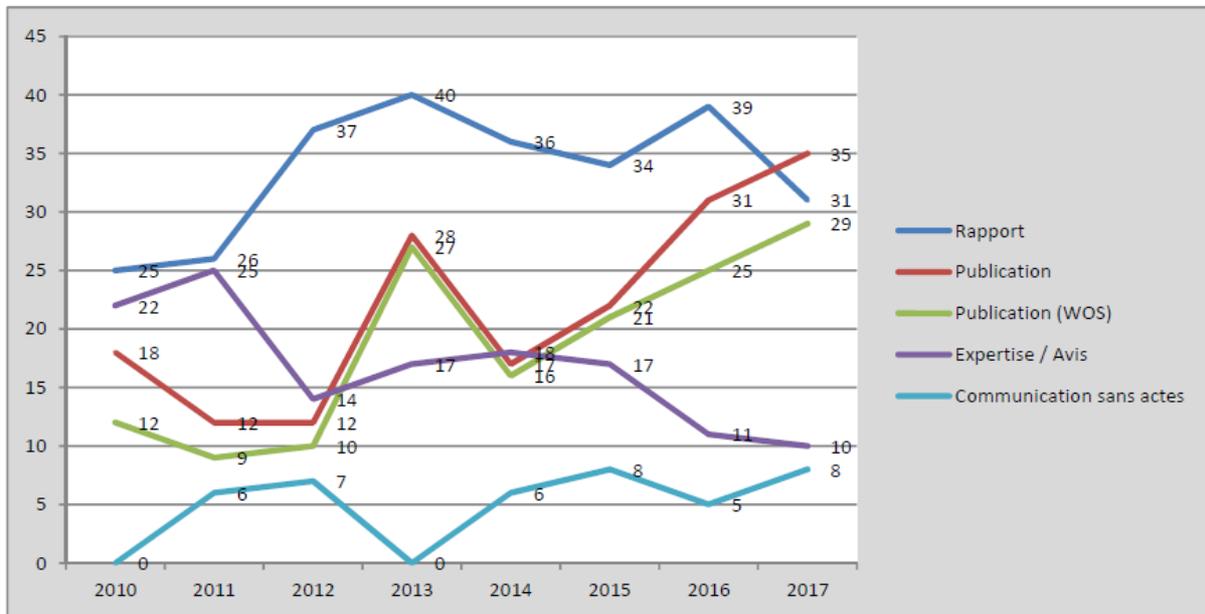
#### Les publications

Si 35 publications sont déposées dans Archimer, seules 29 publications sont à ce jour, issues du WOS et font l'objet de cette analyse bibliométrique. Elles représentent 12.6% de la production RBE (29/230). A ces 29 publications issues du WOS, il convient donc de signaler que 4 sont en attente d'indexation dans le WOS (dont 2 sont In Press) et devraient à terme enrichir ce lot tandis que 2 autres articles ont été publiés par cette unité dans des revues non indexées dans le WOS. 26 publications WOS (90%) sont le résultat d'au moins une collaboration avec un organisme extérieur dont une grande majorité (22), le sont avec des organismes français, 4 le sont avec des pays européens (Pays Bas et Royaume-Uni (3) et Italie (1), 2 avec le Canada, le Mexique et les Etats-Unis et une avec l'Algérie. Si la part du partenariat national a augmenté en 2017, celle du partenariat international dont l'européen a fortement diminué par rapport aux années passées. Plus d'une publication sur deux (15 ; 51,7%) est co-signée avec un partenaire universitaire français dont l'Université de Lille (5), l'Université de Côte d'Opale (5) et l'Université de Caen (2) (universités de la même façade maritime). La majorité des auteurs Ifremer est issue du site de Boulogne site du laboratoire mais des collaborations ont été faites avec auteurs issus des équipes de 10 autres sites dont les plus représentés sont Port-en-Bessin et Brest (7), Lorient (5) et Nantes (3). Deux publications sont co-signées avec des auteurs des sites méditerranéens de Toulon & Sète dont une avec un auteur Ifremer de la Réunion. Treize publications (14.8%) sont signées par un premier auteur HMMN. Les publications se répartissent sur 22 titres de revues dont Fisheries Research qui en comptabilise le plus (3). A signaler un article dans la revue Fish And Fisheries au facteur d'impact de 9.013. La majorité des publications (83%) se situe dans les meilleurs quartiles de répartition des FI (répartition en fonction des disciplines auxquelles se rattachent les revues).

#### Les Avis & Expertises

A cette date le nombre de ces documents enregistrés dans Archimer (10) est pratiquement celui de 2016 (11). Si ce chiffre se maintient, il confirmera la baisse enregistrée en 2016 par rapport aux années précédentes (17, 18, 17). 4 expertises ont été faites pour l'ICES, 2 ont pour commanditaire la DPMA et les autres la DDTM50, la DRIM- MMN, la DREAL Normandie et la Préfecture de St Pierre & Miquelon. Au sein de l'Ifremer ont co-signés ces documents d'autres laboratoires de RBE (4 avis & expertises), le département ODE (4 autres) et DCB pour une expertise.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Rapport	25	26	37	40	36	34	39	31	268
Publication	18	12	12	28	17	22	31	35	175
Publication (WOS)	12	9	10	27	16	21	25	29	149
Expertise / Avis	22	25	14	17	18	17	11	10	134
Communication sans actes	0	6	7	0	6	8	5	8	40
Poster	4	6	4	3	5	5	5	0	32
Jeu de données	0	0	0	0	0	0	15	3	18
Thèse	1	0	1	1	0	3	1	1	8
Acte de colloque	0	1	1	0	1	2	3	0	8
Chapitre d'ouvrage	0	0	0	0	2	4	1	1	8
Ouvrage	2	0	1	1	2	0	0	0	6
Rapport d'activité	0	0	0	1	1	2	1	0	5
HDR	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Diaporama	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Somme	73	77	79	91	88	97	112	89	706

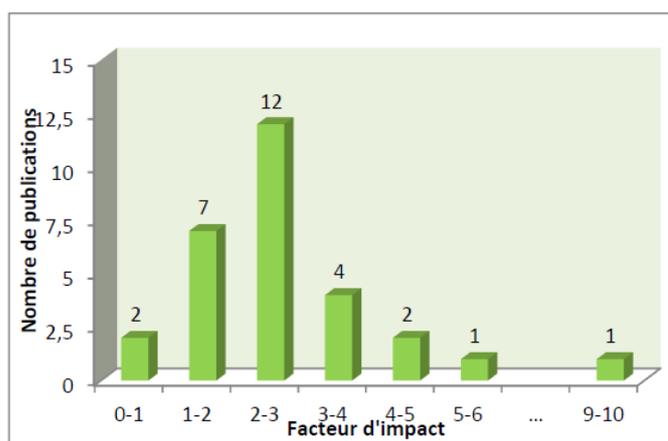


HMMN 2010-2017 Publications - Liste des revues, nombre de publications, facteur d'impact et quartiles

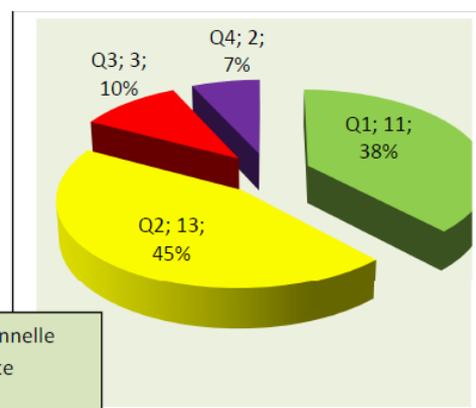
Journal	Nb publi	FI	Quartile
Fisheries Research	3	2,185	Q1
Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences	1	2,466	Q1
Ices Journal Of Marine Science	2	2,76	Q1
Limnology And Oceanography	1	3,383	Q1
Journal Of Environmental Management	1	4,01	Q1
Conservation Biology	1	4,842	Q1
Functional Ecology	1	5,63	Q1
Fish And Fisheries	1	9,013	Q1
International Journal of Osteoarchaeology	1	1,038	Q2
Journal Of Fish Biology	1	1,519	Q2

Journal Of Sea Research	1	1,888	Q2
Inland Waters	1	1,987	Q2
Marine Biology	2	2,136	Q2
Estuarine Coastal And Shelf Science	1	2,176	Q2
Peerj	1	2,177	Q2
Journal Of Marine Systems	1	2,439	Q2
Evodevo	1	2,818	Q2
Marine Pollution Bulletin	2	3,146	Q2
Ambio	1	3,687	Q2
African Journal Of Marine Science	2	1,229	Q3
Journal Of Molluscan Studies	1	1,25	Q3
Vie Et Milieu-life And Environment	2	0,343	Q4

HMMN 2010-2017 Publications - Répartition du facteur d'impact des revues



HMMN 2017- Distribution des FI par quartiles



Q1 : Revue exceptionnelle  
 Q2 : Revue excellente  
 Q3 : Revue correcte  
 Q4 : Revue acceptable

HMMN 2017 Avis & Expertises - Commanditaires :

Commanditaires	Nb avis/expertises
ICES	4
DPMA (Ministère)	2
DDTM50	1
DIRM-MMN	1
DREAL Normandie	1
Préfecture St Pierre & Miquelon	1

---

## **Publications analysées dans ce document (29)**

- Alemanly Juliette, Rivot Etienne, Foucher Eric, Vigneau Joel, Robin Jean-Paul (2017). A Bayesian two-stage biomass model for stock assessment of data-limited species: An application to cuttlefish ( *Sepia officinalis* ) in the English Channel. *Fisheries Research*, 191, 131-143. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.03.010>
- Anneville Orlane, Vogel Camille, Lobry Jeremy, Guillard Jean (2017). Fish communities in the Anthropocene: detecting drivers of changes in the deep peri-alpine Lake Geneva. *Inland Waters*, 7(1), 65-76. <http://doi.org/10.1080/20442041.2017.1294350>
- Auber Arnaud, Gohin Francis, Goascoz Nicolas, Schlaich Ivan (2017). Decline of cold-water fish species in the Bay of Somme (English Channel, France) in response to ocean warming. *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 189, 189-202. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.03.010>
- Barrios Alexander, Ernande Bruno, Mahe Kelig, Trenkel Verena, Rochet Marie-Joelle (2017). Utility of mixed effects models to inform the stock structure of whiting in the Northeast Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, 190, 132-139. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.005>
- Bourdaud Pierre, Travers-Trolet Morgane, Vermard Youen, Cormon Xochitl, Marchal Paul (2017). Inferring the annual, seasonal, and spatial distributions of marine species from complementary research and commercial vessels' catch rates. *Ices Journal Of Marine Science*, 74(9), 2415-2426. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1093/icesjms/fsx092> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00387/49805/>
- Cachera Marie, Ernande Bruno, Villanueva Ching-Maria, Lefebvre Sebastien (2017). Individual diet variation in a marine fish assemblage: Optimal Foraging Theory, Niche Variation Hypothesis and functional identity. *Journal Of Sea Research*, 120, 60-71. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1016/j.seares.2016.08.004> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00349/45986/>
- Cresson Pierre, Rouquette Manuel, Marco-Miralles Françoise, Dufour Jean-Louis, Causse Romain, Bouchoucha Marc, Mahe Kelig (2017). Lost in the North: The first record of *Diretmichthys parini* (Post and Quéro, 1981) in the northern North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1-2), 439-443. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.074> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00357/46805/>
- Cresson Pierre, Travers-Trolet Morgane, Rouquette Manuel, Timmerman Charles-Andre, Giraldo Carolina, Lefebvre Sebastien, Ernande Bruno (2017). Underestimation of chemical contamination in marine fish muscle tissue can be reduced by considering variable wet:dry weight ratios. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2), 279-285. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.046>
- Denis Jeremy, Mahe Kelig, Tavernier Eric, Monchy Sebastien, Vincent Dorothee, Vallet Carole, Marchal Paul, Antajan Elvire, Caboche Josselin, Lefebvre Valerie, Cordier Remy, Loots Christophe (2017). Ontogenetic changes in the larval condition of Downs herring: use of a multi-index approach at an individual scale. *Marine Biology*, 164(7), 154 (1-14). <http://doi.org/10.1007/s00227-017-3180-3>
- Dutertre Mickael, Ernande Bruno, Haure Joel, Barille Laurent (2017). Spatial and temporal adjustments in gill and palp size in the oyster *Crassostrea gigas*. *Journal Of Molluscan Studies*, 83(1), 11-18. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1093/mollus/eyw025> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00351/46223/>

- Emmery Antoine, Alunno-Bruscia Marianne, Bataille M. P., Kooijman S. A. L. M., Lefebvre Sebastien (2017). Dynamics of stable isotope ratios ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) in different tissues of *Crassostrea gigas* at two contrasted ecosystems: insights from growth and food sources. *Vie Et Milieu-life And Environment*, 66(3-4), 261-273.
- Giraldo Carolina, Ernande Bruno, Cresson Pierre, Kopp Dorothee, Cachera Marie, Travers-Trolet Morgane, Lefebvre Sebastien (2017). Depth gradient on the resource use of a fish community from a semi-enclosed sea. *Limnology And Oceanography*, 62(5), 2213-2226. <http://doi.org/10.1002/lno.10561>
- Girardin Raphael, Hamon Katell, Pinnegar John, Poos Jan Jaap, Thebaud Olivier, Tidd Alex, Vermard Youen, Marchal Paul (2017). Thirty years of fleet dynamics modelling using discrete-choice models: What have we learned? *Fish And Fisheries*, 18(4), 638-655. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1111/faf.12194> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00357/46834/>
- Guillaud Emilie, Elleboode Romain, Mahe Kelig, Bearez Philippe (2017). Estimation of Age, Growth and Fishing Season of a Palaeolithic Population of Grayling (*Thymallus thymallus*) Using Scale Analysis. *International Journal of Osteoarchaeology*, 27(4), 683-692. <http://doi.org/10.1002/oa.2595>
- Hilbers Jelle P., Santini Luca, Visconti Piero, Schipper Aafke M., Pinto Cecilia, Rondinini Carlo, Huijbregts Mark A. J. (2017). Setting population targets for mammals using body mass as a predictor of population persistence. *Conservation Biology*, 31(2), 385-393. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1111/cobi.12846> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00353/46387/>
- Houliez Emilie, Lefebvre Sebastien, Lizon Fabrice, Schmitt Francois G. (2017). Rapid light curves (RLC) or non-sequential steady-state light curves (N-SSLC): which fluorescence-based light response curve methodology robustly characterizes phytoplankton photosynthetic activity and acclimation status? *Marine Biology*, 164(8), 175 (1-17). <http://doi.org/10.1007/s00227-017-3208-8>
- Ider D., Ramdane Z., Mahe Kelig, Dufour Jean-Louis, Bacha M., Amara R. (2017). Use of otolith-shape analysis for stock discrimination of Boops boops along the Algerian coast (southwestern Mediterranean Sea). *African Journal Of Marine Science*, 39(3), 251-258. <http://doi.org/10.2989/1814232X.2017.1363817>
- Jabot Franck, Giraldo Carolina, Lefebvre Sebastien, Dubois Stanislas (2017). Are food web structures well represented in isotopic spaces? *Functional Ecology*, 31(10), 1975-1984. <http://doi.org/10.1111/1365-2435.12895>
- Karasiewicz Stephane, Doledec Sylvain, Lefebvre Sebastien (2017). Within outlying mean indexes: refining the OMI analysis for the realized niche decomposition. *Peerj*, 5, 1-17. Publisher's official version : <http://doi.org/10.7717/peerj.3364> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00389/49999/>
- Le Goff Clement, Lavaud Romain, Cugier Philippe, Jean Fred, Flye-Sainte-Marie Jonathan, Foucher Eric, Desroy Nicolas, Fifas Spyros, Foveau Aurelie (2017). A coupled biophysical model for the distribution of the great scallop *Pecten maximus* in the English Channel. *Journal Of Marine Systems*, 167, 55-67. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.10.013> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00355/46642/>
- Lefebvre Sebastien, Dubois Stanislas (2017). The stony road to understand isotopic enrichment and turnover rates: insight into the metabolic part. *Vie Et Milieu-life And*

- Mahe Kelig, Aumond Yoann, Rabhi Khalef, Elleboode Romain, Bellamy Elise, Huet Jerome, Gault M., Roos David (2017). Relationship between somatic growth and otolith growth: a case study of the ornate jobfish *Pristipomoides argyrogrammicus* from the coast of Réunion (SW Indian Ocean). *African Journal Of Marine Science*, 39(2), 145-151. <http://doi.org/10.2989/1814232X.2017.1327886>
- Mateo Maria, Lambert Patrick, Tetard Stephane, Castonguay Martin, Ernande Bruno, Drouineau Hilaire (2017). Cause or consequence? Exploring the role of phenotypic plasticity and genetic polymorphism in the emergence of phenotypic spatial patterns of the European eel. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 74(7), 987-999. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0214> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00360/47095/>
- Nicolle Amandine, Moitie Roderic, Ogor Julien, Dumas Franck, Foveau Aurelie, Foucher Eric, Thiebaut Eric (2017). Modelling larval dispersal of *Pecten maximus* in the English Channel: a tool for the spatial management of the stocks. *Ices Journal Of Marine Science*, 74(6), 1812-1825. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1093/icesjms/fsw207> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00363/47375/>
- Rault Jonathan, Le Bris H., Robert Marianne, Pawlowski Lionel, Denamiel Margaux, Kopp Dorothee (2017). Diets and trophic niches of the main commercial fish species from the Celtic Sea. *Journal Of Fish Biology*, 91(5), 1449-1474. <http://doi.org/10.1111/jfb.13470>
- Simon Victor, Elleboode Romain, Mahe Kelig, Legendre Laurent, Ornelas-Garcia Patricia, Espinasa Luis, Retaux Sylvie (2017). Comparing growth in surface and cave morphs of the species *Astyanax mexicanus*: insights from scales. *Evodevo*, 8, 23 (1-13). Publisher's official version : <http://doi.org/10.1186/s13227-017-0086-6> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00412/52337/>
- Torres-Irineo Edgar, Dreyfus-Leon Michel, Gaertner Daniel, Salas Silvia, Marchal Paul (2017). Adaptive responses of tropical tuna purse-seiners under temporal regulations. *Ambio*, 46(1), 88-97. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1007/s13280-016-0801-x> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00360/47088/>
- Vogel Camille, Kopp Dorothee, Mehault Sonia (2017). From discard ban to exemption: How can gear technology help reduce catches of undersized *Nephrops* and hake in the Bay of Biscay trawling fleet? *Journal Of Environmental Management*, 186(Part.1), 96-107. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.017> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00356/46717/>
- Vogel Camille, Kopp Dorothee, Morandeau Fabien, Morfin Marie, Mehault Sonia (2017). Improving gear selectivity of whiting (*Merlangius merlangus*) on board French demersal trawlers in the English Channel and North Sea. *Fisheries Research*, 193, 207-216. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.04.013>

### **Expertise (8)**

- Alemany Juliette, Rivot Etienne, Foucher Eric, Vigneau Joel, Robin Jean-Paul (2017). Update of the English Channel cuttlefish stock assessment with a Bayesian two-stage biomass model. ICES Working Group on Cephalopod Biology and Life History (WGCEPH). 14–17 June 2016, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark, Ref. Working document 3., 18p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00377/48775/>
- Biseau Alain, Dubroca Laurent, Lissardy Muriel (2017). Evaluation des mesures de gestion mises en place sur la pêche de sole du golfe de Gascogne depuis 2015 et analyse de la

pertinence de ce cadre de gestion en vue de la campagne de pêche 2018. DPMA - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, Paris, Ref. RBE/EDERU/2017/S5 - Ifremer/PDG/AB/2017 - n°114 - Saisine/Demande : 17-11452, 4p., 17p., 3 p.

Cochard Marie-Laure, Menet-Nedelec Florence, Vigneau Joel (2017). Gisement de coques de la Pointe de Brevands. DDTM 50 - Direction Departementale des Territoires et de la Mer de la Manche, Cherbourg Octeville, Ref. RH/PB/17-026, 4p.

Foucher Eric (2017). Synthèse des connaissances sur les populations de lieu jaune (*Pollachius pollachius*) en Manche et Atlantique Est. DPMA - Direction des Pêches Maritimes & de l'Aquaculture, La Défense, Ref. RBE/ederu/2017/S08 -17-064 - Ifremer/PDG/ AB/2017 - N° 155 - Saisine 17-11832, 4p. , 8p., 2p.

### **Avis (2)**

Cochard Marie-Laure, Vigneau Joel, Rollet Claire, Biseau Alain (2017). Demande d'avis concernant une actualisation de l'arrêté N°38 du 25 mai 1977 . DIRM-MMN - Direction interregionale de la Mer Manche Est mer du Nord, Le Havre, Ref. RH/PB/17-011, 6p.

Dreves Luc, Desroy Nicolas, Vogel Camille (2017). Avis de l'Ifremer sur la proposition de modification de protocole de suivi environnemental de la concession de granulats marins de Dieppe. DREAL Normandie- Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, Service Ressources Naturelles, Rouen, Ref. Ifremer D/CB/2017-001 - Courrier 716-2016-SRN-PIL-VFF-AM du 19 décembre 2016, 3p.

### **Annexe 2: Nouveaux projets soumis et acceptés (2017)**

	soumis	acceptés	dont coordination	Observations – unité(s) concernée(s)
Interreg 2 Mers	1	1	0	SUMARIS (HMMN)
AWI-MARE	1	1	1	CockTAIL (HMMN, PFOM)
DS – PS/IC	4	2	2	APOSTROPHE (HMMN, EMH) MATO (HMMN)

### Annexe 3: Implication dans la formation (par la recherche)

Lister les:

#### 1. Formations données

E. FOUCHER : activités d'enseignement à l'IUT de l'Université Caen Basse-Normandie, L3 Pro (25h)

C. LOOTS : activités d'enseignement à l'ULCO (19h)

K. MAHE : activités d'enseignement à l'ULCO (10.5h)

#### 2. Accueil et encadrement de stagiaires

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Diplôme préparé	Etablissement	Sujet	Tuteur
AKKUS	Gizem	01/09/2017	30/09/2017	Thèse (Bourse Erasmus)	Moddle-East Technical University (Turquie)	Exploration and comparison of small pelagics' otolith structures across areas, and of how these relate to pressures exerted in these areas and/or fish condition	P. Marchal / K. Mahé
BECHEKER	Ali	13/03/2017	15/04/2017	Thèse	Université Badji Mokhtar-Annaba (Algérie)	Estimer les performances de croissance des juvéniles de mugilidés des côtes de l'Est algérien	K. Mahé
GENU	Matthieu	06/02/17	04/08/17	Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage	Agrocampus Ouest	Relative importance of different mechanisms underlying fish response to climate change	M. Travers Trolet
KHALDI	Asma	2/05/2017	30/06/2017	Thèse	Université de Tunis El Manar (Tunisie)	Etude de la croissance des sparidés du golfe de Tunis	K. Mahé
TORRES ELGUETA	Jimena	6/06/2017	13/07/2017	Post-Doc	Université de Magallanes (Chili)	Pêche saisonnière préhistorique et dynamique de population des espèces plus exploitées pendant l'Holocène moyen du tardif sur la côte chilienne : Une approche sclérochronologique en vertèbres de <i>Trachurus murphyi</i> et <i>Salilota australis</i>	K. Mahé

#### 3. Accueil et encadrement d'apprentis en alternance

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Sujet	Encadrement

PERNAK	Michèle	01/09/2016	30/06/2018	La variabilité spatio-temporelle des assemblages larvaires de poissons en Manche Est et mer du Nord	C. Loots
TIMMERMAN	Charles-André	01/09/2015	30/09/2017	L'approche multi-marqueurs des réseaux trophiques de la Manche	P. Cresson

#### 4. Participation à un jury de thèse ou HDR

Nom/Prénom	Rôle	Niveau	Université	Date de soutenance
Pierre Cresson	Rapporteur externe	Thèse	Université des Iles Baléares	28/06/17
Pierre Cresson	Examineur	Thèse	Université Perpignan Via Domitia	13/12/17
Bruno Ernande	Jury (externe)	Thèse	Université de Bretagne Occidentale	20/12/2017
Eric Foucher	Jury (interne)	Thèse	Université de Caen	16/10/2017
Paul Marchal	Rapporteur	Thèse	Université de Toulouse	17/03/2017

#### 5. Accueil et encadrement de post-doctorants

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Sujet	Co-financement	Encadrement
PINTO	Cécilia	16/11/2015	15/05/2017	Dynamiques spatio-temporelles de distribution du stock « nord » du rouget barbet de roche et de son exploitation	France Filière Pêche	M. Travers Y. Vermard

#### 6. Accueil et encadrement de doctorants

Début de thèse (JJ/MM/AA)	Date de soutenance (JJ/MM/AA)	Sujets	Etudiants accueillis		Ecoles Doctorales d'inscription -N° de l'ED -Libellé de l'ED -Université de rattachement -Académie	Encadrements scientifiques (*) Dir. Thèse: Prénom, Nom (organisme) Co-encadrant: Prénom, Nom (organisme)	Structures d'accueil Libellé(s) + Localisation(s)	Convention CIFRE (oui/non)	Sources de financement	Email du doctorant
			Nom Prénom	Nationalité						

01/10/14	16/10/17	Développement d'un cadre Bayésien pour les méthodes d'évaluation de stocks à données limitées et proposition de scénarios de gestion. Application à 2 cas d'études, la seiche et le lieu jaune	<b>Alemany Juliette</b>	<b>Française</b>	Ecole doctorale « Normande de biologie intégrative, santé, environnement – ED 497 – Université de Caen Basse Normandie	Directeur de thèse : Jean-Paul Robin, Professeur à l'Université de Caen Co-directeur : Eric Foucher, Cadre de recherche en halieutique au laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin	Laboratoire Ressources Halieutiques à Port-en-Bessin	Non	Région Basse-Normandie	juliette.alemany@ifremer.fr
01/12/14	23/01/18	Impact d'une réduction des rejets sur les dynamiques couplées écosystème-pêcheurs : approche par modélisation individu-centrée appliquée à la Manche orientale	<b>Bourdaud Pierre</b>	<b>Français</b>	Ecole doctorale des Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement – ED 104 – Université du Littoral Côte d'Opale	Directeur de thèse : Paul Marchal, Responsable de l'Unité Halieutique de Manche Mer du Nord Co-directeurs : Morgane Travers, Chercheur en écologie trophique et modélisation écosystémique et Youen Vermard, Chercheur en dynamique des flottilles	Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer	Non	Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO)	pierre.bourdaud@ifremer.fr
01/10/16		Influences environnementales sur le succès des écophases larvaires des poissons en manche orientale et la baie Sud de la mer du nord	<b>Di Pane Julien</b>	<b>Français</b>	Ecole doctorale des Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement – ED 104 – Université du Littoral Côte d'Opale	Directeur de thèse : Paul Marchal, Responsable de l'Unité Halieutique de Manche Mer du Nord Co-directeurs : Christophe Loots, Cadre de recherche en écologie de l'ichtyoplancton et Philippe Koubbi, Professeur des universités à l'UPMC	Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer	Non	Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO)	julien.di.pane@ifremer.fr
01/11/14	12/04/18	Conséquences démographiques et évolutives de l'exposition aux polluants organiques persistants chez les populations de poissons marins	<b>Horri Khaled</b>	<b>Algérien</b>	Ecole doctorale Normande de Biologie Intégrative, Santé, Environnement – ED 497 – Université de Normandie (Caen, Le Havre et Rouen)	Directeur de thèse : Jean-Michel Danger, Professeur et Responsable du labo Stress Environnementaux et BIO-surveillance des milieux aquatiques à l'Université du Havre Co-directeurs : Paul Marchal, Responsable de l'Unité Halieutique de	Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer	Non	Région Haute Normandie	khaled.horri@ifremer.fr

						Manche Mer du Nord et Bruno Ernande, Chercheur en écologie et évolution des poissons				
01/10/2016		Evolution spatio-temporelle de la forme de l'otolithe : applications au suivi des populations exploitées de poissons	<b>Mahé Kélig</b>	<b>Français</b>	Ecole doctorale des Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement – ED 104 – Université du Littoral Côte d'Opale	Directrice de thèse : Hélène de Pontual, Chercheur en Sclérochronologie à l'Ifremer de Brest Co-directeurs : Rachid Amara, chercheur à l'Université du Littoral Côte d'Opale et Bruno Ernande, Chercheur en écologie et évolution des poissons	Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer	Non	IFREMER	Kelig.mahe@ifremer.fr
01/11/16		Réponses fonctionnelles des communautés ichtyologiques au changement climatique en Baie de Somme, Manche orientale et mer du Nord	<b>Mc Lean Matthew James</b>	<b>Américain</b>	Ecole doctorale des Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement – ED 104 – Université du Littoral Côte d'Opale	Directeur de thèse : Paul Marchal, Responsable de l'Unité Halieutique de Manche Mer du Nord Co-directeurs : Arnaud Auber, Cadre de recherche en dynamique des communautés ichtyologiques et écologie numérique et David Mouillot, Professeur à l'université de Montpellier et chercheur à l'UMR MARBEC	Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer	Non	Région Hauts de France	matthew.james.mc.lean@ifremer.fr
01/10/17		Variation saisonnière et ontogénique des paramètres trophiques des principales espèces exploitées en Manche-Mer du Nord	<b>Timmerman Charles André</b>	<b>Française</b>	Ecole doctorale « Science de la Matière, du rayonnement et de l'environnement – ED 104 – Université Lille Nord de France	Directeur de thèse : Paul Marchal, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Boulogne sur Mer Co-directeur : Pierre Cresson, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Boulogne sur Mer	Laboratoire Ressources Halieutiques à Boulogne sur Mer	Non	FEAMP	Charles.Andre.Timmerman@ifremer.fr

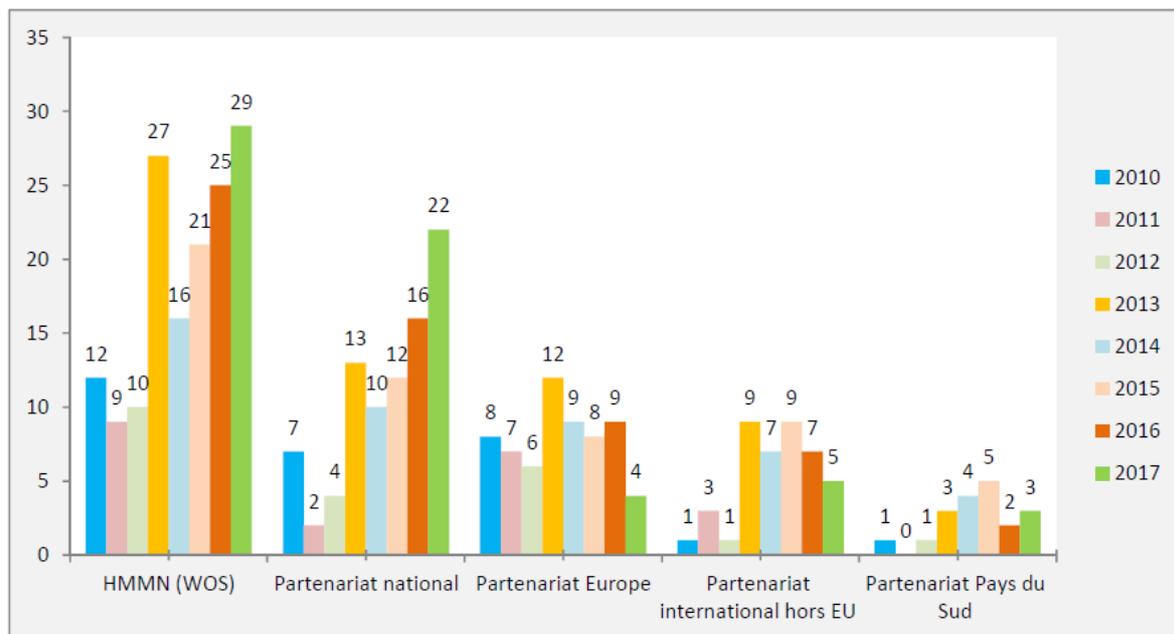
(\* ) Un salarié Ifremer doit figurer dans l'équipe encadrante et dans les documents officiels de l'école doctorale d'inscription. Si ce n'est pas le cas, il doit encadrer le doctorant au quotidien et signer les publications dans le cadre des travaux menés.



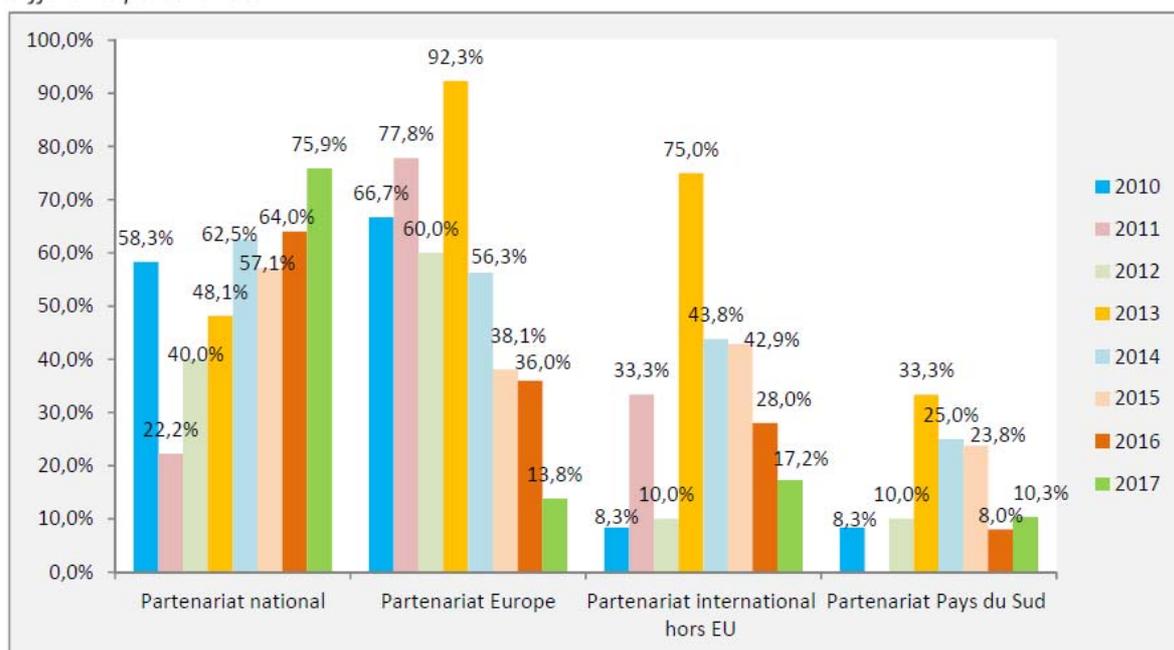
## Annexe 4: Partenariats

Les partenariats académiques de l'Unité HMMN sont résumés dans les tableaux et figures ci-dessous.

*HMMN 2010-2017 Publications WOS recensées dans Archimer – Evolution annuelle de la production et des différents partenariats*

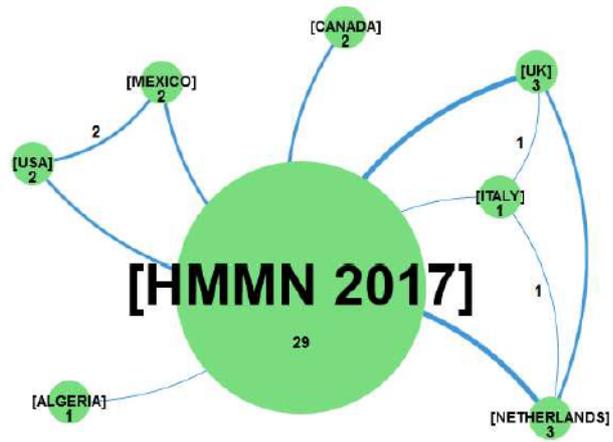


*HMMN 2010-2017 Publications WOS recensées dans Archimer – Evolution annuelle de la part des différents partenariats*

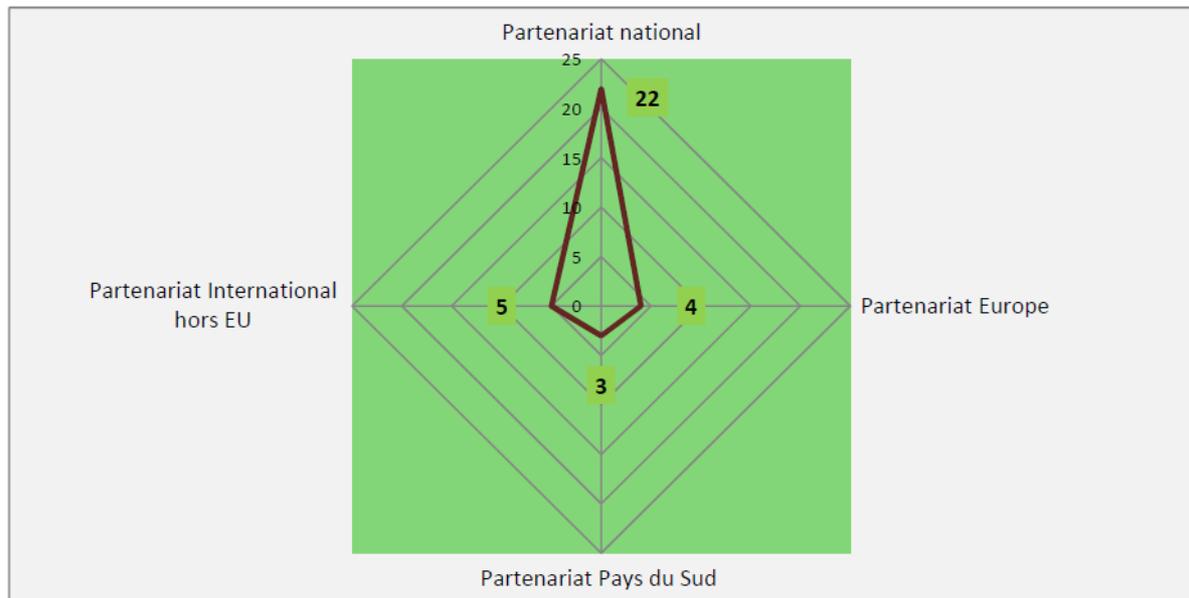


HMMN 2010-2017 Publications-  
Pays partenaires

Pays	Nb publi
NETHERLANDS	3
UK	3
CANADA	2
MEXICO	2
USA	2
ALGERIA	1
ITALY	1



HMMN 2010-2017 Publications - Illustration des différents partenariats

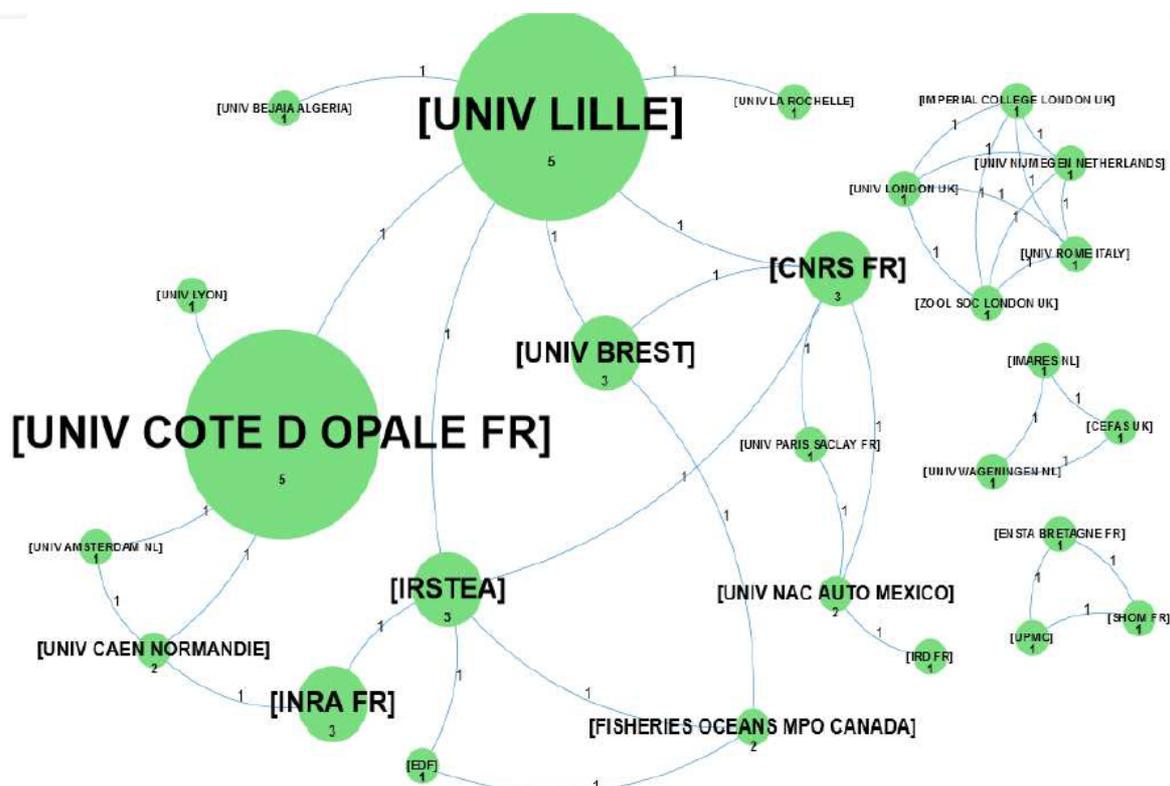


## HMMN 2010-2017 Publications - Liste des organismes partenaires

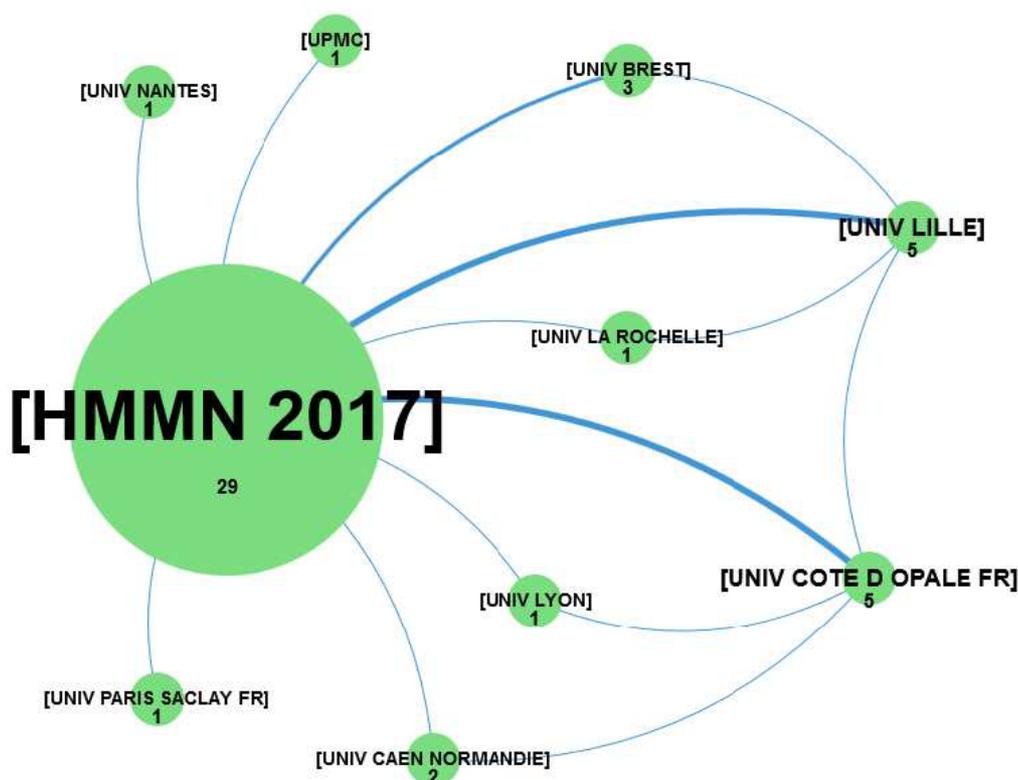
Organismes	Nb publi
[HMMN 2017]	29
[UNIV COTE D'OPALE FR]	5
[UNIV LILLE FR]	5
[CNRS FR]	3
[INRA FR]	3
[IRSTEA FR]	3
[UNIV BREST FR]	3
[FISHERIES OCEANS MPO CANADA]	2
[MNHN FR]	2
[UNIV CAEN NORMANDIE]	2
[UNIV NAC AUTO MEXICO]	2
[CEFAS UK]	1
[EDF FR]	1
[ENSTA BRETAGNE FR]	1
[FISHERIES RESEARCH SCOTLAND FR]	1

[IMARES NL]	1
[IMPERIAL COLLEGE LONDON UK]	1
[IRD FR]	1
[SHOM FR]	1
[UNIV AMSTERDAM NL]	1
[UNIV BEJAIA ALGERIA]	1
[UNIV LA ROCHELLE]	1
[UNIV LONDON UK]	1
[UNIV LYON FR]	1
[UNIV NANTES FR]	1
[UNIV NIJMEGEN NETHERLANDS]	1
[UNIV PARIS SACLAY FR]	1
[UNIV ROME ITALY]	1
[UNIV WAGENINGEN NL]	1
[UPMC FR]	1
[ZOO SOC LONDON UK]	1

## HMMN 2010-2017 Publications - Réseau de collaboration des organismes partenaires (sans la représentation HMMN et des organismes qui lui sont seulement rattachés)



15 publications sur les 29 (51.7%) publications d'HMMN sont co-signées avec au moins un auteur issu d'une université française



Bien que très développé, le réseau partenarial socio-économique et institutionnel de l'Unité HMMN ne peut actuellement être représenté avec les mêmes outils et figures que le réseau académique. Les principaux partenaires sont listés ci-dessous :

– Socio-économiques

CRPM (Nord Pas de Calais – Picardie, Haute Normandie, Basse Normandie), carriers, EDF, OP Coopérative Maritime Etaploise (CME), OP From-Nord, Pôle Aquimer, Boulogne Ecorage, Capitaine Houat (mareyage), Aquarium de NAUSICAA

– Institutionnels

Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA), Association des Ports Locaux de la Manche (APLM), Agence des Aires Marines Protégées (AAMP), Régions (Nord-Pas de Calais, Haute Normandie, Basse Normandie, Bretagne), collectivités territoriales,

## Annexe 5: Valorisation

NA

## Annexe 6 : Fonctions de représentation assurées dans les instances régionales, nationales, européennes ou internationales

L'Unité HMMN représente l'Ifremer principalement dans le cadre des instances suivantes :

- 
- Régional : CRPMEM, DDTM, Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale, GIS Campus de la mer (amené à évoluer en une FR), Fédération de recherche SCALE
  - National : Commission Nationale de la Flotte Côtière, CNPMEM
  - Européen : CIEM (membre actif de plusieurs groupes de travail d'évaluation des stocks, co-présidence de 3 groupes de travail en 2017), Commission du Traité de Granville
  - International : OPANO, GDRI franco-canadien RECHAGLO