

**Rapport annuel 2019 de l'Unité de
Recherche Halieutique Manche Mer du
Nord (HMMN)**

Introduction

L'Unité de recherche HMMN, créée en 2005, appartient depuis 2011 au Département Ressources Biologiques et Environnement (RBE), qui est l'un des 4 Départements scientifiques de l'IFREMER, avec les Départements Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes (ODE), Recherches physiques et Ecosystèmes de fond de Mer (REM) et Infrastructures de Recherche et Systèmes d'Information (IRSI).

L'Unité de recherche HMMN est constituée de deux laboratoires, l'un situé à Boulogne s/mer (LRHBL) et l'autre à Port-en-Bessin (LRHPB). Ces deux laboratoires, ainsi que les autres laboratoires des Départements ODE et REM localisés à Boulogne s/mer et Port-en-Bessin (ODE: deux Laboratoires Environnement Ressources, LERBL et LERN; REM: un Laboratoire Comportement des Structures en Mer, LCSM), sont rattachés administrativement au Centre de Manche – Mer du Nord (CMMN) de l'IFREMER.

L'équipe HMMN effectue des recherches en écologie marine et halieutique, principalement centrées sur les écosystèmes de Manche et Sud mer du Nord. Ces recherches trouvent un prolongement dans l'appui aux politiques publiques concernant la conservation des écosystèmes marins et l'aménagement des pêcheries et d'autres usages du domaine maritime (e.g., extraction de sables et granulats marins, production d'énergies marines renouvelables), dans un contexte de changement climatique.

Les activités de HMMN sont structurées en trois thèmes intégrés: Individus, Populations et Niches Ecologiques (Thème 1); Communautés, Réseaux Trophiques et Biodiversité (Thème 2); Flottes, Exploitation et Scénarios de Gestion (Thème 3). Dans le cadre de ses missions d'observation, HMMN contribue à la collecte de données halieutiques et écosystémiques en mer, par enquêtes, et en laboratoire. HMMN coordonne trois campagnes en mer à grande échelle régionale et héberge trois infrastructures technologiques: un Pôle National de Sclérochronologie (PNS), une Plateforme Réseaux Trophiques (PRT), et un Pôle de Taxinomie et d'Ecologie du Zooplancton (PEZOO), partagé avec le laboratoire LERBL, ainsi qu'une cellule nationale de traitement et de standardisation des données halieutiques en appui aux évaluations de stock (CREDO).

L'année 2019 a été marquée par l'évaluation HCERES de l'Unité HMMN. Le résumé du rapport d'évaluation, très positif, est présenté ci-dessous :

The unit's scientific strategy and projects are well built upon the units strengths, organised in three clearly defined and interconnected themes, coherent with the IFREMER 2030 plan. The unit addresses essential questions regarding the ecological impact of local human activities and global changes on the structure and functioning of exploited fish communities and trophic networks, aimed at new methods for the evaluation of fisheries management including the ecosystem approach to fisheries management and Good Environment Status indicator development in the context of the Marine Strategy Framework Directive. The unit's scientific production is very good in quantity and quality as well as its involvement in PhD training, resulting in a relatively large group of young, motivated PhDs that very much add to the work-atmosphere and the units profile: a good and pleasant place to start your career. In general, employees appreciate the good informal and intimate working atmosphere.

The number of HDR scientists must increase. A more clear and original focus in the research will help define a more unique knowledge position of the unit, strengthening the units competitiveness and complementarity. The unit could make more impact for the region by more regional cooperation and communication, adding to the rationale for "being in the region" as a regional unit. A development plan can help focus the unit's strategy, including: the most important external developments that are important to the unit, the most important opportunities & threats, the units ambitions in terms of the future market & knowledge position, and an outline of what is needed to achieve that position.

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

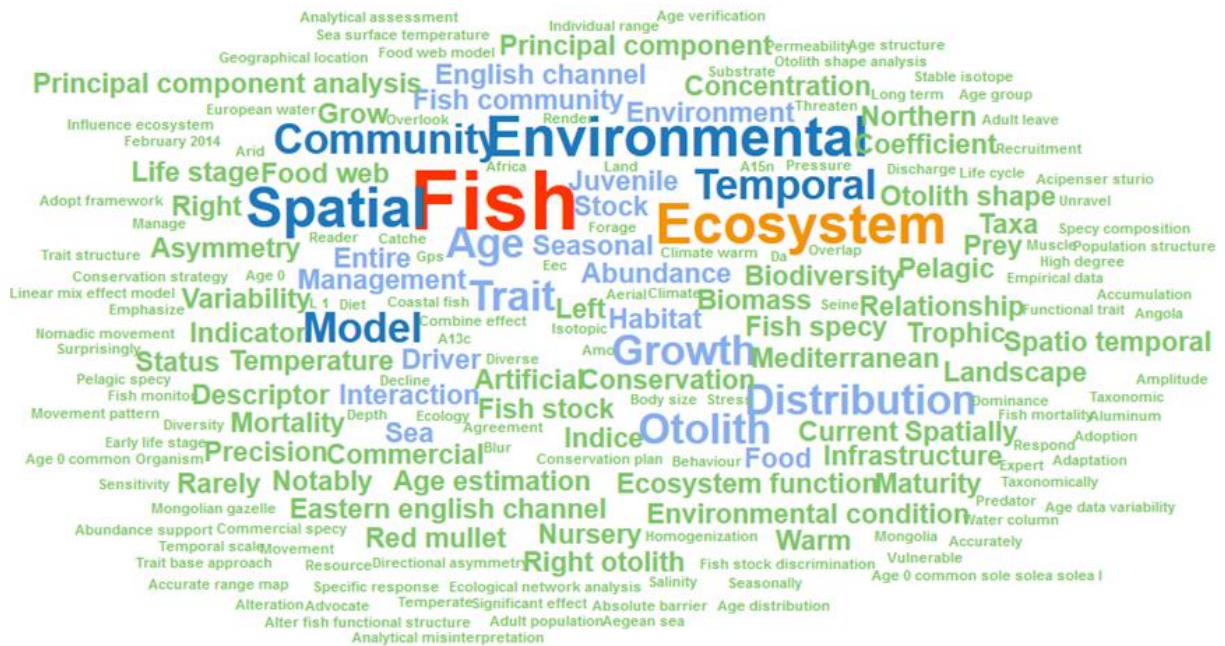


Figure 0.1. Nuage des principaux concepts examinés par l'équipe de l'Unité HMMN en 2019, obtenus par une analyse bibliométrique du titre et des résumés des publications issues du WOS.

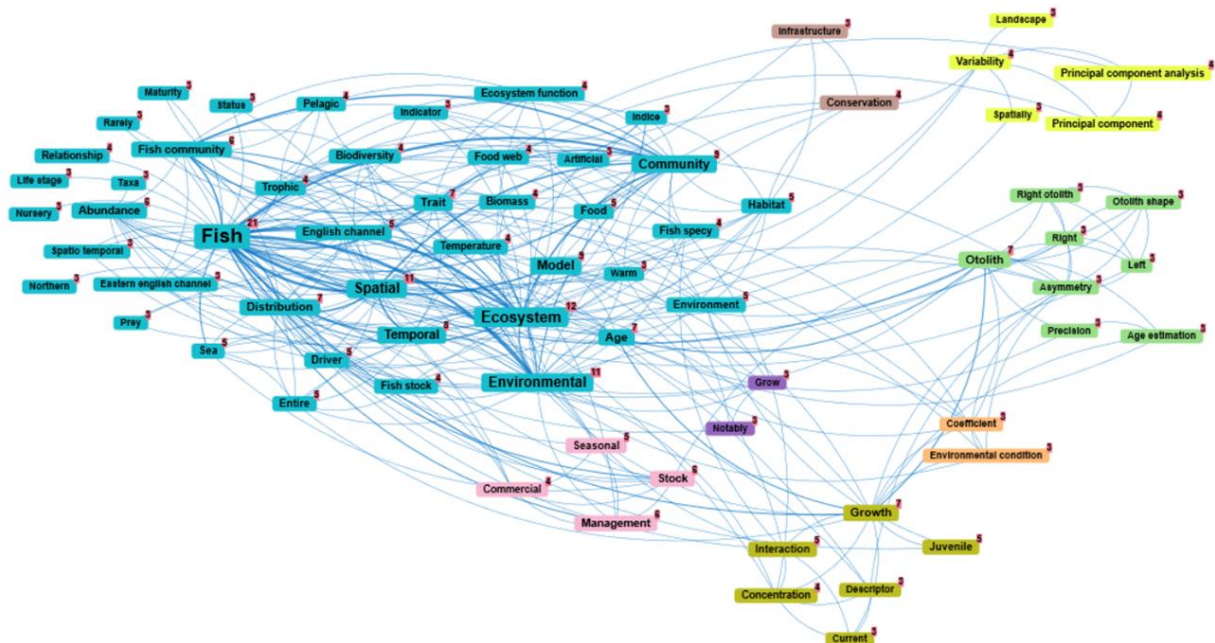
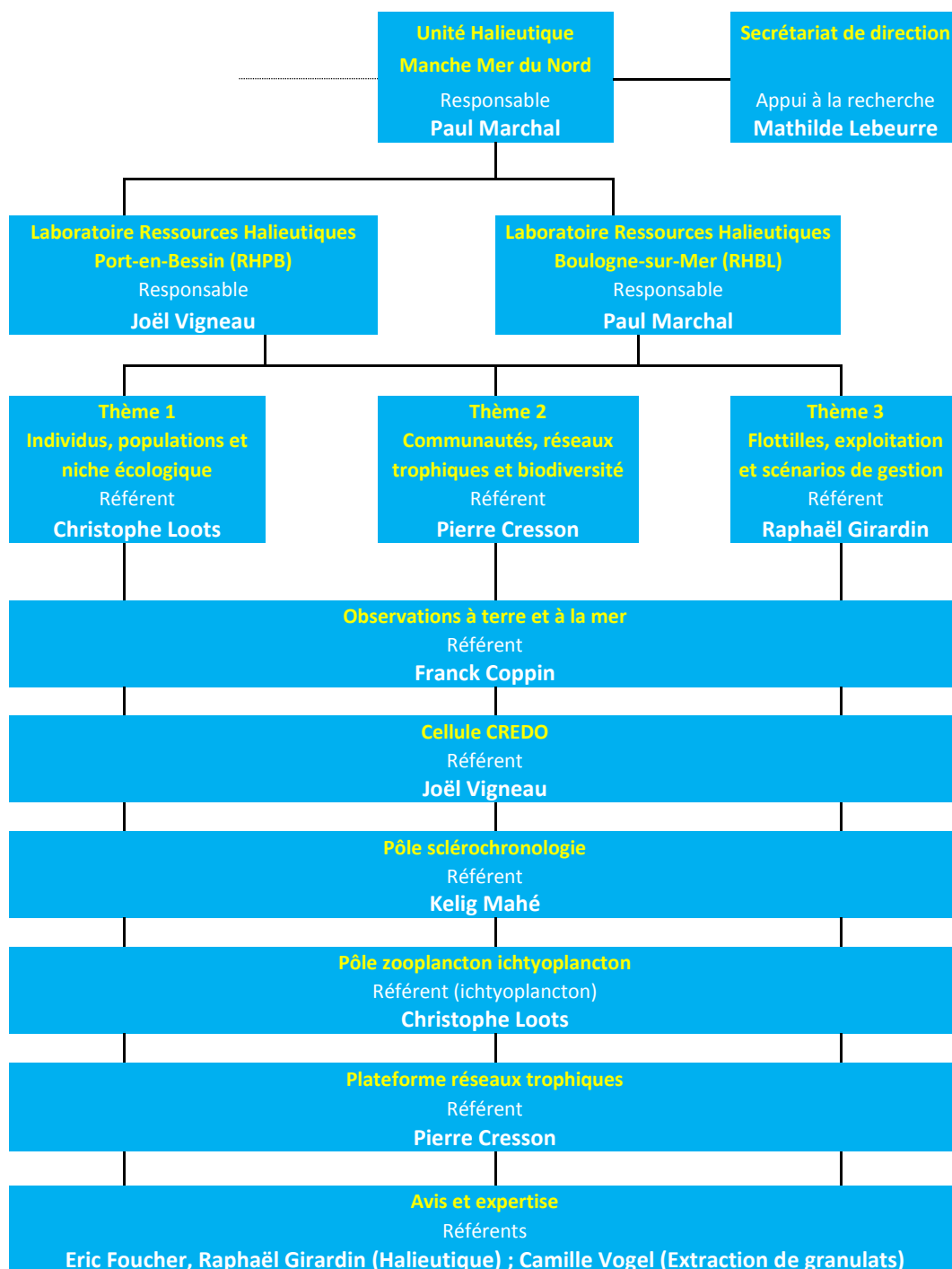


Figure 0.2. Réseau des principaux concepts (au moins 3 co-occurrences) examinés par l'équipe de l'Unité HMMN en 2019, obtenus par une analyse bibliométrique du titre et des résumés des publications issues du WOS.

1. Moyens et effectifs

1.1. Organisation de l'unité

L'organigramme de l'Unité HMMN est présenté ci-dessous.



1.2. Effectifs

Tableau de synthèse des personnels de l'unité

Personnel permanent* (dont 0 % en UMR)	30
Scientifique et technologique	
- animation scientifique et technique	2
- chercheurs (dont ayant une HDR)	11 (dont 1 HDR)
- ingénieurs recherche et développement	5
Soutien à la recherche	
- ingénieur	1
- technicien	12

- appui opérationnel Fonctions support - gestionnaire - direction	1
Personnel non permanent* (dont 0 % en UMR)	En ETP : 12
- CDD	5
- Contrats en alternance	2
- Doctorants (dont étrangers)	4 (dont 0 étranger)
- Post-doctorants (dont étrangers)	0 (dont 0 étranger)
- Professeurs rattachés	1
- Chercheurs étrangers invités	0

* présents au 31/12/2019

Tableau de l'évolution des effectifs

Nom	date de départ	date d'arrivée	raison du mouvement (retraite, MI, CSS, recrutement...)	catégorie	compétence(s)
GOASCOZ Nicolas	03/2019		MI	Technicien	Halieute
DUFOUR Jean- Louis	07/2019		Retraite	Ingénieur	Sclérochronologie
QUINQUIS Jérôme			Décès	Technicien	Halieute
MARTIN- BAILLET Victor		05/2019		Technicien	Halieute
TELLIEZ Solène		05/2019		Technicienne	Sclérochronologie
HALOUANI Ghassen		12/2019	Recrutement	Chercheur	Halieute / Modélisation écosystémique

Liste nominative par catégorie

1. Personnel permanent Ifremer (au 31/12/2018)

Nom	Prénom	Service	Poste
AUBER	Arnaud	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
BLED-DEFRUIT	Geoffrey	LRHBL	Technicien spécialisé en sclérochronologie
CABOCHE	Josselin	LRHBL	Technicien spécialisé dans l'ichtyoplancton
CHANTRE	Céline	LRHBL	Technicienne spécialisée en sclérochronologie
COCHARD	Marie-Laure	LRHPB	Ingénieure en halieutique
COPPIN	Franck	LRHBL	Ingénieur en halieutique
COUVREUR	Clémence	LRHBL	Technicienne Réseaux Trophiques
CRESSON	Pierre	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
DENAMIEL	Margaux	LRHBL	Technicienne Réseaux Trophiques
DUBROCA	Laurent	LRHPB	Ingénieur en statistiques
ELLEBOODE	Romain	LRHBL	Technicien spécialisé en sclérochronologie
ERNANDE	Bruno	LRHBL/DS	Chercheur en écologie/environnement

FOUCHER	Eric	LRHPB	Chercheur en halieutique
GIRALDO	Carolina	LRHBL	Chercheuse en écologie/environnement
GIRARDIN	Raphael	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
HALOUANI	Ghassen	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
LAZARD	Coline	LRHBL	Technicienne halieute
LEBEURRE	Mathilde	LRHBL	Assistante de direction
LEFEBVRE	Valérie	LRHBL	Technicienne spécialisée dans l'ichtyoplancton
LOOTS	Christophe	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
MAHE	Kélig	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
MARCHAL	Paul	HMMN	Responsable HMMN et LRHBL
MARTIN-BAILLET	Victor	LRHPB	Technicien halieute
PARRAD	Sophie	LRHPB	Technicienne halieute
SCHLAICH	Ivan	LRHPB	Ingénieur en halieutique
TELLIEZ	Solène	LRHBL	Technicienne spécialisée en sclérochronologie
TRIBOUILLOY	Karine	LRHBL	Technicienne spécialisée en sclérochronologie
VERIN	Yves	LRHBL	Ingénieur en halieutique
VIGNEAU	Joël	LRHPB	Responsable LRHPB
VOGEL	Camille	LRHPB	Ingénieure en halieutique

2. Personnel temporaire Ifremer en CDD (au 31/12/2018)

Nom	Prénom	Service	Poste
AMELOT	Morgane	LRHPB	Cadre halieute
CARIOU	Thibault	LRHPB	Doctorant
CHAMPAGNAT	Juliette	LRHPB	Cadre halieute
DUSSUEL	Antoine	LRHBL	Technicien sclérochronologie
FONTAINE	Virginie	LRHBL	Contrat alternance
HACHE	Alizée	LRHBL	Contrat alternance
JOLY	Léa	LRHBL	Doctorante
KERSAUDY	Thibaut	LRHBL	Technicien sclérochronologie
MORELL	Alaia	LRHBL	Doctorante
SAUGER	Carine	LRHPB	Cadre halieute
TIMMERMAN	Charles-André	LRHBL	Doctorant

3. Accueil de personnels d'autres laboratoires et organismes

Nom	Prénom	Titre
ANTAJAN	Elvire	Chercheuse du LERBL rattachée secondairement
KOUBBI	Philippe	Prof. U. Sorbonne – Rattaché à LRHBL

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.

Depuis la fin 2018, la coordination opérationnelle de la cellule CREDO a été transférée au STH/LBH avec, en appui, le recrutement d'une ingénieure. Le mandat donné à cette coordinatrice est de généraliser le processus CREDO à toutes les demandes de données du SIH, coordonner l'instruction et le suivi des demandes, assurer la traçabilité et l'optimisation de la préparation des jeux de données et assurer le développement de contrôles qualité.

L'unité HMMN continue de jouer un rôle central dans la cellule CREDO avec la coordination scientifique et la réflexion sur les futurs développements, ainsi que l'ingénierie et le traitement des données de type Obsmer, Obsventes et paramètres biologiques. L'unité contribue ainsi au fonctionnement de la cellule CREDO avec 2 cadres à 10-20% de leur temps, un ingénieur statisticien et plusieurs cadres évaluateurs de stocks pour la validation des jeux de données et l'aide au développement des méthodes utilisées. En 2019, le réseau CREDO, aidé d'experts dans tous les laboratoires halieutiques de l'Ifremer a pu traiter dans les temps impartis par les demandeurs, près de 200 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 150 stocks.

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 2019, l'Unité HMMN a piloté de nombreuses campagnes récurrentes financées par l'EU-MAP (CGFS, IBTS), le FEAMP (COMOR), IGA (CRUSTAFLAM, NOURSOM, campagnes méroplancton à Gravelines, Penly et Flamanville) et la DCSMM (NOURVEYS, NOURMONT, NOURSEINE). HMMN a en outre co-piloté avec STH Lorient plusieurs campagnes de sélectivité dans le cadre du projet SELUX, financé par le FEAMP. Enfin, elle a participé aux campagnes SRN coordonnées par l'Unité Littoral et le LER de Boulogne afin de réaliser des prélèvements et un suivi annuel de l'ichtyoplancton au niveau de la radiale de Boulogne sur Mer. Toutes ces campagnes se sont déroulées en Manche et mer du Nord.

Groupe de Travail CIEM WGIBTS

Le groupe de travail WGIBTS (International Bottom Trawl Survey) du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) 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. En 2019, la réunion s'est tenue à Den Helder (Pays-Bas), du 01 au 05 avril. Comme les années précédentes, un compte rendu synthétique des dernières campagnes réalisées et une présentation des principaux résultats sont inclus dans le rapport du groupe de travail (<https://www.ices.dk/community/groups/Pages/IBTSWG.aspx>). Pour le nouveau cycle de trois ans, les points les plus importants retenus par le groupe sont les suivants :

- Développer puis utiliser de façon pérenne un nouveau chalut commun à l'ensemble des pays participant à la campagne. L'une des recommandations du groupe était en effet la mise en place de workshops en vue de développer un nouveau chalut pour les campagnes IBTS. Une dérive technique s'est installée au fil des années entre les différents pays, induisant ainsi des biais potentiels pour les suivis spatiaux-temporels. Une partie du groupe est donc impliquée dans la mise au point d'un nouveau chalut qui offrirait la possibilité de prospecter divers types de fonds et dont la maintenance serait simplifiée. Les collègues Ecossois et Irlandais ont réalisé plusieurs essais et comparé leurs captures avec celles obtenues à partir du chalut habituellement utilisé. De nouveaux essais sont prévus pour l'été et fin automne 2019.
- Changer l'unité des indices d'abondance. Depuis quelques années, le groupe IBTS vise en effet à produire des indices non plus basés sur l'heure de chalutage mais sur la surface chalutée. Durant la réunion du groupe, un certain nombre d'analyses et d'outils ont été présentés et discutés afin d'évaluer l'effet de plusieurs paramètres tels que la durée de chalutage sur les indices calculés. Le WGIBTS a adopté la conclusion du workshop WKSABI (Workshop on Methods to develop a swept-area based effort index) qui est de produire des indices par surface chalutée, mais cela à condition que la totalité des pays participants fournissent ces données (c'est-à-dire distance chalutée et distance entre les ailes). Pour diverses raisons techniques, ces informations ne sont pas toujours disponibles et les valeurs manquantes doivent être estimées au moyen d'algorithmes. Malgré l'utilisation d'un chalut relativement commun aux différents pays, la géométrie des engins peut varier considérablement d'un pays à l'autre ou même, pour un même pays, d'une année à l'autre. Il a donc été conclu que les algorithmes d'estimation des valeurs manquantes devraient être aussi spécifiques que possible pour une combinaison donnée 'navire×pays×année'.
- Evaluer la possibilité de modifier le plan d'échantillonnage. Le Cefas (Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science) met actuellement en place un système d'évaluation de l'impact des modifications apportées au plan d'échantillonnage sur divers indicateurs. Historiquement, la collecte des données de campagne a toujours été axée sur l'uniformité dans le temps. Toutefois, en raison des pressions exercées sur les budgets des campagnes, il devient nécessaire d'adapter le déploiement spatial de l'effort d'échantillonnage et ce en ayant comme ligne de mire l'approche écosystémique des pêcheries. L'objectif du projet est d'aborder les impacts au niveau des mesures de gestion, c'est-à-dire les mortalités par pêche, les biomasses fécondes et le recrutement. A titre d'exemple, deux méthodes de réduction de moitié de l'effort d'échantillonnage ont été comparées, la première réduisant la durée de chalutage, l'autre réduisant le nombre de stations. L'une des principales conclusions de ces résultats préliminaires était qu'aucune

des deux modalités de réduction n'avait d'effet majeur sur la variabilité des indices d'évaluation (sur la base des données de mer du Nord pour 3 espèces: Merlan, Morue et Eglefin). Pour des raisons pragmatiques de réduction globale des coûts, une réduction de 50 % du nombre de stations semblait alors préférable à une réduction de 50 % de la durée de chalutage. Ces résultats doivent être étayés pour d'autres espèces et d'autres zones géographiques. Par ailleurs, des travaux visant à tester le développement de relations taille-âge spatialisées ainsi que les effets de réductions de l'effort de prélèvements d'otolithes sur l'évaluation de l'abondance aux âges en mer du Nord ont été présentés. Ces travaux doivent être poursuivis mais des résultats préliminaires semblent indiquer pour certaines espèces une possibilité de réduction significative du nombre d'otolithes prélevés sans perte significative de précision pour les estimations des abondances aux âges (e.g. pour la morue).

- Une session de présentation de résultats scientifiques issus des données acquises lors des campagnes halieutiques européennes était organisée cette année. A cette occasion, nous avons pu notamment présenter les résultats de travaux réalisés par l'Ifremer en mer du Nord ("Tropicalization of the North Sea Fish communities", Arnaud Auber), ainsi que le développement de "l'observation écosystémique" sur la campagne EVHOE ("Implementation of others ecosystem observations on EVHOE survey", Pascal Laffargue).

Développements informatiques

L'outil de traitement des données de campagnes VIVALDI étant développé en Wlangage, langage propriétaire propre à l'Atelier de Génie Logiciel Windev, il a été convenu que les fonctionnalités de Vivaldi seraient redéveloppées avec R. A cet effet, il a été décidé de donner la priorité à la fonction de formatage des données d'Allegro Campagne vers la base internationale Dattras. Cette fonctionnalité a été réalisée puis validée en collaboration avec EMH. En l'absence d'un outil plus complet de pré-traitement, la maintenance de Vivaldi se poursuivra encore au cours de l'année 2020. Concernant la bancarisation de l'historique des données des campagnes, IBTS est en cours de récupération pour les années 1980 à 1996 ainsi que les données COMOR pour l'ensemble de la série. Cette action, particulièrement chronophage, nécessite un retour vers plusieurs sources d'information différentes et va donc encore se poursuivre en 2020.

Les développements, les corrections de la base BARGEO et la mise à jour des référentiels se sont poursuivis dans l'objectif du transfert à très court terme des paramètres biologiques vers la base HARMONIE. En parallèle, une réflexion est menée concernant le développement d'un outil WEB de saisie et restitution des paramètres biologiques en remplacement de Bargeo, ainsi que pour la gestion des échantillons collectés au sein du pôle de sclérochronologie dans le but d'en améliorer la traçabilité.

Le travail réalisé autour des données liées au réseau trophique s'est poursuivi et a fait l'objet en 2019 d'un sujet de Licence Informatique (Développement d'une interface web pour la saisie et l'extraction de données des réseaux trophiques). L'outil relatif à cette formation est en cours de réalisation et doit encore être validé par l'équipe technique et le responsable de la plateforme réseaux trophiques marins.

En 2010, une base de données Access a été créée afin d'accueillir les données de la partie « hydrologie » des campagnes IBTS et CGFS. Ces données ne peuvent être hébergées dans leur ensemble dans les bases de données nationales de l'Ifremer. Cette base est maintenue à jour régulièrement et comprend à la fois les données sur les prélèvements ainsi que sur les résultats obtenus (mesures bathysonde et bouteille niskin et données de comptages plancton).

En 2017, une base de données Access a également été créée afin de regrouper les données des campagnes ichtyoplanctoniques des années 90 en Manche et sud mer du Nord (campagnes

SIPMO, SIPCO, REISE, BCD, RETROP et REPOS) avec celles des campagnes menées en 2017 (REIVE, PHYCO), 2018 (ECOPEL) et 2019 (campagnes SRN). Cette base regroupe à la fois les données de mesures hydrologiques provenant des bathysondes et bouteilles niskin, les données de comptage du plancton et les données de mesures individuelles sur les larves (morphométrie, contenus digestifs, condition...).

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 WGSSK (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 (Interreg SUMARiS, FFP SMAC, FFP VARITROPH pour ne citer que des 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 CGFS 2019 s'est déroulée sur le navire océanographique Thalassa du 15 au 27 septembre pour la partie ouest de la Manche et du 29 septembre au 17 octobre pour la partie est (Fig.1.3.1).

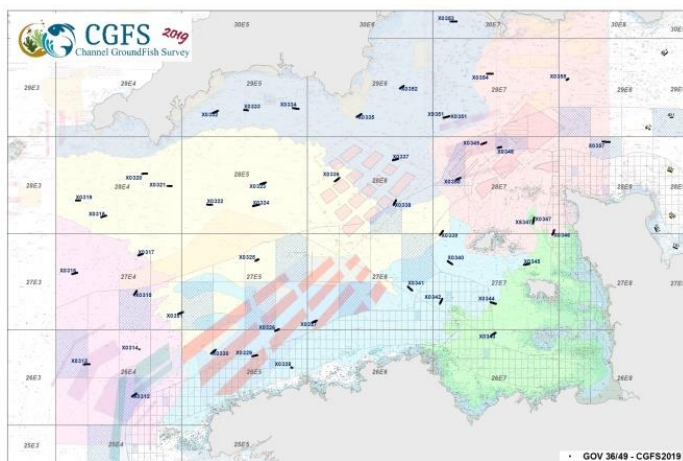


Figure 1.3.1a. Répartition des traits partie ouest

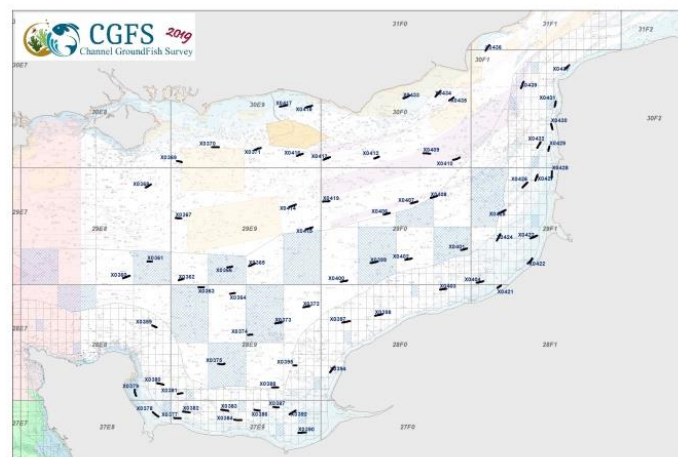


Figure 1.3.1b. Répartition des traits partie est

Au cours de la CGFS 2019 les actions suivantes ont été réalisées :

Hydrologie

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Plankton net (20µm)	1	5	Réseau trophique + isotopie + flore phytoplanctonique

Cufes	109	124	Abondance d'œufs de poissons en sub-surface
Manta	8	11	Microplastiques DCSMM
WP2	15	25	Réseau trophique, Abondance zooplanctonique
Niskin à la surface	16	25	Chlorophylle totale, MES, sels nutritifs, flore phytoplanctonique, Réseau trophique (isotopie)
Fluoroprobe	24	80	Caractérisation des différents groupes phytoplanctoniques
Bathysonde	46	80	Température, salinité, pH, Fluorescence, Par (irradiance), Oxygène, Turbidité, profondeur
MIK	21	7	Prélèvement de larves de langouste en manche Ouest et de poisson en manche Est
Cytomètre en flux	En continu	En continu	Taille, forme, fluorescence, comptage et classification des particules phytoplanctoniques
Fluoromètre FRRF		En continu	Taille, forme, fluorescence, comptage et classification des particules phytoplanctoniques

Station de chalutage

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Station chalutage	51 traits 2 invalides 2 réplias	72 traits 3 annulés 6 invalides	
Prélèvement pièces calcifiées	960	1348	
MNHN	194 individus		Biométrie, prélèvement génétique et isotopique sur différentes espèces de chondrichthyens
APECS	43 individus	355 individus	Marquage de <i>Mustelus</i> sp., raie bouclée et requin hà
Mensuration	24490 individus	34524 individus	

Acquisitions bathymétriques

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Sondeur ME70	9	14	Développements méthodologiques pour la caractérisation des fonds

Pour la partie est de la Manche, l'abondance moyenne de poisson par trait (7 285) est proche de celle enregistrée en 2018 (7 160). Par contre, la biomasse moyenne augmente, passant de 376 kilogrammes en 2018 à 549 kilogrammes cette année. Les espèces pélagiques telles que

le chinchard (*Trachurus trachurus*) et le maquereau (*Scomber scombrus*) sont fortement dominantes en abondance, représentant respectivement 41.08% et 20.73% du nombre total d'individus capturés. Parmi les autres espèces, la pétoncle (*Aequipecten opercularis*) est aussi très présente en abondance avec une dominance de 6.17%. Les espèces démersales les plus abondantes sont le petit tcaud (*Trisopterus minutus*) et le merlan (*Merlangius merlangus*), qui représentent respectivement 3.57 % et 1.73% de l'abondance globale. Concernant la dominance en poids, le maquereau et le chinchard représentent 60% du poids total de poissons capturés cette année. Les espèces démersales ayant la plus forte dominance en poids, sont la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) et la raie bouclée (*Raja clavata*). De manière générale, la répartition géographique des abondances est bien corrélée à celle des biomasses. Les zones les plus importantes se situent principalement le long des côtes françaises de Boulogne sur mer à Dieppe, en baie de Rye côté anglais et enfin en baie des Veys où l'on peut observer un décalage entre abondance et biomasse dû à la capture d'individus de petite taille. Quarante-vingt-dix espèces de poisson ont été identifiées au cours de la CGFS 2019 en Manche orientale. C'est principalement le long du littoral que la richesse spécifique est la plus forte.

En termes d'occurrence, parmi les poissons les plus largement distribués, on retrouve la plupart des espèces à forte dominance telles que le chinchard et le maquereau mais aussi, pour les poissons démersaux, la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*), la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*), le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) et le Saint Pierre (*Zeus faber*). Pour les céphalopodes l'encornet commun (*Loligo vulgaris*) et la seiche (*Sepia officinalis*) sont présents dans près de 90% des stations de chalutage. A noter aussi pour 2019, une occurrence importante de l'araignée (*Maja brachydactyla*), présente dans 83% des traits.

En Manche Ouest, le nombre moyen d'individus capturés par trait en 2019 (10 796) est moins élevé qu'en 2018 (13 360). Ceci est dû à l'inflexion de l'abondance des espèces pélagiques telles que le chinchard, le maquereau et la sardine. Elles représentent toutefois à elles seules près de 69% de la dominance en nombre. Cette diminution d'abondance des espèces pélagiques peut être expliquée par la baisse de la vitesse de chalutage en 2019, qui permet à ces espèces de s'échapper plus facilement. A la suite de la campagne CGFS de 2018, il a été décidé de privilégier un bon contact du bourrelet sur le fond, afin de favoriser la capturabilité des espèces benthodémersales. On observe une augmentation significative du petit tcaud. Les espèces démersales commerciales de plus forte dominance sont l'encornet veiné (*Loligo forbesii*) et le merlan avec un nombre d'individus ne représentant toutefois respectivement que 2% et 1.3% du nombre total capturé. La biomasse moyenne par trait en 2019 (524 kilos) est légèrement supérieure à 2018 (479 kilos). Cette augmentation est notamment influencée par un apport de biomasse de l'aiguillat commun (*Squalus acanthias*) dont la capture a été essentiellement réalisée sur un trait. On retrouve d'ailleurs cette espèce parmi celles de plus forte dominance en poids ainsi que les espèces pélagiques les plus abondantes. Enfin, les espèces démersales commerciales de plus forte biomasse sont l'églefin (*Melanogrammus aeglefinus*) et le merlan avec respectivement 3% et 2.75% du poids total.

La campagne IBTS

Le N/O Thalassa a quitté Boulogne-sur-Mer le 22 janvier 2019 pour commencer les travaux en Manche Est avant de rejoindre les côtes néerlandaises et allemandes. Après une escale le 25 janvier aux Pays-Bas, les travaux ont repris au large des côtes anglaises pour se terminer à Boulogne-sur-Mer le 13 février au soir (Figure 1.3.2). Cette année, la campagne s'est déroulée sur 20 jours de mer.

La campagne IBTS est coordonnée par le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) et est réalisée annuellement en collaboration avec 6 autres pays riverains de la Mer du Nord. Le principal objectif de la campagne est de recueillir des données permettant le calcul des indices d'abondance des principales espèces de poissons commerciaux exploitées en Mer du Nord. Cependant, avec l'essor de l'approche écosystémique des pêcheries, c'est l'ensemble de l'écosystème (réseau trophique et environnement abiotique) qui est étudié, notamment au travers de travaux/collectes complémentaires :

- *Œufs de poissons*. Depuis 2006, un échantillonnage en continu à l'aide du CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampling) permet notamment d'étudier la répartition des œufs de poissons présents en sub-surface. Depuis 2012, la distribution des œufs présents sur l'ensemble de la colonne d'eau est quant à elle étudiée à l'aide d'un filet de maille 305 µm (Mikey M Net) accroché sur le cadre du MIK. Ces prélèvements sont coordonnés par le groupe de travail du CIEM WGSINS (Working Group on Surveys on Ichthyoplankton in the North Sea and adjacent Seas) et permettent d'approfondir les connaissances sur les habitats de ponte des espèces importantes en Mer du Nord et en Manche.

- *Larves de poissons*. Depuis 1996, un échantillonnage de nuit est réalisé à l'aide d'un filet de type MIK (Methot Isaak Kidd) afin de collecter les larves de clupeidés (hareng, sardine) présents sur la zone. Les abondances des larves de hareng obtenues servent à calculer un indice de recrutement du hareng de la mer du Nord pour le groupe d'évaluation du hareng (HAWG). Depuis 2008, toutes les larves sont identifiées ce qui permet d'une part d'étudier l'écologie ichtyoplantonique au niveau spécifique, populationnel et des communautés et d'autre part permettra de fournir des indices de recrutement pour d'autres espèces comme la limande sole.

- *Macroinvertébrés benthiques*. En raison des fortes pressions engendrées 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 sus 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 la 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 2019 :

- Chalut de fond (GOV) : 54 stations dont 2 traits invalides
- Filet à larves (MIK) : 103 stations
- Stations hydrologiques et échantillonnage de zooplancton et phytoplancton : 163 stations.
- Observation des oiseaux et mammifères marins en Manche
- Enregistrement des données acoustiques
- Echantillons d'œufs : 216

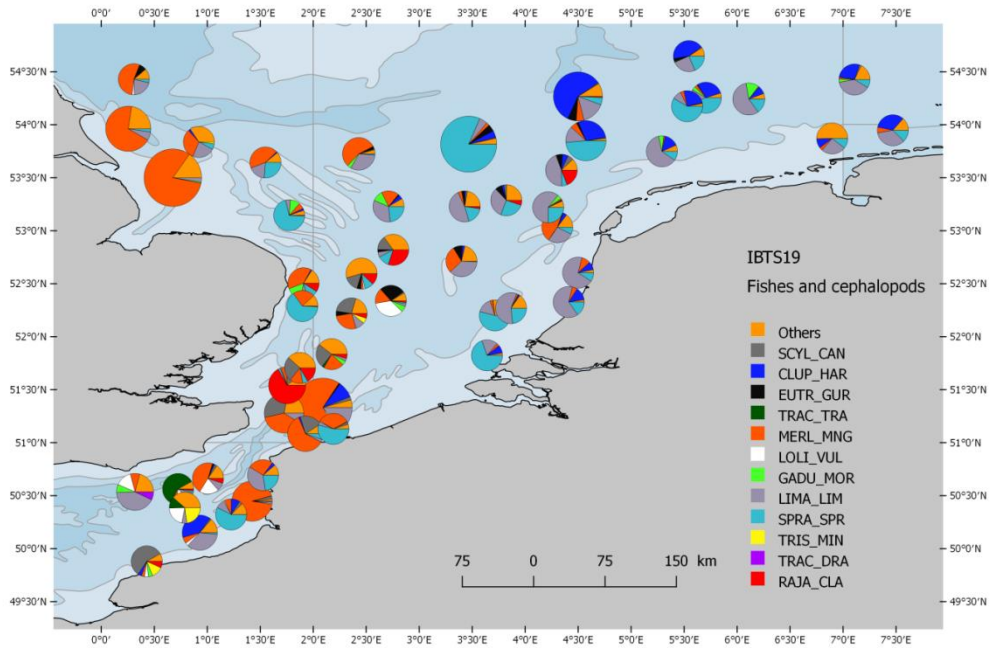


Figure 1.3.2. Zone échantillonnée par le N/O Thalassa durant la campagne IBTS2019.

La Figure 1.3.3 présente les indices de recrutement (âge 1) pour trois espèces commerciales principales. Ces résultats sont basés sur les 364 traits réalisés par les 7 pays impliqués dans la campagne.

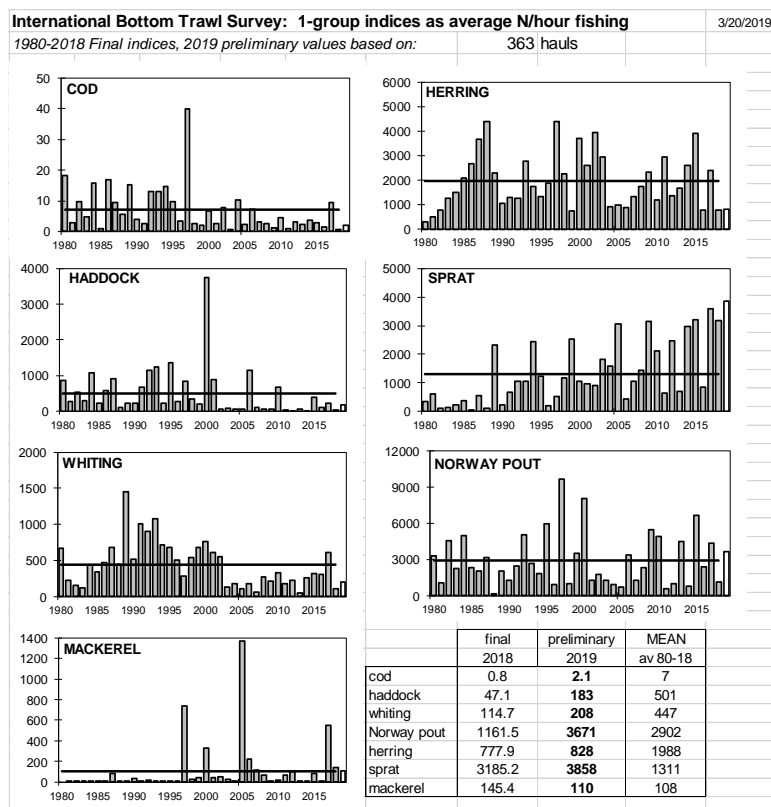


Figure 1.3.3. Indices de recrutement (âge 1) calculés à partir des données des campagnes IBTS 2019. De 1980 à 2018 = indice final. Pour 2019 = indice préliminaire.

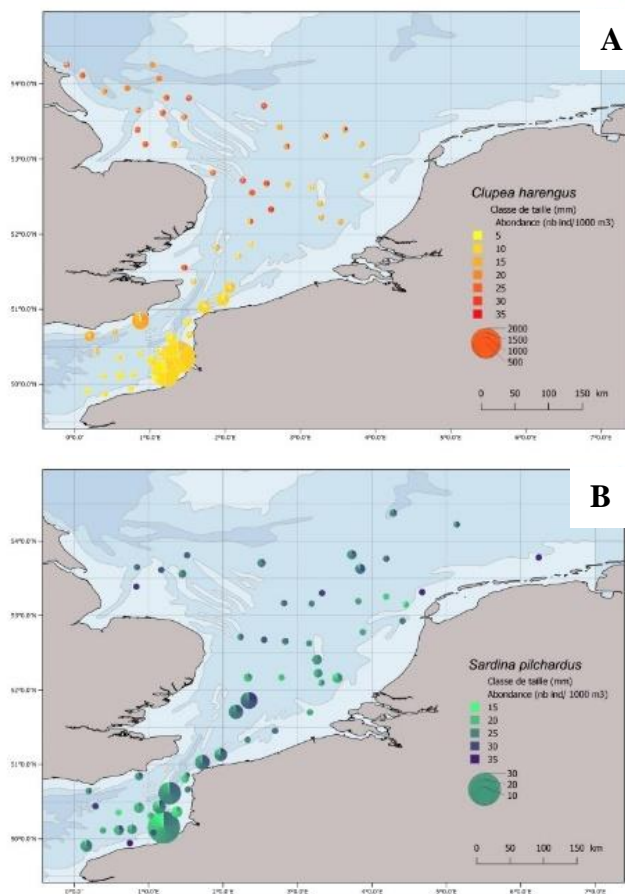


Figure 1.3.4 : Distribution spatiale des larves de clupéidés collectées au filet à larves MIK (A : *Clupea harengus*, B : *Sardina pilchardus*)

La campagne COMOR

Les campagnes scientifiques COMOR (COquilles Manche ORientale) ont pour objectif majeur de procéder à l'évaluation directe du stock de coquilles Saint-Jacques de la baie de Seine (gisement classé) et de la zone nord directement limitrophe au gisement classé, que nous appelons « Proche Extérieur ». Cette évaluation, opérée à bord du N/O Thalia (Figure 1.3.4), navire de la Flotte Océanographique Française, repose sur un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié, chaque carré de 1 mille de côté représentant une unité d'échantillonnage.



Figure 1.3.4. Navire Océanographique Thalia.

La campagne COMOR49 a eu lieu cette année du 02 au 20 juillet 2019 (correspondant à 15 jours de mer effectifs, répartis en trois périodes de 5 jours chacune), avec des conditions météorologiques globalement bonnes. La totalité du plan d'échantillonnage (156 traits) a pu être réalisée, ainsi que plusieurs traits supplémentaires hors échantillonnage. Sur l'ensemble de la campagne, 170 traits ont au total été effectués : 100 traits valides en Baie de Seine, 57 dans le Proche Extérieur, 11 hors échantillonnage (2 traits supplémentaires à l'extérieur hors zone de prospection sur les points de suivi ASP correspondant aux zones 9 et 12, et 9 traits supplémentaires entre la côte du Calvados et le sud de la zone de prospection) et 2 traits nuls. La couverture géographique de la zone est complète cette année (Figure 1.3.5).

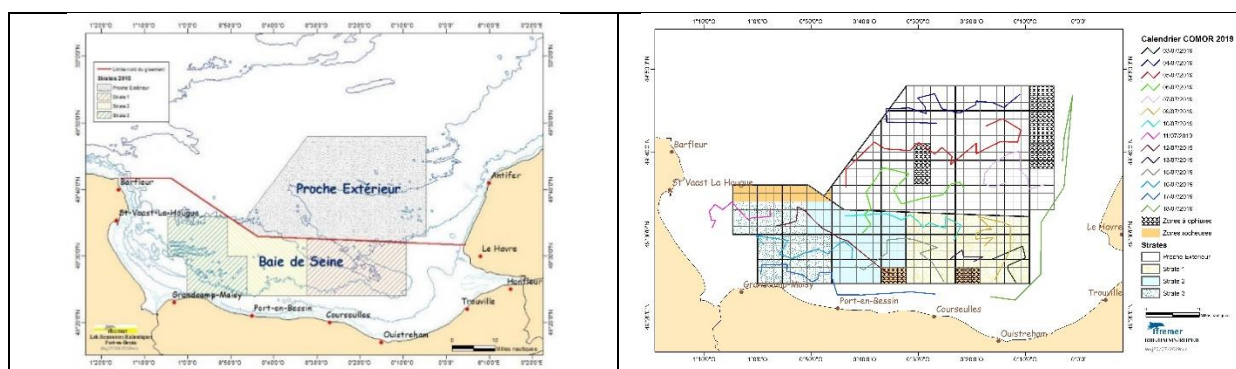


Figure 1.3.5. Gisement de coquilles Saint-Jacques de la baie de Seine (gisement classé et proche extérieur de la baie de Seine jusqu'à la latitude 49°48) et points d'échantillonnage réalisés lors de la campagne COMOR2019.

L'évaluation du stock de coquilles Saint-Jacques a montré en 2019 que, si la biomasse à l'intérieur du gisement classé de la baie de Seine a diminué de 54% par rapport à 2018 (qui constitue le niveau record absolu de la série chronologique), elle demeure d'un bon niveau. Dans la partie extérieure de la baie de Seine, le niveau de biomasse est en légère progression, mais il est encore inférieur à la moyenne 2008-2018. En Baie de Seine, les indices d'abondance des juvéniles de 1 an, des recrues de 2 ans et des coquilles adultes de 3 ans et plus sont toujours très bons. La biomasse totale disponible en Baie de Seine (Figure 1.3.6) a été estimée en 2019 à 23634 tonnes (entre des valeurs minimale et maximale respectivement de 19939 t et 27989 t, pour un intervalle de confiance à 95%). S'il n'atteint pas le record historique de l'année précédente, le niveau atteint par cette biomasse en Baie de Seine est à nouveau excellent, le 4^{ème} plus élevé de la série historique, confirmant la bonne santé de ce stock.

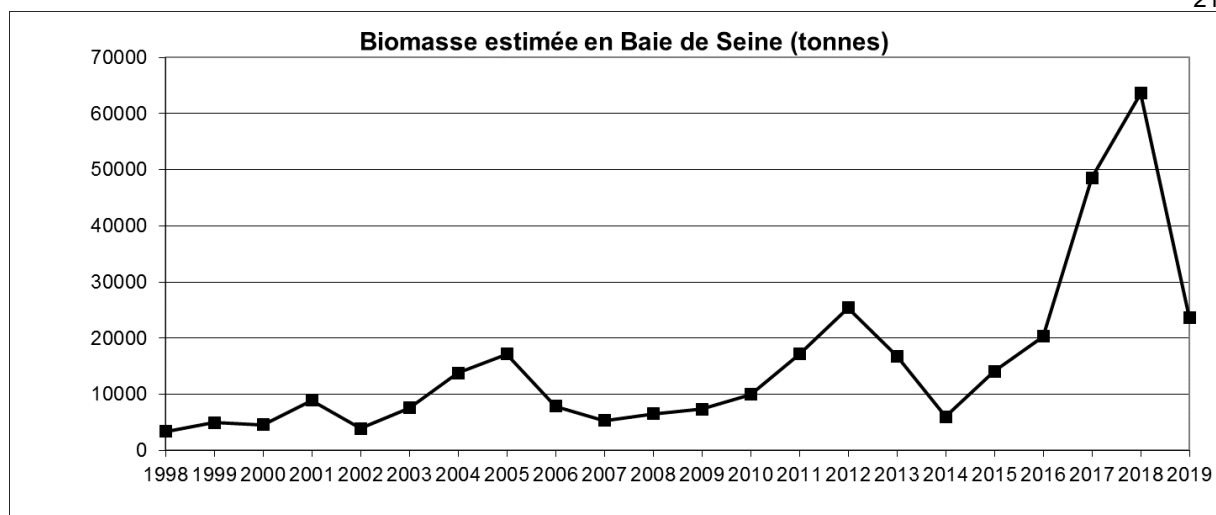


Figure 1.3.6. Biomasse exploitable pour le gisement classé de la Baie de Seine et pour l'extérieur de la Baie de Seine de 1998 à 2019.

La répartition sur le fond de cette biomasse est cette année relativement homogène entre les différentes zones de la Baie de Seine (12 610 t, 4 797 t et 6 227 t d'est en ouest), les zones les plus riches étant concentrées cette année à l'est de la baie (Figure 1.3.7). Les juvéniles étant davantage concentrés dans la partie centrale, c'est cette zone qui a été cette année choisie pour rester en jachère biologique tout au long de la saison de pêche.

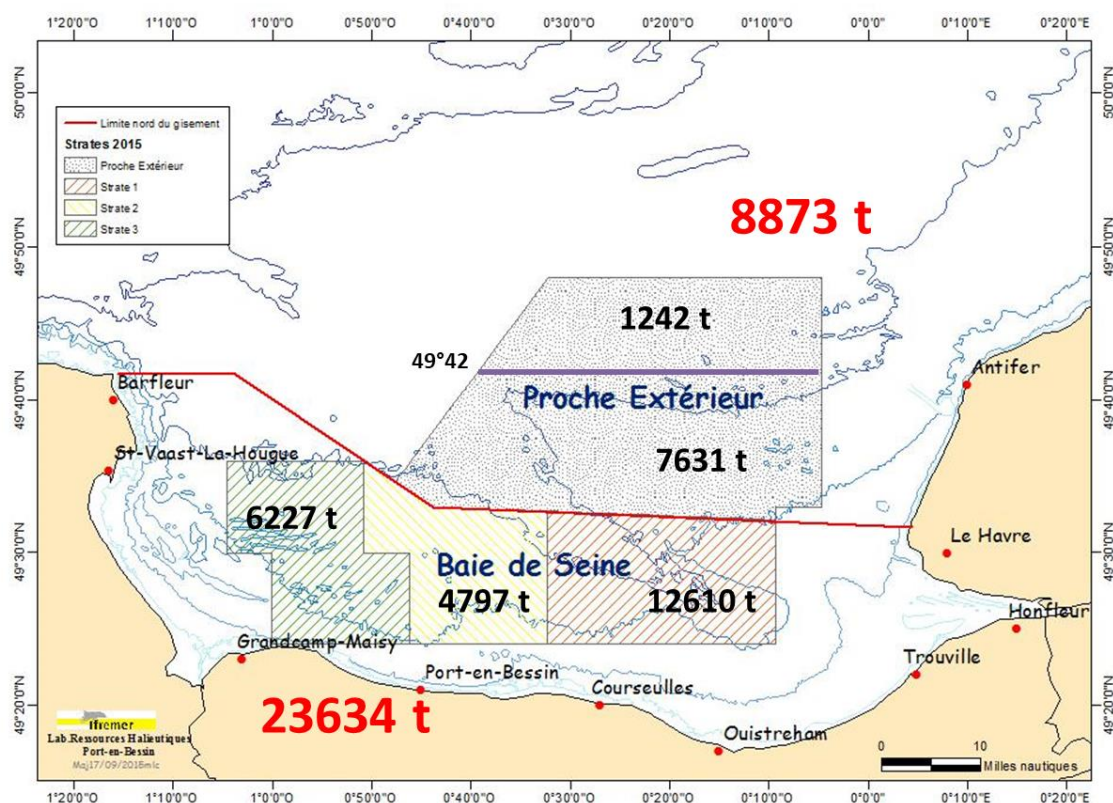


Figure 1.3.7. Distribution géographique de la biomasse exploitable en Baie de Seine en juillet 2018.

La campagne COMOR 2017-2019 est co-financée par le FEAMP Mesure 28 (80%) et FFP (20%). Le projet COMOR 2020-2022 a été proposé à l'AO du FEAMP 2019, sur une base identique, et accepté en décembre 2019.

Foucher Eric (2019). Evaluation du stock de coquilles Saint-Jacques *Pecten maximus* du gisement de la baie de Seine. Résultats de la campagne de prospection COMOR 2019 (2 au 20 juillet 2019). Convention PFEA280017DM0250009. <https://doi.org/10.13155/62739>

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 au fonctionnement du CNPE de Flamanville. À 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 dans le cantonnement 2003-2016 (CMR).

La création en 2000 d'un cantonnement de 1,2 km² 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 (Fig.1.3.8).

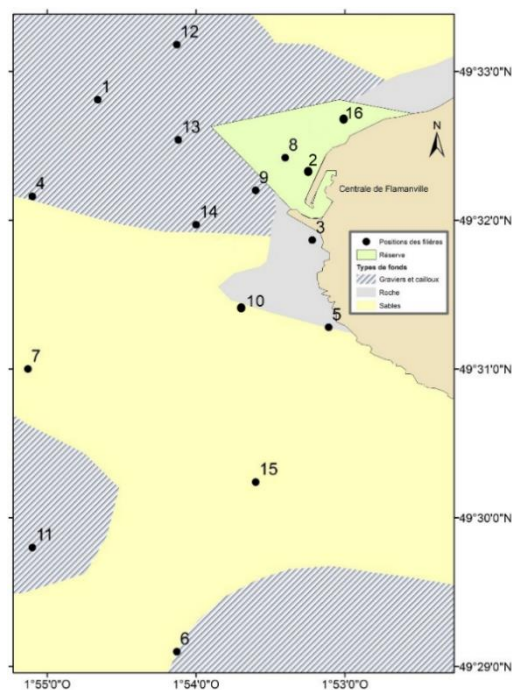


Figure 1.3.8. Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larsonneur) et localisation des points échantillonnés.

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. Afin d'en évaluer l'impact sur la communauté des crustacés, une étude spécifique a été proposée et acceptée par EDF en début d'année 2019. Un rapport d'expertise a été transmis à EDF en décembre dernier.

En 2019, les échantillonnages ont été réalisés pendant quatre jours, les semaines 24 et 37 à bord du navire professionnel Bleiz Mor basé à Dielette. Depuis dix ans les indices montrent que sur l'ensemble des points de prélèvement situés en dehors du cantonnement, la population est essentiellement composée de petits individus dont une grande partie du spectre de taille est majoritairement en dessous de la taille commerciale (Fig.1.3.9). Parallèlement, la classe 87-97 bénéficie des bons recrutements des années antérieures avec un indice 2019 parmi les plus hauts de la série historique. Elle constitue la partie exploitable la plus abondante de la population. Le faible nombre d'individus capturés dans la partie supérieure du spectre de taille montre une exploitation importante du homard avec des CPUE en diminution.

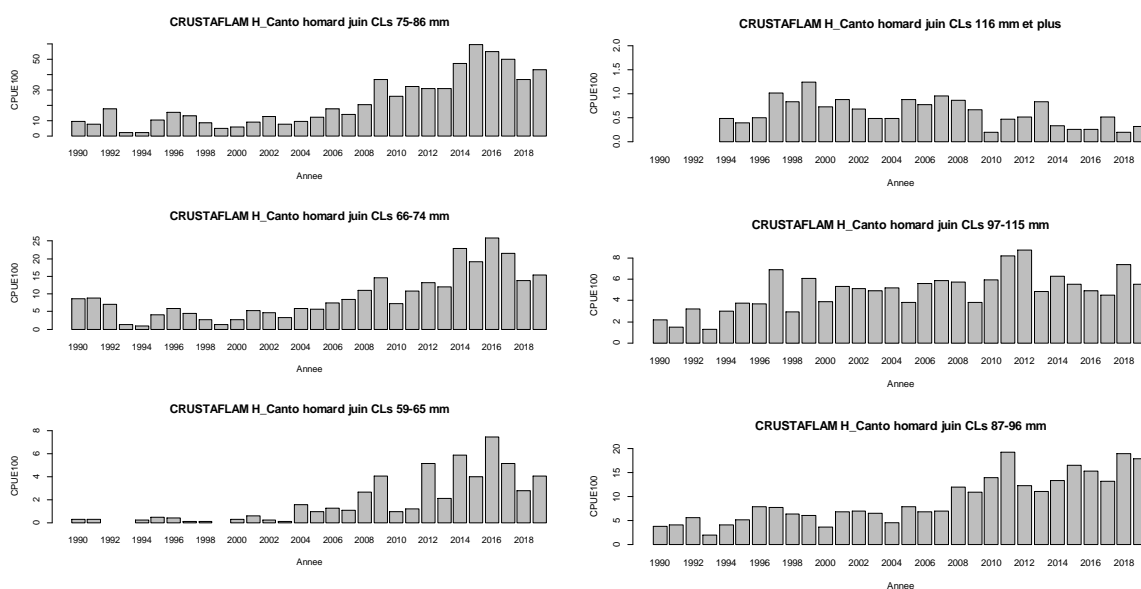


Figure 1.3.9. Abondance des homards par classe de taille en dehors de la réserve depuis 1990.

En ce qui concerne le tourteau, les rendements ont fortement diminué depuis 2016.

L'analyse des données concernant la communauté des crustacés pour la période 1985-2019 a fait l'objet d'une synthèse intégrée dans le rapport de surveillance du CNPE de Flamanville dont la version définitive sera remise à EDF fin mai 2020.

L'ensemble des données collectées est archivé depuis 2019 dans la base Harmonie.

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 deux ans (groupes 0 et 1), 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

pour sept espèces d'intérêt commercial qui puisse être lié aux rejets d'eau chaude (maximum 35°C) et chlorée du CNPE de Penly. À cette fin, un certain nombre d'indicateurs sont élaborés à partir des données récoltées au cours de chacune des campagnes réalisées à bord de deux navires professionnels du Hourdel :

- répartition et abondance de cinq poissons (sole, plie, limande, sprat, sardine) et deux crustacés (crevette, étrille)
- indices d'abondance par groupe d'âge
- estimation directe du recrutement et de ses variations

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

En 2019, 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. Les données de température et salinité sont collectées à chaque trait.

Cette dernière année est caractérisée par une très faible quantité de poissons plats capturés et tout particulièrement en ce qui concerne les juvéniles de sole et de plie (Fig.1.3.10). Les indices des groupes 0 et 1 sont parmi les plus faibles de la série historique commencée en 1987.

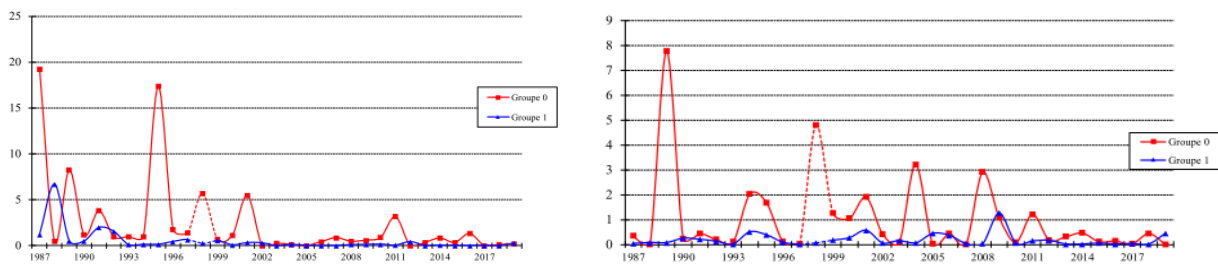


Figure 1.3.10. Densité moyenne de sole et de plie (nbre ind. pour 1000 m²).

La densité globale en crevettes grises observée en 2019 (principalement dans la baie) est extrêmement faible comparée aux deux années précédentes. L'indice enregistré cette année est situé au plus bas de la série historique commencée en 1987.

Un rapport définitif sera rendu à EDF fin mai 2020.

Le laboratoire profite de cette campagne pour améliorer les connaissances sur les peuplements ichtyologiques des estuaires en prenant en charge la saisie des autres espèces capturées et non utilisées dans le cadre de la surveillance du CNPE de Penly. Ces données sont valorisées au travers de publications et sont utilisées par le groupe de travail WGNSSK qui intègre l'indice de recrutement de la sole pour l'évaluation du stock de la zone CIEM 7D.

L'ensemble des données collectées est archivé depuis 2019 dans la base Harmonie.

La campagne NOURSEINE

La campagne NOURSEINE 2019 constitue la troisième et dernière édition des campagnes de suivi de la nurricerie de l'estuaire de Seine et de la baie de Seine orientale effectuées dans le cadre du projet FEAMP 2017-2020 NOURSEINE (mesure 40a). Il s'agit de poursuivre la série historique existante (1995-2002, 2008-2010 et enfin 2017-2019), avant sa pérennisation dans le cadre du programme de mesure de la DSCMM à partir de 2020. La zone d'étude s'étend de l'aval du pont de Normandie à l'est, jusqu'à l'isobathe des 20 m, avec une limite ouest au niveau de l'estuaire de l'Orne et une limite nord au cap d'Antifer (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 1.3.11).

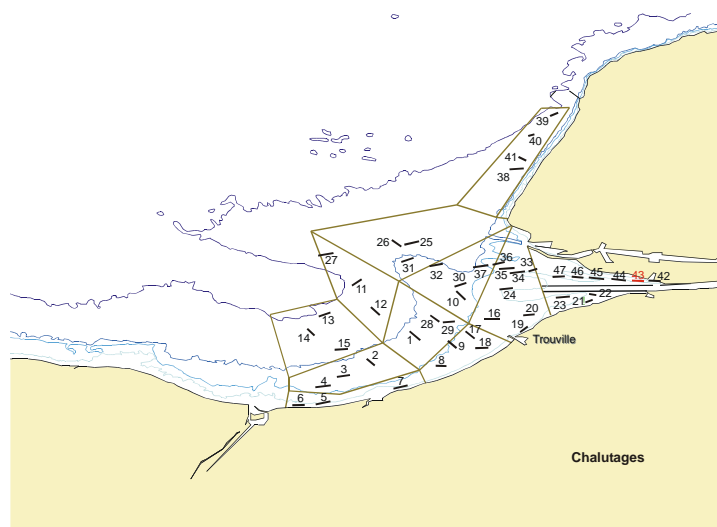


Figure 1.3.11. Localisation des traits de chalut effectués dans le cadre de la campagne NourSeine 2019.

La campagne s'est déroulée du 6 au 10 septembre 2019, à bord du « Petit Bambino » (CN 711191). 4 personnels scientifiques étaient embarqués en plus du capitaine et du matelot. Le protocole de collecte des données est détaillé dans le rapport de Morin et Schlaich (2004) Comme engagé l'année précédente et pour respecter le protocole national des campagnes de suivi des nourriceries, 2 balances ont été embarquées afin de peser la totalité des captures à chaque trait et celui de chaque espèce prise individuellement (Delaunay and Brind'Amour, 2018). Les gélatineux ainsi que les macro-déchets ont été dénombrés et enregistrés sur une base de données spécifique pour les besoins de la DCSMM.

Au total, ce sont 48 traits de chalut à perche (de 2 ou 3 mètres) qui ont été réalisés. A chaque trait, les paramètres hydrologiques (température, sonde, salinité) sont relevés. Le rapport de campagne est en cours de rédaction (Parrad et al., *en révision*).

Les campagnes DCSMM : NOURMONT et NOURVEYS

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre stratégique pour le milieu marin (DCSMM), le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) 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.

La campagne NOURMONT

À cette fin, la seconde campagne Nourmont a été initialement programmée comme chaque année en fin d'été, selon le plan d'échantillonnage suivant (Fig.1.3.12), dans le secteur de la baie du Mont Saint Michel. Les conditions météorologiques particulièrement défavorables en

fin d'année 2019 nous ont amenés à reporter notre prospection sur deux périodes distinctes. La première partie normande les 24 et 25 octobre avec le Celtic Warrior et la partie bretonne le 6 novembre à bord du navire Louis Fage du MNHN de Dinard.

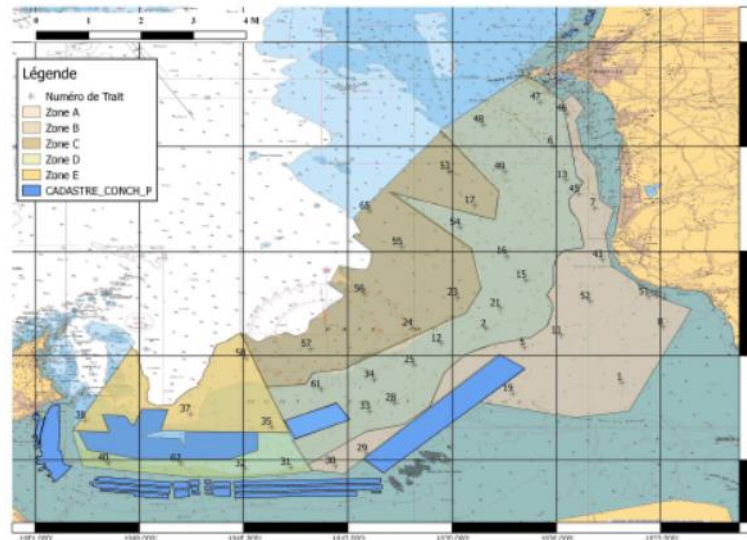


Figure 1.3.12. Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Nourmont.

La zone couverte par la campagne 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. En 2019, 35 traits ont été retenus pour permettre la réalisation de la campagne en trois jours et couvrir de façon proportionnelle chacune des strates. Les données sont saisies avec le logiciel Tutti et bancarisées dans la base de données Harmonie. Des indicateurs portant sur les estimations d'abondance et de biomasse des espèces et de groupes d'espèces ont été réalisés à partir de l'outil de traitement des données de campagnes VIVALDI ou du logiciel R. Certains sont déjà calculés en routine pour d'autres campagnes et rendus disponibles sur le site internet du SIH.

Un rapport de campagne est transmis aux financeurs (agences de l'eau Seine Normandie et Loire Bretagne) début avril et une synthèse sera remise comme chaque année fin septembre. Elle présentera les principaux résultats (richesse spécifique, abondance des espèces de poissons et de la faune benthique, paramètres hydrologiques, gélatineux, déchets) des trois premières années de prospection. Il s'agit de poursuivre la série historique jusqu'en 2022 avant d'envisager sa continuité et sa périodicité au sein de la DCSMM avec un financement des agences de l'eau.

SCHLAICH I., BEAUDRIER J., 2019. Rapport de campagne des nourriceries côtières : Rapport des campagnes Nourmont 2017-2018. RST RBE/HMMN/LRHPEB/19-02.

SCHLAICH I., avril 2020. Rapport de campagne des nourriceries côtières : Rapport de fin de campagne Nourmont 2019.

La campagne NOURVEYS

La campagne Nourveys sera réalisée tous les deux ans à partir de 2019 en collaboration avec la CSLN¹ qui prendra en charge un tiers des prélèvements (stations commençant par N) effectués en mer.

¹ Cellule du Suivi du Littoral Normand

La zone de prospection (Fig.1.3.13) se situe au sud-ouest d'une ligne reliant Saint Vaast la Hougue à la Pointe du Hoc. La partie échantillonnée s'étend de la limite basse de la zone intertidale à la sonde des 20 m.

Les trente points de prélèvement potentiellement réalisables sont en principe positionnés par tirage aléatoire, mais les traînes connues des professionnels ont été utilisées en priorité afin d'éviter les « croches » qui endommageraient le matériel. À partir de ce nombre de traits et en fonction d'un nombre minimum de prélèvements à réaliser dans chaque strate bathymétrique, la durée programmée de la mission est de 3 jours.

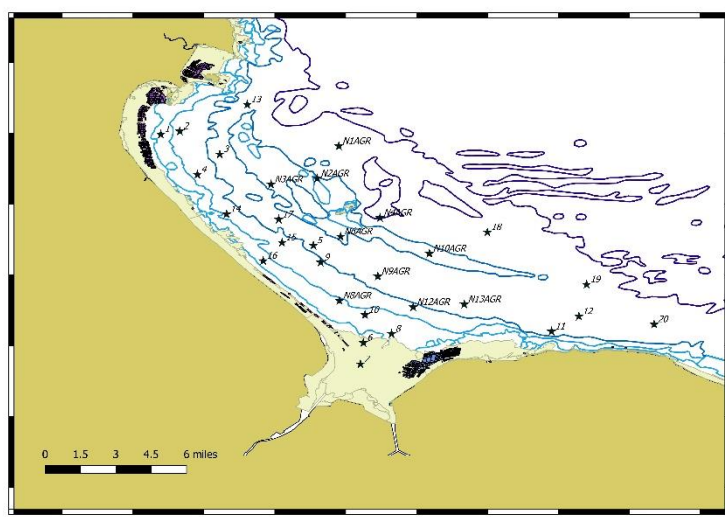


Figure 1.3.13. Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Nourveys.

La campagne a été optimisée pour répondre aux objectifs de gestion Natura 2000 sur ce site classé en mer. Elle a été réalisée du 21 au 23 septembre 2019, à bord du Celtic Warrior avec 2 personnels scientifiques et deux hommes d'équipage. Au total, 35 traits de chalut à perche de 3 mètres ont été réalisés dont 10 par la CSLN. À chaque trait, les paramètres hydrologiques (température, sonde, salinité et oxygène) sont enregistrés. Comme pour les autres campagnes DCSMM, tous les poissons sont mesurés, pesés et sexés pour les sélaciens. La majorité des espèces de la macrofaune benthique est déterminée, les déchets identifiés et les gélatineux comptabilisés.

Les données sont bancarisées dans la base de données Harmonie.

Un rapport est transmis à l'agence de l'eau Seine Normandie qui finance en partie la campagne pour début avril et une synthèse sera remise fin septembre. Elle présentera les résultats des principaux indicateurs dont certains sont déjà calculés en routine pour d'autres campagnes et rendus disponibles sur le site internet du SIH. Il s'agit maintenant de poursuivre la série historique en l'intégrant dans une campagne NourManche à partir de 2022 avant d'envisager sa continuité et sa périodicité au sein de la DCSMM avec un financement de l'agence de l'eau.

SCHLAICH I., PARRAD S., avril 2020. Rapport de campagne des nourriceries côtières : Rapport de fin de campagne Nourveys 2019.

Les campagnes méroplancton

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 les larves de crevette grise 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'aménée, 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 1.3.14).

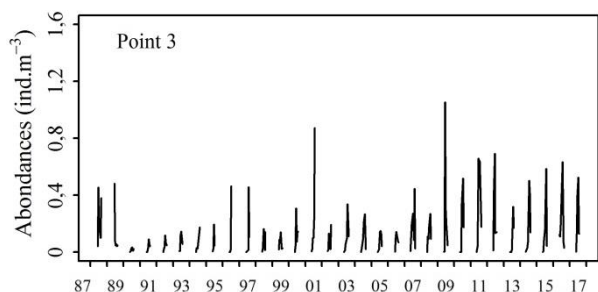


Figure 1.3.14. Evolution des abondances de larves d'araignée de mer au niveau de Flamanville depuis 1987.

Depuis Janvier 2019, des prélèvements d'œufs et de larves de poissons sont réalisés dans le cadre du suivi régional des nutriments (SRN) coordonné par l'unité littorale et le laboratoire Environnement Ressources de Boulogne sur Mer. Ces prélèvements sont collectés au niveau des trois points de la radiale de Boulogne sur Mer à raison d'une ou deux fois par mois. Ces prélèvements permettront de suivre les variations saisonnières de la communauté ichtyoplanctonique (Figure 1.3.15) en relation avec les conditions environnementales aussi bien du point de vue des abondances que de la condition larvaire au niveau plurispécifique. Des prélèvements de mésozooplancton au WP2 sont également effectués afin de disposer d'informations sur les successions saisonnières des premiers maillons de la chaîne trophique.

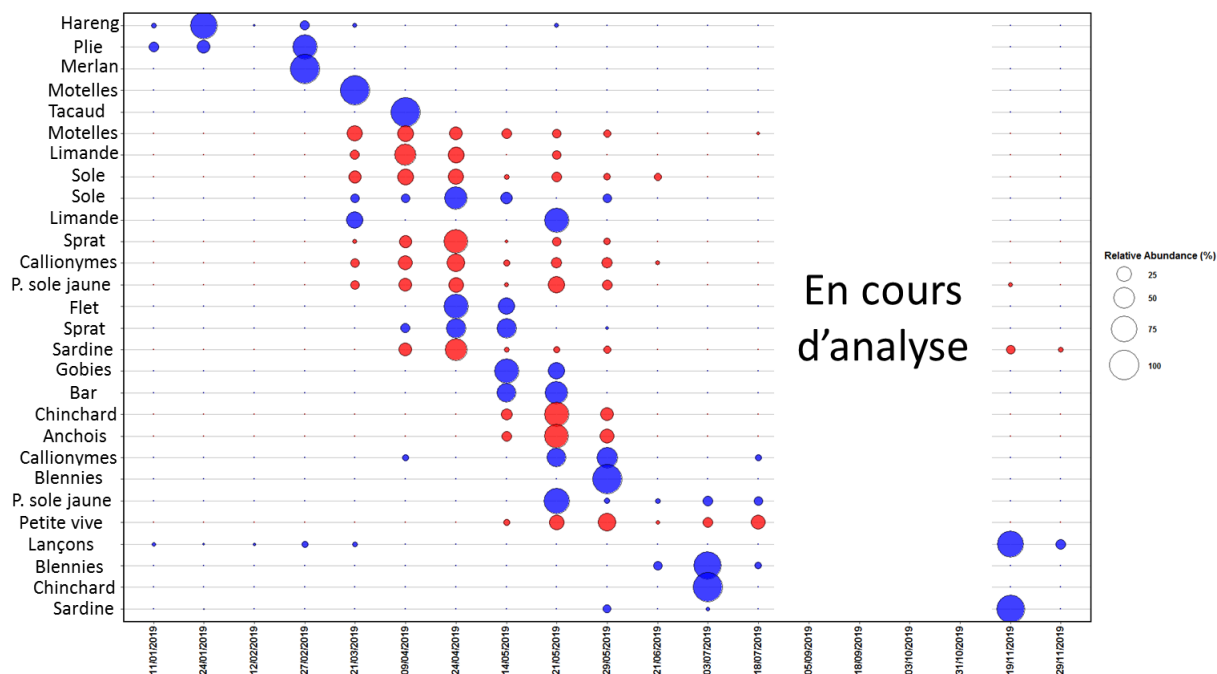


Figure 1.3.15. Résultats préliminaires sur la succession saisonnière des œufs (rouge) et larves (bleu) de poissons au niveau du point côte de la radiale SRN de Boulogne sur mer en 2019.

Les campagnes SELUX

La mise en œuvre de l'Obligation de Débarquement prévue par le règlement CE 1380/2013 art.15 contraint les chalutiers pêchant en Manche et sud Mer du Nord à réduire leurs rejets. Cette flottille cible de nombreuses espèces, dont les tailles minimales au débarquement (TMRC) sont variables (Exemple : en Manche Est : maquereau 20cm / merlan 27cm / cabillaud 35cm).

Il est donc important de trouver une solution pour réduire les rejets tout en conservant les captures commerciales. Le projet SELUX vise ainsi à tester de nouveaux dispositifs sélectifs en utilisant la lumière. Couplés à d'autres dispositifs sélectifs existants, les dispositifs lumineux semblent attirer ou au contraire repousser certaines espèces de poissons. L'Organisation de Producteurs FROM-Nord, en partenariat avec les unités HMMN et STH de l'IFREMER, propose de tester différents dispositifs sélectifs (PMC ou T90) accompagnés de lumière. Dans ce cadre, deux dispositifs lumineux ont été développés et testés : un cercle lumineux à LED et du fil fluorescent. Ces deux outils, récemment créés, sont le fruit du savoir-faire de deux partenaires du projet : SAFETY NET et Le Drezen. Deux marées tests réalisées en avril et mai 2019 ont permis dans un premier temps d'évaluer l'ensemble des scénarios et couplages possibles. L'installation de caméras dans le chalut a permis d'obtenir des premiers résultats. Après analyse automatisée par vidéo et analyse par comptage manuel, les dispositifs lumineux ont été améliorés et adaptés à la pêche ciblée. Les couplages les plus pertinents ont été testés, séparément, lors de marées complètes sur les chalutiers réalisées en octobre-novembre 2019.

L'objectif espéré est donc d'atteindre un équilibre entre réduction des rejets et maintien du chiffre d'affaire, afin de proposer un dispositif durable aux chalutiers artisans.

1.3.3. Plateaux techniques

LE PÔLE DE SCLÉROCHRONOLOGIE

En 2019, l'équipe du Pôle de sclérochronologie, qui est maintenant dotée d'une solide équipe constituée d'1 cadre 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 Biological Parameters, Octobre 2019). De plus, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a co-dirigé 1 autre groupe de travail concernant la validation d'âge des espèces de petits pélagiques (Workshop on age validation studies of small pelagic species, WKVALPEL, Octobre 2019 à Boulogne sur mer). De même, l'équipe a participé à deux autres groupes, le premier sur l'estimation d'âge de l'anguille (WKAREA, Workshop on Age Reading of European and American Eel, Bordeaux), et le deuxième sur les outils pour discriminer les stocks halieutiques (SIMWG-Stock Identification Methods Working Group, par correspondance). Enfin, l'équipe a aussi participé à 4 exercices d'inter-calibrations d'âge concernant la plie, les espèces de baudroies, la limande, l'anguille. En 2019, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a co-encadré 2 doctorants ou stagiaires : Sabrina Mekni Becheker (Doctorat à l'Université de Tunis) concernant l'estimation de l'âge et la croissance de *Xyrichthys novacula* ; Théo Coutin, BTS Anabiotec concernant l'effet de l'acidification de l'eau sur la forme des otolithes de Bar européen (*Dicentrarchus labrax*).

De plus, le Pôle de sclérochronologie a participé à plusieurs projets de recherche : Sumaris (projet Européen Interreg 2 Seas, Sustainable management of rays and skates), Microtolith (projet Européen EASME, Validating age-determination of anglerfish and hake) et Nourseine (projet Européen FEAMP, Campagne de suivi des nourriceries de la baie de Seine orientale et

de l'estuaire de la Seine). Cette année 2019 aura été marquée par une implication forte du Pôle de sclérochronologie dans différents domaines allant de la microchimie des otolithes à l'estimation d'âge des raies à partir des vertèbres en passant par l'estimation d'âge des juvéniles de poissons. Enfin, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a co-organisé le Sixth International Symposium on Biological Shape Analysis (ISBSA) en juin 2019 à Boulogne sur mer. La valorisation des travaux menés par l'équipe du Pôle de sclérochronologie s'est traduit en 2019 par 6 publications parues, 5 présentations dans des colloques internationaux et 1 poster.

LE PÔLE DE TAXINOMIE ET D'ÉCOLOGIE DU ZOOPLANCTON

Le pôle de Taxonomie et d'Écologie du Zooplancton est une plateforme technique 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, cinq permanents sont impliqués dans le pôle : deux cadres spécialisés en ichtyoplancton : Christophe Loots en tant que co-responsable du pôle et Carolina Giraldo et un professeur spécialisé en écologie marine, Philippe Koubbi (détachement Sorbonne Université) et deux agents TA (Valérie Lefebvre et Josselin Caboche). Les trois chercheurs 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. Philippe Koubbi est spécialisé sur la biorégionalisation des écosystèmes marins (en particulier le domaine pélagique) au niveau des Terres Australes et Antarctiques Françaises en milieu sub-tropical, sub-antarctique et antarctique (Saint-Paul et Amsterdam, Kerguelen, Crozet, et Terre Adélie).

Ces activités de recherche s'effectuent via des projets de recherche (projet FFP SMAC 2016-2019, CPER MARCO, projet EDF-SUCCESS, projet Cocktail AWI – MARUM – IFREMER (AMI), projet politique de site MURPHY) et de surveillance écologique du milieu marin (projet IGA de EDF). Elles s'appuient 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), la DCSMM (campagnes PHYCO et ECOPEL) et l'agence de l'eau Artois-Picardie (campagnes SRN).

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. Depuis 2016, la plateforme s'est dotée de différents équipements d'histologie et de biochimie pour l'étude de la condition larvaire basée sur les indices histologiques (automates de déshydratation, de coloration et montage de lamelles, station d'inclusion en paraffine et microtome automatique) et lipidiques (station de production d'hydrogène, iatrosan). Ces équipements ont été financés par le CPER MARCO.

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 » a été soutenue en Novembre 2019. La thèse de Léa Joly (2018-2021) menée dans le cadre du projet Cocktail, sur l'impact des changements globaux sur le développement et la survie des larves de hareng Atlantique (*Clupea harengus*) par une approche expérimentale multi-stress, se poursuit. Depuis Septembre 2018, Virginie Fontaine effectue son master 2 en alternance dans le cadre du projet politique de site MURPHY sur les "Dynamiques spatiales et saisonnières du réseau trophique planctonique en Manche-Mer du Nord ». Deux stagiaires du Master 1 OEM de l'université Sorbonne Universités, Alexandre Lhériaux et Quentin Vallet, ont été accueillis entre Avril et Juin 2019. Leurs stages portaient sur l'évaluation de la condition larvaire, respectivement de la sole et du sprat, au printemps en Manche orientale 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, WGSINS, WGALES et HAWG.

LA PLATEFORME RESEAUX TROPHIQUES MARINS

En 2019 la plupart des projets ayant impliqué la plateforme Réseaux Trophiques ces dernières années arrivaient dans leur partie finale. A ce titre, aucun échantillonnage n'a été réalisé, l'activité s'est essentiellement concentrée sur du travail de traitement des échantillons en laboratoire : finalisation des dissections des échantillons collectés dans les deux projets structurants (VARITROPH et CAPES) et analyse des contenus stomacaux, notamment via un CDD de 12 mois, dédiés aux bar et aux merlans du projet CAPES. La fin des projets imposait également un effort conséquent afin d'envoyer la totalité des échantillons pour analyse isotopique, ce qui justifie le nombre très important d'analyses réalisées (cf. figure 1.3.16 et chiffres détaillés dans la section « Observations en appui aux projets de recherche »). Ce nombre s'explique également par le complément de financement à ces deux projets apportés par le projet APOSTROPH (Collaboration avec EMH ; Projet Intercentre, Direction Scientifique). Ce projet additionnel a notamment permis d'augmenter le nombre de poissons inclus dans le projet VARITROPH, et de mesurer les ratios isotopiques dans le foie et le cœur pour les poissons du projet CAPES. Cela a par contre impliqué un effort important pour traiter par extraction chimique des échantillons riches en lipides, notamment les foies. Les conditions matérielles du centre Manche Mer du Nord ne permettant pas la réalisation de ces travaux en sécurité, du fait de la nature des réactifs employés. Ils ont donc pu être menés à bien dans les laboratoires de l'ANSES, via la convention établie dans le cadre du CPER MARCO.

L'équipe technique de la Plateforme Réseaux Trophiques a été également impliquée à des degrés divers dans des projets sur le réseau trophique pélagique, par exemple MURPHY (préparation d'échantillons avant analyse isotopique) ou COCKTAIL (participation aux expériences de collecte d'œufs et de sperme de hareng), en soutien à l'équipe du PTE Zooplancton .

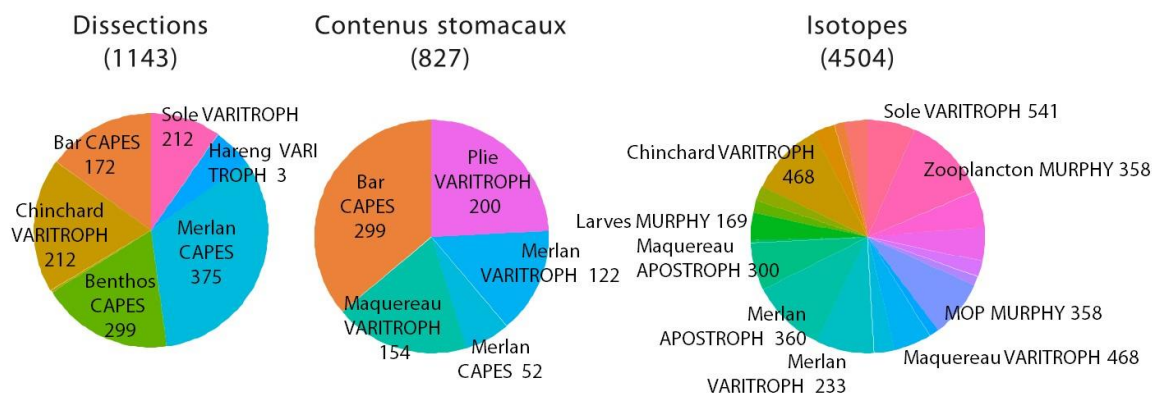


Figure 1.3.16. Répartition du travail réalisé par l'équipe de la plateforme Réseaux trophique en 2019. Les nombres correspondent au nombre d'échantillons traités, au total, ou répartis pour chaque espèce et projet.

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" est organisé en trois axes qui se focalisent sur (1) la variabilité spatio-temporelle des processus écologiques affectant les stades larvaires de poissons, (2) l'estimation et l'étude de la variation spatio-temporelle des traits d'histoire de vie des individus et, (3) les sources de variation et les applications des marqueurs biologiques des populations de poissons. Les aspects abordés dans ces trois axes sont traités aux échelles individuelles et populationnelles.

En 2019, l'unité HMMN s'est investie dans les trois axes sous la forme de projets de recherche (dont 3 thèses) qui ont été soutenus par l'acquisition d'une quantité importante de données venant en appui à ces travaux (section 2.1.4) et le tout complété par une implication non négligeable dans une expertise nationale ou internationale (section 2.1.5). Dans l'axe 1, les recherches menées visaient à étudier les effets environnementaux sur les stades larvaires en utilisant à la fois des approches basées sur les abondances et sur l'estimation de la condition. Dans la première approche, les assemblages larvaires printaniers entre les années 90 et l'année 2017 ont été comparés grâce à des techniques d'analyses multivariées. Dans la deuxième approche, la méthodologie d'évaluation de la condition larvaire par l'histologie a été calibrée et un nouveau système de gradation a été proposé et appliqué à plusieurs espèces en milieu naturel dont la sole, le sprat et la plie. D'autres indices de condition basés sur les lipides et les acides nucléiques ont également été utilisés afin de définir la stratégie d'allocation d'énergie des larves capturées en milieu naturel (plie) et élevées en milieu contrôlé (hareng). Ces travaux ont été réalisés principalement dans le cadre des thèses de Julien Di Pane et Léa Joly.

Dans l'axe 2, trois traits de vie ont été considérés : l'âge, la croissance et la maturité aux stades juvénile ou adulte des poissons en lien avec leurs conditions et leurs mortalités. L'âge, la croissance (et les paramètres associés) et la mortalité de la vive à tête rayonnée dans le golfe de Tunis ont été déterminés pour la première fois. L'âge et la croissance de la raie bouclée en Manche Est et mer du Nord ont été étudiés à partir d'un échantillon de grande taille. Dans l'estuaire de la Seine, la variabilité à long terme depuis les années 2000 de la croissance et la variabilité saisonnière des densités et de la condition des juvéniles de plie et de sole ont été évaluées en lien avec les effets de densité dépendance,

les aménagements portuaires et les modifications associées des types sédimentaires. En ce qui concerne la maturité, une approche basée sur l'observation histologique quantitative des gonades de la plie a permis la définition d'un lexique de la gamétogénèse pour cette espèce et les résultats de classification des individus au sein des différents groupes de maturité sexuelle ont été comparés à celle obtenue à partir de critères macroscopiques classiquement utilisés en halieutique. De plus, la première maturité sexuelle chez la raie bouclée pour les 2 sexes a été déterminée en Manche Est-mer du Nord.

Dans l'axe 3, les effets des principales sources de variations parmi les facteurs environnementaux (température, qualité nutritionnelle), génétiques (asymétrie directionnelle) et techniques (effet lecteur) pouvant affecter la forme ainsi que la détermination de l'âge et des paramètres de croissance à partir des otolithes ont été testés. Les résultats obtenus sont fondamentaux dans la mesure où les otolithes constituent un des principaux outils en halieutique à la fois pour l'évaluation et la discrimination des stocks ainsi que pour l'étude de la connectivité au sein des populations de poissons. Leur utilisation comme biomarqueur temporel de l'exposition des poissons à l'uranium afin d'évaluer la pollution en milieu naturel a également été testée et donne des résultats encourageants.

2.1.1 Variabilité spatio-temporelle des processus écologiques affectant les stades larvaires de poissons

2.1.1.1 Variabilité spatio-temporelle des assemblages larvaires

Changements récents dans les assemblages ichtyoplanctoniques en Manche orientale

Di Pane, J.; Koubbi, P.; Giraldo, C.; Lefebvre, V.; Caboche, J. ; Marchal, P.; Loots, C. Recent changes in ichthyoplanktonic assemblages of the English Channel. Accepted. Journal of Sea research.

Dans le contexte du changement global, les assemblages ichtyologiques peuvent démontrer des changements en termes d'abondance et de diversité. Les conséquences potentielles de ces changements sur la phase larvaire doivent être prises en compte. Les abondances larvaires de 30 taxons provenant de campagnes menées au printemps dans les années 90 et en 2017 ont été utilisées. Les changements saisonniers et interannuels des assemblages larvaires ont été étudiés à l'aide de différentes techniques statistiques (Figure 2.1.1). Le changement principal qui a été constaté était des abondances significativement inférieures en 2017 comparativement aux années 90. La plupart des taxons majoritaires étaient 2 à 3 fois moins abondants. Les abondances larvaires plus faibles observées dans les années récentes peuvent être la cause ou la conséquence des abondances plus faibles d'adultes dans la zone en relation avec le passage d'une période froide à une période plus chaude de l'oscillation multi décennale Atlantique. Un suivi à long terme des assemblages larvaires serait nécessaire pour confirmer ces observations.

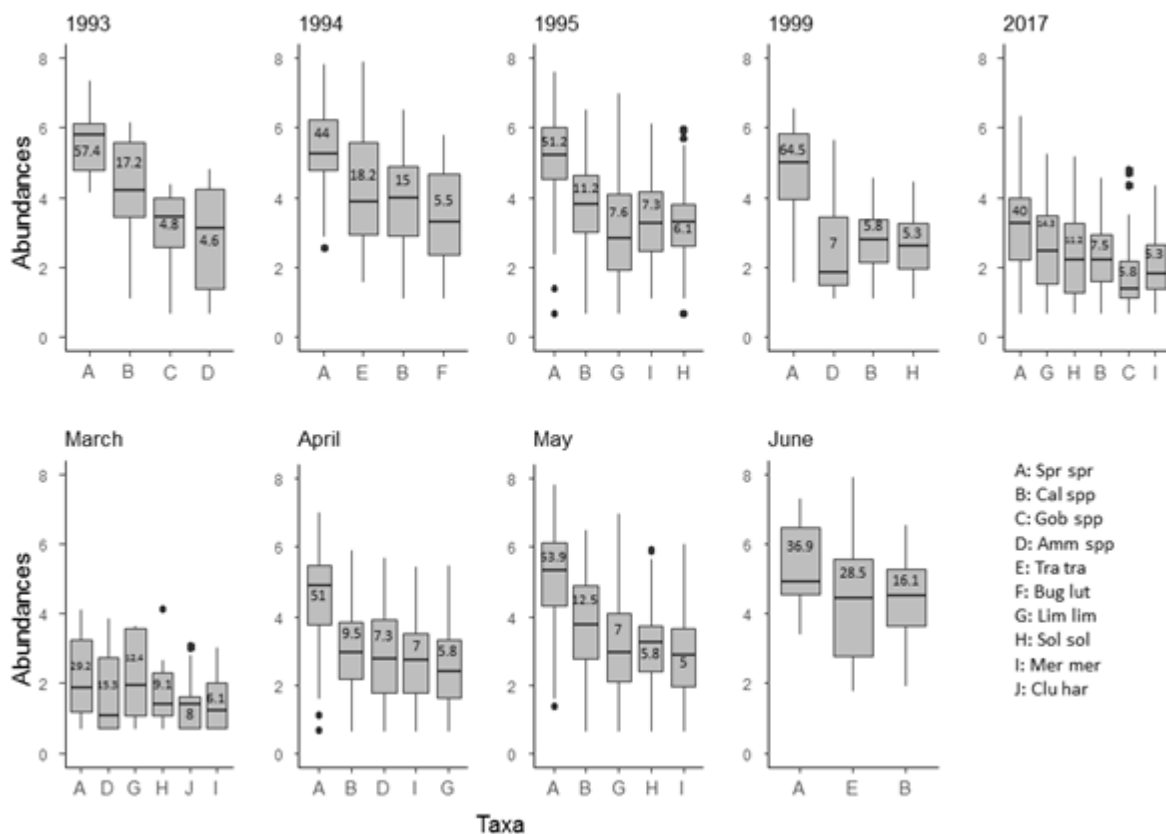


Figure 2.1.1. Variabilité printanière et à long terme de l'abondance des principales espèces larvaires de poissons en Manche orientale

2.1.1.2 Evaluation de la condition larvaire

Changement ontogénique dans la stratégie d'allocation d'énergie chez les larves de plie (*Pleuronectes platessa*).

Di Pane, J., Joly, L., Koubbi, P., Giraldo, C., Monchy, S., Tavernier, E., Marchal, P., Loots, C., 2019. Ontogenetic shift in the energy allocation strategy and physiological condition of larval plaice (*Pleuronectes platessa*) PLoS ONE 14(9): e0222261. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222261>

Les indices histologiques, biochimiques et nucléiques ont été combinés pour évaluer les variations ontogéniques des performances de croissance, de la dynamique lipidique et de l'état nutritionnel des larves de plie capturées durant l'hiver 2017 dans la Manche orientale et le sud de la mer du Nord (Figure 2.1.2). Les rapports ARN/ADN ont montré que les larves au début de la métamorphose (stade 4) avaient un taux de croissance plus faible que les individus plus jeunes (stades 2 et 3). Une augmentation significative de la proportion de triglycérides au stade 4, indique un stockage d'énergie. Les indices histologiques ont montré que la plupart des larves étaient en bon état, même les plus jeunes avec de faibles réserves lipidiques. Il y a cependant eu une augmentation de la proportion d'individus en bonne santé par rapport à l'ontogénèse, en particulier en ce qui concerne les vacuoles hépatiques qui étaient plus

grandes et plus nombreuses pour les larves de stade 4. Combinés ensemble, ces indices de condition informent sur le changement ontogénétique dans la stratégie d'allocation d'énergie des larves de plie. Les jeunes larves (stades 2 et 3) consacrent principalement de l'énergie à la croissance somatique. La diminution des performances de croissance pour le stade 4 n'était pas liée à un mauvais état, mais liée à une proportion plus élevée d'énergie stockée sous forme de lipides. Étant donné que la quantité de réserves lipidiques est particulièrement importante pour que les larves de plie résistent au jeûne pendant la métamorphose, cela pourrait être considéré comme une deuxième période critique après celle de l'alimentation exogène pour la survie des larves et le succès du recrutement.

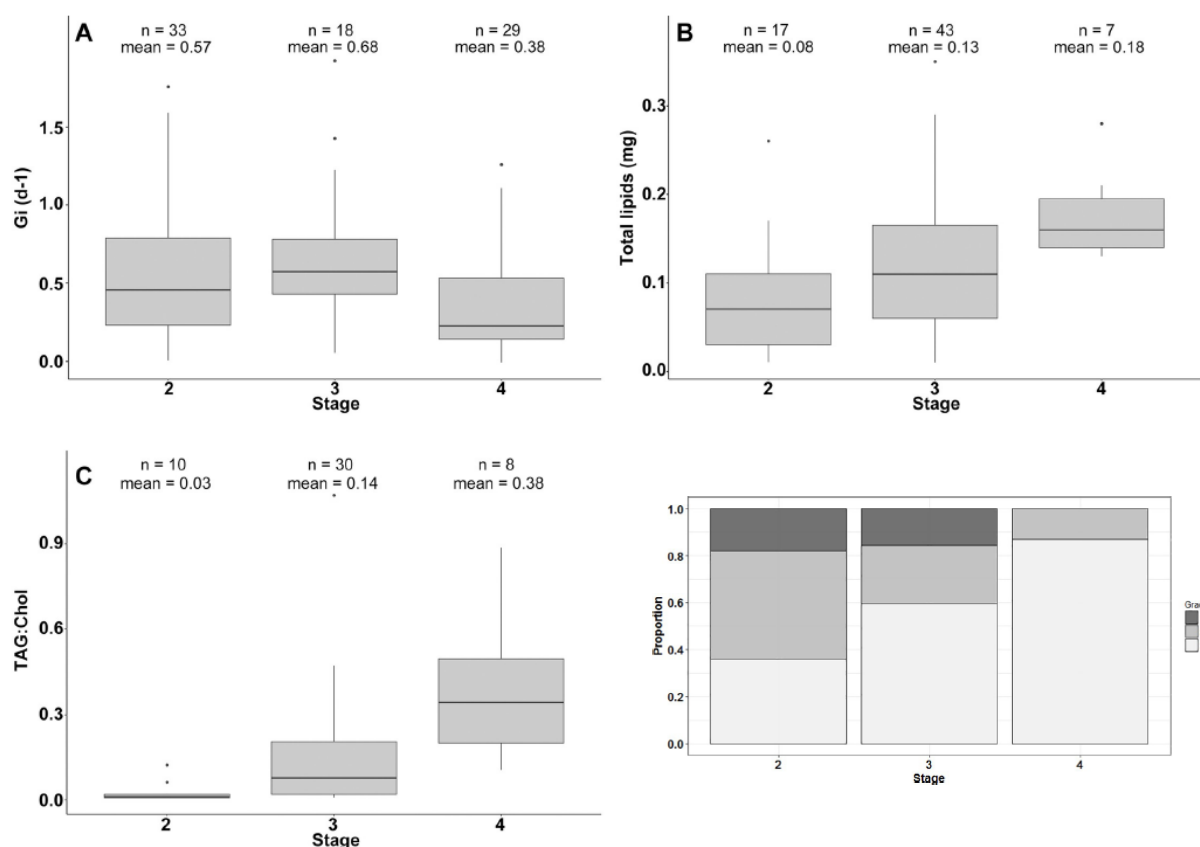


Figure 2.1.2. Condition des larves de plie en fonction du stade de développement (2 à 4) selon les différents indices utilisés, le rapport ARN/ADN (A), les lipides (B et C) et l'histologie (bas à droite)

Evaluation de la condition histologique des larves de poissons capturées dans le milieu naturel

Di Pane, J., Gendrot, F., Giraldo, C., Marchal, P., Koubbi, P., Loots, C. Evaluating the histological-based condition of wild collected larval fish: A synthetic approach applied to common sole (*Solea solea*). Accepted. Journal of Marine Systems.

La condition histologique des larves de sole commune (*Solea solea*) dans la Manche a été évaluée pour tester la pertinence des indices calibrés expérimentalement pour les spécimens prélevés dans le milieu naturel. Sur la base de l'observation topographique de l'intestin antérieur, de l'intestin moyen, de l'intestin postérieur, du foie et du pancréas, chacune des 202 larves analysées s'est vue attribuer l'une des six catégories d'un indice de condition développé pour la sole dans les années 90. En parallèle, un tableau synthétique de 20 critères

historiquement utilisés comme indicateurs de condition a été créé à partir d'une revue approfondie de la littérature. Ces critères étaient liés à l'intégrité tissulaire, à la hauteur des cellules, aux noyaux, à la présence de proies et à la vacuolisation des cinq mêmes organes cibles. Pour chaque larve, chaque critère a été noté sur une échelle de un à trois. Des analyses de correspondance multiples couplées aux valeurs indicatrices ont été utilisées pour explorer la relation entre l'indice de condition et les critères ainsi que pour mettre en évidence les informations complémentaires que ces derniers pourraient fournir aux premiers. Les résultats ont montré que certains grades adjacents étaient liés au même ensemble de critères, ce qui suggère que ces grades ne se distinguent pas autant sur le terrain qu'ils peuvent l'être dans des conditions contrôlées. Certains critères tels que les vacuoles dans les entérocytes, la taille des hépatocytes, la quantité de zymogène, la coloration des acini, la présence de proies dans le tube digestif et les cellules caliciformes dans l'intestin antérieur, étaient indépendants de l'indice de condition et représentaient un apport alimentaire récent plus qu'un vrai état de la condition. À l'inverse, les critères liés à l'intégrité tissulaire ainsi qu'à la présence de réserves énergétiques comme les vacuoles dans le foie semblaient plus pertinents pour évaluer l'état de condition des larves de poisson puisque leurs scores croissants étaient associés à différents grades. Il est conclu que le système de classement obtenu à partir des observations expérimentales peut ne pas être adapté pour refléter les différents états larvaires qui pourraient être rencontrés sur le terrain. Un système de notation simplifié, basé sur trois notes et un ensemble réduit de critères pertinents est alors proposé (Figure 2.1.3).

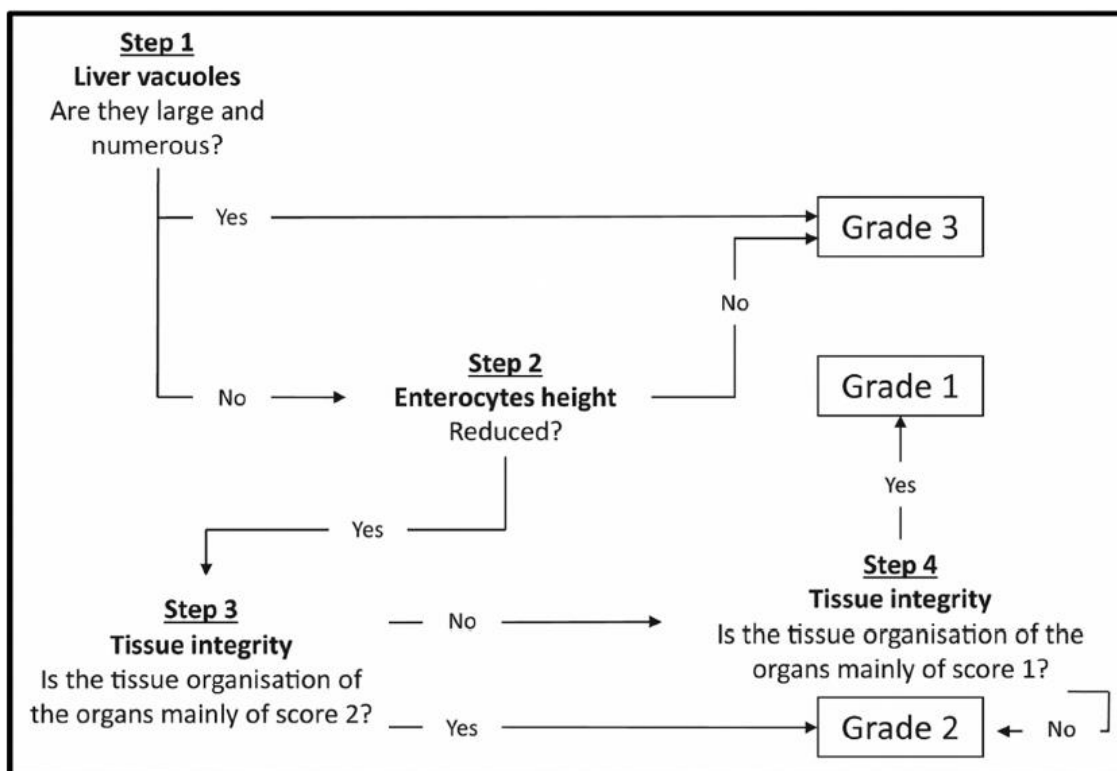


Figure 2.1.3. Questionnaire simplifié pour l'attribution des grades histologiques nouvellement définis.

Estimation et variations de la condition larvaire chez la sole et le sprat en Manche orientale et sud mer du Nord. Stages de master 1 de Alexandre Lheriau et Quentin Vallet, Avril-Juin 2019. Master 1 Océanographie et Environnement Marin. Sorbonne Université.

La condition histologique des larves de sole (n=87) et de sprat (n=52) collectées au printemps 2017 au niveau des CNPE de Gravelines et Penly a été évaluée. Les larves ont été préparées selon un protocole d'histologie standard. La condition a été déterminée selon deux approches, une basée sur la détermination de l'état des organes associés à la nutrition et la digestion (intestin, foie, pancréas) et une approche basée sur l'attribution au niveau individuel d'un grade de condition. Pour l'observation à l'échelle des organes, un tableau de lecture de 20 critères (intégrité tissulaire, présence de vacuoles, hauteur des cellules épithéliales, présence de proies...) notés sur une échelle de 1 à 3 a été utilisé. Les deux approches ont été comparées afin de mettre en relation les critères à l'échelle des organes et les grades à l'échelle individuelle (Figure 2.1.4). Les résultats obtenus à cette échelle côtière étaient semblables à ceux obtenus à mésoéchelle dans la thèse de Julien Di Pane à savoir que 1) certains critères (intégrité tissulaire, vacuoles dans le foie, bordure en brosse intestinale...) évalués à l'échelle des organes étaient bien liés à la condition tandis que d'autres (cellules caliciformes, vacuoles dans l'intestin) reflétaient plus la nutrition récente des larves et 2) les différents grades de condition à l'échelle individuelle étaient associés aux mêmes niveaux de critères des différents organes que ceux observés à mésoéchelle (Figure 2.1.5). D'un point de vue écologique, les larves étaient globalement en bonne condition à la côte et les stades de développement plus âgés étaient en meilleure condition que les jeunes stades. Des différences de condition ont été observées entre les deux sites qui étaient marqués également par des différences de salinité plus que de température. Ceci est notamment vrai pour la sole pour laquelle un plus grand nombre de larves en moins bonne condition ont été trouvées à Gravelines. Pour le sprat, la relation de la condition avec l'environnement est plus floue. L'étude des effets environnementaux sur les différences de condition observées entre les deux sites devra être poursuivie en conservant l'approche basée sur la dynamique saisonnière à l'échelle de plusieurs années.

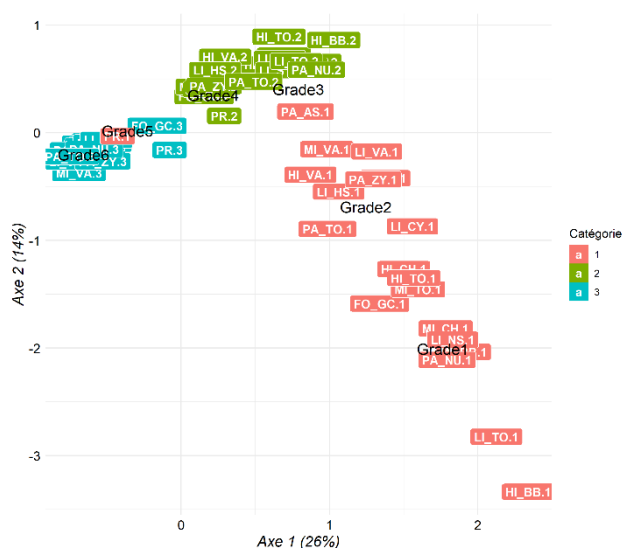


Figure 2.1.4. Analyse des Correspondances Multiples mettant en relation les trois niveaux de dégradation des différents critères à l'échelle des organes (1 : rouge, 2 : vert, 3 : bleu) et les six grades à l'échelle de l'individu (centroïdes en noir).

2.1.1.3 Effet du changement climatique sur la survie des larves de poissons

Le premier semestre de l'année a été dédié à l'élevage et l'analyse des larves de hareng issues de la première expérience de calibration. Les larves ont été gardées pendant 69 jours, ce qui correspond au moment où la plupart arrivent à une taille de 3 cm et aux 1^{ers} stades juvéniles. Le deuxième semestre a été dédié à la préparation et à la mise en place de la deuxième expérience « scénarios climatiques » qui constitue l'expérience principale de la thèse de Léa Joly et du stage de M2 de Clara Ortu. Les larves ont été élevées dans les conditions actuelles, ainsi que celles du scénario 8.5 du GIEC. Le but de cette expérience est de comprendre l'impact potentiel des changements et stress multiples (facteurs abiotiques et biotiques) sur la survie et le développement du hareng. Au total, plus de 10.000 larves ont été réparties dans les différents bacs expérimentaux et 2500 larves ont été prélevées et sont actuellement en cours d'analyse. Les résultats préliminaires sur les teneurs en ARN/ADN (Figure 2.1.5) des larves issues de la première expérience semblent indiquer que le passage du stade 2 au 3 est accompagné d'une diminution, puis d'une légère augmentation du taux de croissance. Ces résultats préliminaires seront approfondis lors de la deuxième expérience grâce aux approches de biologie moléculaire.

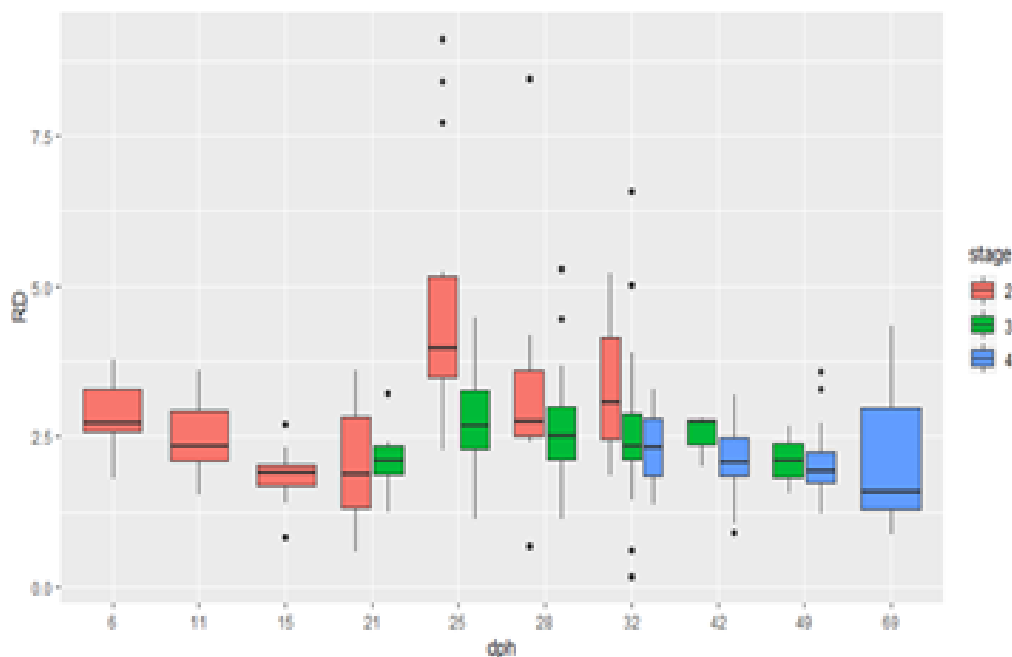


Figure 2.1.5. Evolutions des rapports RNA/DNA en fonction du temps et du stade de développement des larves de hareng issues de la première expérience

Wouters, J. 2018-2019. Délimitation des frayères en Manche-mer du Nord grâce à l'identification moléculaire des oeufs pélagiques. Rapport de Master 2 de Biologie. Université de Louvain, 60 p.

La distribution des frayères de 13 espèces de poissons (Figure 2.1.6) en mer du Nord et en Manche a été décrite. Les oeufs de poisson ont été collectés entre le 19 janvier et le 12 février 2019, puis identifiés par identification moléculaire. La présence et l'abondance des oeufs de poissons ont été cartographiées et analysées en fonction des facteurs environnementaux. Nos résultats indiquent que la reproduction de la plupart des poissons de la mer du Nord a toujours lieu dans les zones indiquées comme frayères par des études récentes. Ces informations

pourraient être prises en compte par les gestionnaires pour décider quelles zones devraient être fermées pour la pêche ou d'autres activités humaines.

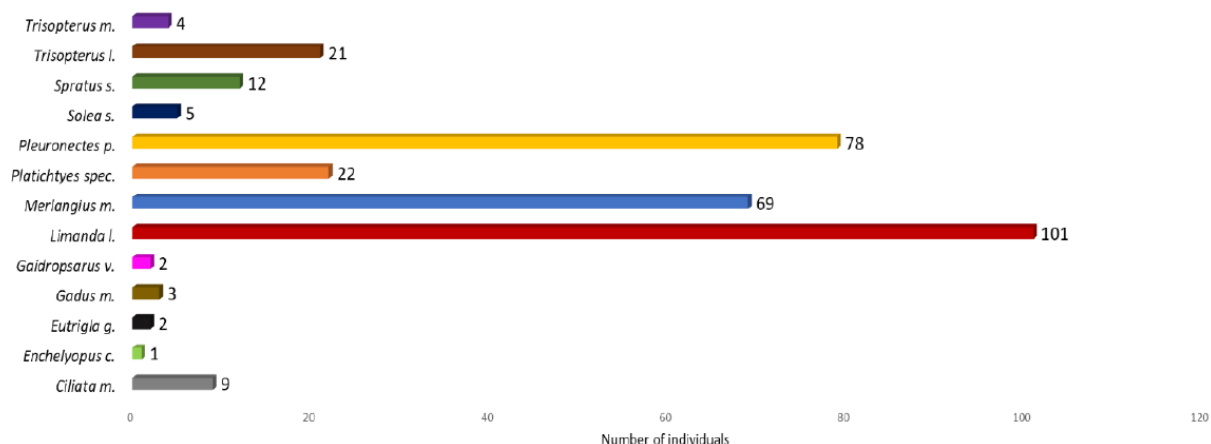


Figure 2.1.6. Fréquence des espèces de poissons au stade œuf identifiées par approche moléculaire sur les 47 stations considérées de l'IBTS 2019

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

2.1.2.1 Age, croissance et mortalité

Croissance de la raie bouclée (*Raja Clavata*) en Manche Est et mer du Nord

Telliez, S., Maertens, I., Bled Defruit G., Beckaert, K., Mahé K. Sustainable management of rays and skates, Projet Sumaris (2018-2020)

Dans le cadre du projet SUMARIS, l'âge et la croissance de la raie bouclée (*Raja clavata*) ont été estimés, en collaboration étroite avec les collègues belges de l'ILVO. Ainsi, après avoir mis au point en 2018, le protocole d'extraction, de nettoyage et de préparation des vertèbres, l'année 2019 a été consacrée à l'analyse des 183 spécimens prélevés de 2017 à 2019 lors des campagnes scientifiques françaises et belges. 5 experts se sont accordés pour fournir une clé taille/âge (Figure 2.1.7) jusqu'ici très parcelaire.

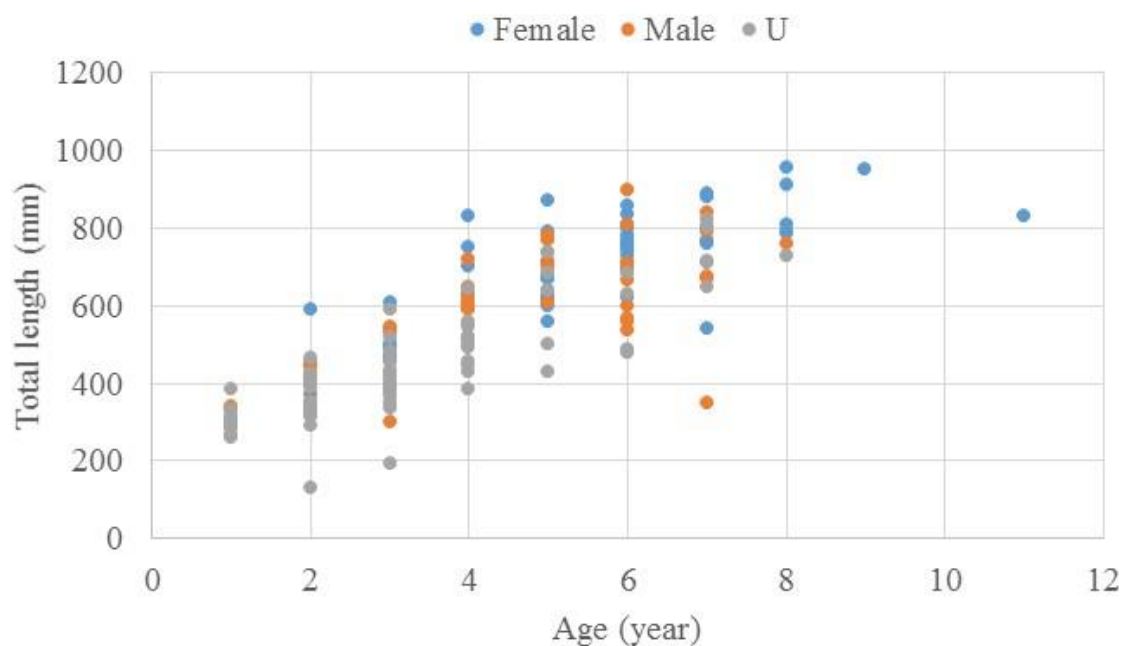


Figure 2.1.7. Relation taille (longueur totale, mm)/ âge (année) de la raie bouclée (*Raja clavata*) en Manche Est-mer du Nord (n=183 ; gris indéterminé, bleu : femelle ; orange : mâle).

Âge, croissance et mortalité de la vive radiée (*Trachinus radiatus*) dans les eaux tunisiennes

Hamed O., Dufour J.-L., Chakroun-Marzouk N., Mahé K. (2019). Age, growth and mortality of the starry weever *Trachinus radiatus* Cuvier, 1829 in the Tunisian waters. Cahiers De Biologie Marine, 60(1), 87-94.

L'âge, la croissance et la mortalité de la vive à tête rayonnée *Trachinus radiatus* Cuvier, 1829 ont été étudiés pour la première fois à partir de 214 individus échantillonnés dans le golfe de Tunis entre février 2014 et janvier 2016 (Figure 2.1.8). Les coefficients a et b de la relation longueur totale/poids ont été déterminés pour les mâles ($a = 0,011$, $b = 2,992$, $R^2 = 0,981$, $n = 77$) et pour les femelles ($a = 0,010$, $b = 3,036$, $R^2 = 0,957$, $n = 109$). L'estimation de l'âge a été réalisée à partir des coupes transversales d'otolithes. Les âges ainsi estimés étaient compris entre 1 et 15 ans. La précision de l'estimation de l'âge a été testée et les résultats montrent une bonne reproductibilité des estimations (PA = 85,6%, CV = 3,8% et IAPE = 4,1%). Les paramètres du modèle de croissance de von Bertalanffy ont été estimés pour les mâles ($L_\infty = 38,41$ cm, $W_\infty = 507,47$ g, $K = 0,3396$ an⁻¹, $t_0 = 0$ an) et pour les femelles ($L_\infty = 45,46$ cm, $W_\infty = 914,04$ g, $K = 0,2136$ an⁻¹, $t_0 = 0$ an). L'âge à la première maturité sexuelle (t_m) de *T. radiatus* était de 3,5 ans, alors que l'âge à la taille optimum était de 6,6 ans. Les taux de la mortalité naturelle (M), la mortalité totale (Z), la mortalité par pêche (F) ainsi que l'exploitation (E) étaient respectivement $M = 0,429$ an⁻¹, $Z = 0,453$ an⁻¹, $F = 0,024$ an⁻¹ et $E = 0,053$.



Figure 2.1.8. Coupe fine d'otolithe de vive radiée de trois ans (chaque point noir représente une strie de croissance annuelle).

Quemper, F., Variabilité de la croissance des juvéniles de plie et de sole de l'estuaire de Seine. Stage de césure M1-M2, Agrocampus Octobre 2019 à février 2020 ; encadrement : Camille Vogel, Anik Brind'Amour.

Les juvéniles de poissons de l'estuaire de Seine et de la Baie de Seine orientale ont fait l'objet d'un suivi mensuel dans le cadre des mesures environnementales de l'extension du port du Havre, Port 2000, de mai à octobre et depuis 2000. Les données en taille et en abondance collectées à cette occasion permettent d'étudier la variabilité de la croissance mensuelle et l'influence de paramètres biotiques et abiotiques sur la condition des individus. L'étude menée s'intéresse aux mécanismes de la croissance en estuaire de Seine pour deux espèces emblématiques, la sole *Solea solea* et la plie *Pleuronectes platessa*, au cours de la première période de croissance (individus G0), soit de l'arrivée des larves sur la nourricerie au printemps (mai) jusqu'à la fin de l'été (octobre), entre 2001 et 2016. Les résultats obtenus indiquent un taux de croissance en accord avec les études existantes. La dynamique de croissance de la sole est similaire pour l'ensemble de la période étudiée. La plie montre des différences significatives, qui pourraient être liées au développement portuaire et aux changements sédimentaires associés, entraînant une réduction de la vitesse de croissance chez cette espèce. La variabilité spatio-temporelle des patches de plus forte densité a été étudiée à partir des ellipses contenant 30% des plus fortes valeurs observées chaque mois. La comparaison de l'étendue de ces ellipses avec les valeurs de densité correspondantes permet de diagnostiquer les processus densité-dépendants à l'œuvre selon la théorie du bassin. Les résultats obtenus ne montrent pas de phénomènes densité-dépendants à partir des métriques utilisées (Figure 2.1.9). Cependant, le modèle choisi montre des limites et d'autres modèles de répartition spatiale devront être testés. En particulier, les travaux antérieurs indiquent un fonctionnement différent selon différents secteurs de l'estuaire. Ce facteur spatial devrait être pris en compte pour étudier l'évolution du taux de croissance au cours du premier été. Enfin, ces résultats devront être analysés avec les paramètres environnementaux clés du fonctionnement estuarien afin d'identifier les facteurs déterminants de la qualité des habitats et de la distribution géographique des espèces.

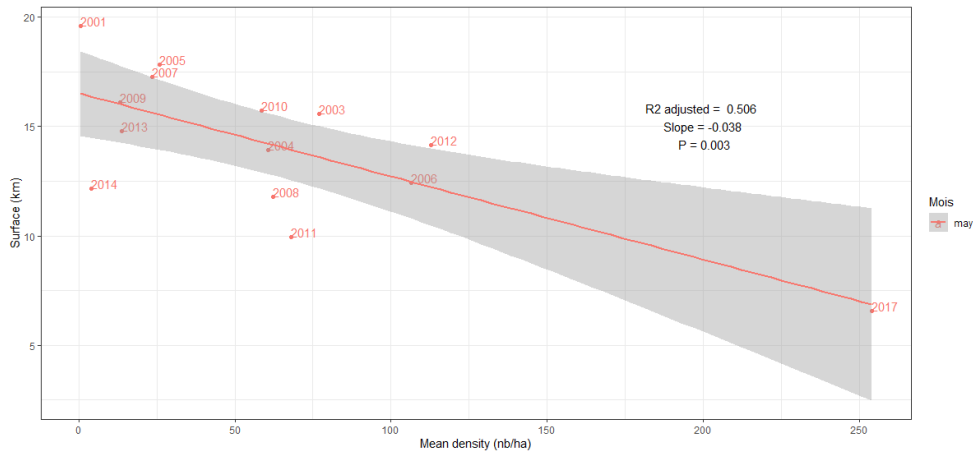


Figure 2.1.9. Relation linéaire entre la densité moyenne des stations contenues dans l'ellipse (30%) et son extension spatiale chez la plie en mai.

2.1.2.2 Condition

Lemoine A., Day L., Brind'Amour A., Vogel C. 2019. Evolution saisonnière de la condition des juvéniles de plie (*Pleuronectes platessa*) en estuaire de Seine. 14e colloque de l'AFH "Recherche Halieutique et Développement Durable". 26 au 28 juin 2019, Université de Caen Normandie.

L'efficacité de la fonction de nourricerie est définie, entre autres, par la qualité et la quantité de nourriture disponible pour les juvéniles. En estuaire de Seine et baie de Seine orientale, le suivi mensuel des juvéniles assuré dans le cadre de Port 2000 a été complété par des campagnes dédiées en mai et octobre 2017 permettant l'étude de la condition des juvéniles de plie G0 et de sole G0. Les données de densité de population à l'échelle de l'estuaire, collectées de mai à octobre entre 2001 et 2017, montrent un phénomène de sélection très fort chez la plie G0 au cours du premier été, avec une perte moyenne d'environ 75% des effectifs présents sur le secteur d'étude, tandis que les densités de sole montrent un patron de niveau de sélection plus fluctuant (Figure 2.1.10). En parallèle, les indices de condition morphométriques collectés en 2017 indiquent une condition des juvéniles G0 stable au cours de la saison pour les deux espèces, et une variance moindre à l'automne qui pourrait traduire l'effet de sélection opéré au cours de la première période de croissance (Figure 2.1.10). Des travaux plus approfondis sont nécessaires pour comprendre si les modifications de densité influencent la condition des individus.

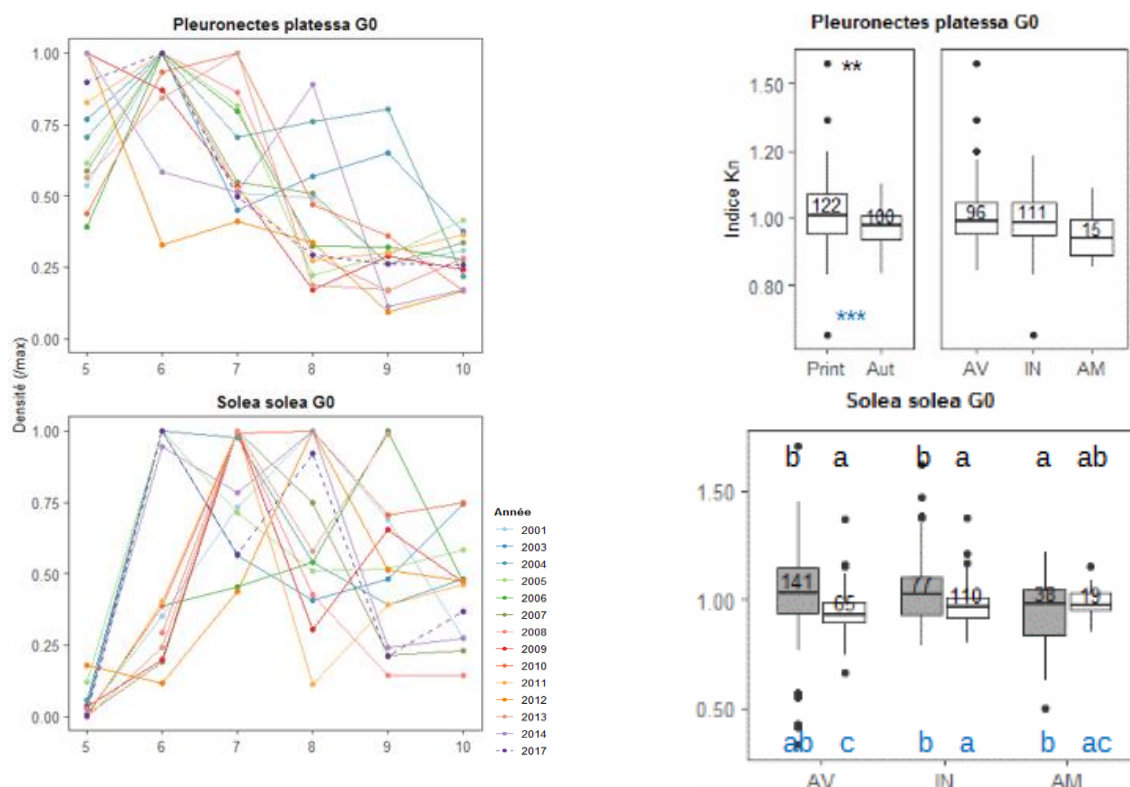


Figure 2.1.10. Evolution relative de la densité de juvéniles de plie G0 (en haut) et de sole G0 (en bas) au cours de la période de suivi à gauche) entre mai et octobre (à gauche) ; Indices de condition de la plie G0 (en haut) et de la sole G0 (en bas) obtenus en mai (Print) et en octobre (Aut) 2017 dans les différents secteurs de l'estuaire de Seine (AV : aval ; IN ; intermédiaire ; AM : amont) (à droite).

2.1.2.3 Maturité

Maturité sexuelle de la raie bouclée (*Raja clavata*) en Manche Est et mer du Nord

Telliez, S., Maertens, I., Bled Defruit G., Beckaert, K., Mahé K. Sustainable management of rays and skates, Projet Sumaris (2018-2020)

Dans le cadre du projet SUMARIS, une estimation préliminaire de la maturité sexuelle de la raie bouclée (*Raja clavata*) a été effectuée, en collaboration étroite avec les collègues belges de l'ILVO. En 2019, une analyse macroscopique des stades de maturité sexuelle a été réalisée sur un panel de 107 spécimens observés lors des campagnes scientifiques françaises et belges. 2 experts se sont accordés sur les stades de maturité observés pour pouvoir obtenir d'une part une ogive de maturité sexuelle et d'autre part, la taille à première maturité sexuelle (TL₅₀ correspondant à la taille où 50% des individus sont matures sexuellement). La maturité sexuelle serait proche de 50 cm pour les males et de 60 cm pour les femelles (Figure 2.1.11).

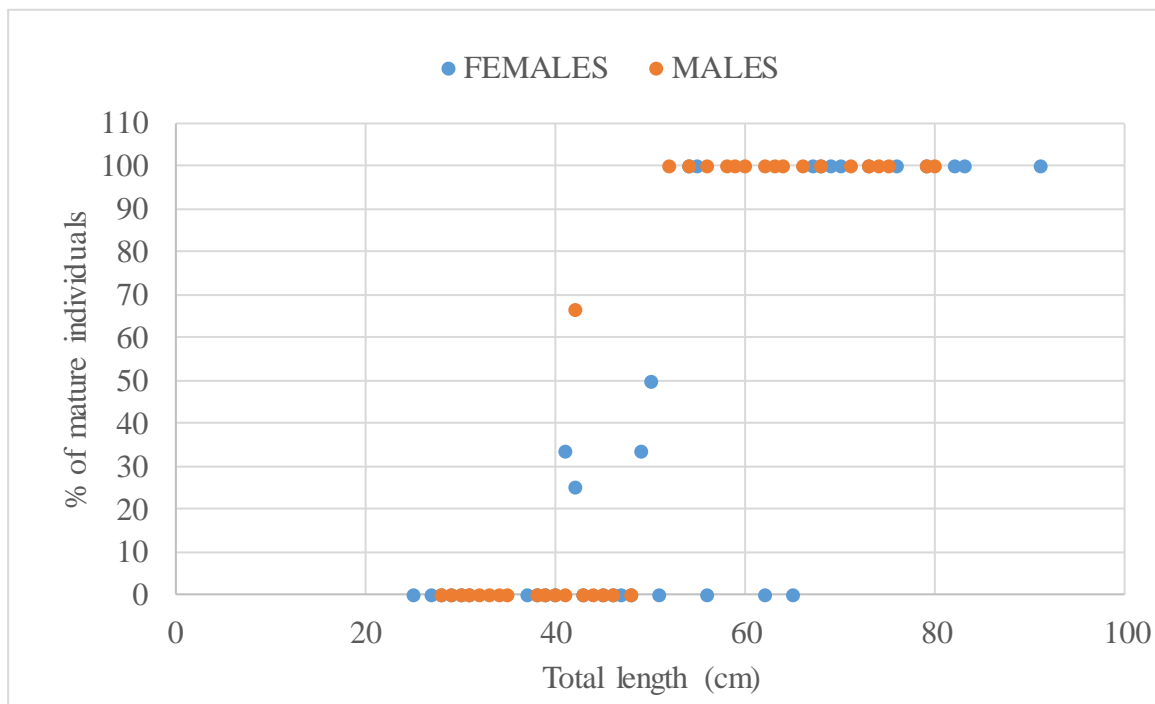


Figure 2.1.11. Pourcentage cumulé d'individus matures par classe de taille de raies bouclées (*Raja clavata*) en Manche Est-mer du Nord pour les femelles (n=56) et les mâles (n=51).

Détermination de la maturité sexuelle chez la plie, *Pleuronectes platessa* (Linné, 1758), en Manche Est (VII.d) par l'histologie quantitative

Sauger, C., Quinquis, J., Lepoittevin, M., Heude Berthelin, C., Kellner, K., Elie, N., Dubroca, L.

Sauger, C., Quinquis, J., Dubroca, L., Kellner, K., Lepoittevin, M., Heude Berthelin, C. & Elie, N., 2019a. Protocol for the determination of histological structures found in the ovaries and during the oogenesis of the European plaice, *Pleuronectes platessa* (Linné, 1758). 39pp. <https://doi.org/10.13155/61235>

Sauger, C. & Kellner, K., 2019. Lexicon of histological structures found in the ovaries and during the oogenesis of the European plaice, *Pleuronectes platessa* (Linné, 1758). 26pp. <https://doi.org/10.13155/61234>

Sauger, C., Quinquis, J., Lepoittevin, M., Heude-Berthelin, C., Kellner, K., Elie, N., Dubroca, L., 2019b. An objective take on defining sexual maturity in the plaice, *Pleuronectes platessa* (Linné, 1758). 14e colloque de l'AFH "Recherche Halieutique et Développement Durable". 26 au 28 juin 2019, Université de Caen Normandie. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00609/72093/>

Sauger, C., Quinquis, J., Kellner, K., Heude-Berthelin, C., Poitevin, M., Elie, N., & Dubroca, L., 2019c. Macroscopic and histological image dataset of the European plaice (*Pleuronectes platessa*) ovaries (Version 1). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3574510>

Sauger, C., Quinquis, J., Dubroca, L., Parrad, S., Kellner, K., Heude-Berthelin, C., 2019d. Sample collection protocol for the extraction of female gonads in the megrim (*Lepidorhombus* spp.) for maturity staging through histology. <https://doi.org/10.13155/70724>

Actuellement, la maturité sexuelle des poissons fait appel à une lecture visuelle des paramètres macroscopiques des gonades. Les résultats issus de ces lectures présentent une grande incertitude, variant de 30% à 50% suivant le stade de maturité observé. Afin de lever ces incertitudes, des travaux ont été initiés par le projet MATO (MATurité Objective des poissons par l'histologie quantitative), financés par la DS sur la période 2018-2019. Ce projet a permis de mettre en place une méthode de lecture et de calibration entre agents pour la lecture de lames histologiques d'ovaires de plie en Manche Est. La réalisation d'un protocole de lecture de lames histologiques a permis d'affiner la calibration entre lecteurs, avec en moyenne 80.05% ($\pm 0.07\%$) d'accord entre les lecteurs (kappa Fleiss index) pour les lames histologiques lues par stéréologie. Les prélèvements gonadiques mensuels effectués en 2018 et 2019 ont permis la mise en place d'un lexique de l'ovogenèse de la plie couvrant tous les stades de la gamétogenèse. De cela, les critères histologiques de chaque gonade ont pu être comptabilisés afin de classer chaque poisson dans une phase de maturité sexuelle, en suivant les échelles de maturité de l'International Council for the Exploration of the Sea. Cette classification par l'histologie a permis l'élaboration d'arbres de décision qui ne semblaient pas montrer de critères macroscopiques clairs permettant de différencier les poissons entre les différentes phases de maturité, montrant la difficulté de déterminer la phase de maturité d'un poisson en se basant sur des critères macroscopiques. De plus, une estimation visuelle de la maturité mène à un classement erroné des poissons à travers les différentes phases sexuelles (Tableau 2.1.1), ainsi que la variation de certains indices (L50 visuelle à 28.5cm ($R^2=0.18$) contre une L50 histologique à 20.6cm ($R^2=0.7$)). Ces résultats ont été présentés au colloque de l'Association Française d'Halieutique à Caen en juin 2019, puis présentés au WGBIOP à Lisbonne en octobre 2019. La valorisation du travail est en cours : les données ont été publiées, le data paper associé à ce jeu de données est en cours de révision, et deux autres articles sont en cours de rédaction. Dans la continuité des études sur la maturité, des échantillons pour deux espèces de cardines (*Lepidorhombus whiffiagonis* et *Lepidorhombus boscii*) ont été récoltés lors du 3^{ème} Leg de la campagne EVHOE, avec la mise en place d'un protocole d'extraction de gonades pour *Lepidorhombus* spp. pour une détermination de la maturité par l'histologie quantitative.

Tableau 2.1.1. Matrice de confusion comparant le nombre de poissons classés dans les différentes phases de maturité de manière visuelle (1-4), et dans les phases de maturité objective via l'histologie (A-E)

Visuelle \ Histologique	1 (Immature)	2 (Développement)	3 (En frai)	4 (Régression/Régénération)
A (Immature)	17	5	0	1
B (Développement)	28	17	0	8
C (En frai)	0	7	1	0
D (Régression/Régénération)	4	24	1	37
E (Omission de ponte)	0	0	1	0

2.1.3 Marqueurs biologiques des populations de poissons : sources de variation et applications

2.1.3.1 Sources de variations

Effet de l'asymétrie bilatérale directionnelle sur la morphologie des otolithes pouvant affecter la discrimination des stocks de poissons basée sur l'analyse de la forme des otolithes

Mahé K, Ider D, Massaro A, Hamed O, Jurado-Ruzafa A, Goncalves P, Anastasopoulou A, Jadaud A, Mytilineou C, Elleboode R, Ramdane Z, Bacha M, Amara R, de Pontual H, Ernande B. 2019. Directional bilateral asymmetry in otolith morphology may affect fish stock discrimination based on otolith shape analysis. *ICES Journal of Marine Science*, 76(1), 232-243.

L'analyse de la forme des otolithes est très souvent utilisée pour identifier les stocks de poissons. Cependant, la plupart des applications utilisent des otolithes gauche ou droit choisis arbitrairement sans vérifier les biais résultant d'une éventuelle asymétrie bilatérale directionnelle (AD) dans la forme des otolithes, c'est-à-dire un écart unimodal au niveau de la population qui forme une symétrie bilatérale entre les formes des otolithes droit et gauche. Dans cette étude (Figure 2.1.12), 560 bogues (*Boops boops*) ont été échantillonnés dans 11 lieux géographiques allant des îles Canaries à la mer Égée et des descripteurs elliptiques de Fourier ont été utilisés pour décrire la forme de leurs otolithes. Tout d'abord, une AD significative a été observée à l'échelle mondiale avec une amplitude moyenne de 2,77%. Cependant, à l'échelle des lieux d'échantillonnage, l'AD n'était pas toujours significative et variait en amplitude et en direction. Deuxièmement, la structure de la population a été étudiée en utilisant la forme des otolithes droits ou des otolithes gauches ou des deux. Les analyses basées sur les otolithes droits ou les deux otolithes ensemble ont suggéré trois unités de stock : un stock du nord-ouest de la Méditerranée, un stock de l'est de la Méditerranée et un stock du centre-est de l'océan Atlantique et du sud-ouest de la Méditerranée. En revanche, aucun modèle géographique cohérent n'a été trouvé sur la base des otolithes gauche. Nos résultats soulignent l'importance de tenir compte de l'AD potentielle dans l'identification des stocks basée sur la forme des otolithes.

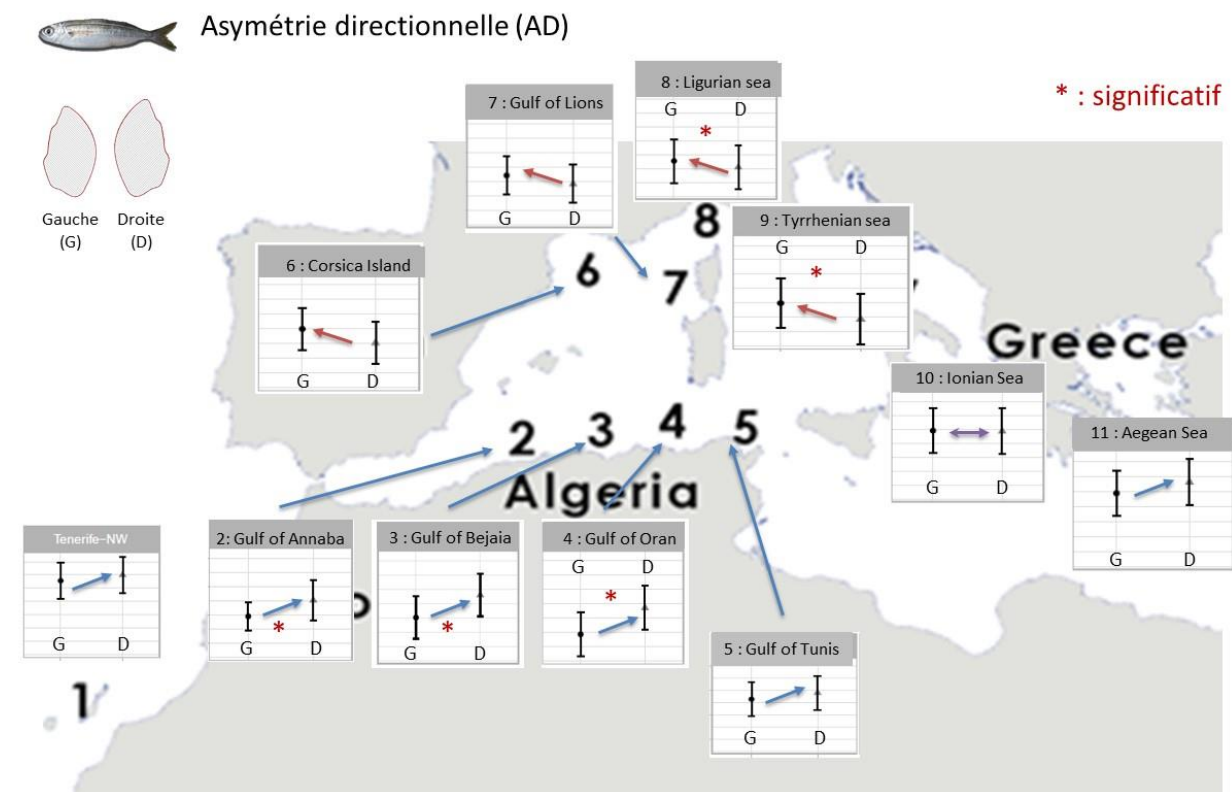


Figure 2.1.12. Niveau et direction de l'asymétrie directionnelle en fonction des zones géographiques étudiées chez la bogue.

Analyse exploratoire de la variabilité des données d'âge du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*) en Méditerranée.

Carbonara P., Zupa W., Anastasopoulou A., Bellodi A., Bitetto I., Charilaou C., Chatzisprou A., Elleboode R., Esteban A., Follesa M.C., Isajlovic I., Jadaud A., Garcia-Ruiz C., Giannakaki A., Guijarro B., Kiparissis S.E., Ligas A., Mahé K., Massaro A., Medvesek D., Mytilineou C., Ordines F., Pesci P., Porcu C., Peristeraki P., Thasitis I., Torres P., Spedicato M.T., Tursi A., Sion L. 2019. Explorative analysis on red mullet (*Mullus barbatus*) ageing data variability in the Mediterranean. *Scientia Marina*, 83(S1), 271-279.

L'incertitude de l'estimation de l'âge par la lecture des otolithes pourrait être à l'origine de la grande variabilité des modèles de croissance du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*) en Méditerranée. Lors de la campagne scientifique MEDITS, les données d'âge du rouget sont produites selon le même protocole d'échantillonnage et la même méthodologie d'interprétation des otolithes. Cependant, l'âge est attribué en utilisant différents schémas d'interprétation, y compris les variations de la date de naissance théorique et du nombre de faux anneaux considérés, en plus des différences dans le niveau d'expérience des scientifiques qui interprètent. Le présent travail a analysé l'influence de ces variations et de la localisation géographique de l'échantillonnage sur le vieillissement du rouget en utilisant une approche multivariée (analyse en composantes principales). L'expérience des scientifiques était le paramètre le plus important corrélé avec la variabilité. Le nombre d'anneaux considérés comme n'étant pas liés à la croissance a montré un effet significatif sur la variabilité dans les premiers groupes d'âge mais a eu moins d'influence sur les groupes plus âgés. L'effet de la date de naissance théorique était faible dans tous les groupes d'âge. La zone de prélèvement a une influence significative notant que l'effet de la longitude est plus important que celui de la latitude. À la lumière de ces résultats, les ateliers, les échanges et l'adoption d'un protocole d'âgeage commun basé sur des études de validation de l'âge sont considérés comme des outils fondamentaux pour améliorer la précision de l'âge des rougets barbets de vase.

Les conditions environnementales (température et composition de la nourriture) affectent-elles la forme des otolithes pendant la phase juvénile des poissons ? Une approche expérimentale appliquée au bar commun européen (*Dicentrarchus labrax*)

Mahé, K., Gourtay, C., Bled Defruit, G., Chantre, C., de Pontual, H., Amara, R., Claireaux, G., Audet, C., Zambonino-Infante, J.L., Ernande B. 2019. Do environmental conditions (temperature and food composition) affect otolith shape during fish early-juvenile phase? An experimental approach applied to European Seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, 521, 151239 (10p.).

La forme de l'otolithe est un outil efficace pour la discrimination des stocks de poissons. Il est donc crucial d'identifier les paramètres environnementaux qui pourraient influencer la morphogénèse et la croissance des otolithes (Figure 2.1.13). Le réchauffement actuel des océans affecte négativement la production d'acides gras polyinsaturés (EPA et DHA) par le phytoplancton et donc leur disponibilité dans les réseaux alimentaires marins. Comme l'EPA et le DHA sont des nutriments essentiels pour la plupart des espèces de poissons, leur carence pourrait affecter de nombreux aspects de la physiologie des poissons, notamment la morphogénèse des otolithes. L'objectif de cette étude était d'évaluer expérimentalement les influences combinées de la température (T) et de la teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI) des aliments sur la morphogénèse des otolithes du bar commun européen (*Dicentrarchus labrax*) au cours des premiers stades de vie. 300 individus ont été élevés de 94 à 200 jours

après l'éclosion (dph) à 15 ou 20 °C et ont reçu une alimentation riche (1,65 % d'AGPI) ou pauvre (0,73 % d'AGPI) en nutriments. Pour analyser l'effet de la température, des degrés-jours de croissance (GDD) ont été utilisés. Les mesures morphométriques des otolithes, les facteurs de forme et les coefficients elliptiques de Fourier normalisés décrivant la forme des contours ont été extraits par analyse d'images. L'asymétrie directionnelle (DA) entre les formes des otolithes gauche et droit n'a pas été corrélée de manière significative au GDD ou au niveau du type d'alimentation. Les effets de T et de AGPI sur la forme des otolithes ont été estimés à l'aide de quatre modèles linéaires à effets mixtes et, pour tous les descripteurs de la forme des otolithes, le meilleur modèle comprenait GDD, AGPI et T et leur interaction en tant que prédicteurs. Cet effet de la température a été décrit par la valeur de GDD et l'interaction entre GDD et T. Par conséquent, la température a un effet sur la vitesse mais aussi sur la trajectoire de morphogenèse de l'otolithe. À l'inverse, la concentration d'AGPI dans l'alimentation n'a pas eu d'effet significatif sur la forme de l'otolithe. La forme de l'otolithe a d'abord été modifiée par une diminution du rapport largeur/longueur pendant la première période d'expérience et par la distance entre le rostre et l'antirostre pendant la deuxième période. Nos résultats indiquent que la forme de l'otolithe est très sensible à la température ambiante et, en tant que telle, peut être un outil efficace pour identifier les stocks de poissons qui ont connu des régimes de température différents.

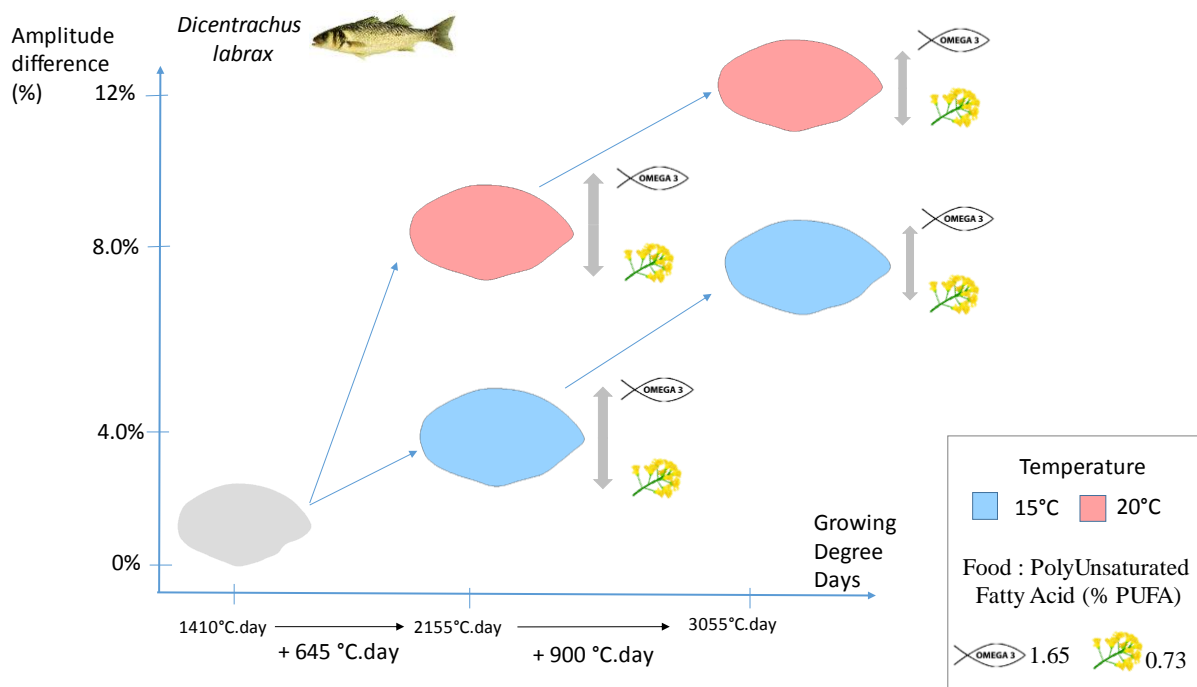


Figure 2.1.13. Schéma résumé de l'expérimentation permettant de montrer les effets de la température et de la composition alimentaire en acides gras sur la forme des otolithes de bars.

Sources de variation de la forme des otolithes: Implications pour la discrimination des stocks de poissons

Mahé, K., 2019. Sources de variation de la forme des otolithes: Implications pour la discrimination des stocks de poissons. Thèse de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, 273p.

L'évaluation et la gestion des populations de poissons se basent sur l'utilisation d'unités de gestion appelées « stocks halieutiques ». Pour discriminer ces stocks, la forme des otolithes, pièces calcifiées de l'oreille interne des poissons, peut être utilisée (Figure 2.1.14). Dans ce contexte, cette thèse s'est consacrée premièrement à l'étude de la variabilité spatio-temporelle de la forme des otolithes chez 3 espèces de poissons présentant des caractéristiques

écologiques (taille, vitesse de nage, comportement dans la colonne d'eau, etc.) et des environnements biogéographiques différents. Les résultats montrent qu'il existe un gradient structurel décroissant de taille des stocks allant des espèces de grands pélagiques aux espèces démersales. Ceci est lié au fait que certaines espèces démersales comme la bogue (*Boops boops*) sont contraintes par la présence de barrières géographiques et de fronts hydrologiques ce qui n'est pas le cas chez les espèces pélagiques analysées (merlan bleu, *Micromesistius poutassou* ; Espadon, *Xiphias gladius*). Dans un deuxième temps, nous avons testé les effets de facteurs confondants potentiels (e.g. l'asymétrie bilatérale directionnelle, AD) sur le pouvoir discriminant de la forme des otolithes. Ainsi, nous avons montré qu'il existe chez la bogue une AD, induite par un processus de latéralisation et qui varie en amplitude et en direction selon la zone géographique étudiée. Chez la bogue, cette AD impacte les résultats d'identification des stocks par la forme qui changent en fonction de l'otolithe, droit ou gauche, utilisé. Si la forme de l'otolithe est utilisée pour discriminer les stocks halieutiques, c'est parce qu'elle reflète en particulier les conditions environnementales qu'a subi le poisson au cours de sa vie. Ainsi, dans la troisième partie de la thèse, nous avons analysé, en conditions contrôlées, les effets de la température et du taux d'acides gras polyinsaturés omega-3 (n-3 AGPI) contenus dans l'alimentation sur la morphogenèse des otolithes de bars (*Dicentrarchus labrax*). Après la naissance, deux étapes peuvent être distinguées dans l'ontogenèse de la forme de l'otolithe avec en premier lieu un allongement qui traduit une croissance moins rapide de l'axe dorso-ventral par rapport à l'axe antéro-postérieur. Il s'en suit des modifications plus localisées avec en particulier une complexification de la zone comprise entre le rostre et l'anti-rostre a priori essentiellement liée au facteur thermique. A l'inverse, le taux de n-3 AGPI ne semble pas influencer la morphogenèse de l'otolithe. L'utilisation des degrés-jours de croissance (GDD) a permis de montrer que l'effet de la température est bien d'accélérer la morphogenèse, mais aussi de changer sa trajectoire: à valeur de GDD fixe, pour 2 températures données, les formes diffèrent. L'ensemble des résultats acquis lors de cette thèse valident l'utilisation de la forme des otolithes pour discriminer les stocks de poissons, mais souligne également le besoin de connaître précisément les sources de la variabilité morphologique des otolithes intra-stock pour pouvoir déterminer plus précisément les limites des stocks halieutiques.

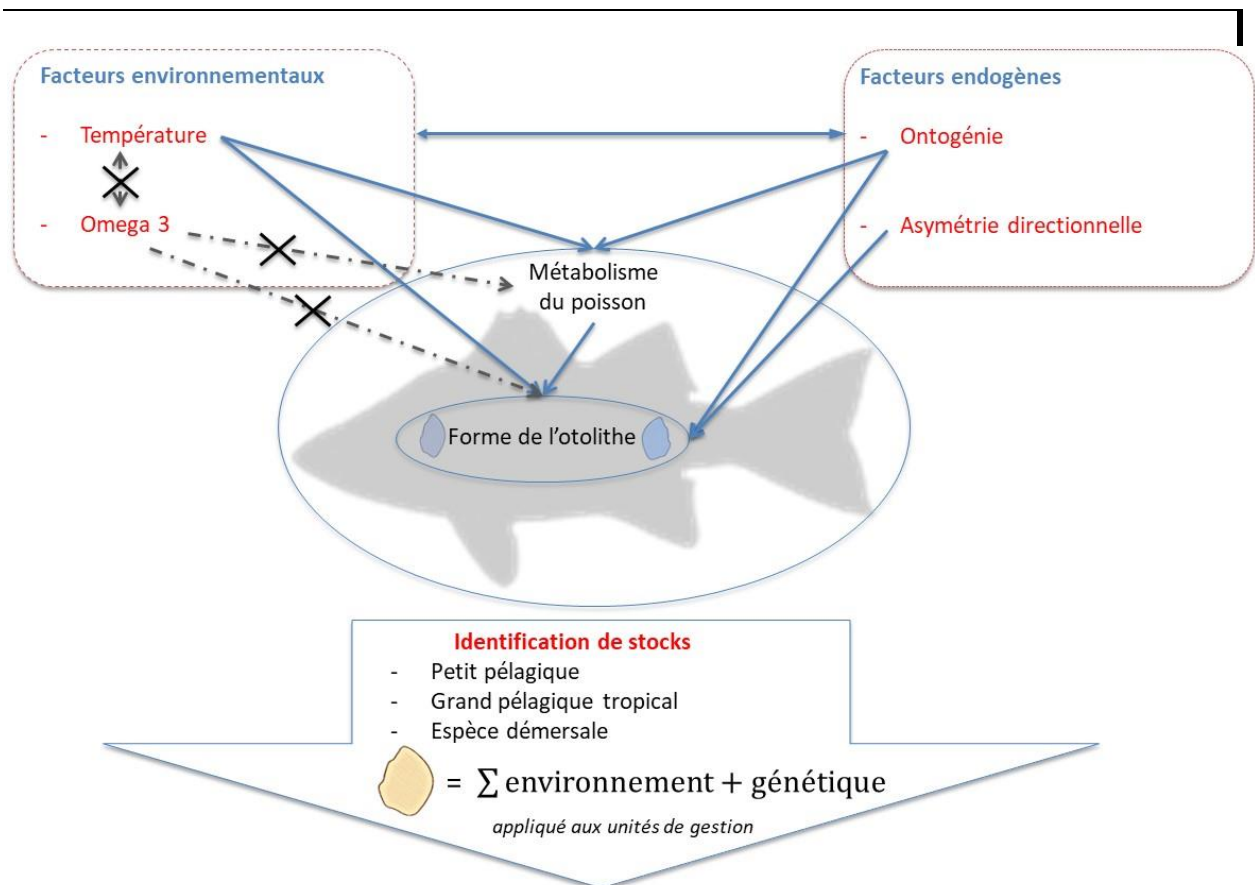


Figure 2.1.14. Schéma des principaux effets observés sur la forme de l'otolithe lors de la thèse de K. Mahé soutenue en 2019.

2.1.3.2 Applications

Utilisation d'otolithes de poisson comme biomarqueur temporel de l'exposition à l'uranium sur le terrain

Mounicou S., Frelon S., Le Guernic A., Eb-Levadoux Y., Camilleri V., Fevrier L., Pierrisnard S., Carasco L., Gilbin R., Mahé K., Tabouret H., Bareille G., Simon O. 2019. Use of fish otoliths as a temporal biomarker of field uranium exposure. *Science Of The Total Environment*, 690, 511-521.

Cette étude visait à déterminer la pollution par l'uranium (U) au fil du temps en utilisant des otolithes comme marqueurs de la contamination des poissons par l'U (Figure 2.1.15). Des expériences ont été réalisées sur le terrain ($\sim 20 \mu\text{g L}^{-1}$: poissons encagés : 15d, 50d et poissons sauvages collectés) et dans des conditions d'exposition en laboratoire (20 et $250 \mu\text{g L}^{-1}$, 20d). Nous avons rapporté les concentrations saisonnières d'U dans les organes et les otolithes pour des gardons (*Rutilus rutilus*) dans des milieux exposés. Les otolithes ont été analysés par ICPMS et LA-ICP SF MS dans toute la zone de croissance. Les concentrations ont été mesurées sur des transects du *nucleus* au bord des otolithes pour caractériser les variations environnementales de l'accumulation d'U. Les résultats ont montré une variation spatiale et temporelle de la contamination par l'U dans l'eau (de 51 à $9,4 \mu\text{g L}^{-1}$ à la surface de la colonne d'eau) et une accumulation élevée et saisonnière dans les organes des poissons, principalement le tube digestif (de 1000 à $30\,000 \text{ ng g}^{-1}$, fw), les branchies (de 1600 à 3200 ng g^{-1} , fw) et le muscle (de 144 à 1054 ng g^{-1} , fw). L'U a été détecté dans tout l'otolithe et l'accumulation a varié au cours de la saison de 70 à 350 ng g^{-1} , ce qui est proche des valeurs mesurées après des niveaux d'exposition élevés dans des conditions de laboratoire (310 ng g^{-1}).

L'U dans les otolithes de poissons élevés en cage a montré une accumulation rapide et élevée de U de 20 à 150 ng g⁻¹. Le signal d'accumulation de U a été principalement détecté sur le bord de l'otolithe, montrant deux pics d'accumulation de U, probablement corrélés à l'âge du poisson, c'est-à-dire à 2 ans. De façon surprenante, les signatures élémentaires de U et de Zn ont suivi le même schéma, utilisant donc les mêmes voies d'absorption. Des expériences en laboratoire, en cage et sur le terrain ont indiqué que les otolithes étaient capables d'accumuler rapidement de l'U à la surface, même à de faibles niveaux, et de stocker des niveaux élevés d'U. Cette étude est une première étape encourageante dans l'utilisation des otolithes comme marqueur de l'exposition à l'U.

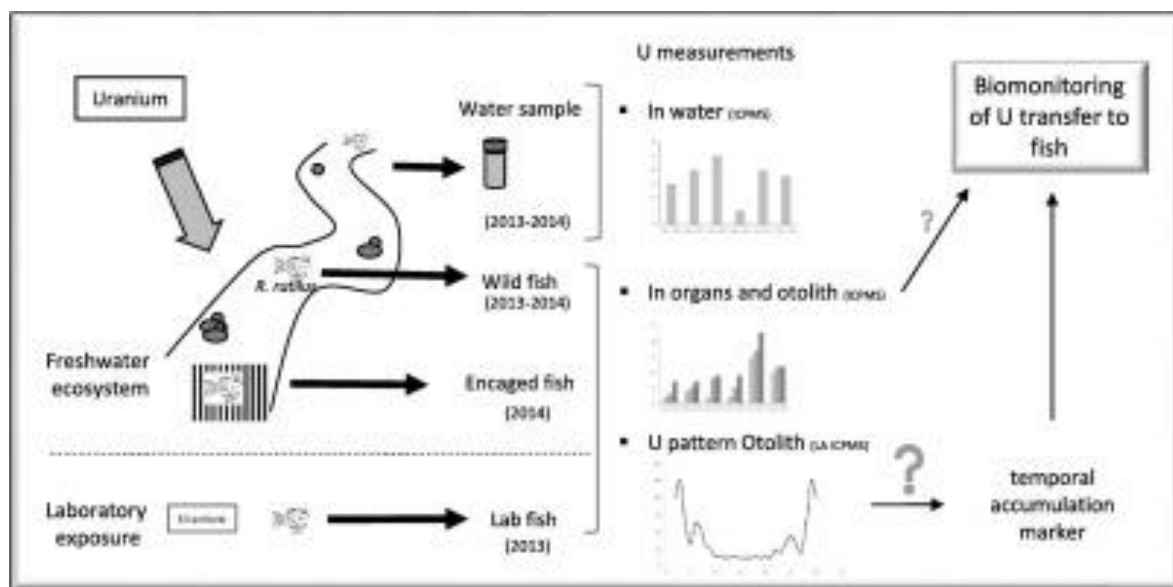


Figure 2.1.15. Schéma résumé de l'otolithe comme biomarqueur des effets de l'Uranium

Evaluation des pressions de sélection induites par la pêche (PSIP) sur les traits d'histoire de vie de 45 stocks halieutiques. ICES Working Group on fisheries-Induced Evolution, WGEVO

ICES 2019. Interim WGEVO e-evaluation report, 19–21 November 2019, Kristiansand, Norway. ICES CM 2019/EPDSG:15. 29 pp.

Le Groupe de Travail sur l'évolution induite par la pêche s'est réuni du 19 au 21 novembre 2019 à l'Université d'Agder (Kristiansand, Norvège). 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 nécessaire en entrée de cet algorithme au cours des années précédentes. Un total de 58 stocks répartis à l'échelle planétaire ont été analysés fournissant ainsi une évaluation globale des PSIP liées aux pêcheries industrielles. Un R Notebook a été produit comme Manuel Utilisateur. Les principaux résultats de cette analyse à large échelle montrent que :

- (i) Typiquement, la pêche induit sélectionne pour une maturation précoce à des petites tailles, une croissance réduite et un effort reproducteur accru (Figure 2.1.16A) ;

- (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 (Figure 2.1.16C) ;
- (iii) Les pressions de sélection induites par la pêche augmentent 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 et à la mortalité par pêche globale. 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, à maturation tardive à des tailles élevées et ayant une reproduction coûteuse sont plus susceptibles à la sélection par la pêche.

Un article collaboratif est en cours de préparation afin de disséminer ces résultats.

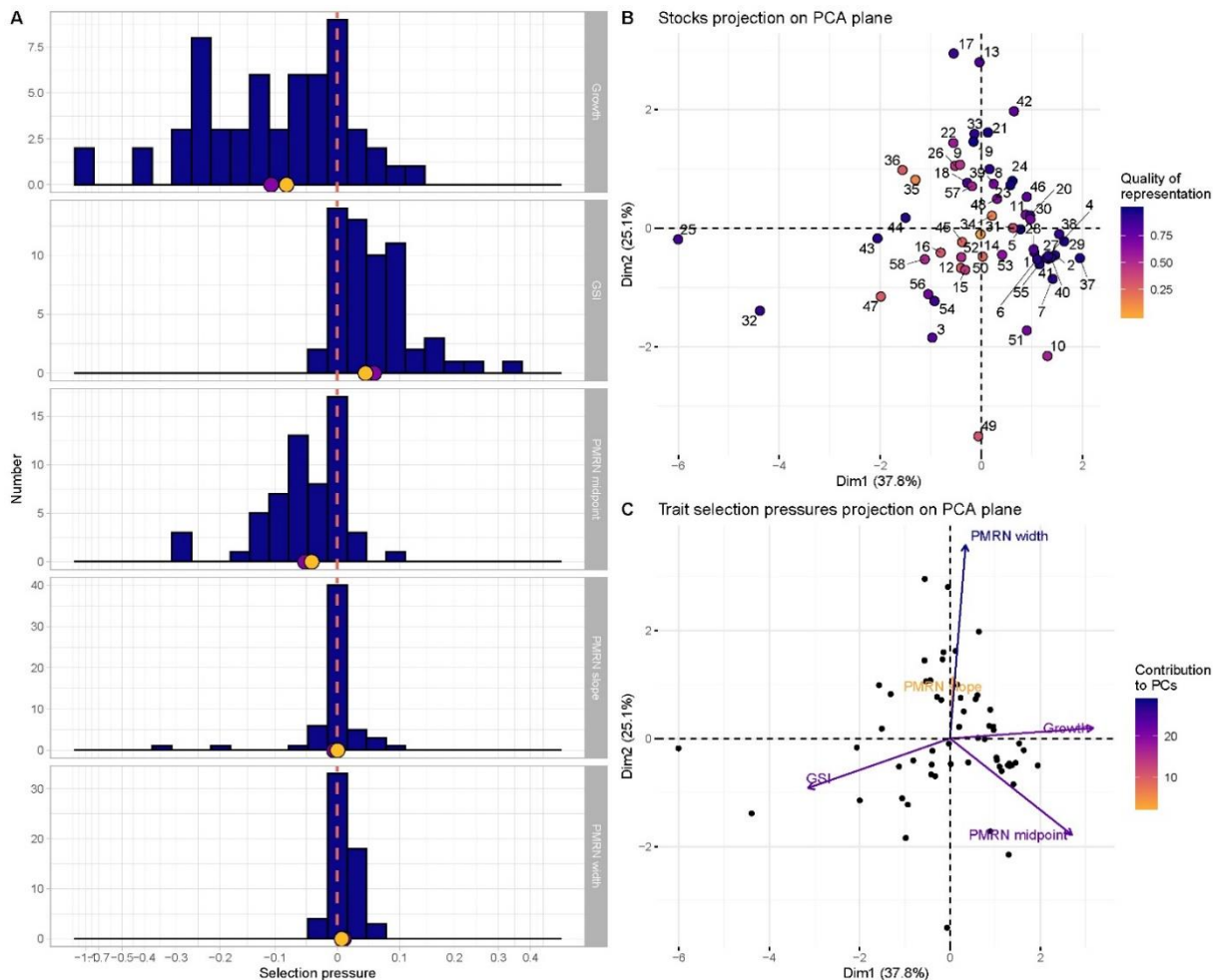


Figure 2.1.16. Distribution multivariée des pressions de sélection sur les 58 stocks de poissons exploités analysés. A. Distributions univariées des pressions de sélection sur la croissance (Growth), le rapport gonadosomatique (GSI), le point médian de la norme de réaction probabiliste pour la maturation, PMRN (PMRN midpoint), la pente de la PMRN (PMRN slope) et la largeur de la PMRN (PMRN width). La ligne verticale en pointillés indique une sélection neutre, c'est-à-dire une pression de sélection égale à 0. Les points jaunes et violets indiquent respectivement la valeur médiane et la valeur moyenne de la distribution. L'échelle de l'axe des

abscisses est transformée par une fonction logistique et les plages valeurs le long de l'axe des varie entre pressions de sélection. B. Projection des stocks sur le plan défini par les deux premières composantes principales (PC) des pressions de sélection centrées et réduites. Les stocks projetés sont représentés par des points et étiquetés par des chiffres. Ils peuvent être identifiés dans le Tableau S1 à l'aide de l'entrée de l'étiquette. Les points sont colorés en fonction de la qualité de la projection des stocks sur le plan des 2 PC, qui est évaluée comme le cosinus carré de l'angle entre la ligne passant par l'origine et l'emplacement du stock dans l'espace multivarié et celle passant par l'origine et la projection du stock sur le plan des 2 PC. Le pourcentage de la variance expliquée par les PC est indiqué entre parenthèses dans les titres des axes. C. Projection des pressions de sélection sur les caractères sur le plan défini par les deux premières PC. Les projections des pressions de sélection sont représentées par des flèches colorées en fonction de leur contribution aux deux premières PC. Les vecteurs de coordonnées le long des PC sont normalisés en fonction de la racine carrée de la valeur propre correspondante. L'angle entre les flèches indique la corrélation entre les variables, l'orthogonalité signifiant l'indépendance et les directions opposées signifiant des corrélations négatives. Les points noirs représentent les projections des stocks sur le plan des 2 PC comme dans la vignette B.

2.1.1 Les observations en appui aux travaux de recherche

2.1.1.1 Croissance

La croissance est suivie par l'unité HMMN dans 2 zones géographiques : la Manche Est (VIId) et la mer du Nord (IV). Plusieurs types de données sont collectés : la taille (précision ± 1 cm), le poids (précision ± 1 g) et l'âge. Ce dernier paramètre est obtenu en analysant les otolithes. 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 7 principales espèces commerciales montre un nombre réalisé de 5713 pour les données de taille/âge par rapport à l'objectif européen fixé à 5700 ce qui correspond à une réalisation de plus de 100% par rapport aux objectifs. Les données récoltées en 2019 pour analyser la croissance des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 2.1.2.

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 l'UE.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
mer du Nord- Manche Est			
<i>Mullus surmuletus</i>	220	206	94%
<i>Aspitrigla cuculus</i>	250	388	155%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	80	116	145%
<i>Gadus morhua</i>	50	31	62%
<i>Merlangius merlangus</i>	1700	1609	95%
Manche Est			
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1938	78%
<i>Solea solea</i>	900	1425	158%

2.1.1.2 Maturité sexuelle

La maturité sexuelle est suivie par l'unité HMMN dans les même 2 zones géographiques et pour les même principales espèces commerciales que pour les données de croissance. Cependant, les nombres 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 4364 pour les données de maturité sexuelle par rapport à un objectif européen de 4050 ce qui correspond à un taux de réalisation de 107%. Les données récoltées en 2019 pour analyser la maturité sexuelle des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 2.1.3.

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'UE.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
mer du Nord- Manche Est			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	80	116	145%
<i>Gadus morhua</i>	50	31	62%
<i>Merlangius merlangus</i>	400	648	162%
<i>Mullus surmuletus</i>	120	206	172%
Manche Est			
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1938	78%
<i>Solea solea</i>	900	1425	158%

2.1.1.3 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 traité 23232 individus alors que 22035 individus avaient été planifiés, soit un taux de réalisation de 105%. Ces échantillons étaient répartis en 3 grandes zones géographiques que sont la mer Méditerranée (3336 individus échantillonnés soit 14% des échantillons traités), l'océan Atlantique (13740 individus échantillonnés soit 59% des échantillons traités) et la Manche-mer du Nord (6156 individus échantillonnés soit 26% des échantillons traités).

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'UE.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
Mer Méditerranée			
<i>Lophius budegassa</i>	100	94	94%
<i>Lophius piscatorius</i>	80	76	95%
<i>Mullus surmuletus</i>	75	39	52%
<i>Sparus aurata</i>	150	159	106%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	300	557	186%
<i>Merluccius merluccius</i>	800	700	88%
<i>Mullus barbatus</i>	1100	1084	99%
<i>Sardina pilchardus</i>	750	627	84%
Océan Atlantique Nord			
<i>Argyrosomus regius</i>	100	81	81%
<i>Aspitrigla cuculus</i>	250	455	182%
<i>Molva dypterygia</i>	600	302	50%
<i>Mullus surmuletus</i>	200	239	120%
<i>Pecten maximus</i>	1000	980	98%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	850	1131	133%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1750	2020	115%
<i>Gadus morhua</i>	750	625	83%
<i>Phycis blennoides</i>	150	222	148%
<i>Lophius budegassa</i>	90	79	88%
<i>Lophius piscatorius</i>	210	184	88%
<i>Trisopterus luscus</i>	70	165	236%
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	350	704	201%
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	1100	1745	159%
<i>Merlangius merlangus</i>	1100	1300	118%
<i>Sardina pilchardus</i>	1350	1189	88%
<i>Solea solea</i>	1100	1115	101%
<i>Pollachius virens</i>	1400	1204	86%
Manche-mer du Nord			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	80	116	145%
<i>Gadus morhua</i>	50	31	62%
<i>Pecten maximus</i>	700	710	101%
<i>Merlangius merlangus</i>	1700	1609	95%
<i>Mullus surmuletus</i>	220	210	95%
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1938	78%
<i>Solea solea</i>	900	1425	158%
<i>Trisopterus luscus</i>	110	117	106%

2.1.1.4 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 et du projet IGA. Le Tableau 2.1.5 fait le bilan du nombre d'échantillons analysés en 2019 selon les différents projets.

Tableau 2.1.5. Bilan du nombre d'échantillons d'ichtyoplancton prévus/analysés par l'unité HMMN au sein du Pôle Zooplancton en 2019 en fonction des différents projets

Client	Projet/Groupe CIEM	Œufs/larves	Echantillons prévus	Echantillons analysés
EU (PCP)	DC-MAP (HAWG)	Larves de hareng, sardine et limande sole	101	101
EDF	IGA	Sole, sprat, sardine, limande	104	104
Hors contrat	WGSINS	Toutes espèces (œufs)	101	0
Hors contrat	SRN	Toutes espèces	82	82
Hors contrat	WGALES	Toutes espèces (larves)	101	0

2.1.1.5 Développements informatiques en appui à l'archivage des paramètres biologiques

Les améliorations et la maintenance du logiciel de gestion des paramètres biologiques BARGEON 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.

2.1.2 Contribution aux avis/expertise

2.1.2.1 Expertise Internationale

Tableau 2.1.6. Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2019 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	WGSINS	Working Group on Surveys on Ichthyoplankton in the North Sea and adjacent Seas	5	Participant
CIEM	WGALES	Working Group on Atlantic Fish Larvae and Eggs Surveys	5	Participant
CIEM	WGEVO	Working Group on fisheries-Induced Evolution	3	Présidence

2.1.2.2 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 cinq CNPE. L'unité HMMN est en charge de l'expertise halieutique du projet, mais aussi 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, crevette) au niveau de trois 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, la prochaine devant se tenir en Mai 2020.

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 à l'identification des facteurs naturels et anthropiques qui contrôlent la structure et le fonctionnement des écosystèmes marins. Les trois axes qui structurent ce thème ont été redéfinis dans le cadre du projet présenté à l'HCERES en 2019. Le premier axe comprend désormais l'ensemble des travaux portant sur les mécanismes de variation de la niche trophique, en se focalisant sur des échelles allant de l'individu aux populations. Le deuxième axe s'intéresse à la compréhension de la structure et du fonctionnement des réseaux trophiques exploités à l'échelle d'organisations plus élevées (assemblage, communauté, écosystèmes). Enfin, le troisième axe vise à appréhender la composante spatiotemporelle des mécanismes à l'œuvre à ces échelles d'organisations. Les approches utilisant les outils d'écologie fonctionnelle prennent toute leur place dans cet axe. Cette nouvelle organisation est par ailleurs construite de manière intégrative, vu qu'elle suit des niveaux de complexité biologique croissante, que chaque axe comprend des travaux basés sur des travaux empiriques et de modélisation dont les résultats s'alimentent. Il est par ailleurs intéressant de noter que plus de la moitié des résultats obtenus dans le cadre de ce thème sont issus de travaux menés par des étudiants, doctorants ou post-doctorants.

Pour 2019, les travaux de l'axe 1 ont essentiellement appliqué les traceurs trophiques intégrés (isotopes stables et contenus stomacaux) pour préciser les déterminants de la niche trophique aux échelles intra et interspécifiques. Dans le cadre du projet CAPES, les isotopes et les contenus stomacaux sont utilisés pour caractériser l'alimentation des juvéniles de poissons dans la nurserie de la Baie de Seine, et notamment préciser les chevauchements de niches pouvant exister entre juvéniles de poissons plats dans cet habitat (2.2.1.1). L'analyse des contenus stomacaux a également été appliquée à un groupe de poissons qui joue un rôle clé dans les réseaux trophiques antarctiques, de par sa position pivot entre le compartiment planctonique et les grands prédateurs (2.2.1.2). L'importance de la taille comme facteur déterminant les relations de prédation a également été confirmée chez le merlan (2.2.1.3). Dans le cadre du projet VARITROPH (2.2.1.4), les rapports isotopiques sont mesurés dans plusieurs tissus des mêmes individus, puis combinés au sein d'indices caractérisant les différences inter et intra-individuelles d'alimentation afin d'appréhender la variabilité de l'alimentation au sein de populations de poissons et entre espèces. Enfin, des travaux ont porté

sur le microbiote de poissons importants dans l'écosystème austral, et notamment de la contrainte que la fonction de digestion peut jouer sur la diversité des bactéries (2.2.1.5).

Le deuxième axe poursuit de son côté les travaux sur les réseaux trophiques à l'échelle des communautés, et en l'appliquant aussi bien au compartiment planctonique qu'aux poissons. Trois articles explorent ainsi la répartition spatiale de différents groupes et à différentes échelles spatiales, que ce soit via une approche empirique d'échantillonnage du plancton en continu à l'échelle du globe (2.2.2.1), via une approche de modélisation spatiotemporelle de la présence de poissons démersaux antarctiques basée sur les variables abiotiques ou biotiques (2.2.2.2), ou en utilisant les géostatistiques pour identifier les habitats préférentiels des juvéniles de poissons plats en Baie de Seine (2.2.2.3). Même s'ils apparaissent un peu éloignés des questions trophiques, ces travaux sont cependant complémentaires, notamment du fait de l'importance trophique du plancton, ou parce que les conditions trophiques du milieu sont des déterminants forts de la répartition spatiale des organismes. Dans cet axe, le projet MURPHY explore les liens entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes, en considérant les isotopes stables comme une propriété émergente issue de la topologie des réseaux écologiques (2.2.2.4). La mesure de données empiriques sur le système pélagique (zooplancton et larves de poissons) permettra de valider ces prédictions. Deux travaux de modélisation en Manche ont enfin bénéficié de la complémentarité des approches, vu que les données isotopiques mesurées via les travaux du thème 2 peuvent servir de validation des sorties de modèles, soit dans l'application du modèle Ecopath with Ecosim aux effets trophiques des éoliennes offshore (2.2.2.5) ou l'utilisation du modèle OSMOSE à la caractérisation du couplage benthopélagique en Manche (2.2.3.6).

Enfin, les travaux menés dans l'axe 3 en 2019 ont poursuivi l'analyse des effets des changements anthropiques sur la structure fonctionnelle des communautés des poissons. Ils voient une augmentation de l'utilisation de l'approche fonctionnelle, qui décrit les communautés par les fonctions écologiques qui y sont remplies, plus que par les espèces qui la composent. Ces travaux ont notamment montré que les changements environnementaux peuvent avoir des effets opposés sur la structure taxonomique et fonctionnelle d'une communauté (2.2.3.1). De même, si le déploiement de récifs artificiels ne semble pas avoir d'effet sur la communauté de poissons si on la considère dans sa globalité, considérer des groupes fonctionnels séparément permet de mettre en évidence des patrons différents et de mieux comprendre les flux de matière et leur évolution dans le temps (2.2.3.2). Ces travaux mettent également en évidence l'importance de la rareté fonctionnelle (2.2.3.3) et appellent à plus de précaution quant aux choix des métriques fonctionnelles utilisées (2.2.3.4). Ils permettent également d'augmenter la confiance dans les résultats des modèles écosystémiques. Par l'application d'analyses de sensibilité, ils permettent de mieux identifier les groupes cruciaux dans les résultats du modèle, et pour lesquels il est crucial que les données d'entrée dans le modèle soient de qualité.

2.2.1 Mécanismes de variation de la niche trophique

2.2.1.1 Variabilité spatiale et temporelle de l'alimentation des juvéniles de sole et de plie en Baie de Seine

Stage de Master 2 d'Alexandra Engler (Sorbonne Université), sous la direction de Pierre Cresson et de Louise Day (EMH), dans le cadre du projet CAPES.

Engler A, Day L, Chouquet B, Vogel C, Brind'Amour A, Cresson P. 2019. Variations spatiales de l'alimentation des juvéniles de sole et de plie en Baie de Seine. Poster. 14^{ème} colloque de l'AFH "Recherche Halieutique et Développement Durable". 26 au 28 juin 2019, Université de Caen Normandie.

Les estuaires, comme la Baie de Seine, sont des environnements très productifs, et d'importance vitale pour certaines espèces de poissons d'intérêt halieutique. Les juvéniles de ces espèces y bénéficient de conditions favorisant leur croissance post-métamorphose, notamment en raison de la présence d'habitats, de conditions environnementales et de ressources trophiques plus importantes. Ces milieux sont cependant à l'interface entre terre et mer, et subissent donc des impacts anthropiques, avec des effets potentiels sur le recrutement dans la population exploitée. Ce stage s'inscrivait dans le cadre du projet CAPES (Capacité trophique de l'estuaire de Seine), qui vise à comprendre le rôle de la limitation trophique comme facteur déterminant le recrutement pour les espèces nourricière dépendante. Il se focalisait sur deux espèces de poissons plats, la sole *Solea solea* et la plie *Pleuronectes platessa*. Par l'analyse couplée des contenus stomacaux et des signatures isotopiques, en parallèle de la caractérisation des communautés d'invertébrés benthiques, il visait à préciser l'importance trophique de l'estuaire de Seine, en caractérisant les variations spatiales et temporelles de l'alimentation des juvéniles de soles et de plies et en détaillant les interactions intra- et interspécifiques.

Les résultats montrent une alimentation généraliste et opportuniste pour la sole, basée sur les proies les plus présentes à l'endroit de capture des poissons (Fig. 2.2.1b). La plie a une alimentation très constante, marquée par une spécialisation sur les bivalves. Les changements de communautés benthiques impactent de manière plus importante les juvéniles de soles que de plies. La dynamique du fleuve impacte aussi les apports en matière organique dans les réseaux trophiques : les réseaux trophiques en aval sont alimentés par de la matière organique marine ; ceux en amont par de la matière organique fluviale et par la production primaire des vasières, confirmant l'importance trophique du microphytobenthos dans cet habitat (Fig.2.2.1a). L'étude a aussi montré que la partition des ressources entre juvéniles des deux espèces était un facteur-clé pour limiter la compétition dans les zones moins riches et pour permettre aux différentes espèces de coexister dans l'estuaire de la Seine.

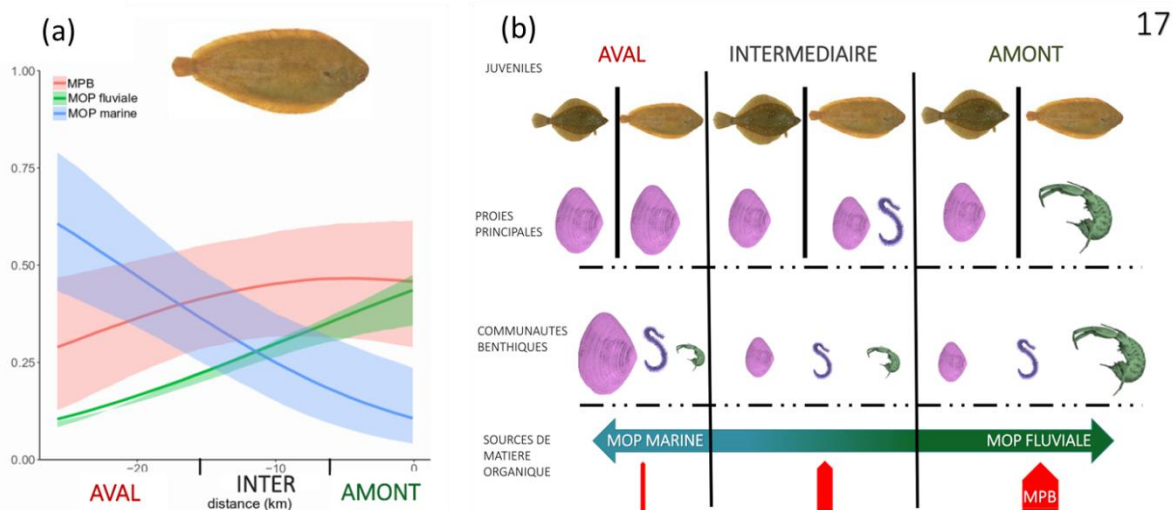


Figure 2.2.1. (a) Variation spatiale des contributions des sources primaires (rouge : microphytobenthos, vert : apports fluviaux ; bleu : production primaire marine) dans le réseau trophique aboutissant aux juvéniles de soles le long du gradient amont-aval en baie de Seine. (b) Schéma bilan des résultats, illustrant de bas en haut, les principales sources à la base du réseau trophique, les espèces principales des communautés benthiques, et les principales proies pour les deux espèces.

2.2.1.2 Variabilité des stratégies alimentaire de *Pleuragramm antarctica* dans l'océan austral

Carlig E, Di Blasi D, Ghigliotti L, Pisano E, Koubbi P, Vacchi M. 2019. Diversified feeding strategies of *Pleurogramma antarctica* (Nototheniidae) in the Southern Ocean. Polar Biol, 42: 2045-2054. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02579-0>

La calandre antarctique *Pleurogramma antarctica* est un poisson planctophage qui joue un rôle important dans les écosystèmes pélagiques antarctiques en raison de sa position mid-trophique. Ce poisson a fait l'objet depuis quelques années de plusieurs recherches sur son écologie trophique, néanmoins plusieurs aspects méritent encore d'être élucidés. L'article de Carlig et al. (2019) explore la plasticité trophique de cette espèce, sa capacité à modifier et à optimiser son régime alimentaire en fonction de la disponibilité des proies.

Une analyse comparative du contenu digestif, de l'état des poissons et de la sélectivité alimentaire a été réalisée sur des spécimens provenant de trois endroits différents de l'océan Austral: la mer de Ross, la Terre Adélie et la Péninsule Antarctique. Tout en confirmant que les copépodes et les euphausiacés sont les éléments les plus importants dans le régime alimentaire de ce poisson, l'article a révélé des différences locales importantes dans la composition du régime alimentaire et l'état du poisson. Les spécimens de la péninsule antarctique présentaient l'état corporel le plus élevé et les euphausiacés étaient la proie privilégiée. À l'inverse, les spécimens de la mer de Ross et de la Terre d'Adélie, où les euphausiacés ne sont pas aussi abondants que dans ceux des eaux de la péninsule Antarctique, ont montré une stratégie trophique plus flexible et opportuniste afin de profiter de la grande variété de proies planctoniques. Considérant que *P. antarctica* est un élément clé de l'écosystème pélagique, une meilleure connaissance de l'écologie trophique de ce poisson contribuerait à une compréhension globale de sa réponse aux changements environnementaux.

2.2.1.3 Facteurs influençant la niche trophique et la spécialisation individuelle de 4 espèces en Manche orientale et sud de la mer du nord.

Timmerman CA, Power M, Swanson H, Marchal P, Cresson P. Travail inclus dans le cadre du projet VARITROPH, et réalisé durant un échange au sein du département de biologie de l'université de Waterloo (Canada), financé grâce à une bourse pour la mobilité internationale des doctorants de la direction scientifique.

Cette étude avait pour objectif d'étudier la spécialisation individuelle trophique de 4 espèces (plie, sole, chinchard, maquereau) en Manche et baie sud de la mer du Nord. La spécialisation individuelle est le phénomène selon lequel les individus consomment une petite partie des ressources utilisées par la population. Puisque la spécialisation individuelle peut affecter la dynamique des populations, il est nécessaire de comprendre ses causes et influences sur la niche des populations. La niche totale de la population (TNW), est composée d'une composante intra-individuelle (WIC) et d'une composante interindividuelle (BIC). La spécialisation individuelle a été étudiée avec l'indice WIC/TNW variant de 0, lorsque la population est composée d'individus spécialistes, à 1 lorsque la population est généraliste et utilise l'ensemble des ressources disponibles (Fig. 2.2.2). Les isotopes stables sont un outil efficace permettant d'étudier la spécialisation individuelle puisque chaque tissu a un temps de renouvellement qui lui est propre, et donc intègre l'utilisation des ressources à différentes échelles de temps. Les individus spécialisés sur une même ressource présentent des signatures isotopiques similaires pour tous les tissus. Les résultats préliminaires basés sur les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$, évaluant la spécialisation sur les sources de matière organique révèlent une plus forte variation interindividuelle qu'intra-individuelle dans l'utilisation des ressources ($\text{BIC} > \text{WIC}$), et que ces espèces sont généralistes composées d'individus spécialistes (WIC/TNW faible). Selon l'hypothèse de variation de niche, une forte compétition entre les espèces d'un même habitat favorise un partitionnement de ressources via une augmentation de la variation interindividuelle (BIC). Toutefois, des études complémentaires sont à mener concernant les variations saisonnières et ontogéniques en lien avec les niveaux de compétition inter et intra-

spécifique, la disponibilité en ressources et la prédation qui peuvent affecter l'amplitude de la variation d'alimentation entre individus.

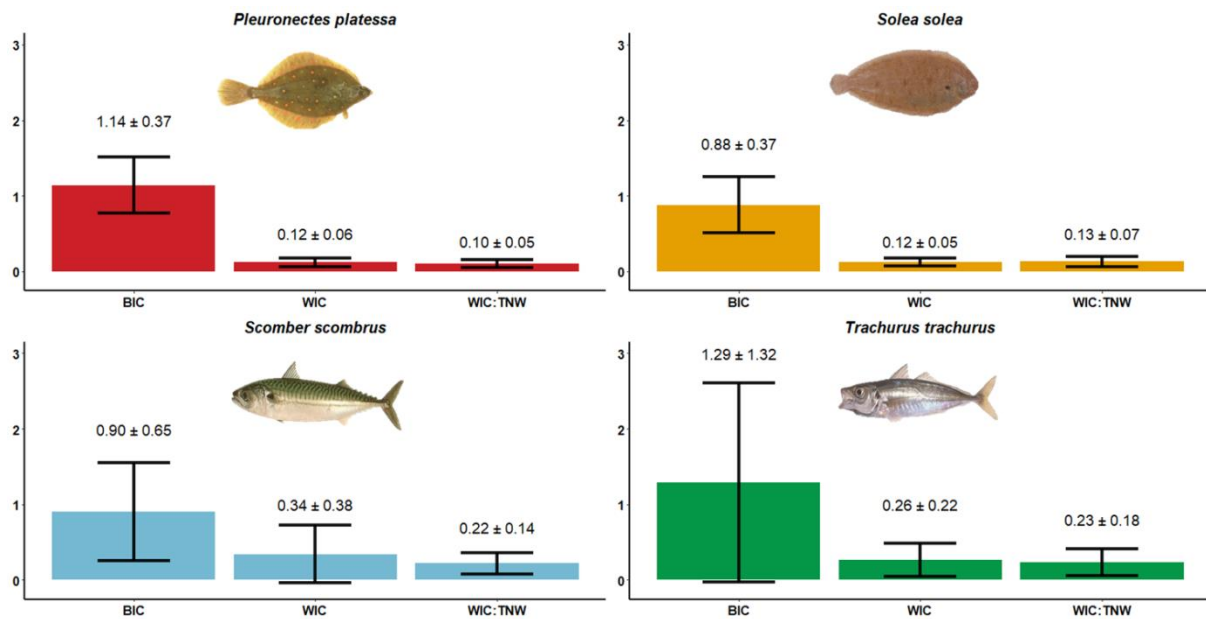


Figure 2.2.2. Pour les quatre espèces étudiées, sont représentées les valeurs de BIC, WIC, et l'indice de spécialisation individuel (WIC/TNW).

2.2.1.4 Existe-t-il une relation entre taille du prédateur et taille des proies chez le merlan ?

S. Werquin, Stage de Licence 3, Université de Lille, sous l'encadrement de P. Cresson.

Depuis l'aube de l'humanité, les humains ont cherché à comprendre, décrire et prédire les comportements du vivant par des règles simples. A titre d'exemple, la taille des organismes est souvent vue comme un facteur important pour expliquer ces comportements, par exemple car les jeunes et les adultes n'ont pas les mêmes besoins et les mêmes capacités. Au niveau trophique, la taille est souvent vue comme le trait prépondérant, entre autres car la taille de l'organisme (et en corolaire la taille de la bouche) conditionne la capacité d'un prédateur à détecter et capturer ses proies. Trivialement, cette idée se traduit par l'idée largement répandue que « les gros poissons mangent les petits ». A ce titre, une relation fixe entre la taille du prédateur, et entre une gamme de taille de ces proies est une des règles de base du modèle écosystémique OSMOSE (cf. 2.2.2.6). Cette relation est classique dans les systèmes pélagiques, mais beaucoup moins évidente pour les poissons benthiques ou benthodémersaux. Le travail important d'analyse des contenus stomacaux et la possibilité de disposer d'une grande gamme de taille de prédateurs au travers des projet VARITROPH, CAPES et APOSTROPH a représenté une opportunité de vérifier cette hypothèse pour le merlan, en déterminant l'évolution de la taille des proies avec la taille du corps du prédateur, ou du diamètre de sa bouche. Le principal résultat issu de ce travail est qu'il existe bien une relation entre la taille d'un prédateur et celle de ces proies (Figure 2.2.3). Par contre, si la taille maximale (droite pointillée rose supérieure sur les figures ci-dessous) et la taille moyenne des proies (droite bleue) augmentent avec celle du prédateur (et avec la taille de sa bouche), la taille minimale des proies ne varie pas (droite rose pointillée inférieure). Outre la confirmation de cette règle théorique pour le merlan, ces résultats montrent qu'en grandissant, un prédateur élargit le spectre des proies disponibles, sans perdre la possibilité de consommer des proies qu'il consomme au début de sa vie. En lien avec les résultats sur l'alimentation du merlan obtenus dans le cadre du projet VARITROPH, cela montre que la consommation de grandes proies représente un avantage en termes d'apports énergétiques.

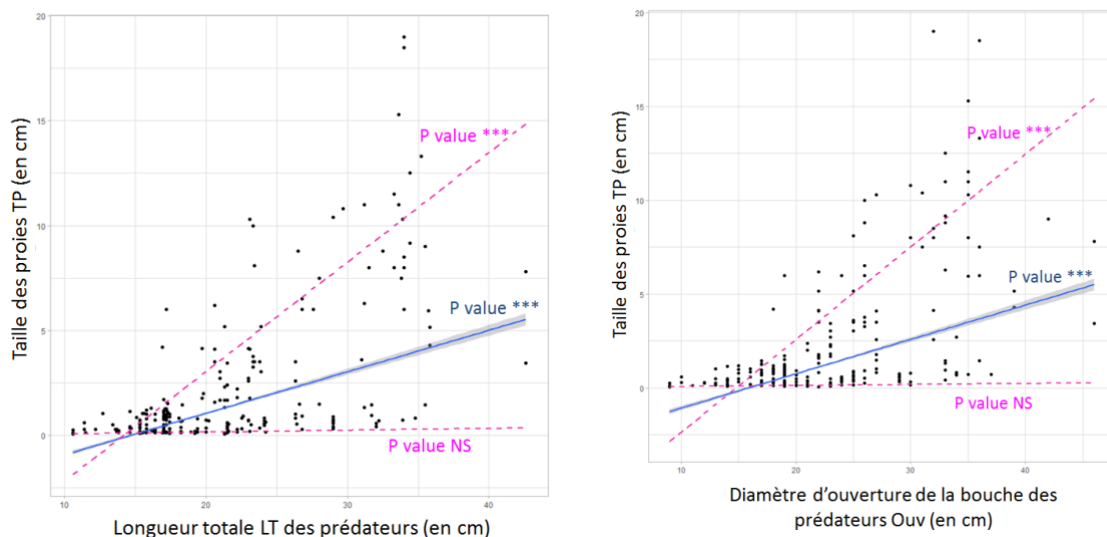


Figure 2.2.3. Relation entre la taille des proies (axe vertical) et la taille du prédateur (axe horizontal, graphique de gauche) ou le diamètre de la bouche du prédateur (axe horizontal, graphique de droite). Les droites bleues représentent la régression linéaire calculée sur la médiane, les droites roses les régressions quantiles à 5 et 95 %.*** : pvalue <0.0001, NS : pvalue >0.05.

2.2.1.5 Diversité du microbiote des myctophidés de l'océan austral

Gallet A, Koubbi P, Léger N, Scheifler M, Ruiz-Rodriguez M, Suzuki MT, Desdevises Y, Duperron S. 2019. Low-diversity bacterial microbiota in Southern Ocean representatives of lanternfish genera *Electrona*, *Protomyctophum* and *Gymnoscopelus* (family Myctophidae). PLoS One. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0226159>

Les myctophidés ou poissons lanternes sont parmi les poissons téléostéens mésopélagiques les plus abondants dans le monde. Ils sont dominants dans l'océan Austral, un environnement extrême où ils sont importants à la fois en tant que consommateurs de zooplancton et en tant qu'aliments pour les grands prédateurs comme certains manchots, otaries et éléphants de mer. Diverses études ont étudié le régime alimentaire des myctophidés, mais aucune donnée n'était disponible concernant leur microbiote associé, bien que l'importance des communautés bactériennes pour la santé et l'adaptation des poissons soit de plus en plus reconnue.

L'article de Gallet et al., (2019) décrit le microbiote de six espèces au sein des trois genres de myctophidés (*Electrona*, *Protomyctophum* et *Gymnoscopelus*). L'analyse des communautés bactériennes associées à l'intestin, la nageoire, les branchies et les organes légers des membres a été étudiée par une approche basée sur le métabarcodage à l'aide de ARNr 16S.

Les communautés intestinales présentent une diversité limitée de lignées principalement spécifiques aux poissons, probablement impliquées dans la transformation des aliments. Les communautés des nageoires et de peaux présentent des niveaux de diversité et des compositions ressemblant davantage à celles trouvées dans l'eau de mer environnante. Les compositions des communautés sont similaires entre les genres *Electrona* et *Protomyctophum*, qui diffèrent de celles trouvées dans *Gymnoscopelus* et dans l'eau. De faibles abondances de bactéries potentiellement émettrices de lumière dans les organes lumineux soutiennent l'hypothèse d'une production de lumière par l'hôte.

Cette première description du microbiote associé aux myctophidés, et parmi les premières sur les poissons de l'océan Austral, souligne la nécessité d'étendre la recherche sur le microbiome au-delà des espèces économiquement importantes et de commencer à aborder les espèces pertinentes sur le plan écologique.

2.2.2. Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités

2.2.2.1. Surveillance mondiale de la diversité et de l'abondance du plancton : les échantillonneurs de plancton en continu

Batten SD, Abu-Alhaija R, [...] Koubbi P, [...] Wilson W 2019 [16 coauteurs]. A Global Plankton Diversity Monitoring Program. *Front Mar Sci.* 6:321.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00321>

Le plancton est la base des réseaux trophiques marins, essentiels au maintien des pêcheries et aux autres formes de vie marine. Les échantillonneurs de plancton en continu (CPR) sont utilisés depuis des décennies dans les deux hémisphères et dans plusieurs mers régionales (Fig. 2.2.4). Ces suivis sont essentiels pour faire progresser la compréhension de la dynamique du plancton et éclairer les décisions en matière de politique environnementale et de gestion.

L'article de Batten et al.(2019) décrit comment le CPR peut contribuer à la surveillance mondiale de la diversité et de l'abondance du plancton en fournissant à grande échelle spatiale des données taxonomiques fines et ce sur plusieurs années voire décennies. Ainsi, durant OceanObs en 2009, un réseau intégré de échantillonnages régionaux de CPR a été proposé et en 2011, les suivis existants se sont agrégés pour former l'Alliance mondiale des échantillonnages par le CPR (GACS). Le GACS s'est d'abord concentré sur le renforcement de l'ensemble des données en identifiant et en documentant les meilleures pratiques, en organisant des ateliers de formation et en développant une base de données intégrée. Le GACS ne couvre pas encore tout l'océan mondial, mais il pourrait être étendu aux océans non encore échantillonnés actuellement comme le sont les régions tropicales et l'Arctique. Le travail préparatoire de renforcement des capacités est fait, mais un financement est nécessaire pour mettre en œuvre la vision GACS d'un programme mondial d'échantillonnage du plancton. Une étape clé est une analyse pour optimiser le plan d'échantillonnage global.

D'autres développements incluent l'extension de l'utilisation du CPR pour des mesures multidisciplinaires via des capteurs supplémentaires, maximisant ainsi l'utilisation de navires d'opportunités. Par exemple, la définition d'écorégions pélagiques sur la base du plancton et de données auxiliaires peuvent soutenir des projets de protection marine en haute mer. Le CPR permet également de répondre à plusieurs autres objectifs internationaux comme : la réalisation de la cible 15 d'Aichi, l'implémentation des objectifs de développement durable des Nations Unies, la fourniture de variables océaniques essentielles et des variables essentielles de la biodiversité. Ces objectifs requièrent une résolution taxonomique fine, la couverture de vastes échelles spatiales et des données sur de longues périodes. Des synergies avec des réseaux mondiaux exploitant des données satellitaires et d'autres capteurs de plancton pourraient être explorées. Cela est nécessaire pour un système d'observation des océans entièrement intégré qui peut comprendre la dynamique mondiale des océans pour éclairer la prise de décisions marines durables.

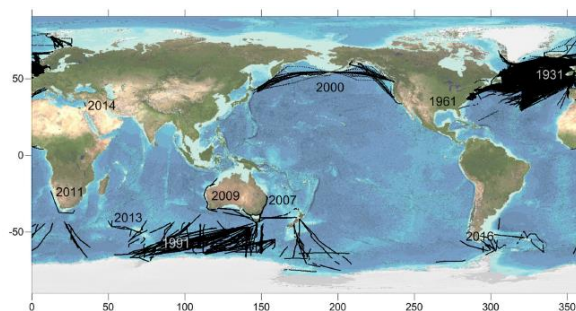


Figure 2.2.4. Cartographie des échantillonnages par le Continuous Plankton Recorder. La France a commencé en 2013 à échantillonner la partie Nord indienne de l'océan Austral à bord

du N/O «Marion Dufresne ». Ces échantillons sont en cours de traitement à HMMN par P. Koubbi (Sorbonne Université).

2.2.2.2. Modélisation spatio-temporelle de la distribution spatiale des poissons démersaux dans l'océan austral

Jansen J, Dunstan PK, Hill NA, Koubbi P, Melbourne-Thomas J, Causse R, Craig JR, 2019. Integrated assessment of the spatial distribution and structural dynamics of deep benthic marine communities. *Ecol Appl.* <https://doi.org/10.1002/eap.2065>

Caractériser la distribution spatiale et la variation des communautés d'espèces et valider ces caractéristiques avec les données in situ sont des éléments clés pour une approche écosystémique. Les modèles de distribution des espèces ou des communautés ne prennent généralement pas en compte la dynamique des communautés, ce qui limite la compréhension de l'écosystème et sa gestion, en particulier dans les régions pauvres en données comme sont les milieux polaires.

Dans l'article de Jansen et al. (2019), un modèle de réseau qualitatif a été utilisé pour prédire les changements dans la structure de la communauté benthique antarctique entre les principaux habitats marins (Fig. 2.2.5). Dans cette étude, une approche de modélisation spatio-temporelle a été utilisée pour évaluer la distribution spatiale et la dynamique structurale de l'écosystème benthique antarctique incluant les poissons démersaux. En premier, des modèles statistiques ont été réalisés pour identifier les groupes d'espèces qui répondent à l'environnement de la même manière (modèles archétypes d'espèces). Ces prédictions permettent de cartographier la distribution des poissons démersaux à partir des données des campagnes CEAMARC (Collaborative East Antarctic Marine Census) de l'année polaire internationale (Causse et al. 2011). Pour déterminer s'il existe des schémas cohérents à travers les phylums, l'article compare les schémas de distribution des poissons aux prévisions cartographiées des macro-invertébrés benthiques d'une étude précédente dans la même région (Jansen et al. 2018). Quatre habitats distincts ont été caractérisés grâce à la profondeur et la pente. L'étude teste également comment les changements de profondeur et de pente pourraient affecter la structure écologique de cette zone plateau continental antarctique. Il a également été testé comment les augmentations futures de la production primaire associée à la perte anticipée de glace de mer pourraient affecter l'écosystème jusqu'au fond.

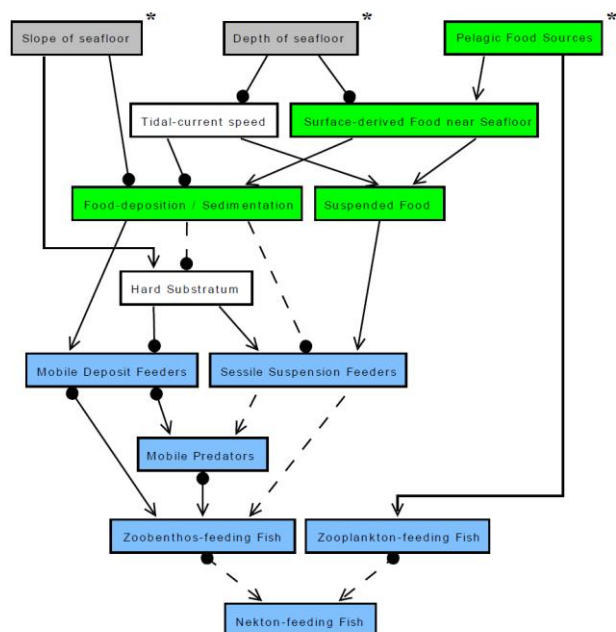


Figure 2.2.5. Topologie de réseau qualitatif décrivant les interactions et les réponses de l'écosystème benthique antarctique. Le code couleur distingue les différentes catégories de facteurs physiques (gris, blanc), les facteurs écologiques (vert) et les groupes fonctionnels clés (bleu). Les « sources alimentaires pélagiques » comprennent la production primaire de surface, la production secondaire par le zooplancton et l'exportation de cette production vers le fond marin. Une pointe de flèche montre une influence positive; une tête de cercle montre une influence négative; les lignes pointillées indiquent des interactions faibles ou incertaines. Les pilotes que Jansen et al. (2019) ont fait varier dans l'analyse qualitative du réseau sont marqués (*)

2.2.2.3. Des nourriceries de la baie de Seine aux populations exploitées : approche empirique et modélisation spatio-temporelle de leur liens statistiques

Cariou T, Dubroca L, Vogel C, Bez N. 2019. Approche géostatistique de la distribution de poissons plats dans la nourricerie de l'estuaire de Seine. 14e colloque de l'AFH "Recherche Halieutique et Développement Durable". 26 au 28 juin 2019, Université de Caen Normandie. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00512/62355/>

Cariou T, Dubroca L, Vogel, C. (soumis). Dataset of biodiversity of the Seine nursery over 20 years in a highly disturbed environment. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3695712>

Les travaux de thèse menés depuis Janvier 2019 ont été axés sur la description de la distribution spatiale de poissons plats au sein de la baie de Seine et sur l'import de nouvelles méthodes géostatistiques pour affiner ces descriptions. Le premier axe a fait un focus sur trois espèces de poissons plats, la limande (*Limanda limanda*), la plie (*Pleuronectes platessa*) et la sole (*Solea solea*). A l'aide d'indices et de méthodes géostatistiques, l'objectif est d'arriver à une description de l'occupation de la nourricerie de l'estuaire de la Seine par ces différentes espèces à l'aide du jeu de données issu de la campagne NOURSEINE. Il est montré que ces espèces occupent différents espaces au sein de la nourricerie de Baie de Seine (Fig. 2.2.6) et qu'il existe une dynamique propre à chaque espèce plus qu'à l'échelle de l'assemblage de poissons plats. Le travail de la thèse est également une occasion d'évaluer l'intérêt d'utiliser des méthodes géostatistiques plus récentes qui potentiellement amèneront des résultats biologiques plus pertinents que les méthodes déjà employées. Deux méthodes ont été explorées : le krigeage SPDE et les pluri-gaussiennes seuillées. La première méthode vise à prendre en compte la non stationnarité d'une anisotropie dans le cadre d'un krigeage d'une fonction aléatoire d'intérêt (une population de poisson ici). Actuellement des approfondissements sont nécessaires sur le modèle de l'anisotropie mais l'estimation de la variable tend à renvoyer une distribution plus conforme aux attentes des relevés de terrain. La seconde vise à établir des relations entre des espèces de poissons plats et une variable catégorielle : l'habitat. Classiquement la géostatistique concerne des variables continues. Les variables non ordinales n'ont pu être intégrées que récemment aux modèles géostatistiques. Pour ce faire, on convertit des variables catégorielles non ordinales en variables continues grâce la méthode des pluri-gaussiennes seuillées. Dans le cadre du jeu de données NOURSEINE, cette méthode géostatistique permet d'établir les liens de corrélations spatiales entre les variables biologiques et les variables gaussiennes représentant l'habitat. A l'aide d'un cokrigeage, on obtient une probabilité de présence de chaque espèce, construite sur les relations mutuelles entre les deux espèces et les deux gaussiennes représentant l'habitat. Ce résultat peut s'apparenter à un modèle de niche écologique construite avec des méthodes géostatistiques. Un des avantages de cette méthode est qu'elle permet de tenir compte de la structure spatiale entre variables. Ce faisant, la méthode fournit également une estimation de l'erreur faite dans l'élaboration de la niche, permettant ainsi de mieux interpréter les résultats.

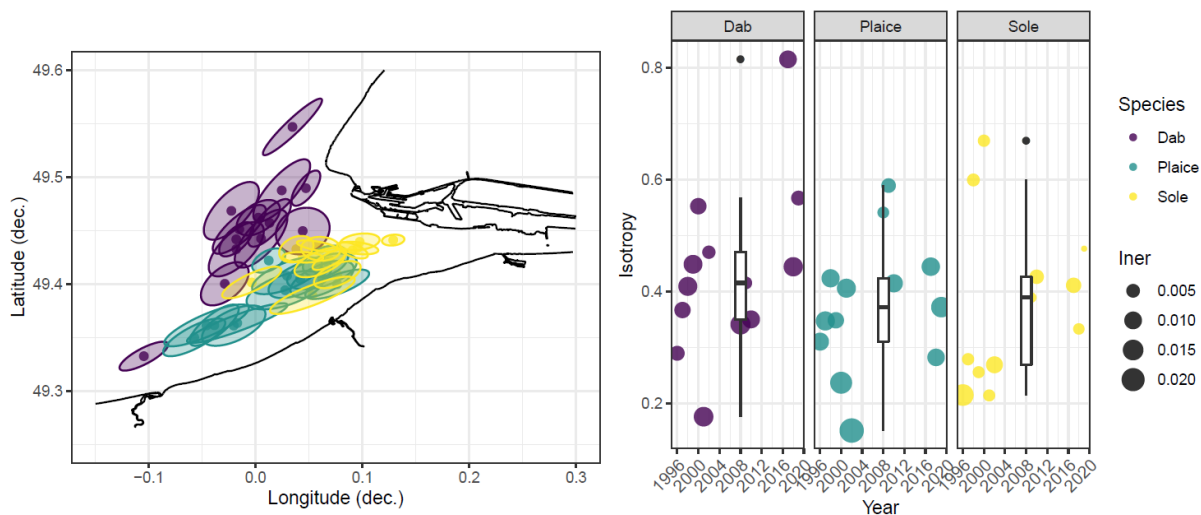


Figure 2.2.6. (Gauche): Centres de gravité annuels de trois espèces de poissons plats et ellipses d'inertie associées. (Droite): Indice d'isotropie des trois espèces de poissons plats et inertie associée.

2.2.2.4. Premiers résultats du projet MURPHY « *MULTiRoPHic biodiversitY* »

MURPHY est un projet de collaboration entre l'IFREMER et le Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (UMR 8187 LOG) soutenu par la DS. L'objectif principal du projet MURPHY vise à utiliser le concept de biodiversité multitrophique (MBEF) pour expliquer les relations environnement / biocénoses/ fonctions (et services) écosystémiques dans les écosystèmes marins. Cet objectif est subdivisé en deux axes de recherche interconnectés: (1) Qualifier la biodiversité multitrophique par une approche de traits fonctionnels et (2) Tester la théorie MBEF en prenant la Manche-Mer du Nord comme un cas d'étude d'écosystème marin côtier. Courant 2019 l'Axe 1 « Topologie et trophodynamique par approche fonctionnelle » a été développé. Les isotopes stables sont utilisés dans cette 1ère étape comme outil pour valider des propriétés incorporées dans les modèles, dont la typologie fonctionnelle a été préalablement définie. Pour cela, des échantillons de plancton collectés lors des campagnes en hiver, printemps et automne ont été identifiés et triés. Cela correspond à plus de 1000 échantillons et à plus de 37 taxa depuis la fraction <math><20\mu\text{m}</math> du phytoplancton, et jusqu'aux larves de poissons (Fig. 2.2.7). Les premiers résultats montrent d'importantes variations saisonnières et soulignent les différentes stratégies alimentaires des espèces planctoniques en fonction de la productivité du milieu. En 2020, un couplage de ces indicateurs avec des traits fonctionnels devrait permettre de mieux comprendre les liens entre biodiversité et fonctionnement/ services des écosystèmes sous influence anthropique appliqué aux écosystèmes marins

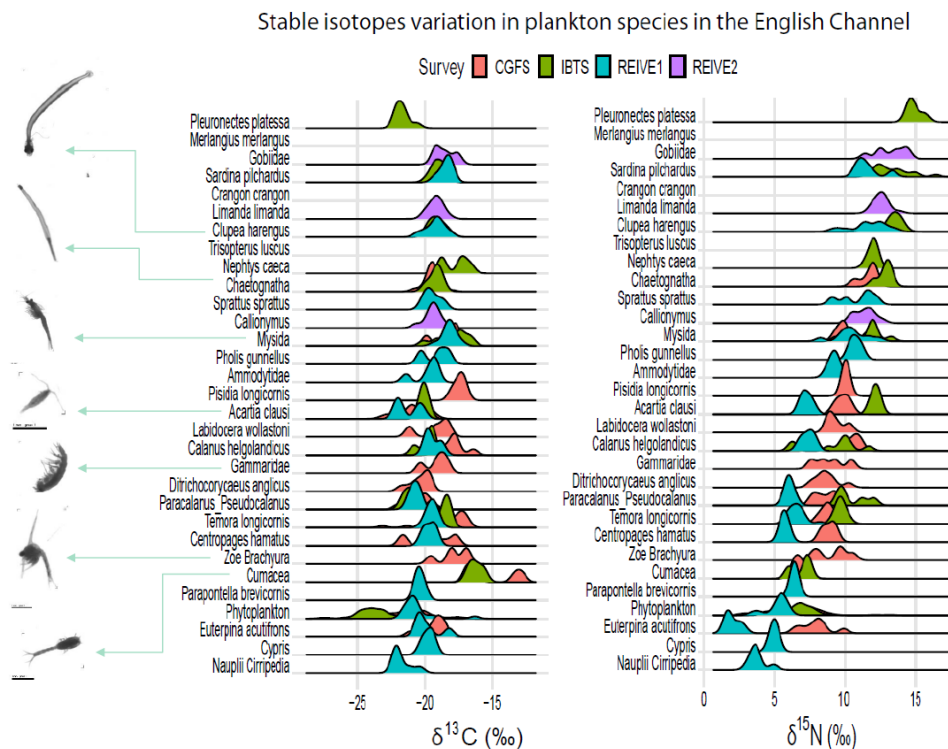


Figure 2.2.7. Variations des isotopes stables du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$) au cours de saisons (Campagne CGFS: automne, IBTS: hiver et REIVE 1 et REIVE2 : printemps). Les espèces sont classées en fonction des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ pour améliorer la lisibilité (de haut en bas, larves de différentes espèces de poisson et zooplancton).

2.2.2.5. Les analyses isotopiques, un outil pertinent pour valider les modèles dans le contexte du développement des énergies marines renouvelables et des impacts cumulatifs

Raoux A, Pezy JP, Ernande B, Niquil N, Dauvin JC, Grangeré K. 2020. Isotopic analyses, a good tool to validate models in the context of Marine Renewable Energy development and cumulative impacts. Est. Coast Shelf Sci. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106690>

Dans le cadre de la transition énergétique, le gouvernement français prévoit la construction de parcs éoliens offshore dans les prochaines décennies. Une approche écosystémique intégrée de deux futurs sites éoliens offshore de la Manche orientale (Courseulles-sur-mer et Dieppe-Le Tréport) a été développée pour modéliser les écosystèmes marins avant leur mise en place. Ces modèles d'écosystèmes permettent de simuler les éventuels effets de récif et de réserve liés à la présence des fermes éoliennes, et de caractériser les changements globaux du fonctionnement du réseau trophique. Cette vision holistique des effets des sites éoliens offshore pourrait être reproduite sur d'autres sites et constituer la base d'une gestion écosystémique des énergies marines renouvelables. Toutefois, pour pouvoir utiliser ces modèles à des fins de gestion, ils doivent être validés. Pour ce faire, les rapports des isotopes stables de l'azote ont été utilisés pour déterminer la précision des niveaux trophiques effectifs calculés dans ces deux modèles. Les résultats ont montré que les niveaux trophiques estimés par les deux modèles étaient cohérents avec les niveaux trophiques estimés par les données isotopiques indépendantes (Fig. 2.2.8). Dans le contexte du développement de l'éolien offshore et de l'analyse des impacts cumulés, cette étape de validation des modèles est essentielle pour développer leur utilisation par les acteurs de la gestion et les décideurs politiques.

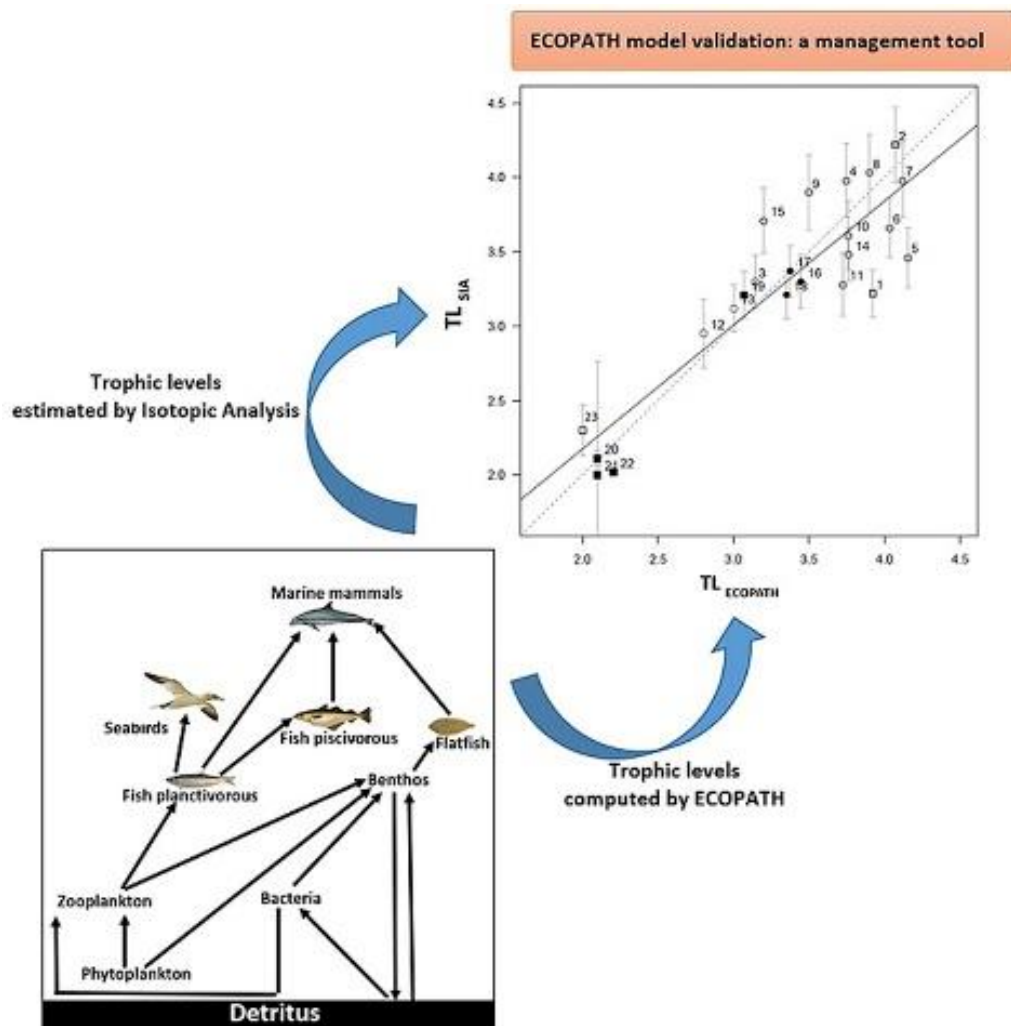


Figure 2.2.8. Schémas conceptuel du réseau trophique modélisé par les deux modèles Ecopath et comparaison des niveaux trophiques estimés par les modèles (Trophic levels computed by ECOPATH) et par les données isotopiques indépendantes (Trophic levels estimated by Isotopic Analysis).

2.2.2.6. Emergence de relations taille-niveau trophique inattendues à partir d'un modèle écosystémique individu centré

Travers-Trolet M, Coppin F, Cresson P, Cugier P, Oliveros-Ramos R, Verley P., 2019. Emergence of negative trophic level-size relationships from a size-based, individual-based multispecies fish model. *Ecol Model* 410, 108800. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108800>

Modéliser les mécanismes qui sous-tendent les interactions trophiques entre individus permet de faire émerger des patrons à partir des interactions locales. Comprendre ces propriétés est un prérequis nécessaire pour déterminer comment les écosystèmes marins répondent aux pressions anthropiques. L'émergence de réponses trophiques dans le contexte de la Manche, où le couplage benthopélagique joue un rôle majeur, a été étudié par l'application d'un modèle trophique spatialement explicite et individu-centré. 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 représentant les céphalopodes, et en le forçant par des champs de proies benthiques et pélagiques variables dans le temps et l'espace. Une matrice d'accessibilité, définissant les possibilités pour des espèces benthiques d'accéder au proies pélagiques et vice-versa, a été ajoutée au modèle pour lier les compartiments benthiques et pélagiques par chevauchements des distributions verticales. Après l'étape d'optimisation, qui a

permis la représentativité de certains paramètres aux valeurs moyennes mesurées pour ces paramètres entre 2000-2009, la structure trophique a été comparée aux données empiriques. Les niveaux trophiques calculés par le modèle se sont par exemple avérés cohérents avec 5 jeux de données empiriques (Fig. 2.2.9). Malgré l'hypothèse de prédation opportuniste basée sur la taille qui sous-tend le modèle, la simulation a montré une diminution du niveau trophique avec l'augmentation en taille pour 4 espèces benthiques, patron observé de manière empirique pour plusieurs espèces. L'exploration du modèle montre que ce patron émerge spatialement, et s'explique à la fois par la variabilité spatiale de la disponibilité des proies, et par le fait que la relation entre taille et niveau trophique est sans doute moins marquée en milieu benthique que pélagique. La combinaison des modèles individus centrés et des marqueurs trophiques intégrés apparaît comme un outil prometteur pour mieux comprendre les patrons trophiques, leurs causes et leur impact sur le fonctionnement des écosystèmes.

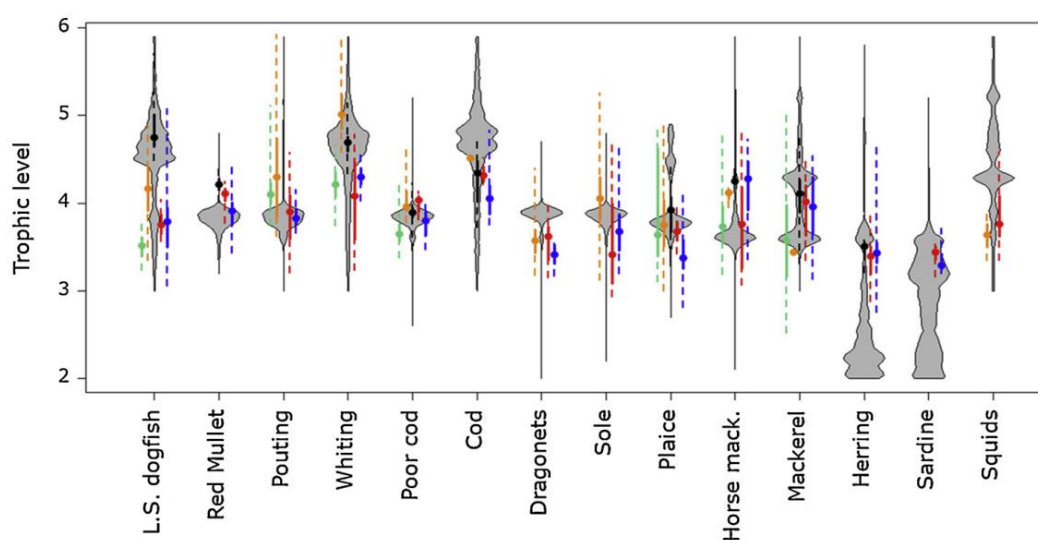


Figure 2.2.9. Comparaison des distributions de niveaux trophique simulés (spectre trophique en gris), et comparaison avec les valeurs moyennes \pm écarts-type calculées à partir des signatures isotopiques (en couleur) et issues de travaux précédents, réalisés à HMMN ou ailleurs.

2.2.3 Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson

2.2.3.1. Divergence taxonomique et convergence fonctionnelle des communautés de poissons en Mer du Nord sur la période 1983-2015

McLean M, Mouillot D, Lindegren M, Engelhard G, Murgier J, Auber A. 2019. Fish communities diverge in species but converge in traits over three decades of warming. *Glob Change Biol* <https://doi.org/10.1111/gcb.14785>

La description de la dynamique spatiale et temporelle des communautés est essentielle pour comprendre les impacts du changement climatique sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Dans ce contexte, il est aujourd'hui reconnu que les approches basées sur les traits des espèces (c'est à dire leurs caractéristiques bio-écologiques) peuvent fournir davantage d'informations que les approches plus classiques fondées sur l'identité taxonomique des espèces. Cette approche dite fonctionnelle, apporte en effet des éléments relatifs aux mécanismes d'effet de l'environnement sur les communautés et sur l'effet de ces dernières sur le fonctionnement des écosystèmes. Dans cette étude, les données d'abondances issues de la

campagne de suivi halieutique IBTS NS-Q1 (International Bottom Trawl Survey – North Sea 1st quarter) ont été utilisées afin de comparer la dynamique de la structure taxonomique à la dynamique de la structure fonctionnelle des communautés de poissons en mer du Nord. Une hétérogénéité spatiale de la structure fonctionnelle a d’abord été mise en évidence dans la direction nord-sud (7 fois supérieure à la variabilité temporelle), le long d’un gradient de profondeur, de température et de salinité. La structure taxonomique et fonctionnelle ont toutes deux considérablement changé au fil du temps. Toutefois, sur le plan taxonomique, les communautés du sud et du nord ont progressivement divergé, devenant donc de plus en plus dissemblables au fil du temps, mais ont à l’inverse convergé sur le plan fonctionnel (Figure 2.2.10). Au moins une partie de cette divergence taxonomique pourrait être la conséquence d’une dérive nordique des communautés provenant de la Manche vers le sud de la Mer du Nord et d’une expansion vers le sud d’espèces situées au nord de la mer du Nord. La convergence fonctionnelle est quant à elle caractérisée par une hausse de la dominance des espèces de petite taille, à croissance rapide, ayant des préférences thermiques élevées et vivant dans la colonne d’eau. Bien que la structure taxonomique ait changé au fil du temps, sa distribution spatiale est restée relativement stable. En revanche, la structure fonctionnelle a changé au cours du temps au travers d’une expansion vers le nord des communautés typiques du sud, entraînant ainsi une homogénéisation de la diversité fonctionnelle. Nos conclusions appuient l’hypothèse selon laquelle le changement global à venir conduira, quelle que soit la composition en espèces, à une homogénéisation fonctionnelle vers des traits plus adaptés à un environnement de plus en plus variable.

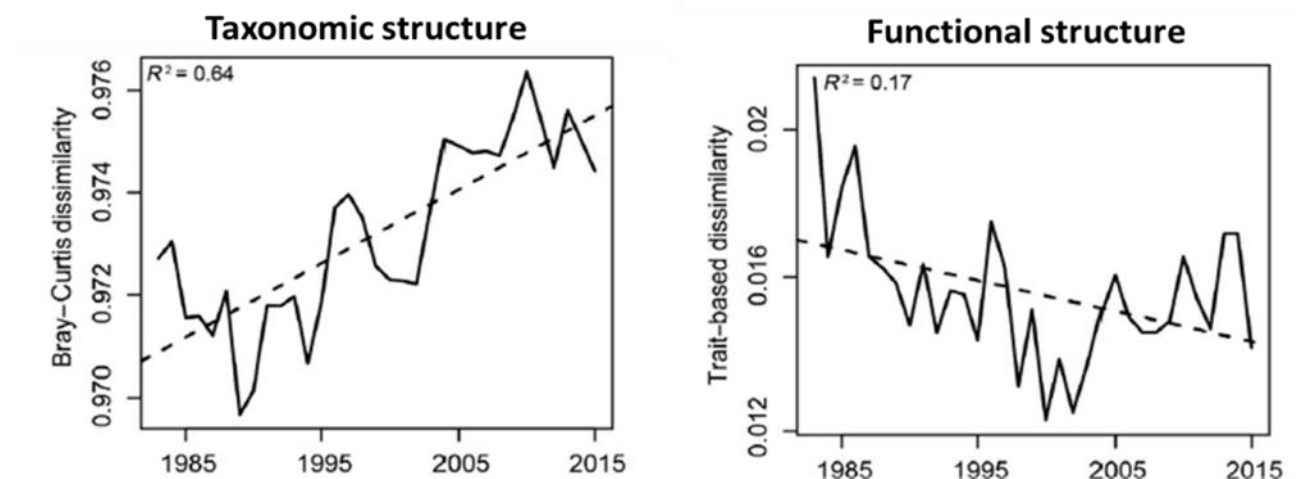


Figure 2.2.10. Dynamique temporelle de la dissimilarité taxonomique et fonctionnelle entre les communautés nord et sud de la Mer du Nord.

2.2.3.2. Réponse fonctionnelle de l’assemblage de poissons au déploiement d’un système de récifs artificiels

Cresson P, Le Direach L, Rouanet E, Goberville E, Astruch P, Ourgaud M, Harmelin-Vivien M. 2019. Functional traits unravel temporal changes in fish biomass production on artificial reefs. *Mar Env Res*, 145, 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.02.018> ,

Le déploiement de récifs artificiels est aujourd’hui reconnu comme une solution de gestion efficace des zones côtières. Elle est plébiscitée par la plupart des usagers (pêcheurs professionnels et de loisirs, ou plongeurs), dont les activités bénéficient des augmentations de biomasses de poissons associées aux récifs artificiels. Cependant, comprendre l’origine de ces augmentations fait l’objet depuis plus de 30 ans d’une forte controverse : les biomasses de poissons plus importantes observées autour des récifs artificiels résultent-elles d’une production locale de biomasse, ou d’une attraction de poissons depuis les zones rocheuses

naturelles adjacentes ? Les objectifs de gestion ne peuvent être remplis que dans le cas de la première option.

Dans le cadre du travail mené sur le système de récifs artificiels de la baie de Marseille, les poissons ont été regroupés en guildes trophiques sur la base de leurs signatures isotopiques et de leurs contenus stomacaux. La maturation de la communauté de poissons a ensuite été suivie en analysant l'évolution temporelle de la biomasse des différentes guildes trophiques. L'abondance des poissons et leurs tailles ont été estimées lors de comptages en plongée réalisés saisonnièrement entre 2009 et 2015 puis transformées en biomasses, à l'aide de relations taille-masse. L'évolution des flux de matière au sein de la communauté a ensuite été appréhendée par le calcul d'indices fonctionnels isotopiques.

A l'échelle de la communauté prise dans son ensemble, aucun patron significatif de changement de biomasse n'a pu être mis en évidence. Au contraire, lorsque les groupes fonctionnels trophiques sont considérés séparément, trois patrons ont été mis en évidence. Les espèces de mésocarnivores et de piscivores benthiques (sars, labres, congres, rascasses etc.) montrent une augmentation constante et importante de leurs biomasses. Ces espèces sédentaires sont celles qui bénéficient le plus et de manière constante des effets des récifs artificiels, via l'augmentation de l'habitat et des ressources trophiques et via la diminution de la mortalité par pêche. Ces trois groupes représentent ainsi à eux seuls plus de 75% de la biomasse de poissons sur les récifs artificiels à la fin de la période étudiée. Le deuxième groupe comprend les piscivores pélagiques, les mésocarnivores de substrats meubles et les herbivores, représentés par une seule espèce la saupe *Sarpa salpa*. Les biomasses de ces groupes montrent des alternances saisonnières qui s'expliquent par les trois mêmes facteurs que précédemment, mais limités uniquement aux périodes où les poissons sont présents sur les récifs. Enfin, le troisième groupe comprend les espèces zooplanctonophages, pour lesquels les biomasses diminuent continuellement. L'effet des récifs artificiels sur ces espèces vivant dans la colonne d'eau, plusieurs mètres au-dessus, est négligeable par rapport à l'effet bottom-up des paramètres environnementaux. L'analyse des indices fonctionnels isotopiques montre une baisse de diversité trophique, liée au fait que la majorité de la biomasse sur les récifs artificiels provient d'une production locale de biomasse.

Ces résultats confirment qu'attraction et production représentent deux situations extrêmes. Considérer que l'une ou l'autre est seule à agir résulte sans doute d'une sur-simplification du fonctionnement du système. Ils confirment également l'importance de tenir compte des réponses fonctionnelles propres à chaque groupe fonctionnel, aussi bien trophiques, mais aussi liés aux capacités de déplacement, car elles modulent la réponse des espèces à une modification de l'environnement.

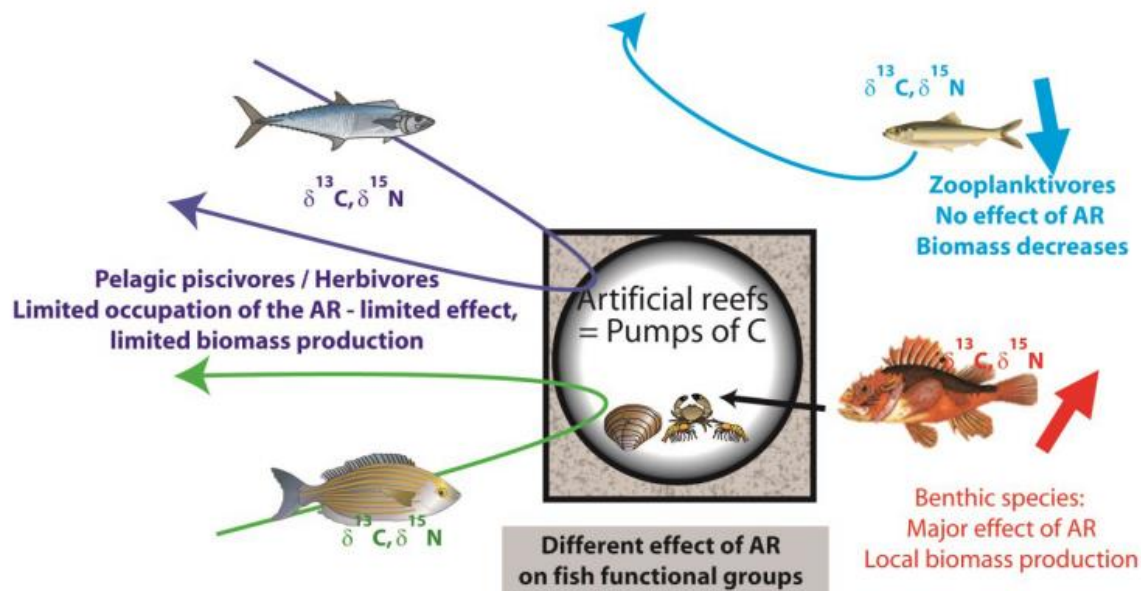


Fig. 2.2.11. Réponses fonctionnelles différentes des groupes de poissons au déploiement de récifs artificiel. Les flèches droites représentent l'effet sur la biomasse, les flèches circulaires représentent les capacités de déplacement de chaque groupe.

2.2.3.3. Rareté fonctionnelle des communautés de poissons en Mer du Nord

Murgier J, McLean M, Maire A, Loiseau N, Casajus N, Auber A. Functional distinctiveness of fish communities in an overfished and warming marine ecosystem. *Biol Conserv.* Work in progress.

L'accélération de la perte de biodiversité dans le monde entier menace des biotes uniques, mais aussi le fonctionnement et les services écosystémiques essentiels au bien-être humain (IPBES). Toutefois, l'impact de la perte de biodiversité sur le fonctionnement des écosystèmes ne dépend pas uniquement du nombre d'espèces perdues, mais aussi de leur identité et de leurs caractéristiques bio-écologiques, appelées traits. Il est bien reconnu que la perte d'une espèce ayant des caractéristiques uniques/distinctes, non partagées par d'autres espèces de la communauté, peut avoir un impact majeur sur le fonctionnement des écosystèmes, simplement parce qu'aucune autre espèce ne peut remplacer les fonctions potentiellement perdues. Malgré l'importance apparente de la rareté fonctionnelle pour le fonctionnement des écosystèmes, les scientifiques se sont traditionnellement concentrés sur les espèces et/ou les expressions de traits les plus fréquentes dans les communautés naturelles. Dans ce contexte, un stage de master 2 a été réalisé en vue de qualifier et quantifier la rareté fonctionnelle des communautés de poissons de la Mer du Nord collectées depuis 35 ans grâce à la campagne de suivi halieutique IBTS NS-Q1 (International Bottom Trawl Survey – North Sea 1st quarter). Dans cet écosystème, la majorité des espèces fonctionnellement distinctes sont les espèces à stratégie dite «K» (qui produisent peu d'œufs mais de grande taille, qui atteignent tardivement leur maturité sexuelle et fournissent des soins parentaux importants à leur progéniture). Il a d'abord été constaté un fort gradient latitudinal de la rareté fonctionnelle, les espèces fonctionnellement distinctes principalement situées dans la partie septentrionale de la Mer du Nord, les espèces plus communes fonctionnellement étant quant à elles dominantes dans la partie sud (Figure 2.2.12). Durant la quasi-totalité du 20^{ème} siècle, la pêche a été particulièrement intense et s'est continuellement intensifiée. En conséquence, la pêche, ciblant avant tout les espèces à stratégie K et étant principalement concentrée dans le sud de l'écosystème, a vraisemblablement contribué à la répartition spatiale de la rareté fonctionnelle telle qu'observée après cette longue période de surexploitation. Au-delà de la pêche, les conditions environnementales semblent également avoir influencé la répartition de la rareté

fonctionnelle. En effet, le sud de la mer du Nord présente une plus grande variabilité de ces conditions environnementales que le nord, favorisant ainsi les espèces à cycle de vie court (r) et défavorisant les espèces à cycle long (espèces K). Au cours des 30 dernières années, la pression de pêche a progressivement diminué, favorisant ainsi la hausse en abondance des espèces fonctionnellement distinctes dans la partie sud. En revanche, les espèces fonctionnellement communes se sont répandues vers le nord, a priori en raison du réchauffement de l'eau, lui-même fortement expliqué par le phénomène d'oscillation multidécadale de l'Atlantique. Enfin, ces travaux ont révélé que les espèces fonctionnellement distinctes sont également parmi les plus vulnérables à la pêche et plusieurs d'entre elles sont aujourd'hui menacées d'extinction selon l'IUCN (International Union for Conservation of Nature). De ce fait, l'estimation de la rareté fonctionnelle apparaît donc comme une étape prioritaire dans la définition de mesures de gestion et de conservation des écosystèmes.

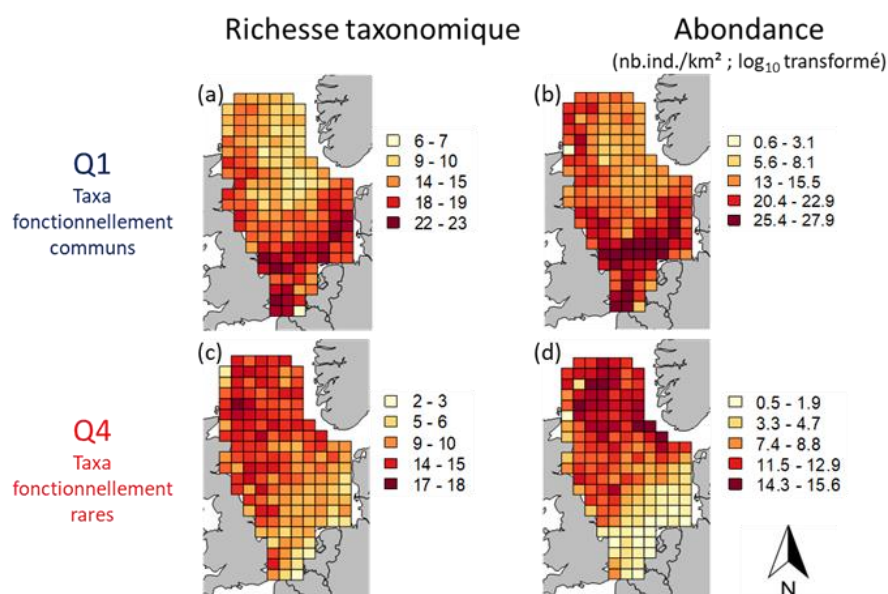


Figure 2.2.12. Répartition géographique des taxa fonctionnellement communs (Q1) et rares (Q4) à l'échelle de la Mer du Nord.

2.2.3.4. Contribution des traits aux changements de biodiversité : un exemple d'erreur d'interprétation.

McLean M, Mouillot D, Villéger S, Graham NAJ, Auber A. 2019. Interspecific differences in environmental response blur trait dynamics in classic statistical analyses. *Mar Biol.*

<https://doi.org/10.1007/s00227-019-3602-5>

L'écologie fonctionnelle vise à mieux comprendre comment les espèces, au travers de leurs caractéristiques bio-écologiques (traits), réagissent aux changements environnementaux et influencent le fonctionnement des écosystèmes. Pour ce faire, l'identification des traits les plus sensibles aux changements environnementaux et la quantification de leur niveau de contribution aux changements communautaires permet une meilleure identification des mécanismes structurant les assemblages. Diverses méthodes statistiques sont utilisées en vue d'identifier et hiérarchiser les traits contribuant le plus aux variations de biodiversité aussi bien dans le temps que dans l'espace. Cependant, il existe un risque notable d'erreurs d'interprétations des résultats issus de ces procédures statistiques qui ne prennent pas en compte le fait qu'au sein d'un même groupe fonctionnel, les espèces peuvent présenter des réponses différentes à un même changement de leur environnement. Par exemple, pour un

groupe fonctionnel donné, composé de 9 espèces peu abondantes diminuant en abondance dans le temps, et d'une seule espèce très abondante et augmentant dans le temps, le trait caractérisant ce groupe sera considéré comme un trait avantageux par une analyse standard puisque l'abondance totale (principalement expliquée par une seule espèce sur les 10) du groupe augmente. Toutefois, il est plus vraisemblable que le trait caractérisant ce groupe soit un trait désavantageux puisque 9 espèces sur 10 ont vu leur abondance diminuer. Dans ce travail basé sur des données artificielles et empiriques d'abondances, un indice a été mis au point et a permis de montrer que le classement entre les traits du point de vue de leur niveau de contribution au changement de la communauté est fortement impacté par la prise en compte des variations interspécifiques de réponse. Ce travail constitue donc un rappel du risque d'erreurs d'interprétation lié aux mauvaises pratiques statistiques qui peuvent, dans certains cas, biaiser notre compréhension des écosystèmes, ce qui ne serait pas sans conséquences sur la biodiversité au travers de pratiques de gestion non optimales voir totalement inadaptées.

2.2.3.5 : Améliorer la confiance dans les modèles écosystémiques complexes: analyse de sensibilité d'un modèle Atlantis.

Bracis C, Lehuta S, Savina Rolland M, Travers-Trolet M, Girardin R. En révision dans *Ecol Model*.

Les gestionnaires sont en demande constante d'évaluation intégrée des écosystèmes et s'intéressent de plus en plus aux capacités des modèles complexes. Ces modèles ont la capacité d'intégrer à la fois les interactions abiotiques, biotiques et anthropiques dans le temps et l'espace. Cependant, ils requièrent un grand nombre de paramètres qui sont pour la plupart inconnus et nécessitent d'être estimés ou calibrés au préalable. L'analyse de sensibilité (AS) est une phase importante du développement d'un modèle de simulation qui permet de mettre en évidence les incertitudes du modèle, et les paramètres les plus influents. Cependant cette étape est souvent survolée lors du développement de modèles complexes du fait du grand nombre de paramètres et du temps de simulation important. L'objectif de notre étude est de développer un approche d'AS applicable aux modèles complexes. Pour ce faire, une AS est réalisée sur les paramètres de croissance, mortalité et recrutement du modèle Atlantis appliqué à la Manche Orientale. Ces paramètres restent souvent compliqués à mesurer et estimer in-situ sur l'ensemble de l'écosystème et sont généralement ajustés lors de la calibration des modèles Atlantis. Pour évaluer la sensibilité du nombre considérable de paramètres dans le modèle, la méthode de criblage de Morris est utilisée. Elle permet d'obtenir de l'information sur les effets principaux et d'interactions/non-linéaire à l'aide d'un nombre restreint de simulations. Une première AS est effectuée sur l'ensemble des groupes fonctionnels du modèle (de la production primaire aux prédateurs supérieurs) sur 90 groupes de paramètres. De cette première analyse deux groupes de paramètres se sont montrés très influents pour la dynamique globale du système et celle de la biomasse des groupes fonctionnels : (1) la croissance et la mortalité des groupes zoo- et phyto-planctoniques et (2) le recrutement des prédateurs supérieurs et la mortalité de leurs juvéniles. Une second AS est réalisée sur 61 paramètres en maintenant les paramètres liés au plancton et aux prédateurs supérieurs constants. Cette seconde analyse a mis en évidence que la plupart des paramètres sont importants pour la stabilité du système, la biomasse de chaque groupe fonctionnel est principalement influencée par leur propre paramètre et une partie des paramètres appliqués aux invertébrés benthiques. Les effets non-linéaires/d'interactions sont prédominants démontrant l'importance des boucles de rétroactions dans la structure trophique du modèle ainsi que l'importance des effets bottom-up, et dans une moindre mesure top-down. Les AS apportent une meilleure compréhension de la structure du modèle. Elles nous permettent aussi de faire des recommandations générales sur la procédure de calibration d'un modèle Atlantis et de mettre en évidence les paramètres qui pourraient influencer la propagation de l'incertitude dans le modèle.

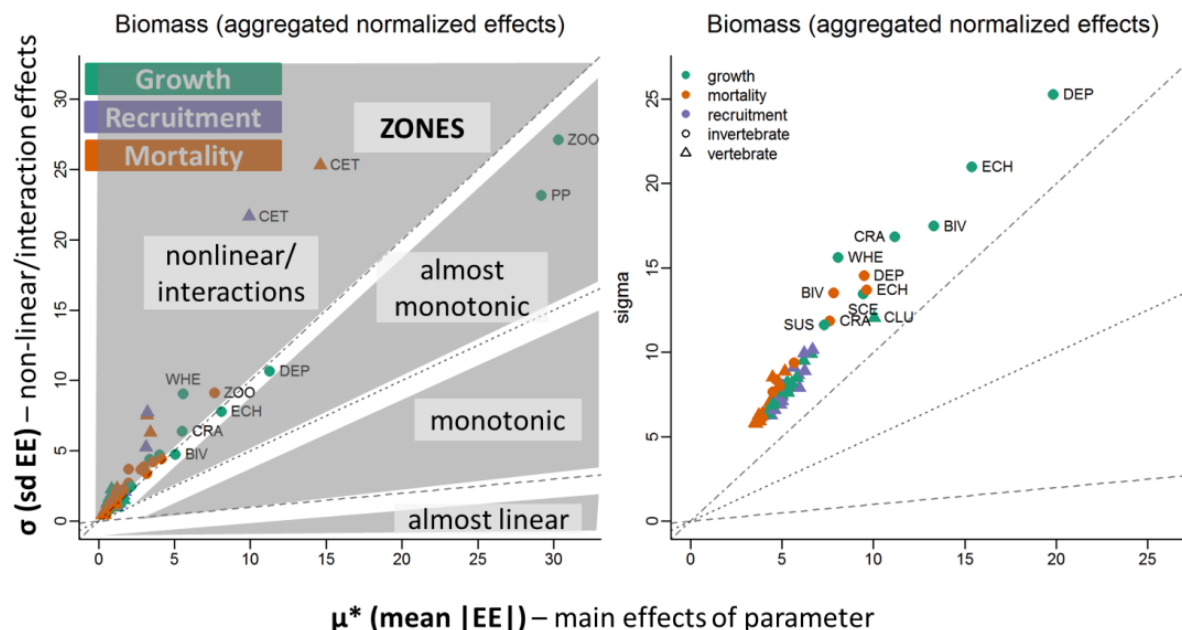


Figure 2.2.13. Relation entre μ^* (effet principal) et σ (effet d'interaction) pour la biomasse totale du modèle pour la première AS (gauche), et la seconde (droite). Les lignes séparent les zones où $\sigma/\mu^*=0.1$ (Presque linéaire, tiret), $\sigma/\mu^*=0.5$ (mono tonique, pointillés), $\sigma/\mu^*=1$ (presque linéaire, tiret et pointillés), avec le triangle supérieur présentant les effets non-linéaire/d'interactions. Les groupes CRA, WHE, ECH, DEP, BIV, SUS et SCE représentent des invertébrés benthiques, CET les cétacés, PP la production primaire, ZOO le zooplancton et CLU les clupéidés.

2.2.4 Les observations en appui aux travaux de recherche

En complément de ce qui a été présenté dans le paragraphe sur les activités de la plateforme réseau trophique, cette partie présente en détail les travaux de dissection, d'analyse de contenus stomacaux et de préparation d'échantillons en vue de l'analyse isotopique, réalisée au sein de la Plateforme de Spectrométrie Océan, à Brest. Cette préparation a notamment impliqué un gros effort de délipidation d'échantillons. En effet, un taux trop important de lipides dans un tissu biaise l'analyse isotopique. Délipider les échantillons implique plusieurs cycles de traitement chimique par des solvants polaires, jusqu'à élimination totale des lipides. Cela a représenté un effort important de travail, qui n'apparaît pas directement sur le décompte des travaux réalisés.

Projet	Espèce	Nombre
CAPES	Bar	172
	Invertébrés	209
	Merlan	375
	MOP	62
Dissections	Chincharde	212
	Hareng	3
	Sole	110

Projet	Espèce	Nombre
--------	--------	--------

Analyses de contenus stomacaux	CAPES	Bar	299
		Merlan	52
	VARITROPH	Maquereau	154
		Merlan	122
		Plie	200

	Projet	Espèce	Nombre
Préparation d'échantillons pour analyses isotopiques	APOSTROPH	Bar	147
		Chinchard	131
		Invertébrés	94
		Calmar	17
		Maquereau	300
		Merlan	360
		Plie	98
		Sole	228
	CAPES	Bar	62
		Invertébrés	76
		Merlan	128
		MOP (Filtres)	62
	MURPHY*	Larves de poisson	169
MOP (Filtres)		358	
Zooplancton		296	
VARITROPH	Chinchard	467	
	Maquereau	468	
	Merlan	233	
	Plie	213	
	Sole	541	

* en soutien à l'équipe du pôle de taxonomie et d'écologie du zooplancton

2.2.5 Contribution aux avis/expertise

2.2.5.1. Participation à des groupes de travail internationaux.

ICES WK BECOSS « Better Coordinated Stomach Sampling », Santander (Espagne) du 3 au 6 septembre 2019

2.2.5.2. Rapports d'expertise

Constable AJ, Lehodey P, Koubbi P. 2019. Report to the Scientific Committee for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources on the outcomes of the EU-H2020 Project 'Mesopelagic Southern Ocean Prey and Predators (MESOPP)' and its utility to SC-CAMLR. SC-CAMLR-38/BG/30.

Le concept sous-jacent du programme MESOPP fut la création d'un réseau collaboratif et d'une e-infrastructure entre des équipes européennes et australiennes travaillant dans l'océan Austral. Ces 15 dernières années, l'Europe a démarré et a réussi à structurer l'océanographie opérationnelle favorisée par l'initiative Copernicus (<http://marine.copernicus.eu/>). Aujourd'hui, cette structure est utilisée et reconnue dans le monde entier et est intégrée dans GOOS (Global Ocean Observing System), IOOS (Integrated Ocean Observation System), SOOS (Southern

Ocean Observing System), GODAE (International Global Ocean Data Assimilation Experiment) et IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research).

Le prochain défi stratégique majeur est de connecter la communauté des écosystèmes marins à travers les domaines de la météorologie, du climat, de l'océanographie et de la biologie. L'objectif du projet MESOPP décrit dans le rapport à la CCAMLR de Constable et al. (2019) est d'avoir créé un réseau pluridisciplinaire concernant l'étude de l'écosystème marin mésopélagique.

Le succès de ce programme MESOPP a été reconnu à plusieurs niveaux. Ce programme a permis l'établissement d'une méthodologie commune et d'un réseau connecté de bases de données concernant les données acoustiques pour l'estimation de la biomasse du micronecton et par la validation des modèles concernant ces données. Il a contribué également à une meilleure compréhension des connaissances sur les groupes fonctionnels clés de micronecton et sur les processus qui déterminent la dynamique des écosystèmes de la physique aux grands prédateurs océaniques.

L'implication de l'Ifremer HMMN a été sur la réalisation des campagnes de prélèvements à bord du N/O « Marion Dufresne » afin de collecter du zooplancton par l'intermédiaire d'un Continuous Plankton Recorder (CPR), de filets à plancton et de chalutages pélagiques avec un Isaac Kidd Midwater trawl. Ces données ont été couplées avec celles des bases de données internationales pour mettre à jour la cartographie des poissons lanternes (Myctophidés) dans l'océan Austral.

Makhad, AB, Lowther A, Koubbi P et al [30 coauteurs] 2019. Expert Workshop on Pelagic Spatial Planning for the eastern subantarctic region (Domains 4, 5 and 6). SC-CAMLR-38/BG/29.

L'atelier d'experts sur la planification spatiale pélagique pour la région subantarctique orientale (domaines 4, 5 et 6) s'est tenu au Cap (Afrique du Sud) du 26 au 30 août 2019.

L'atelier a élaboré un programme de travail scientifique qui se traduira par l'obtention de classifications abiotiques et biotiques pélagiques des domaines de planification à l'aide de caractéristiques géographiques, biologiques et océanographiques. Les distributions de plancton, de poissons mésopélagiques et de prédateurs supérieurs ont été jugées pertinentes pour la future écorégionalisation montrant les profils latitudinaux des communautés pour les espèces pélagiques.

L'importance des zones frontales telles que le front polaire antarctique, le front subantarctique et le front subtropical a été soulignée. La zonation latitudinale des biorégions (basée sur le regroupement abiotique et chlorophyllien) selon les zones frontales peut être influencée par le changement climatique et influencera la distribution spatiale des assemblages pélagiques. Cela aura des conséquences pour les populations d'oiseaux marins et de mammifères, car cela modifiera l'habitat de leurs principales espèces de proies pélagiques (par exemple, les euphausiacés, les calmars, les poissons mésopélagiques, etc.).

L'atelier a souligné que l'écorégionalisation qui combine la régionalisation abiotique (ou la biorégionalisation) et les répartitions biogéographiques des espèces doit être menée à l'échelle des plateaux et des zones océaniques, ce qui inclut des zones hors des juridictions nationales.

Les zones pélagiques hautement productives doivent être prises en compte en relation avec la bathymétrie, l'enrichissement en fer, les fronts et les effets de masse des îles, qui contrastent avec les zones à forte teneur en nutriments et à faible chlorophylle plus au sud. Les îles

subantarctiques sont, quant à elles, connues pour abriter d'importantes colonies d'oiseaux de mer et de phoques, qui pour plusieurs espèces ont une importance mondiale du fait de leur diversité et de leur abondance. La productivité élevée à proximité des îles, ainsi que les grandes concentrations d'oiseaux de mer et de phoques trouvés sur les îles, attirent divers animaux, par exemple plusieurs cétacés. Cependant, récemment, les populations de plusieurs oiseaux de mer qui se reproduisent sur les îles ont diminué. Bien qu'il existe des preuves cumulatives que la diminution des albatros et des pétrels a été considérablement influencée par la mortalité des prises accessoires dans les pêcheries, la diminution de certains manchots est probablement attribuable à une disponibilité plus réduite des proies.

L'atelier a élaboré un plan de travail scientifique détaillé qui mènera à une vue d'ensemble régionale (c'est-à-dire pan-subantarctique) de la structure et de la fonction de l'écosystème qui pourra être utilisée dans toute future planification spatiale de la conservation ou d'évaluation des risques dans un environnement pélagique aussi dynamique.

2.3 THEME3 : FLOTTILLES, EXPLOITATION ET SCENARIOS DE GESTION

Dans le cadre de l'évaluation HCERES de l'unité en 2019, le Thème 3 de l'Unité HMMN a été structuré en deux axes de recherche. Le premier porte sur les outils et les méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources halieutiques alors que le deuxième porte sur l'évaluation des stratégies de gestion dans un contexte de changement global. Les trois travaux de recherche mis en avant cette année s'inscrivent essentiellement sur des problématiques du premier axe. Ils portent ainsi sur le travail mené dans le cadre du projet SUMARiS, qui vise à apporter de nouveaux outils et de nouvelles connaissances pour l'évaluation des stocks de raies en Manche et en Mer du Nord (2.3.1.1). Les travaux de recherches valorisés l'année passée ont également porté sur la définition d'une nouvelle approche pour mieux appréhender la répartition spatiale de l'effort de pêche en Manche, en considérant qu'il existe un chevauchement entre la distribution des espèces et de celles des flottilles. Sur la base des résultats obtenus en octobre, la distribution spatiale de la seiche et du rouget semblent être des déterminants importants de la distribution des chaluts de fonds (2.3.1.2). Enfin, le troisième travail en relation avec l'axe 2, porte sur l'application d'un modèle trophique spatialisé à une zone potentielle de déploiement d'éoliennes en mer, et vise à prédire s'il est possible d'attendre un effet d'exportation, et donc de compensation pour la pêche. Quels que soient les indicateurs utilisés, les augmentations de captures en dehors de la zone pourraient représenter une compensation pour la fermeture (2.3.1.3).

Une part importante du travail du Thème 3 s'inscrit également dans des travaux d'APP, notamment au travers de l'activité de la plateforme CREDO. Ainsi, cet axe inclut l'ensemble des travaux de coordination de collecte des données à l'échelle européenne et nationale (PG DATA, RCM NSEA, DCF) et aussi de collecte des données, notamment via les enquêtes activité et économiques réalisées entre Cherbourg et Dunkerque. Cet axe inclut également un grand nombre de participation à des groupes de travail (ICES, CSTEP), liés notamment aux évaluations de stocks exploités. Ces travaux ont porté sur la Manche, la Mer du Nord et aussi l'Antarctique. Au niveau national, des expertises ont été effectuées dans le cadre du programme IGA, avec un focus sur l'évaluation du cantonnement de pêche de Flamanville sur les crustacés et sur l'impact de l'extraction de granulats, du déploiement d'EMR et des câbles sous-marins sur les écosystèmes.

2.3.1 Outils et méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources

2.3.1.1. Evaluation des stocks de Rajidae en Manche et Mer du Nord

Amelot M, Bastleer J, Foucher E, Girardin R, Marchal P, Poos JJ, Sys K. 2020. Channel and North Sea ray stock assessment in a data limited framework. SUMARiS Interreg project. Deliverable D1.3.1.

Le projet SUMARiS est un projet Interreg ayant débuté en juillet 2017 et prenant fin en juin 2020. L'objectif principal de celui-ci est de développer les connaissances et les outils pouvant permettre l'amélioration de la gestion des stocks de Rajidae en Manche et Mer du Nord. Le projet est conduit par le FROM NORD et regroupe cinq partenaires français, belges et anglais. L'Ifremer est en charge de la réalisation des objectifs 1 et 4 du projet, respectivement l'évaluation des stocks de Rajidae et la comparaison des impacts environnementaux, économiques et sociaux des mesures de gestion relatives. En 2019 l'objectif numéro 1 a amené à la réalisation d'un livrable (D1.3.1) synthétisant les données disponibles sur ces stocks et présentant une sélection de modèles d'évaluation de stock adaptés à ces données.

Les Rajidae présentent un intérêt économique limité et sont principalement pêchées en tant que captures accessoires par les flottilles de pêche visant la sole (*Solea solea*) et la plie (*Pleuronectes platessa*) (Wiegand et al., 2011). Les Rajidae sont actuellement gérés en tant que complexe sujet à un unique TAC (Total Allowable Catch). Les moyens déployés pour assurer la collecte de données relatives à ces stocks ont longtemps été restreints (Carruthers et al., 2014). L'absence de données structurées en âge et en taille ainsi que le report des captures jusqu'en 2009 dans un groupe « raies », sans identification des différentes espèces, font des stocks de Rajidae des stocks à données limitées. Cette catégorie de stock ne peut être évaluée en utilisant les modèles d'évaluation de stock basés sur une approche analytique nécessitant une connaissance fine de la structuration en âge des captures. Afin d'estimer le statut de ces stocks et de produire des approximations des points de référence, comme le rendement maximal durable, l'usage de modèles se basant uniquement sur les données de captures et d'abondance, comme les modèles de production, est une alternative envisageable.

Trois modèles ont été testés, CMSY (Catch Maximum Sustainable Yield, Froese et al., 2017), SPicT (Surplus Production in continuous Time, Pedersen & Berg, 2017) et, un modèle bayésien hiérarchique multispécifique (SSBM, Marandel et al., 2019) (Fig 2.3.1). L'ensemble de ces modèles indique une augmentation de la biomasse de Rajidae au cours des dix dernières années, cohérente avec les indices d'abondance des campagnes scientifiques. Des disparités existent cependant entre espèces. Les biomasses relatives des trois espèces principalement pêchées, la raie bouclée (*Raja clavata*), la raie douce (*Raja montagui*) et, la raie lisse (*Raja brachyura*), vont de 1.8 B_{MSY} (biomasse au rendement maximal durable) pour la raie bouclée à 0.2 B_{MSY} pour la raie lisse et 0.6 B_{MSY} pour la raie douce en 2018.

L'année 2020 sera consacrée à la valorisation des résultats de l'objectif numéro 1 et à la réalisation de l'objectif numéro 4 du projet. Pour se faire les résultats du livrable D1.3.1 seront présentés au cours du WGEF (Working Group on Elasmobranch Fishes) 2020 du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer). De plus une MSE (Management Strategy Evaluation) basée sur SPicT est en cours de réalisation afin de comparer différentes modalités de gestion mono- et multi- spécifiques.

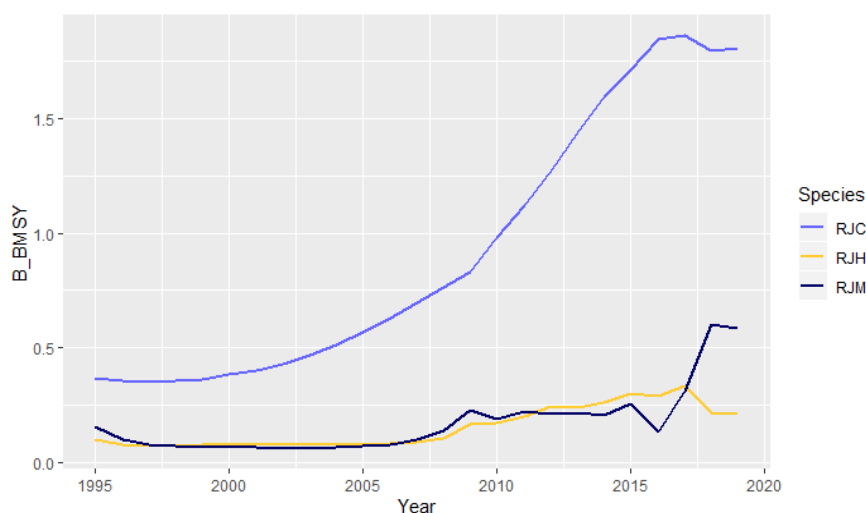


Fig 2.3.1. Biomasses relatives par espèce RJC (*Raja clavata*), RJH (*Raja brachyura*) et RJM (*Raja montagui*) de 1995 à 2019. Résultats du modèle bayésien hiérarchique inspiré de Marandel *et al.*, 2019.

Carruthers, T. R., Punt, A. E., Walters, C. J., MacCall, A., McAllister, M. K., Dick, E. J., & Cope, J. (2014). Evaluating methods for setting catch limits in data-limited fisheries. *Fisheries Research*, 153, 48-68.

Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506-526.

Marandel, F., Lorange, P., & Trenkel, V. M. (2019). Determining long-term changes in a skate assemblage with aggregated landings and limited species data. *Fisheries Management and Ecology*, 26(4), 365-373.

Pedersen, M. W., & Berg, C. W. (2017). A stochastic surplus production model in continuous time. *Fish and fisheries*, 18(2), 226-243.

Wiegand, J., Hunter, E., & Dulvy, N. K. (2011). Are spatial closures better than size limits for halting the decline of the North Sea thornback ray, *Raja clavata*?. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 722-733.

2.3.1.2. *Amélioration de la mesure de l'effort et de la pression de l'effort de pêche opéré par des pêcheries mixtes, au moyen de métriques de chevauchement spatial (Thèse de Pierre Bourdaud, Projet DiscardLess)*

Bourdaud P, Travers-Trolet M, Vermard Y, Marchal P. 2019. Improving the perception of fishing effort and pressures in mixed fisheries using spatial overlap metrics. *Can J Fish Aquat Sci* 76, 586-596. <http://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0529>

La gestion de pêcheries mixtes requiert une compréhension du comportement des pêcheurs pour pouvoir prévoir la distribution future de l'effort de pêche et son impact sur les écosystèmes marins. Une nouvelle approche a été mise au point pour comparer la répartition à échelle fine de l'effort de pêche des chalutiers démersaux de Manche orientale aux distributions spatiales et mensuelles d'espèces commerciales. Premièrement, on a évalué la valeur ajoutée associée à l'utilisation de paramètres de chevauchement spatial propres à l'espèce pour quantifier l'effort de pêche effectif et améliorer la relation entre l'effort de pêche et la mortalité par pêche. Deuxièmement, sur la base de la théorie de l'Idéal Free Distribution idéale (IFD), l'importance accordée par les pêcheurs aux différentes espèces a été quantifiée en maximisant le chevauchement spatial entre l'assemblage d'espèces cibles et les répartitions de l'effort en octobre. À une échelle saisonnière, nos résultats font ressortir l'importance des seiches (*Sepia officinalis*) et du rouget-barbet (*Mullus surmuletus*) dans la répartition globale

des chalutiers démersaux en Manche orientale. En octobre, les seiches et les rougets-barbet impactent nettement plus le choix des zones de pêche que des espèces pêchées traditionnellement ou que les revenus globaux attendus. Ceci est probablement dû à des contraintes externes comme de faibles quotas de morue (*Gadus morhua*), qui invalident certaines hypothèses sous-tendant l'IFD (Fig 2.3.2). L'étude met en relief l'importance d'obtenir de l'information de qualité sur les répartitions spatio-temporelles des stocks et des flottilles pour comprendre le comportement des pêcheurs et améliorer les avis relatifs à la gestion des pêcheries mixtes.

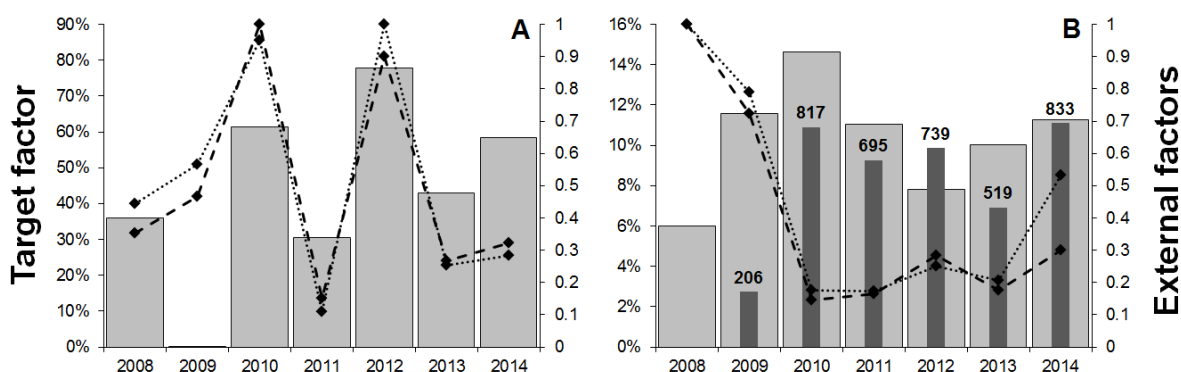


Fig 2.3.2. Facteurs de ciblage pour A) la seiche and B) la morue en octobre, sur la période 2008-2014 (histogrammes gris clair), superposés à leur abondance relative (lignes pointillées), leur attractivité économique relative (abondance \times prix; lignes brisées) et les quotas français non utilisés (histogrammes gris sombre).

2.3.2 Evaluation de stratégies/scénarios de gestion dans un contexte de changement global

2.3.1.1. Un modèle trophique spatialisé pour explorer les effets potentiels de la mise en place d'un parc éolien offshore en Baie de Seine

Halouani G, Villanueva C, Raoux A, Dauvin JC, Ben Rais Lasram F, Foucher E, Le Loc'h F, Safi G, Aраignous E, Robin JP, Niquil N. (in review) A spatial food web model to investigate potential spillover effects of an offshore wind farm, *Journal of Marine Systems*

Il y a un intérêt croissant pour le développement de parcs éoliens en mer afin de fournir une source d'énergie renouvelable et contribuer à la réduction des émissions de carbone. De ce fait, il est nécessaire de mieux comprendre les effets de ces installations sur les écosystèmes marins côtiers et d'identifier les conflits potentiels entre les différents usagers de la mer. Ceci est d'autant plus important lorsqu'il y a des restrictions d'accès à une zone de pêche. Dans ce cadre, un modèle écosystémique spatialisé (Ecospace) a été mis en place pour étudier les effets potentiels de la mise en place d'un parc éolien offshore dans la Baie de Seine et pour évaluer les effets d'une zone d'exclusion à l'intérieur et aux alentours du parc éolien. Plusieurs indicateurs (exp. niveau trophique moyen, MTI, captures, biomasses) ont été calculés pour estimer les effets de la zone d'exclusion sur les activités de pêche et les différents compartiments du réseau trophique. Tous ont été estimés sur l'ensemble de la baie de Seine et résumés par sous-région. Les résultats ont suggéré que pour la plupart des activités de pêche, l'effet de débordement (spillover effect) pourrait atténuer l'impact de la perte d'accès à la zone du parc. Le modèle prévoyait une augmentation des captures (jusqu'à 7 % à proximité du parc éolien) et une légère augmentation de la proportion d'espèces de haut niveau trophique. Cependant, l'influence de l'effet de débordement est limitée dans l'espace et l'augmentation

prévue de la biomasse et des captures est très localisée dans les zones autour du parc éolien. L'analyse des résultats spatialisés à l'échelle de la Baie de Seine a révélé un patron spatial qui suggère que la mise en place d'une zone d'exclusion à l'intérieur du parc pourrait concentrer les prédateurs les plus mobiles.

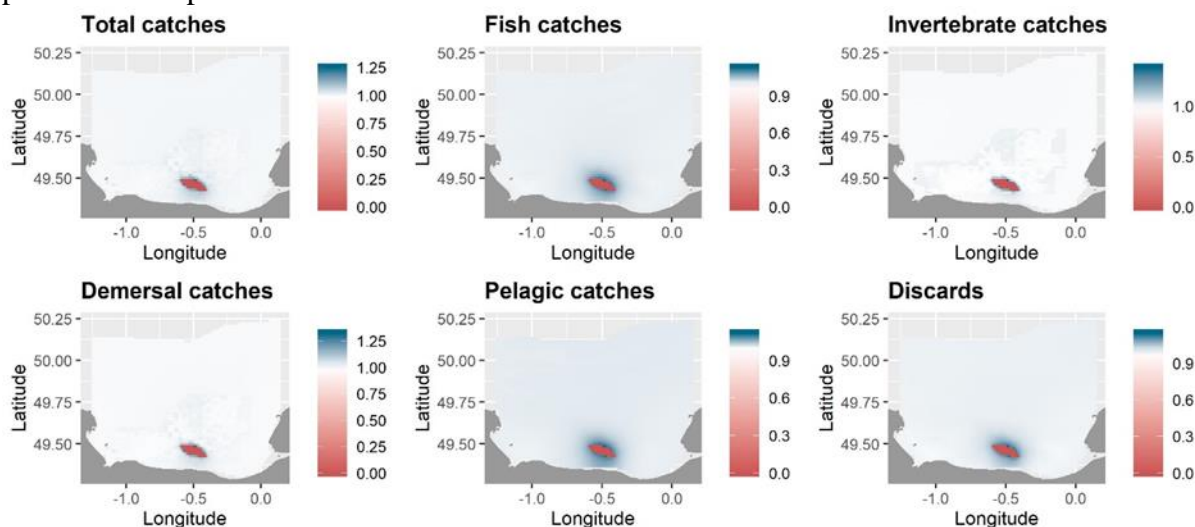


Fig 2.3.3. Effets d'une fermeture totale du parc éolien sur les captures. La couleur bleue correspond à une augmentation des captures par rapport au scénario de référence alors que la couleur rouge correspond à une baisse des captures par rapport au scénario de référence.

2.3.3 Les observations en appui aux travaux de recherche et l'appui à la politique publique

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 et d'accompagner le CIEM dans la mise en place de l'assurance qualité dans les données utilisées pour les avis de gestion. PGDATA accompagne également le CIEM dans le développement de sa future base de données régionale (RDBES), et HMMN y joue un rôle important en assurant la présidence du groupe pour la période 2017-2020 et la présidence de l'atelier mandaté pour développer les méthodes d'estimation (WKRDB-EST, 2020).

Groupe de coordination régionale de la collecte de données

En 2019, les groupes régionaux de coordination en appui au règlement de collecte de données pour la pêche en Europe (règlement EU-MAP) se sont réorganisés pour i) une meilleure efficacité et ii) pour permettre la réflexion sur la modification du règlement à venir (période 2021-2017). Les deux groupes de Coordination régionale (RCG) de Manche, mer du nord, mer Arctique et Atlantique se sont regroupés en un seul (RCG NANS&EA²). Ce groupe évalue 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

² RCG NANS&EA : Regional Coordination Group for North Atlantic, North Sea & Eastern Arctic

d'échantillonnage. Un cadre de l'unité HMMN participe à ce groupe de travail et assure la présidence du groupe LM (Liaison Meeting) qui fait la synthèse de toutes les recommandations des différents RCGs et assure une communication active avec les utilisateurs finaux de la donnée Européenne (CIEM, CICTA, CGPM, CSTEP, Commission Européenne, ...).

Rénovation du règlement Européen de collecte de données (EU-MAP)

En 2019, le règlement Européen de collecte de données (Reg. EU-MAP) a été entièrement révisé pour la période 2021-2027, et l'unité HMMN a été très sollicitée sur le sujet. Un cadre HMMN a fait partie d'une équipe réduite (3 experts) de référents européens pour compiler l'ensemble des propositions émanant des groupes de travail du CSTEP des deux dernières années, ainsi que des réflexions des RCGs et des retours de questionnaires des utilisateurs finaux. L'équipe de référents a ensuite proposé différents scénarios de modifications des règlements d'application pour préparer le groupe du CSTEP prévu finaliser la proposition (STECF-EWF-19-12), auquel le cadre HMMN a participé et joué un rôle moteur au sein du groupe.

Projet FishPi²

Le projet FishPi² a été proposé en 2017 en réponse à un appel à projets de la commission européenne (référence MARE/2016/22). FishPi² faisait suite au projet FishPi (2015-2016, MARE/2014/19) et a été approuvé pour financement en décembre 2017 pour une durée de 15 mois. Le projet a obtenu une extension de 3 mois pour finaliser ses travaux et a fini en mai 2019. Comme FishPi, il était 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 était 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 étaient 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 devait 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. 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 a contribué 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 une base pour le développement futur de la librairie d'estimation associée à la base de données régionale du CIEM (RDBES).

Enquêtes d'activité des navires

En 2019, 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 2018. 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 de Dunkerque, Boulogne sur 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 navires a ainsi été suivie par l'unité HMMN, dont 28 % par enquêtes directes (Tableau 2.3.1).

Tableau 2.3.1. Bilan 2019 des enquêtes « activités » portant sur l'année 2018.

Quartier Maritime	Nb de navire inscrit au FPC	Nb de calendrier complets	Nb d'enquêtes directes
Dunkerque	13	13	4
Boulogne Sur Mer	119	119	17
Dieppe	88	88	27
Fécamp	29	29	2
Le Havre	24	24	1
Caen	191	191	53
Cherbourg	270	270	86
TOTAL	734	734	190

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 2018, l'unité HMMN a été chargée d'enquêter 161 navires (Tableau 2.3.2). Au total, 52 navires (32 %) ont participé à l'enquête économique portant sur l'année 2018.

Tableau 2.3.2. Bilan 2019 des enquêtes économiques portant sur l'année 2018.

Quartier Maritime	Echantillonnage théorique	Enquêté	Refus	Injoignable ou non enquêtable
Dunkerque	4	2	2	0
Boulogne-sur-Mer	22	2	6	14
Dieppe	20	12	6	2
Fécamp	2	1	1	0
Le Havre	6	0	5	1
Caen	33	6	11	16
Cherbourg	60	23	24	13
Saint Malo	70	6	4	3
TOTAL	160	52	59	49

2.3.4 Contribution aux avis/expertise

2.3.4.1. Expertise internationale

Tableau 2.3.3. Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2019 dans le cadre du Thème 3. Extrait de : <https://w3z.ifremer.fr/ederu/Expertise-internationale/GT-internationaux/Planning-participations/2019>

Client	Instance	WG	Intitulé	Jours	Rôle principal
CCFC	CCFC	Morue3Ps	Evaluation morue 3Ps - St John Terre Neuve (octobre)	4	2 Participations
CCFC	CCFC	Conseil	Conseil Consultatif franco-Canadien – Paris, mars 2018	3	Participation
CIEM	CIEM	HAWG	Herring Assessment Working Group for the Area South of 62°N (Copenhague, 13-21/03/2019)	7	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGWIDE	Working Group on Wide Stocks (Santa Cruz, Tenerife, 28/08-3/09/2019)	7	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGNSSK	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (Bergen, 24/04-3/05/2019)	11	Coordination évaluation plie VIId
EU (PCP)	CIEM	WGWIDE	Working Group on Wide Stocks (Santa Cruz, Tenerife, 28/08-3/09/2019)	7	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGSCAL	Scallop Assessment Working Group (Isle of Man, 7-11/10/2019)	4	Coordination évaluation coquille St Jacques VIId
EU (PCP)	CIEM	WGCHAIRS	Annual Meeting of Advisory Working Group Chairs (Copenhague, 23-25/01/2018)	3	Participation
EU (PCP)	CIEM	IBPsol7d	Inter-Benchmark Protocole for sole in the eastern english channel (Ostende, 20-22/08/2019)	3	Présidence
EU (PCP)	CIEM	PGDATA	Planning Group on data		Présidence et une participation
EU (PCP)	CIEM	WGCATCH	Working Group on Commercial Catches		Participation
EU (PCP)	CIEM	WKFlatNSCS-Data	Benchmark Workshop for Flatfish stocks in the North Sea and Celtic Sea - Data compilation (Ghent, 21-22/11/2019)	2	Participation
EU (PCP)	DG-MARE	RCGNSEA	Regional Coordination Group Atlantique nord	5	Participation
EU (PCP)	DG-MARE	RCG Méditerranée	Regional Coordination Group Méditerranée	4	Participation
EU (PCP)	DG-MARE	LM	Liaison Meeting (tous RCG + end users + UE DG-MARE)	3	Présidence
EU (PCP)	DG-MARE		Préparation FEAMP 2021-2027	1	Participation
EU (PCP)	CSTEP		Evaluation des rapports nationaux DCF	5	Participation
CIEM	CIEM	WGRME	Working Group on Marine Renewable Energy (Ostende, 26-28/02/2019)	3	Participation
CIEM	CIEM	WGEXT	Working Group on the effects of Extraction of Marine Sediment on the Marine Ecosystem (Lisbonne, 6-9/05/2019)	4	Participation
CIEM	CIEM		ACOM Marine Renewable Energies	2	Participation

Traité de Granville	Autres		Stocks des Iles Anglo-Normandes		2 Participations
CIEM	CIEM	WGCRAN	Working Groupe on Crangon fisheries and life history		Fourniture de données

Le Tableau 2.3.3 présente l'ensemble des groupes de travail internationaux (organisés sous l'égide du CIEM, le CSTEP, ou autres), auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2019 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-mer du Nord, d'organiser et générer la collecte des données (RCG) en appui à la Politique Commune des Pêches (PCP) européenne. L'Unité HMMN représente également l'Ifremer dans plusieurs groupes de travail du CSTEP centrés sur l'évaluation des productions de la DCF et l'organisation des plans de travail de la DCF. 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 ». L'Unité HMMN est aussi impliquée dans le Conseil Consultatif Franco-Canadien et apporte entre autre son expertise sur l'évaluation de la morue de Terre Neuve. L'Unité HMMN participe également 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.

Enfin, le Professeur Philippe Koubbi (Sorbonne Université) rattaché depuis 2019 à HMMN contribue à des groupes de travail organisés dans le cadre de la CCAMLR, comme exposé ci-dessous.

CCAMLR- Analyses et compilation des données scientifiques pour aider à la planification d'une potentielle aire marine protégée à l'est du méridien 0 dans la mer de Weddell (Antarctique).

Griffith, G, Hatterman, T, Høgestøl, A, Kasajima, Y, Lowther, A, Moreau, S, Njaastad, B, Koubbi, P, von Quillfeldt, C, Brey, T, Teschke, K, Bergstad, OA. 2019. Progress report on the scientific data compilation and analyses in support of the planning of a potential Marine Protected Area (MPA) east of the zero meridian in the Weddell Sea (Antarctica). SC-CAMLR-38/BG/14.

Ces dernières années, les États membres de la CCAMLR ont déployé des efforts considérables pour désigner des aires marines protégées (AMP) dans la zone de la convention CCAMLR afin de conserver la biodiversité marine. Lors de la réunion de la Commission de 2018, une proposition a été faite par la Norvège concernant le développement de la proposition d'AMP de la mer de Weddell (WSMPA). Il a été proposé que la Norvège, l'UE et ses États membres, en particulier l'Allemagne, progressent ensemble pour protéger les zones de la partie Est du domaine de planification spatiale 4 de la CCAMLR.

Une approche en deux phases a été convenue, avec:

- La phase 1 se concentrant sur la création d'AMP dans le domaine 3 et les parties occidentales du domaine 4, sur la base d'une proposition WSMPA initiale légèrement modifiée
- La phase 2 axée sur la création d'AMP dans la sous-zone du domaine 4 à l'est du méridien principal en vue de présenter à la Commission des mesures ciblées pour la désignation d'AMP dans ce domaine d'ici 2022/23.

Un projet, connu sous le nom de projet d'évaluation de zone MAUD a été initié par la Norvège avec les objectifs suivants:

- identifier, évaluer et utiliser les données disponibles
- envisager des approches analytiques et de modélisation pertinentes
- communiquer avec tous les membres intéressés de la CCAMLR

Le projet MAUD a commencé avec un atelier international d'experts organisé par des scientifiques norvégiens à Tromsø (13-14 mai 2019) présidé par G. Griffith et P. Koubbi avec la participation de 25 participants de 6 pays. Les résultats de cet atelier ont été rapportés sous WGEMM2019 / 14.

Récapitulatif des diagnostics pour les stocks de Manche et mer du Nord

Le Tableau 2.3.4 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 2.3.4. Liste des stocks de Manche – mer du Nord suivis par l'Unité HMMN en 2019 (En jaune, les stocks dont l'évaluation est coordonnée par l'Unité HMMN). Extrait de :

<https://w3z.ifremer.fr/ederu/Diagnostics-Avis/Diagnostics-et-Avis-CIEM/Diagnostics-et-Avis-CIEM-2019>. 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 2019, B est la biomasse estimée pour 2019 (B_{2019}). 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 2019, F est la mortalité pour 2018 (F_{2018}).

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

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)
- ↘ ou ↗ indiquent une évolution à la baisse ou à la hausse non complètement significative.

Δ 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)

Δ 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.

Δ Déb ou Δ 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 – Pêcheur du plateau

Stock	B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Sole (4)	1.50	↗	0.50	↘	1.09	1.50
Plie (4)	3.63	↗	0.51	→	0.89	1.86
Turbot (4)	2.05	-	0.77	→	1.00	1.34
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?	?	?F?Ref?	?
Raie radiée (2,3a,4)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	?	?	?
Raie fleurie (3a,4)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Pocheteaux gris (3a,4)		?	?F?Ref?	?	?	

Mer du Nord – Manche Est - Pêcheur pélagique

Stock	B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Hareng (3a,4,7d)	1.70	↘	0.70	↗	0.81	1.09
Chinchard (3a,4bc,7d)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	?	proxy	?

Mer du Nord + Ouest Ecosse – Pêcheur du plateau

Stock	B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Lieu noir (3a,4,6)	1.53	↗	0.81	-	0.99	1.53
Eglefin (3a,4,6)	1.80	↗	0.80	-	1.13	1.80
Cardine (4a,6a)	3.36	-	?Ref?	+	0.40	3.36
Baudroies (3a,4,6)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?
Raie lisse (4a,6)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

Mer du Nord + Manche Est – Pêcheur du plateau

Stock	B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Morue (3a,4,7d)	0.54	↘	1.64	↗	2.06	0.54
Merlan (4,7d)	0.98	-	0.60	-	1.16	0.98
Bar (4bc,7a,7d-h)	0.75	→	0.44	↘	0.46	0.75
Rouget barbet (3a,4,7d)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	↗	?	?
Limande sole (3a,4,7d)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	-?	proxy	?
Balai (3a,4,7d)	1.00	-	1.20	+	1.56	1.00
Grondin gris (3a,4,7d)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	proxy	?
Petite roussette (3a,4,7d)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Raie lisse (4c,7d)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Raie bouclée (3a,4,7d)	?B?Ref?	↗	?F?Ref?	?	?	?
Raie douce (3a,4,7d)	?B?Ref?	↗-	?F?Ref?	?	?	?
Autres raies (3a,4,7d)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	?	?

Mer du Nord + Manche – Pêcheur du plateau

Stock	B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Barbue (3a,4,7de)	?B?Ref?	↘	?F?Ref?	-?	proxy	proxy

Manche Est – Pêcheur côtère (et du plateau)

Stock	3. B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Sole (7d)	1.32	+	0.50	↘	0.78	1.32
Plie (7d)	1.61	↘	0.64	↗	0.92	1.61

Manche – Pêche côtière (et du plateau)

Stock	4. B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Raie mêlée (7de)	?B?Ref ?	?	?F?Ref ?	?	?	?
Raie brunette (7de)	?B?Ref ?	↗-	?F?Ref ?	?	?	?

Ouest Ecosse – Mer Celtique - Pêche du plateau

Stock	5. B/B _{pa}	Tendance B	F/F _{pa}	Tendance F	F/F _{msy}	B/MSY-B _{trigger}
Lieu jaune (6,7)	?B?Ref?	?	?F?Ref?	?	proxy	?
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 responsable thématique national pour le Descripteur 3 « Espèces commerciales ». Outre le travail permanent de veille scientifique et de réponse aux diverses sollicitations du MTES (Département Eau et Biodiversité) et de l'AFB, l'année 2019 a été marquée par la suite de la production du rapport d'évaluation du Bon Etat Ecologique pour le D3 pour le cycle 1 de la DCSMM (2012-2017), sa mise en consultation publique et les réponses qui ont été faites aux différentes questions posées à l'issue de cette consultation. Parallèlement, de nombreuses réunions et travaux d'expertises ont été menés tout au long de l'année 2019, en particulier pour la définition des Objectifs Environnementaux, qui seront établis, en fonction des résultats de l'évaluation du BEE, pour le deuxième cycle de la DCSMM (2018-2024). Une réunion du Comité de Pilotage prévue en décembre 2019 a finalement eu lieu début janvier 2020 (réunissant l'administration centrale, les services déconcentrés de l'état en régions, l'OFB, les agences de l'eau), permettant de faire le point sur l'état d'avancement des travaux relatifs au descripteur D3, les questionnements posés pour le nouveau cycle, les indicateurs à développer...

2.3.4.2. Expertise nationale

IGA (Impact des grands aménagements)

Schlaich I, Antajan E, Françoise S, Loots C, M'Zari L, Maheux F, Ropert M, Simon B. 2019. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de PENLY : Année 2019. RST/RBE/HMMN/LRHPEB/20-01. Conv. EDF C3499C0490. 184 p.

Ropert M, Antajan E, Dechamps L, Foveau A, Hernández Fariñas T, Loots C, M'Zari L, Schlaich I, Simon B. 2019. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville : Année 2019. RST/ODE/UL/LERN-20-12. Conv. EDF C3499C0490. 204p.

Hernández Fariñas T, Antajan E, Foveau A, Maheux F, Ropert M, Schlaich I, Simon B, Chouquet B. 2020. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Paluel : Année 2019. RST/ODE/UL/LERN-20.005. Conv. EDF C4493C0850. 252 p.

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 cinq CNPE. L'unité HMMN est en charge de l'expertise halieutique du projet, mais aussi 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, crevette) avec des suivis différents en fonction des centrales (Gravelines, Penly et Flamanville). Un exemple de résultats obtenus sur la communauté des crustacés de la centrale de Flamanville est mentionné ci-dessous. 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 est responsable de la rédaction des rapports concernant ces suivis, de la coordination de la synthèse relative au CNPE de Penly et participe à la réunion plénière annuelle avec EDF qui se tiendra du 12 au 14 mai 2020 et où les résultats seront présentés et discutés. Suite à cette réunion, les différentes versions des rapports définitifs de l'année 2019 seront transmises à EDF avant la fin du mois de mai.

Étude de l'effet du cantonnement de Flamanville sur la communauté des crustacés.

Schlaich I, Ernande B, Normand J. 2019. Étude de l'effet du cantonnement de Flamanville sur la communauté des crustacés. RST/RBE/HMMN/LRHPEB-19.04. 38p.

Dans le cadre du marché EDF concernant la surveillance écologique des CNPE de bord de mer, l'Ifremer peut proposer des études complémentaires en lien avec les prélèvements effectués sur les différents sites. Cette étude qui rentre dans ce périmètre a été présentée et proposée à EDF lors de la réunion plénière d'avril 2018 a fait l'objet d'une FP en 2019. Elle a pour objectif d'estimer les effets d'un cantonnement situé devant le CNPE de Flamanville visant à protéger une communauté de crustacés. Elle s'appuie sur une série de données particulièrement riche, acquise lors des campagnes de surveillance, qui permet de prendre en compte la variabilité spatio-temporelle d'origine naturelle, sur 33 années et 16 points d'échantillonnage. Dix-huit années après la mise en place du cantonnement, le homard a colonisé l'ensemble de la niche écologique auparavant occupée par la communauté des crustacés. Les résultats suggèrent que la création de la réserve a largement contribué à accroître la résilience de la population de homard au travers de l'augmentation de l'abondance, de la taille, et de la proportion de femelles ovigères. L'augmentation de l'abondance dans le périmètre protégé a favorisé l'émigration de jeunes individus vers l'extérieur de la réserve, et a sans doute permis de soutenir la pêche locale et d'augmenter sa productivité au fil du temps. Les résultats suggèrent également que les autres espèces n'ont pas profité de la création de ce cantonnement, voire, dans le cas du tourteau, ont fortement pâti de l'augmentation de la population de homard. Il est probable que la forte territorialité de cette espèce ait provoqué l'exclusion compétitive du tourteau et de l'étrille dont l'abondance et la taille ont diminué.

Le rapport d'expertise a été transmis à EDF en décembre 2019. À l'occasion de la réunion annuelle de suivi du marché du mois de mai 2020, une synthèse sera présentée. L'objectif final étant après l'accord d'EDF de rendre publics ces résultats sous la forme d'une publication scientifique en 2020.

Granulats marins, Energies Marines Renouvelables et Câbles électriques

Dans le cadre des activités d'appui à la puissance publique, l'Ifremer a finalisé en 2019 la rédaction des deux rapports entamés en 2018 pour le MTES portant sur la gestion des granulats marins, à savoir « Contenu type d'une étude d'impact réalisée pour l'obtention des titres miniers relatifs aux extractions de granulats marins » et « Protocoles conseillés pour la description de l'état initial et le suivi environnemental des sites d'extraction de granulats marins ». Une autre action a été lancée pour la rédaction d'un document spécifique intitulé « Synthèse sur l'impact de l'extraction de granulats marins en France métropolitaine : Analyse des suivis environnementaux sur les façades Atlantique, Manche-Est et Manche-Ouest ». Ces rapports sont rédigés en partenariat avec les équipes de REM/GM et de ODE/LITTORAL/LERBN. Un cadre en écologie benthique a été recruté pour une période de 7 mois pour mener à bien la rédaction du 3^{ème} document, positionné à ODE/LITTORAL/LERBN. L'équipe HMMN/RHPEB est impliquée sur la rédaction du volet halieutique des documents. Les résultats de ce travail ont été présentés au groupe de travail du CIEM (WGEXT) qui s'est tenu à Copenhague du 16 au 19 avril 2019. Une publication scientifique issue de ces travaux a été soumise pour publication et est actuellement en phase de révision. Par ailleurs, l'équipe du laboratoire RHPEB a participé en 2019 au comité scientifique d'un site d'extraction de granulats marins et à la rédaction de deux avis relatifs aux conditions d'exploitation de ces sites.

Pour les EMR, l'équipe du laboratoire RHPEB a participé au comité scientifique puis au comité de suivi de l'un parc des parcs de la façade, et à la rédaction d'un avis relatif au suivi des crustacés. Cette année, l'équipe s'est également investie dans la coordination de l'expertise EMR à l'échelle de l'Institut, en appui au coordinateur national par intérim, au cours de plusieurs réunions organisées par la DGEC (MTES) dans le cadre de la mission d'AMOA de l'Ifremer.

L'équipe du laboratoire est aussi impliquée dans le groupe de travail sur les Effets Cumulés mis en place depuis juin 2018 par le MTES (GT ECUME), dans le cadre duquel elle travaille en partenariat avec les équipes RBE/STH et ODE/DYNECO/LEBCO en interne, et avec des chercheurs du MNHN et de l'université de Perpignan à l'échelle nationale. Ce groupe de travail porte sur le développement d'une méthodologie « clé en main » à fournir aux futurs porteurs de projets éoliens en mer pour la prise en compte des effets cumulés des parcs éoliens, comme demandé par l'Autorité Environnementale.

Projet SELEDRAG.

Foucher E, Quinquis J, Ton C. 2020. SELEDRAG : Etude comparative de la sélectivité des dragues à coquilles Saint-Jacques *Pecten maximus*. R.RBE/HMMN/RHPEB-2020-01 . <https://doi.org/10.13155/72596>

Le projet SELEDRAG a été mené dans les eaux territoriales françaises en mai 2019. Il s'agissait d'un projet court, porté par le CNPMM (Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins), avec l'Ifremer comme partenaire scientifique, et financé par «France Filière Pêche». Le contexte du projet est la pêcherie française de coquilles Saint-Jacques en Manche Est, représentant 720 bateaux de pêche directement concernés par cette espèce. Malgré son importance, il existe très peu de mesures de gestion de cette espèce au niveau européen, mais afin de protéger le stock des règles contraignantes, non applicables aux autres états membres, existent pour les pêcheurs français. L'une des spécificités françaises est le diamètre de l'anneau utilisé, 92 mm pour toutes les pêcheries de coquilles Saint-Jacques alors qu'il est de 85 mm (ou moins) pour les pêcheries britanniques. Une autre divergence

importante est la fermeture estivale en France (du 15 mai au 30 septembre), alors qu'il n'y a pas de fermeture saisonnière pour les bateaux britanniques autorisés à pêcher toute l'année. En conséquence, les pêcheurs français souhaiteraient que ces mesures de gestion des stocks protectrices et efficaces soient également appliquées par d'autres flottilles en Manche, à commencer par une harmonisation à 92 mm des anneaux des dragues. Par ailleurs, les organisations de pêcheurs françaises réfléchissent dès à présent à augmenter la taille des anneaux des dragues de 92 mm à 97 mm d'ici à octobre 2020.

Le projet SELEDRAG a pour objectif d'établir la corrélation entre l'augmentation du diamètre de l'anneau des dragues à coquilles Saint-Jacques et l'amélioration de la sélectivité des engins, et également de quantifier pendant le tri à bord le gain de temps et de manipulations associés à l'augmentation du diamètre des anneaux de la drague.

Les essais ont été réalisés en Baie de Seine à bord du bateau de pêche «Le Tourville» pendant 3 jours début mai 2019. L'étude montre que la sélectivité des dragues à coquilles Saint-Jacques augmente avec le diamètre des anneaux utilisés (85, 92 et 97 mm). La sélectivité intervient faiblement sur les coquilles de taille commerciale (> 110 mm dans la plus grande largeur), mais plutôt sur celles de taille inférieure, qui sont mieux filtrées avec un maillage plus large. Un maillage important permet ainsi de réduire les captures de coquilles sous-taille et les déchets (galets, rochers, coquilles mortes, débris, étoiles de mer, etc.), au profit de coquilles de taille commerciale, qui présentent de plus une taille moyenne plus importante. Il permet également de réduire le temps de tri sur le pont et les travaux pénibles de l'équipage. Concernant la fraction de coquilles entre 102 et 110 mm, il apparaît que la drague de 97 mm présente une légère perte pour ces tailles. Cela pourrait être considéré comme une perte de rendement sur les gisements de coquilles de la Manche Occidentale où la taille minimale de capture est de 100 mm à l'échelle européenne (102 mm en France), mais cependant l'utilisation de ce maillage permet de conserver un reliquat plus important de coquilles qui continueront de croître et seront capturées lors de la prochaine saison de pêche.

Les résultats de l'étude ont été présentés en différentes occasions, en particulier lors du COPIL final qui s'est tenu le 23 septembre 2019 au CNPM (Paris). Un diaporama du projet a été présenté. Le rapport final a été publié début 2020.

Saisine DDTM62 : Demande d'avis sur l'état des stocks de bulots et gros crustacés dans les Hauts-de-France, et sur les mesures de gestion à mettre en place.

Réunions avec l'administration et les professionnels de la pêche

L'Unité a participé en 2019 à 43 réunions sollicitées par l'administration, dont 6 par la région Normandie, 12 sollicités par la DPMA, 12 par les services départementaux et inter-régionaux de l'Etat, dans le cadre de la Convention-Socle DPMA (Tableau 2.3.5), et une par l'Agence Française pour la Biodiversité. 10 réunions ont été sollicitées par le Ministère de la transition écologique et solidaire, la direction de l'eau et de la biodiversité, et/ou la direction générale de l'énergie et du climat. Les autres réunions ont été organisées par la préfecture et gendarmerie nationale.

Tableau 2.3.5. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec l'administration en 2019.

Administration	Nombre de réunions
DPMA	12
MTES/DEB/DGEC	10

Région Normandie	6
DIRM MEMN	4
DREAL Normandie	3
DDTM 62	2
DML du Pas-de-Calais/Somme	1
DGAL	1
CD14	1
AFB	1
Gendarmerie Nationale	1
Préfecture 50	1
Total	43

L'équipe de l'Unité HMMN a participé à 23 réunions avec les professionnels (dont 19 impliquaient les pêcheurs et/ou leurs représentants) (Tableau 2.3.6). Les principaux organismes sollicités, et parfois sollicités, sont les Comités Régionaux des Pêches Maritimes (CRPMEM) de Normandie (8 réunions), des Hauts de France (1), le Centre Normand de la Pêche de l'Aquaculture et des Cultures marines Normandes (3) et le Comité National des Pêches Maritimes (CNPMM) (6). 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. Enfin, l'Unité HMMN travaille également avec les professionnels dans le cadre du montage de projets de recherche partenariaux (CRPMEM Hauts de France, Université de Caen), ou pour présenter les résultats de projets en cours (EDF).

Tableau 2.3.6. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec les organisations professionnelles en 2019.

Organisation professionnelle	Nombre de réunions
CRPMEM Normandie	9
CNPMM	6
CRPMEM Hauts de France	1
CENOPAC	3
RTE	2
Université de Caen	1
EDF	1
Total	23

2 Perspectives de l'année n+1

L'année 2020 verra l'application du projet HCERES suite au retour des évaluateurs fin 2019, dans le contexte compliqué de la pandémie COVID-19 qui a nécessité le confinement complet de l'ensemble de l'équipe HMMN et la mise en place dans l'urgence du télétravail entre mi-mars et mi-mai. L'année 2020 sera également marquée par la signature de la convention liant l'Unité HMMN (LRHBL) à la Fédération de Recherche Campus de la Mer et par la préparation d'une convention formalisant les collaborations du laboratoire LRHPB avec les universités normandes.

Concernant les projets, l'année 2020 sera marquée par la montée en puissance de l'Axe 3.2 du projet CPER MARCO (écologie expérimentale du plancton), grâce à l'installation dans les locaux de Nausicaa de 16 incubateurs et d'un Coulther, la provision d'un livrable du projet

Interreg des 2 Mers SUMARIS (évaluation de stratégies de gestion pour les stocks de raies), et la poursuite des projets VARITROPH, CAPES, NOURSEINE et MEDUNIT. On notera également que deux projets supplémentaires, MECANOR² et M3E, seront financés par le FEAMP/FFP et le réseau EUROMARINE, et démarreront en 2020 sous pilotage HMMN.

3.1. Mouvements de personnel

3.1.1. Personnel permanent

Fanchon VARENNE a été recrutée en CDI comme technicienne polyvalente début 2020 et sa prise de fonction est prévue mi-juin 2020. Par ailleurs, un chercheur spécialisé en sclérochronologie sera recruté courant 2020. Deux départs sont attendus au cours de l'été 2020, celui de Bruno ERNANDE (mobilité interne vers l'Unité MARBEC), et celui de Marie-Laure COCHARD (départ en retraite). Enfin, on notera le départ de Coline LAZARD, qui officiera durant 4 mois comme contrôleuse des pêches pour le compte de l'administration des TAAF (congé sans solde).

3.1.3. Doctorants et post-doctorants

Il y aura en 2020 quatre doctorants au sein de l'Unité HMMN, dont un en troisième année (Charles-André TIMMERMAN) et trois en première année de thèse (Thibault CARIOU, Léa JOLY, Alaia MORELL). Marine BALLUTAUD, une étudiante en thèse de deuxième année rattachée à l'UMR LOG (Directeur de thèse ; Sébastien LEFEBVRE), sera également co-encadrée au sein de HMMN. L'Unité HMMN accueillera enfin deux post-doctorants dans le cadre du CPER MARCO : Maysa ITO (chercheuse brésilienne dont le recrutement est prévu en Mai 2020), ainsi qu'un post-doctorant dont le recrutement est actuellement en cours.

3.1.4. Etudiants en contrat d'apprentissage

Il y aura en 2020 deux étudiantes en contrat d'apprentissage (Master 2 FOGEM, Université de Lille) : Virginie FONTAINE (écologie larvaire) et Alizée HACHE (otolithométrie). Enfin, un contrat de M2 en alternance portant sur le rôle trophique des parasites commencera au 2^{ème} semestre 2020.

3.1.5. Personnel en CDD

Morgane AMELOT et Carine SAUGER poursuivront en 2020 leurs travaux consacrés à l'évaluation des stocks de raie de Manche – mer du Nord pour la première, et au développement de méthodes objectives d'identification des stades de maturité pour la seconde. En outre, les CDD de deux techniciens spécialisés en sclérochronologie, Antoine DUSSUEL et Thibaut KERSAUDY (projet MEDUNIT) se poursuivront courant 2020. Enfin, deux CDD (Erwan AUBLET et David OSMOND) ont été recrutés pour conduire des enquêtes d'activité et des enquêtes économiques sur les sites de Boulogne et Port-en-Bessin courant 2020, tandis que deux autres CDD sont en cours de recrutement, le premier pour pallier le départ de Coline LAZARD, le second dans le cadre du CPER MARCO.

3.2. Politiques de site

3.2.1. Hauts de France : Fédération de Recherche Campus de la Mer

La SFR regroupe, 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.

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.

La Convention liant l'ensemble des partenaires au projet de la SFR a été mise en œuvre début 2020. Une des principales actions menées en 2020 sera l'organisation d'un appel à projets auquel pourront répondre les partenaires de la SFR. La SFR Campus de la Mer facilitera par ailleurs le montage du nouveau projet IDEAL (CPER 2021-2027).

3.2.2. Accord-Cadre avec les Universités de Normandie

Un Accord-Cadre liant l'IFREMER et les Universités Normandes demeure un objectif, en attente de finalisation et des avancées ont été obtenues en 2019. De plus, un Centre régional de la pêche, de l'aquaculture et des cultures marines normandes (CENOPAC) a été créé en 2018 afin de répondre aux problématiques des professionnels par la mise en œuvre de projets scientifiques ciblés. Les premiers comités techniques en eu lieu en 2019, notamment sur le volet halieutique et sur la résilience des fonds marins.

3.3. Projets de recherche

3.3.1. Projets acceptés et démarrant en 2020

Quatre projets de recherche, acceptés en 2019, démarreront en 2020, et sont décrits ci-dessous.

Le Projet MECANOR2: métiers du casier en Normandie et dans le Nord

Depuis plusieurs années, de nombreux pêcheurs en Manche-Est, notamment dans les Hauts-de-France, sont confrontés à des problèmes de ressource en soles et ont choisi de ce fait de se convertir au métier du casier ciblant surtout le bulot et les gros crustacés, comme de nombreux fileyeurs devenus pour partie « bulotiers » ou « caseyeurs à crustacés ». Ils craignent aujourd'hui une pression de pêche trop importante sur ces nouvelles espèces exploitées et s'inquiètent de l'état de ces ressources. Sur un principe de précaution, le CRPMEM Hauts-de-France a pris des mesures techniques concernant le bulot en 2011 et les crustacés en 2019. Le CRPMEM Normandie fait évoluer régulièrement ses mesures de gestion et recherche l'harmonisation au sein des périmètres des deux anciens CRPM. Chaque structure professionnelle prend les décisions qui lui semblent la meilleure. Une harmonisation à terme, serait souhaitable sur l'ensemble de la façade. Aussi, une évaluation de ces ressources à plus grande échelle s'avère nécessaire afin de converger vers des mesures d'encadrement appropriées.

Dans ce contexte, le nouveau projet MECANOR² (MEtiers du CASier en NORmandie et dans le NORd de la France) a été proposé pour financement dans le cadre du FEAMP Mesure 28 et de FFP, afin d'approfondir les connaissances existantes à l'échelle de la façade Manche-Est / Mer du Nord (Cherbourg-Dunkerque, zones CIEM VII d et IV c). L'objectif global du projet est de mettre en place des méthodes d'acquisition de données communes en vue de créer un modèle d'évaluation spécifique à la pêche aux casiers. Les professionnels concernés pourront

ainsi avoir l'assurance que les modalités de gestion mises en place permettront un développement durable de leurs activités.

Le projet MECANOR² est porté par le CRPMEM Hauts-de-France et réalisé en partenariat avec le CRPMEM Normandie, l'Ifremer Port-en-Bessin, le SMEL et l'Université de Caen, a été soumis au cours du second semestre 2019, et accepté début janvier 2020. Il est prévu sur une période de 3 ans, de 2020 à 2022. Une chargée de mission a été recrutée à temps plein par le CRPM HdF afin d'assurer la coordination et le pilotage général du projet.

Le projet s'articule autour de trois axes distincts. Le premier vise à réaliser un état des connaissances générales sur les pêcheries aux casiers sur la façade concernée : aspects biologiques des espèces concernées (cycle de vie, habitats, croissance, maturité, ageage...), disponibilité d'informations et compléments à mettre en place dans les zones géographiques déficitaires en données, aspects halieutiques sur la stratégie des différentes pêcheries, leurs techniques de pêche et la problématique de la sélectivité des casiers. Le deuxième axe doit se focaliser sur le développement d'outils sur la base de données acquises par ESHANO et données nouvelles : autoéchantillonnage, test d'outils connectés pour la collecte de données impliquant les professionnels, test de différentes approches de méthodes d'évaluation de stock, proposition d'un modèle d'évaluation spécifique par la définition des indicateurs d'état des stocks et de pression de pêche pertinents pour ces pêcheries. Enfin, le troisième axe a pour objectif de partager les informations relatives aux travaux des deux axes précédents, d'identifier les mesures de gestion les plus appropriées en fonction des espèces et des secteurs d'études, afin d'atteindre une exploitation durable de ces ressources.

Le meeting de lancement a été organisé à Port-en-Bessin le 2 mars 2020.

Le projet M3E

L'atelier prospectif M3E financé par le programme EuroMarine vise à développer des approches écosystémiques multi-modèles (ensemble modelling) afin de répondre à une question commune sous des angles différents. Cet atelier sera organisé en juin 2020 à Nantes durant une semaine. Ce nouveau cadre de modélisation renforcera la crédibilité des modèles écosystémiques complexes en les utilisant à leur potentiel maximal. L'Ifremer (Unités HMMN et EMH) coordonne ce projet, auquel contribuent également les unités STH et EM, ainsi que plusieurs partenaires expérimentés : DTU-Aqua, Université du Cap, WMR, IRD, CLS, Cefas.

Le projet WindServ

Le projet WindServ financé via FEM et l'ANR s'intéresse à l'intégration des socio-écosystèmes dans le programme de développement des énergies marines renouvelables par la modélisation trophique end-to-end. Il fait suite aux projets TROPHIK et APPEAL, qui ont permis de progresser sur la compréhension des effets des parcs EMR (i.e. effet réserve, effet récif) et d'associer les effets de ces parcs avec ceux d'autres pressions, telles que le changement climatique *via* la prise en compte de modèles de niche. WindServ poussera plus loin la réflexion afin d'étudier les possibilités de stratégies « gagnant-gagnant » entre le développement EMR, la conservation des écosystèmes et les services écosystémiques nécessaires aux sociétés humaines, dont la pêche. Le projet est porté par le LOG (ULCO), les partenaires sont l'UBO (LEMAR/ETG/AMURE), le MNHN (CESCO), UniCaen (BOREA), Aix Marseille Université (MIO), l'UPVD (CEFREM), EDF Renewables, ENGIE Green. En interne, les unités HMMN et STH interviendront dans le projet.

Le projet RESISTE

Financé sur fonds propres de l'Ifremer pour sa première année, le projet RESISTE (Resilience d'un site d'extraction de granulats marins du Pilier) propose une approche inter-disciplinaire pour l'étude des mécanismes de la résilience écologique suite à l'arrêt de l'activité « extraction

de granulats ». En particulier, ce sont les processus de la dynamique sédimentaire, de la recolonisation de la faune benthique et de la modification des communautés halieutiques associées qui seront étudiés. Les résultats obtenus devront alimenter la réflexion autour de la gestion des usages en mer, où les notions de seuil d'impact, d'interactions entre compartiments et de préservation des services écosystémiques prennent une importance grandissante (séquence « ERC », objectifs environnementaux en lien avec les descripteurs de la DCSMM...). La première année consiste essentiellement en l'acquisition de données *in-situ* avec la réalisation de campagne au printemps et à l'automne (volets sédimentaire, bio-sédimentaire et halieutique). Le projet a été présenté à l'AAP AMI Ocean 2100 de l'Ifremer.

3.3.2. Projets déposés en 2019-2020 et en cours d'évaluation

Sept projets de recherche ont été déposés en 2019-2020, et sont actuellement en cours d'évaluation. Ces projets démarreront fin 2020 ou 2021 s'ils sont acceptés. Il s'agit de projets déposés dans le cadre des AAP H2020 (SeaWISE), ANR (ALTROFF – porté par EMH), CPER 2021-2027 (IDEAL) et AMII-DS (ZOOMANTA, PATROFLU, OFHECO, AFMER – porté par EMH).

Le projet SeaWISE (Réponse à l'AAP BG10 H2020 "Fisheries in the full ecosystem context):

L'objectif de SEAwise est d'établir un réseau européen éclairé par des connaissances, outils et approches de communication, soutenant la gestion d'écosystèmes marins sains et de ressources halieutiques abondantes, dans l'ensemble des régions européennes. Le consortium est coordonné par le DTU-Aqua (Anna Rindorf, Danemark), avec qui l'Ifremer a un historique de collaborations fructueuses au niveau européen (ex: Myfish, DiscardLess, Probyfish). Il est constitué de 23 partenaires dont, outre l'Ifremer et le DTU-Aqua, 10 instituts de recherche européens, 7 universités (dont en France, l'Agrocampus Ouest et l'UBO), le CIEM, une confédération de pêcheurs, une ONG (WWF) et enfin une entreprise privée spécialisée dans la communication. Le projet est coordonné en interne par STH.

Le projet ALTROFF « Past and present functioning of the northeast Atlantic ecosystem under global changes » - ANR JCJC, porté par Camille Albouy (EMH Nantes)

Comprendre comment les interactions entre espèces structurent les réseaux trophiques marins et le fonctionnement des écosystèmes sur lesquels s'appuient les pêcheries est essentiel pour anticiper les conséquences du réchauffement climatique sur l'apport en ressources marines. Durant les 20 dernières années, une quantité considérable de données sur le zooplancton, les invertébrés benthiques, les poissons, les oiseaux et les mammifères marins a été collecté durant les campagnes menées par l'IFREMER en Mer du Nord, en Manche, en Mer Celtique et dans le golfe de Gascogne. Ces données disparates n'ont pas encore révélé leur potentiel complet pour 3 raisons (1) un manque d'intégration et de standardisation selon les espèces et les écosystèmes, (2) l'absence d'un cadre quantitatif intégrant les interactions interspécifiques dans un contexte de changement global, et (3) l'absence de capacité de détection des espèces rares qui jouent un rôle important dans le fonctionnement des réseaux trophiques marins. Ce projet se propose donc de regrouper ces données hétérogènes, de les comparer à des approches innovantes de suivi de la biodiversité (ADN environnemental, metabarcoding des contenus stomacaux), et de construire un modèle liant les propriétés des réseaux trophiques, l'abondance des espèces et les conditions abiotiques grâce à des approches classiques ou de machine-learning.

L'objectif principal du projet ALTROF est d'évaluer comment les réseaux trophiques marins ont été, sont et seront affectés par les pressions climatiques et anthropiques (changement global et pêche) et si ces modifications dans les interactions ont généré des basculements dans le fonctionnement des écosystèmes.

Le projet IDEAL (Réponse à l'AAP du CPER 2021-2027)

Le projet IDEAL est un projet interdisciplinaire qui s'inscrit dans l'ambition maritime de la région HdF en résonance avec la stratégie nationale pour la mer et le littoral. En cohérence avec la stratégie de site de l'alliance A2U, le projet permettra de consolider et d'élargir un consortium d'universités et d'organismes de recherche travaillant sur la mer et le littoral déjà réuni à l'échelle régionale au sein de la Structure Fédérative de Recherche (SFR) « Campus de la mer » qui préconfigure la création d'un Institut de Recherche en Sciences de la Mer et le soutien à la mise en place du Campus des Métiers et des Qualifications (CMQ) "Approvisionnement, Valorisation et Commercialisation des Produits Aquatiques" porté par l'ULCO.

Le projet a pour objectif de rendre la région HdF incontournable et unique au niveau national et européen en mettant en place deux plateformes d'expertise marine s'appuyant sur des compétences complémentaires pour aborder de façon pertinente et innovante les défis liés aux enjeux de la conservation et de la gestion écosystémique des ressources marines et de leurs valorisations dans un environnement sous contraintes.

Le projet comprend 7 partenaires institutionnels (ULCO, Université d'Artois, Université Picardie Jules Verne, Université de Lille, CNRS, IFREMER, ANSES), soit 13 Laboratoires en tout (LOG, LISIC, TVES, LMPA, LARJ, HLLI, LAMFA, ICV, LGI2A, Ifremer-LER, Ifremer-LCSM, Ifremer-LRHBL, Laboratoire de sécurité des aliments, site de Boulogne sur Mer, Anses). Plusieurs partenaires sectoriels y sont en outre associés : PFI Nouvelles Vagues, Adrianor, Parc naturel Marin Estuaires picards et mer d'Opale, Nausicaa, Agence de l'eau Artois Picardie, Pôle Aquimer, France Energies Marines, EDF, RTE, Eel Energy.

Le projet ZOOMANTA (Réponse à l'AAP AMII de la DS) : Opportunités économiques et risques écologiques d'une exploitation commerciale du ZOOplancton dans deux écosystèmes contrastés : Manche – sud mer du Nord et Péninsule ANTArctique

L'objectif de ZOOMANTA est d'évaluer les opportunités économiques qu'une exploitation du zooplancton pourrait générer au regard des menaces que cette exploitation pourrait induire pour les écosystèmes marins. ZOOMANTA évaluera la variabilité spatio-temporelle de l'abondance d'espèces zooplanctoniques structurantes (ressources potentielles ou captures accessoires non désirées), le rôle pivot qu'elles jouent dans l'écosystème, les cascades trophiques qui résulteraient de leur exploitation dans un contexte de changement climatique, et enfin le potentiel nutritionnel qu'elles pourraient apporter à l'aquaculture. ZOOMANTA sera centré sur deux écosystèmes contrastés: la Manche orientale – Sud Mer du Nord, une région aux eaux tempérées où des espèces de zooplankton d'intérêt commercial potentiel ont été identifiées mais jamais exploitées (e.g., copépodes), et l'Océan Austral où le krill est déjà exploité (Antarctic Peninsula), ou considéré comme une ressource potentielle (Mer de Ross), ou pour lequel des AMPs ont été préconisées (Terre Adélie). En répondant au second objectif de l'AAP AMII: « La gestion durable des ressources marines pour le bien-être des sociétés humaines », ZOOMANTA représente une excellente opportunité de développer des travaux de recherche éclairant des décisions politiques en amont d'un développement économique impactant pour les écosystèmes marins.

Le projet PATROFLU (Réponse à l'AAP AMII de la DS) : PARasites, réseaux TROphiques et FLUX de matières (PATROFLU); collaboration HMMN – Anses Boulogne sur Mer – BE/LBCO et LEMAR

Bien que leur rôle soit largement considéré comme majeur dans les écosystèmes marins, peu de travaux prennent réellement en compte les interactions hôtes-parasite. Le parasitisme est

uniquement vu sous un volet appliqué, soit au travers des risques pour la santé humaine ou animale, ou par l'utilisation qui peut être faite de ces organismes comme traceurs de stocks. La compréhension fondamentale des mécanismes en jeu est cependant nécessaire pour de meilleures applications. Par ailleurs, le cadre conceptuel des relations hôte-parasite n'est pas le même que celui des relations proies-prédateurs, notamment car la plupart des parasites ne tuent pas leur hôte, mais n'en prélèvent qu'une partie. Les concepts et outils mis en œuvre en écologie trophique, par exemple l'approche isotopique, apparaissent donc comme difficile à appliquer, voire inopérant. L'objectif de ce projet est donc d'utiliser une approche couplant plusieurs traceurs trophique (isotopes stables, contaminants et lipides) à la partie pélagique (zooplancton et poissons pélagiques) du cycle du nématode *Anisakis* pour mieux comprendre la nature réelle des flux établis entre hôte et parasite.

Cette thématique a déjà reçu un soutien financier de la SFR Campus de la Mer, pour l'organisation d'un atelier de travail en fin d'année 2020, et donnera également lieu à un M2 en alternance.

Le projet Afmer (Réponse à l'AAP AMII de la DS) : scénario(s) pour une pêche et une aquaculture durables en France en 2050

Les changements globaux résultant des activités humaines modifient la biogéographie des espèces, l'abondance des populations et le fonctionnement des écosystèmes marins, ce qui devrait entraîner une diminution globale de la biomasse (Lotze et al., 2019), des productions halieutiques (Cheung, 2018; Gattuso et al., 2015) et aquacoles (Froehlich et al., 2018). Les principales pressions anthropiques impactant les océans sont la surpêche, la pollution, la destruction d'habitat, et le dérèglement du climat (Halpern et al., 2012).

Les modèles et scénarios prospectifs, dont les plus connus sont les projections climatiques du GIEC (Moss et al., 2010), permettent d'envisager le futur. Ils informent le public et les décideurs sur les trajectoires possibles de nos sociétés, dans le contexte des changements globaux. Des scénarios d'évolution de l'approvisionnement en biomasse issue de l'agriculture et/ou de la sylviculture ont ainsi été proposés à l'échelle mondiale (Paillard et al., 2014) ou française (Martin et al., 2015; Solagro, 2016), dans un contexte de changement global. Les produits de la mer sont quasi-absents de ces scénarios, alors qu'ils sont une source de protéines à empreinte écologique faible (Hilborn et al., 2018) et aux propriétés nutritives importantes (micronutriments).

En France, le scénario prospectif Afterres2050 (Solagro, 2016) propose une trajectoire vers un approvisionnement durable en biomasse pour le pays (et quelques voisins) en 2050. Afterres2050 est un scénario technique qui vise à satisfaire à partir de la biomasse nos besoins en alimentation, énergie, molécules et matériaux à l'horizon 2050. Le scénario se conforme aux objectifs de développement durable (ODD) en raisonnant à la fois sur la demande et l'offre, et en mettant en œuvre les principes de l'agro-écologie.

Le projet Afmer vise à proposer un/des scénario(s) pour une pêche et une aquaculture durables en France en 2050, et à les coupler avec le scénario Afterres2050. Afmer intégrera les connaissances existantes, dans une démarche interdisciplinaire, afin de proposer des scénarios couvrant les échelles de la molécule (omega3 et protéines) à la société (sécurité alimentaire). Les scénarios seront basés sur des projections des écosystèmes marins exploités dans le contexte du changement global, et des tendances d'évolution de la consommation alimentaire, en France en 2050. Le projet développera les concepts émergents de pêche-écologie et aqua-écologie, afin d'évaluer la production française soutenable de protéines et de micronutriments issus de la mer en 2050. Le scénario dessinera ainsi des trajectoires possibles d'évolution des ressources et des moyens de production permettant d'assurer la sécurité alimentaire en produits de la mer de notre pays (ODD2), tout en valorisant au mieux la productivité naturelle des écosystèmes marins (ODD14) et en minimisant nos impacts (ODD12&13). Ces scénarios

pourront être utilisés comme support pour dialoguer avec la société sur l'avenir de la pêche et aquaculture française.

Le couplage des scénarios Afmer et Afterres2050 permettra d'étudier les interactions à l'interface terre/mer (apports fluviaux de nutriments/polluants ...) et de resituer l'importance des produits de la mer pour la sécurité alimentaire du pays en 2050. Ce couplage permettra enfin de proposer une vision cohérente d'un système de production/valorisation durable de la biomasse qui serait au cœur des activités humaines en France en 2050.

Le projet OFHECO (réponse à l'AAP AMII de la DS : Observatoire Haute Fréquence des écosystèmes côtiers)

Les zones littorales et estuariennes abritent une biodiversité élevée et une productivité remarquable. Ce sont également des espaces de transition entre les écosystèmes terrestres et marins et la complexité de leur fonctionnement est liée aux dynamiques temporelles propres à ces milieux (facteurs multi-échelles, effets top-down et bottom-up,...). La multiplication des activités anthropiques impacte par ailleurs les écosystèmes côtiers dans leur ensemble, depuis le fonctionnement physico-chimique jusqu'à la modification des communautés biologiques. L'enjeu qui réside dans l'amélioration de la compréhension de ces systèmes apparaît aujourd'hui primordial, pour qui viserait leur exploitation durable et le maintien d'un état écologique correct.

Si les observations *in situ* actuelles donnent une idée générale de l'état du système, elles sont toutefois opérées à des échelles de temps (mois ou année) incompatibles avec la dynamique réelle des communautés biologiques. Ce projet propose un changement de paradigme dans la manière dont l'observation des écosystèmes côtiers est opérée par l'institut. Il s'appuie sur une intégration réaliste des moyens d'observation actuels en deux volets:

- (1) les composantes physico-chimiques (température, salinité, concentrations en nutriments...), ainsi que les indicateurs liés au premier niveau trophique (pigments chlorophylliens) seront mesurés par le biais d'une instrumentation haute-fréquence (plusieurs mesures par jour),
- (2) les communautés biologiques appartenant aux échelons trophiques supérieurs seront suivies à l'aide d'indicateurs soit comportementaux (activité valvaire des bivalves, déplacement des poissons) soit intégrateurs (croissance journalière par sclérochronologie, isotopie) des effets de l'environnement sur les individus. Dans les deux cas, l'information rapportée devrait permettre d'observer les états de fonctionnement de ces communautés à haute fréquence.

La zone atelier sera la baie de Seine, à proximité du site d'installation du futur parc éolien de Courseulles-sur-mer, en s'appuyant sur des moyens d'observations déjà opérationnels (projet SMILE) et en y adossant de nouveaux outils pour élargir les compartiments suivis (valvomètres). Les résultats alimenteront la réflexion relative à des questions fondamentales (chronobiologie des bivalves) comme appliquées (état zéro du fonctionnement avant la mise en place de parc éolien par exemple), et s'appuyera sur les technologies innovantes pour l'exploitation des volumes de données importants (Datarmor).

Thématiquement transverse aux équipes des unités HMMN et LITTORAL, il pourrait devenir un projet structurant pour les équipes et a également pour ambition de servir de projet pilote, en vue d'applications futures à plus grande échelle..

3.4. Moyens d'observation

3.4.1. La cellule CREDO

La cellule CREDO continue son développement après le recrutement d'une coordinatrice opérationnelle fin 2018 au STH/LBH et la volonté d'englober l'ensemble des demandes de

données du SIH au sein de la cellule. Les contributions HMMN restent inchangées avec une partie traitement de la donnée d'échantillonnage biologique et une partie coordination et prospective scientifique. Une réunion de tous les acteurs autour de cette prospective scientifique a eu lieu à l'automne 2019, et des développements importants sont engagés pour 2020.

3.4.2. Plateaux techniques

Pôle de sclérochronologie

En 2020, pour la plateforme « Pôle de Sclérochronologie », avec plusieurs projets que sont «Med_Unit» (EASME) et IPERDMX (FEAMP), l'équipe se verra renforcée d'1 technicien en CDD et continuera à travailler sur la forme 2D et 3D de l'otolithe comme outil pour discriminer les stocks de poissons. D'autres axes de recherche seront développés comme l'âge des grands pélagiques tropicaux à travers le projet Flopped (FEAMP), et la compréhension de la biominéralisation à travers l'approche expérimentale et enfin les modèles de classification de type deep-learning appliqués à l'âge des poissons.

Pôle de Taxinomie et d'Ecologie du Zooplancton

En 2020, le projet SMAC se terminera. Dans le cadre du projet COCKTAIL, la thèse de Léa Joly se poursuivra avec les approches histologiques, enzymatiques et lipidiques qui seront utilisées sur les larves collectées lors de la deuxième expérience d'élevage qui aura débuté fin 2019 pour déterminer l'impact des différents scénarios testés sur les capacités de survie des larves. L'analyse des résultats obtenus sur l'expérience pilote se poursuivront. Dans le cadre du projet politique de site MURPHY et du master d'alternance de Virginie Fontaine, l'analyse des données isotopiques (obtenus en 2019 suite à l'analyse des 700 échantillons depuis la fraction 20 µm du phytoplancton et jusqu'aux larves de poissons), couplés aux données des abondances et de traits-fonctionnels se poursuivra courant 2020. Les résultats sur la variabilité des interactions trophiques et des transferts énergétiques au sein du plancton seront présentés lors du colloque international ISOecole 2020. Enfin, l'analyse des échantillons prélevés par le CPR (Continuous Plankton Recorder), par des filets WP2 et IKMT (Isaacs Kidd Mid Water Trawl) de 2017 à 2019 lors des missions REPCCOAI (Réponses de l'écosystème pélagique aux changements climatiques dans l'océan Austral et Indien) du Marion Dufresne, débutera. Ces échantillons serviront au projet de future Aire Marine Protégée autour de St Paul et Amsterdam et leurs résultats contribuent déjà aux objectifs du plan de gestion de la Réserve Nationale Naturelle des Terres Australes Françaises autour des îles Kerguelen et Crozet.

Plateforme trophique

En 2020, la plupart des projets ayant marqué l'activité de la plateforme arriveront à leur fin. Le début de l'année (1er semestre environ) sera consacré à la finalisation des analyses de contenus stomacaux du projet VARITROPH, impactées par le temps important (et non prévu initialement) consacré à la délipidation des échantillons. Le report du travail non réalisé au moment du confinement lié au COVID-19 impactera aussi cette activité. La deuxième partie d'année pourra ensuite être consacrée à la finalisation d'autres projets ou au soutien aux projets en cours sur la thématique du réseau trophique planctonique.

3.4.3. Campagnes à la mer

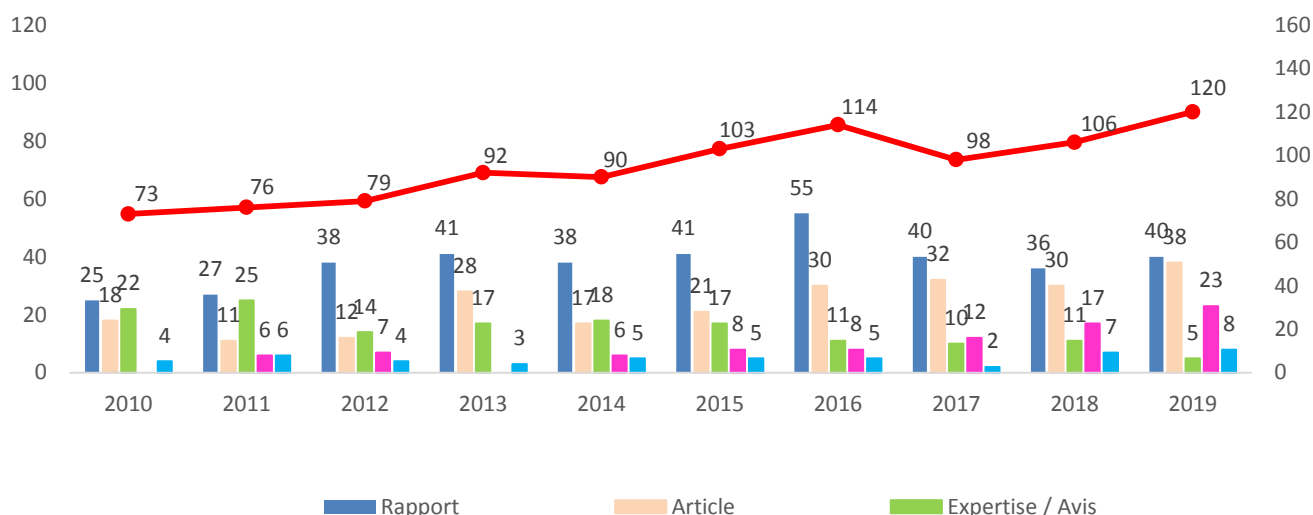
Les campagnes annuelles à grande échelle pilotées par HMMN, aujourd'hui contractualisées avec l'UE dans le cadre de la DCMAP, se poursuivront en sud mer du Nord (IBTS) et dans la Manche (CGFS). Les campagnes annuelles ciblant l'évaluation d'espèces bien spécifiques : COMOR (coquille Saint Jacques) et CRUSTAFLAM (grands crustacés) se poursuivront en 2020, avec des financements provenant de la mesure 28 du FEAMP (dossier déposé et en

attente de réponse) et du programme IGA. 2020 verra également la poursuite des campagnes nourriceries menées dans le cadre de la DCSMM : NOURSEINE (Baie de Seine), NOURCANCHE (Baies de Canche et d'Authie), NOURMONT (Baie du Mont Saint Michel) ou du programme IGA : NOURSOM (Baie de Somme). Une incertitude planne cependant sur la réalisation des campagnes IGA-Penly prévues au printemps 2020, dans le contexte de la pandémie COVID-2019. Un projet d'intégration de plusieurs campagnes nourriceries se déroulant dans la Manche (NOURMANCHE) est en cours de réflexion.

3 ANNEXES

Annexe 1: Production scientifique et technologique (2019)

Evolution annuelle des principaux types de documents du HMMN entre 2010 et 2019 :



Les publications

28 publications ont été produites par l'unité HMMN en 2019, référencées dans le Web of Science et Archimer :

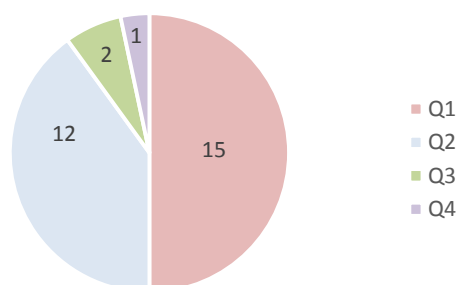
- Principaux pays partenaires : Royaume-Uni (5 publications communes), Etats-Unis (5), Australie (4), Allemagne (4), Italie (4), Norvège (4), Autriche (3), ...
- Principaux organismes partenaires : CNRS (5 publications communes), MNHN (4), Norwegian Institute of Marine Research (4), IRD (3), Université de Caen (3), James Cook University Australie (3), Senckenberg Biodiversity and Climate Research Institute (SBiK-F) Allemagne (3), ...
- Part des co-publications :
 - Internationales hors Europe : 50% du total (14 publications)
 - Européennes hors France : 53,57% (15 publications)
 - Nationales³ : 35,71% (10 publications)
 - Universités françaises : 50% (14 publications)
- Sites Ifremer co-publiant avec ceux de Boulogne et Port-en-Bessin : Brest (4 publications), Nantes (3), Sète (3), Lorient (2), Toulon (1)
- Principales revues : Global Change Biology (3 publications), Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (2), Ecological Modelling (2), Science of the Total Environment (2), Plos One (1), ...
- 53,57% (15 publications) appartiennent à des revues classées en Q1 (« revue exceptionnelle »)
- 13 revues sur 23 soit 56,52% ont un facteur d'impact compris entre 2 et 4 ; 1 revue a un facteur d'impact supérieur à 8. *Open access* : 5 revues sur 23 sont des revues *Open access*
- Les 2 articles les plus cités sont :

³ Publications en collaboration qu'avec des organismes français (outre-mer compris).

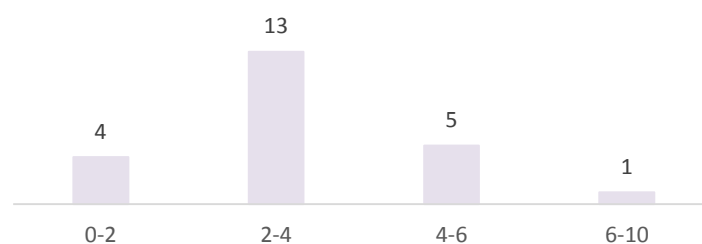
- *Functional reorganization of marine fish nurseries under climate warming*
- *Functional traits unravel temporal changes in fish biomass production on artificial reefs*
- Les principaux concepts sont : *Fish, Ecosystem, Environmental, Spatial, Community, Model, Temporal, Age, ...*
- Les principaux descripteurs (*Keywords* des publications) sont : *Climate change, Ecosystem functioning, Food web, Mediterranean sea, Animal movement, Ecological traits, English channel, ...*
- 12 articles sont classés dans la catégorie thématique « Marine Freshwater Biology » dans le Web of Science.

Classement des 28 publications par quartiles de revue :

- 53,57% des publications (15) appartiennent à des revues classées en Q1 (« revue exceptionnelle »),
- 42,86% (12 publications) à des revues classées en Q2 (« revue excellente »),
- 7,14% en Q3 et 3,57% en Q4.



Répartition des facteurs d'impact des 23 titres de revues :



13 titres de revues ont un facteur d'impact compris entre 2 et 4.

Les Avis & Expertises

3 avis et 2 expertises ont été produit par l'unité HMMN en 2019.

Commanditaires

- DDTM22 - Direction départementale des territoires et de la mer des Côtes-d'Armor, Délégation à la mer et au littoral, Service aménagement mer et littoral, Saint-Brieuc
- DDTM 62 - Direction départementale des territoires et de la mer du Pas de Calais, DML, Boulogne sur Mer
- DREAL Normandie - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, Service Ressources Naturelles, Pôle mer et littoral, Rennes
- DREAL Normandie - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, Service Ressources naturelles, pôle Mer et Littoral, Rouen
- Préfecture de Seine-Maritime, Rouen.

Equipes Ifremer

	Nb docs
PDG	1
PDG-DCB	1
PDG-ODE-LITTORAL-LERBN	2
PDG-ODE-LITTORAL-LERN	1
PDG-RBE-BE	1
PDG-RBE-BE-LBCM	1
PDG-RBE-HMMN-LRHBL	1
PDG-RBE-HMMN-LRHPB	4
PDG-RBE-SGMM-LGPMM	1
PDG-RBE-STH-LBH	1
PDG-REM-GM-LGS	2

Publications analysées (28 référencées dans le WoS)

- Bils Franziska, Moyano Marta, Aberle Nicole, Van Damme Cindy J. G., Nash Richard D. M., Kloppmann Matthias, Loots Christophe, Peck Myron A. (2019). **Broad-scale distribution of the winter protozooplankton community in the North Sea.** *Journal Of Sea Research*, 144, 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2018.11.006>
- Bouchoucha Marc, Chekri R., Leufroy A., Jitaru P., Millour S., Marchond N., Chafey C., Testu C., Zinck J., Cresson Pierre, Mirallès F., Mahe A., Arnich N., Sanaa M., Bemrah N., Guérin T (2019). **Trace element contamination in fish impacted by bauxite red mud disposal in the Cassidaigne canyon (NW French Mediterranean).** *Science Of The Total Environment*, 690, 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.474>
- Bourdaud Pierre, Travers-Trolet Morgane, Vermard Youen, Marchal Paul (2019). **Improving the interpretation of fishing effort and pressures in mixed fisheries using spatial overlap metrics.** *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 76(4), 586-

596. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0529> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00446/55747/>
- Carbonara Pierluigi, Zupa Walter, Anastasopoulou Aikaterini, Bellodi Andrea, Bitetto Isabella, Charilaou Charis, Chatzisprou Archontia, Elleboode Romain, Esteban Antonio, Follesa Maria Cristina, Isajlovic Igor, Jadaud Angelique, Garcia-Ruiz Cristina, Giannakaki Amalia, Guijarro Beatriz, Kiparissis Sotiris Elias, Ligas Alessandro, Mahe Kelig, Massaro Andrea, Medvesek Damir, Mytilineou Chryssi, Ordines Francesc, Pesci Paola, Porcu Cristina, Peristeraki Panagiota, Thasitis Ioannis, Torres Pedro, Spedicato Maria Teresa, Tursi Angelo, Sion Letizia (2019). **Explorative analysis on red mullet (*Mullus barbatus*) ageing data variability in the Mediterranean.** *Scientia Marina*, 83(S1), 271-279. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3989/scimar.04999.19A> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00591/70320/>
- Cresson Pierre, Boudouresque Charles François, Ruitton Sandrine, Casalot Laurie, Verlaque Marc, Harmelin-Vivien Mireille (2019). **Seasonal and plant-part isotopic and biochemical variation in *Posidonia oceanica*.** *Mediterranean Marine Science*, 20(2), 357-372. Publisher's official version : <https://doi.org/10.12681/mms.18660> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00505/61640/>
- Cresson Pierre, Le Direach Laurence, Rouanet Elodie, Goberville Eric, Astruch Patrick, Ourgaud Mélanie, Harmelin-Vivien Mireille (2019). **Functional traits unravel temporal changes in fish biomass production on artificial reefs.** *Marine Environmental Research*, 145, 137-146. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.02.018> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00484/59577/>
- Delerue-Ricard Sophie, Hanna Stynen, Barbut Léo, Morat Fabien, Mahe Kelig, Hablützel Pascal I., Hostens Kris, Volckaert Filip (2019). **Size-effect, asymmetry, and small-scale spatial variation in otolith shape of juvenile sole in the Southern North Sea.** *Hydrobiologia*, 845(1), 95-108. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3736-3> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00453/56476/>
- Hamed Oussama, Dufour Jean-Louis, Chakroun-Marzouk Nadia, Mahe Kelig (2019). **Age, growth and mortality of the starry weever *Trachinus radiatus* Cuvier, 1829 in the Tunisian waters.** *Cahiers De Biologie Marine*, 60(1), 87-94. Publisher's official version : <https://doi.org/10.21411/CBM.A.CEC1B791> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00477/58905/>
- Iglesias Samuel P., Bouche Ludovic, Cosquer Paul, Goascoz Nicolas, Guyader Samuel, Lazard Coline, Mas Lise, Metral Luisa, Quero Jean-Claude, Spitz Jerome (2019). **French ichthyological records for 2017.** *Cybium*, 43(3), 275-283. <https://doi.org/10.26028/cybium/2019-433-008>
- Le Guen Camille, Tecchio Samuele, Dauvin Jean-Claude, De Roton Gwenola, Lobry Jérémy, Lepage Mario, Morin Jocelyne, Lassalle Géraldine, Raoux Aurore, Niquil Nathalie (2019). **Assessing the ecological status of an estuarine ecosystem: linking biodiversity and food-web indicators.** *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 228, 106339 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106339>
- Leblanc C. A., Horri Khaled, Skulason S., Benhaim D. (2019). **Subtle temperature increase can interact with individual size and social context in shaping phenotypic traits of a coldwater fish.** *Plos One*, 14(3), e021306 (21p.). Publisher's official version :

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213061> , Open Access version :
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00488/59975/>

Mahe Kelig, Ider Djamila, Massaro Andrea, Hamed Oussama, Jurado-Ruzafa Alba, Goncalves Patricia, Anastasopoulou Aiketerini, Jadaud Angelique, Mytilineou Chryssi, Elleboode Romain, Ramdane Zohir, Bacha Mahmoud, Amara Rachid, De Pontual Helene, Ernande Bruno (2019). **Directional bilateral asymmetry in otolith morphology may affect fish stock discrimination based on otolith shape analysis**. *Ices Journal Of Marine Science*, 76(1), 232-243. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy163> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00468/57967/>

Mahé Kelig, Gourtay Clemence, Bled--Defruit Geoffrey, Chantre Celina, De Pontual Helene, Amara Rachid, Claireaux Guy, Audet C., Zambonino-Infante Jose-Luis, Ernande Bruno (2019). **Do environmental conditions (temperature and food composition) affect otolith shape during fish early-juvenile phase? An experimental approach applied to European Seabass (*Dicentrarchus labrax*)**. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, 521, 151239 (10p.). <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151239>

McLean Matthew, Mouillot David, Lindegren Martin, Villéger Sébastien, Engelhard Georg, Murgier Juliette, Auber Arnaud (2019). **Fish communities diverge in species but converge in traits over three decades of warming**. *Global Change Biology*, 25(11), 3972-3984. <https://doi.org/10.1111/gcb.14785>

McLean Matthew, Mouillot David, Villéger Sébastien, Graham Nicholas A. J., Auber Arnaud (2019). **Interspecific differences in environmental response blur trait dynamics in classic statistical analyses**. *Marine Biology*, 166(12), 152 (10p.). <https://doi.org/10.1007/s00227-019-3602-5>

McLean Matthew, Auber Arnaud, Graham Nicholas A J, Houk Peter, Villéger Sébastien, Violle Cyrille, Thuiller Wilfried, Wilson Shaun K., Mouillot David (2019). **Trait structure and redundancy determine sensitivity to disturbance in marine fish communities**. *Global Change Biology*, 25(10), 3424-3437. <https://doi.org/10.1111/gcb.14662>

McLean Matthew J., Mouillot David, Goascoz Nicolas, Schlaich Ivan, Auber Arnaud (2019). **Functional reorganization of marine fish nurseries under climate warming**. *Global Change Biology*, 25(2), 660-674. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/gcb.14501> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58276/>

Mercader Manon, Blazy Christophe, Di Pane Julien, Devissi Camille, Mercière Alexandre, Cheminée Adrien, Thiriet Pierre, Pastor Jérémy, Crec'Hriou Romain, Verdoit--jarraya Marion, Lenfant Philippe (2019). **Is artificial habitat diversity a key to restoring nurseries for juvenile coastal fish? Ex situ experiments on habitat selection and survival of juvenile seabreams**. *Restoration Ecology*, 27(5), 1155-1165. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/rec.12948> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00488/59952/>

Moore Claire, Lynch Deirdre, Clarke Maurice, Officer Rick, Mills Jane, Dufour Jean-Louis, Brophy Deirdre (2019). **Age verification of north Atlantic sprat**. *Fisheries Research*, 213, 144-150. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.01.018> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00485/59692/>

Mouchet Maud, Poirson Manon, Morandeau Fabien, Vogel Camille, Méhault Sonia, Kopp Dorothee (2019). **Using a trait-based approach to understand the efficiency of a**

- selective device in a multispecific fishery.** *Scientific Reports*, 9(1), 12489 (8p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47117-4> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00512/62330/>
- Mounicou S., Frelon S., Le Guernic A., Eb-Levadoux Y., Camilleri V., Fevrier L., Pierrisnard S., Carasco L., Gilbin R., Mahé Kelig, Tabouret Helene, Bareille G., Simon O. (2019). **Use of fish otoliths as a temporal biomarker of field uranium exposure.** *Science Of The Total Environment*, 690, 511-521. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.534>
- Nandintsetseg Dejid, Bracis Chloe, Leimgruber Peter, Kaczensky Petra, Buuveibaatar Bayarbaatar, Lkhagvasuren Badamjav, Chimeddorj Buyanaa, Enkhtuvshin Shiilegdamba, Horning Ned, Ito Takehiko Y., Olson Kirk, Payne John, Walzer Chris, Shinoda Masato, Stabach Jared, Songer Melissa, Mueller Thomas (2019). **Variability in nomadism: environmental gradients modulate the movement behaviors of dryland ungulates.** *Ecosphere*, 10(11), e02924 (13p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1002/ecs2.2924> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00590/70257/>
- Nandintsetseg Dejid, Bracis Chloe, Olson Kirk A., Boehning-Gaese Katrin, Calabrese Justin M., Chimeddorj Buyanaa, Fagan William F., Fleming Christen H., Heiner Michael, Kaczensky Petra, Leimgruber Peter, Munkhnast Dalannast, Stratmann Theresa, Mueller Thomas (2019). **Challenges in the conservation of wide-ranging nomadic species.** *Journal Of Applied Ecology*, 56(8), 1916-1926. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13380>
- O'Connor David, Stacy-dawes Jenna, Muneza Arthur, Fennessy Julian, Gobush Kathleen, Chase Michael J., Brown Michael B., Bracis Chloe, Elkan Paul, Zaberirou Abdoul Razak Moussa, Rabeil Thomas, Rubenstein Dan, Becker Matthew S., Phillips Samantha, Stabach Jared A., Leimgruber Peter, Glikman Jenny A., Ruppert Kirstie, Masiaine Symon, Mueller Thomas (2019). **Updated geographic range maps for giraffe, Giraffa spp., throughout sub-Saharan Africa, and implications of changing distributions for conservation.** *Mammal Review*, 49(4), 285-299. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/mam.12165> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00509/62106/>
- Pethybridge Heidi, Weijerman Mariska, Perryman Holly, Audzijonyte Asta, Porobic Javier, McGregor Vidette, Girardin Raphael, Bulman Cathy, Ortega-Cisneros Kelly, Sinerchia Matteo, Hutton Trevor, Lozano-Montes Hector, Mori Mao, Novaglio Camilla, Fay Gavin, Gorton Rebecca, Fulton Elizabeth (2019). **Calibrating process-based marine ecosystem models: An example case using Atlantis.** *Ecological Modelling*, 412, 108822 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108822>
- Pinto Cecilia, Travers-Trolet Morgane, Macdonald Jed, Rivot Etienne, Vermard Youen (2019). **Combining multiple data sets to unravel the spatiotemporal dynamics of a data-limited fish stock.** *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 76(8), 1338-1349. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0149> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00460/57187/>
- Raoux Aurore, Lassalle Géraldine, Pezy Jean-Philippe, Tecchio Samuele, Safi Georges, Ernande Bruno, Mazé Camille, Le Loc'h François, Lequesne Justine, Girardin Valérie, Dauvin Jean-Claude, Niquil Nathalie (2019). **Measuring sensitivity of two OSPAR indicators for a coastal food web model under offshore wind farm construction.** *Ecological Indicators*, 96(Part 1), 728-738. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.014>

Travers-Trolet Morgane, Coppin Franck, Cresson Pierre, Cugier Philippe, Oliveros-Ramos Ricardo, Verley Philippe (2019). **Emergence of negative trophic level-size relationships from a size-based, individual-based multispecies fish model.** *Ecological Modelling*, 410, 108800 (14p.).
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108800>

Expertise (2)

Comité Scientifique (2019). **Avis n° 2019-01 du comité scientifique relatif au projet de parc éolien en mer au large de Fécamp.** Préfecture de Seine-Maritime, Rouen, Ref. Avis n° 2019-01, 2p., 1p.

Vogel Camille, Desroy Nicolas, Simplet Laure (2019). **Réponse de l'Ifremer à la demande de recommandations sur le protocole de suivi halieutique de la concession de granulats marins dites Côte d'Albâtre, au regard notamment de ses précédents avis.** DREAL Normandie - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, Service Ressources Naturelles, Pôle mer et littoral, Rennes, Ref. Ifremer PDG/2019-578 - Courrier 369-2019-SRN-PML-FV du 11 juillet 2019, 6p.

Avis (3)

Gangnery Aline, Garcia Celine, Loots Christophe (2019). **Avis sur un projet d'expérimentation d'élevage d'huîtres sur des structures mytilicoles à Oye Plage dans le département du Pas de Calais.** DDTM 62 - Direction départementale des territoires et de la mer du Pas de Calais, DML, Boulogne sur Mer, Ref. LERN/PB/19-022 - Courrier DDTM référencé NF/NF/19-0357 R/AR en date du 26 mars 2019, adressé au Directeur du Centre Ifremer de Boulogne sur Mer et réceptionné par le LERN le 28 mars 2019., 8p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00500/61150/>

Laurans Martial, Vogel Camille (2019). **Avis sur le projet de protocole de suivi de la population de homard au niveau du câble d'atterrage du champ éolien de la baie de Saint Briec.** DDTM22 - Direction départementale des territoires et de la mer des Côtes-d'Armor, Délégation à la mer et au littoral, Service aménagement mer et littoral, Saint-Briec, Ref. D/CB 19-106, 10p., 4p.

Simplet Laure, Vogel Camille, Desroy Nicolas, Dreves Luc (2019). **Avis de l'Ifremer sur les demandes de modification (1) de la périodicité des suivis bio-sédimentaires et halieutiques, et (2) de la profondeur moyenne d'extraction pour la concession d'extraction de granulats marins de la Côte d'Albâtre.** DREAL Normandie - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, Service Ressources naturelles, pôle Mer et Littoral, Rouen, Ref. Ifremer-PDG/2019-077 - Courrier 629-2018-SRN-PML-FV du 28 septembre 2018, 5p.

Annexe 2: Nouveaux projets soumis et acceptés (2019)

	soumis	acceptés	dont coordination	Observations – unité(s) concernée(s)
FEAMP	1	1	0	MECANOR ² (HMMN)
EUROMARINE	1	1	0	M3E (HMMN, EMN, STH, AMURE)

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

Lister les:

1. Formations données

Pierre CRESSON : enseignement à l'ULCO & Univ. Lille M1 et M2 FOGEM (7h)

Laurent DUBROCA : enseignement à l'Université du Havre M1 (6h)

Eric FOUCHER : enseignement à l'IUT de l'Université Caen Basse-Normandie, L3 Pro REDD (12h)

Raphaël GIRARDIN : enseignement à l'ULCO & Univ. Lille M1 FOGEM (2h)

Philippe KOUBBI : enseignement à Sorbonne Université L1 + M1 + M2 (207h)

Christophe LOOTS : enseignement à l'ULCO (19h)

Kélig MAHE : enseignement à l'ULCO (7h), Formation en informatique appliquée au Traitement Numérique de Pièces Calcifiées au logiciel au Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (Algérie, 8 jours)

Carolina GIRALDO : enseignement à l'ULCO & Univ. Lille M2 FOGEM (4h)

2. Accueil et encadrement de stagiaires

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Diplôme préparé	Etablissement	Sujet	Tuteur
Coutin	Théo	20/03/2019	30/04/2019	BTS	Anabiotec	Effet de l'acidification de l'eau sur la forme des otolithes de Bar européen (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Kélig Mahé
Werquin	Sarah	20/05/2019	14/06/2019	L3 Sciences de la Vie	Université de Lille	Existe t'il une relation entre la taille des proies et la taille du prédateur chez les poissons de Manche et de Mer du Nord ?	Pierre Cresson
Lheriau	Alexandre	04/2019	06/2019	Master 1	Sorbonne Universités	Estimation de la condition larvaire de la sole commune (<i>Solea solea</i>) en Manche orientale	Christophe Loots/Philippe Koubbi
Vallet	Quentin	04/2019	06/2019	Master 1	Sorbonne Universités	Variations de la condition larvaire chez le sprat en Manche orientale et sud mer du Nord	Christophe Loots/Philippe Koubbi
Quemper	Florian	09/2019	02/2020	Stage de césure M1/M2	AgroSup Dijon	Croissance des juvéniles de plie (<i>Pleuronectes platessa</i>) et de sole (<i>Solea solea</i>) de la nurricerie de l'estuaire de Seine	Camille Vogel
Engler	Alexandra	01/2019	06/2019	Master 2	Sorbonne Universités	Analyse empirique de la variabilité spatiale et temporelle de la structure trophique des juvéniles	Pierre Cresson

						de poissons en baie de Seine	
Lemoine	Andréa	02/2019	07/2019	Master 2	Université de Tours	Condition physique des juvéniles de sole (<i>Solea solea</i>) et de plie (<i>Pleuronectes platessa</i>) dans l'estuaire de Seine	Camille Vogel
Murgier	Juliette	04/02/2019	02/08/2019	Master 2 BEE (Biodiversité, Ecologie, Evolution)	Université de Bourgogne	La rareté fonctionnelle dans les communautés de poissons en mer du Nord	Arnaud Auber
Wouters	Jens	09/2018	06/2019	Master 2	Université de Louvain	Delineation of fish spawning grounds in the North Sea and English Channel through molecular identification of planktonic eggs	Christophe Loots

3. Accueil et encadrement d'apprentis en alternance

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Sujet	Encadrement
FONTAINE	Virginie	10/09/2018	21/08/2020	Dynamiques spatiale et saisonnière du réseau trophique planctonique en Manche-Mer du Nord en lien avec l'ichtyoplancton	Carolina Giraldo
HACHE	Alizée	09/09/2019	30/07/2021	Modélisation de l'âge des poissons à partir de la forme externe des otolithes	Kélig Mahé

4. Participation à un jury de thèse ou HDR

Nom/Prénom	Rôle	Niveau	Université	Date de soutenance
FOUCHER	Examineur	Thèse	IUEM/UBO	22/11/2019
MARCHAL Paul	Rapporteur	PhD	Wageningen University (NL)	04/12/2019

5. Accueil et encadrement de post-doctorants

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Sujet	Co-financement	Encadrement
BRACIS	Chloe	06/2018	12/2019	Calibration de modèles complexes (Atlantis)	NA	R. Girardin

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						
01/10/16	21/11/2019	Influences environnementales sur le succès des écophases larvaires des poissons en manche orientale et la baie Sud de la mer du nord	Di Pane Julien	Français	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
01/10/2016	05/12/2019	Evolution spatio-temporelle de la forme de l'otolithe : applications au suivi des populations exploitées de poissons	Mahé Kélig	Français	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
01/11/2016	13/09/2019	Réponses fonctionnelles des communautés ichtyologiques au changement climatique en Baie de Somme, Manche	Mc Lean Matthew James	Américain	Ecole doctorale des Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement – ED 104 – Université du Littoral Côte	Directeur de thèse : Paul Marchal, Responsable de l'Unité Halieutique de Manche Mer du Nord Co-directeurs : Arnaud Auber, Cadre de recherche en dynamique	Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer	Non	Région Hauts de France	matthew.james.mc.lean@ifremer.fr

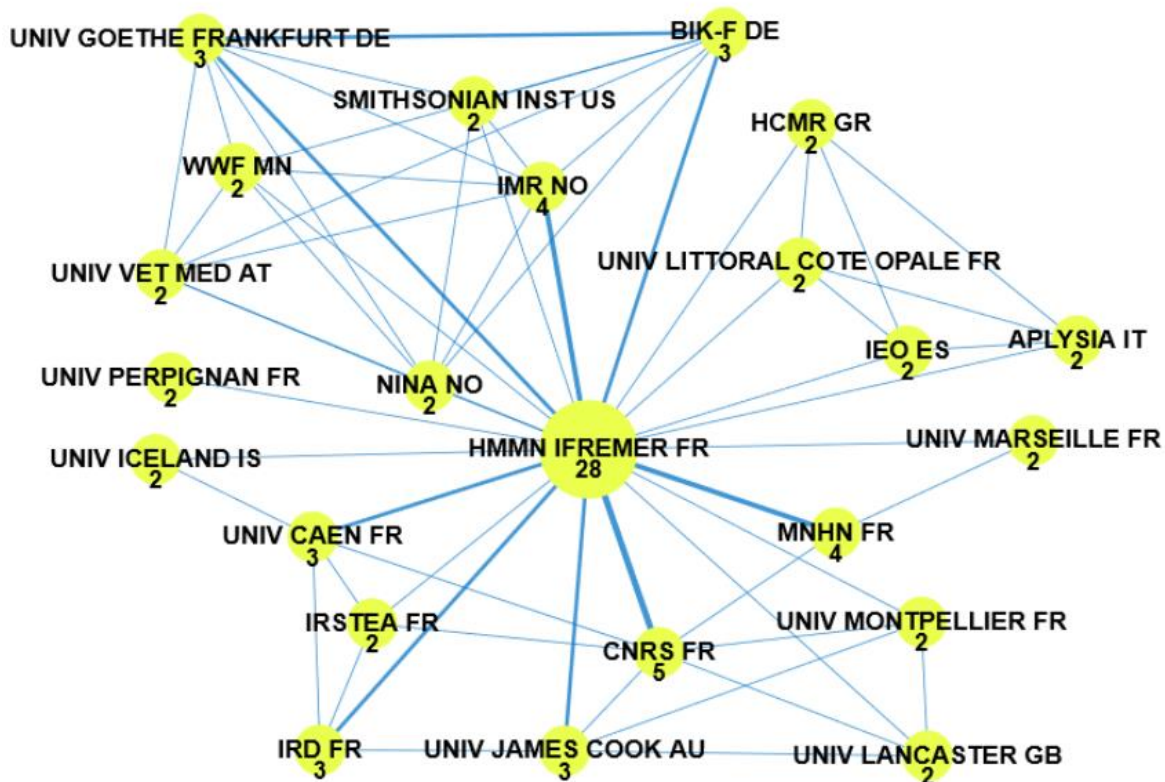
		orientale et mer du Nord			d'Opale	des communautés ichtyologiques et écologie numérique et David Mouillot, Professeur à l'université de Montpellier et chercheur à l'UMR MARBEC				
01/10/17		Variation saisonnière et ontogénique des paramètres trophiques des principales espèces exploitées en Manche-Mer du Nord	Timmerman Charles André	Française	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
01/10/18		Dynamiques éco-évolutives et scénarios de la biodiversité face au changement global en mer du Nord	Morell Alaia	Française	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 : Bruno Ernande, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Boulogne sur Mer	Laboratoire Ressources Halieutiques à Boulogne sur Mer	Non	Belmont Forum	Alaia.Morell@ifremer.fr
01/10/18		Impact des changements globaux sur le développement et la survie des larves de hareng (<i>Clupea harengus</i>) : une approche expérimentale multi-stress	Joly Léa	Française	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 : Carolina Giraldo, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Boulogne sur Mer	Laboratoire Ressources Halieutiques à Boulogne sur Mer	Non	Projet collaboratif AWI	Lea.Joly@ifremer.fr
01/11/18		Exploration des incertitudes isotopiques en écologie au moyen d'une approche de modélisation	Ballutaud Marine	Française	Ecole doctorale « Science de la Matière, du rayonnement et de l'environnement – ED 104 – Université	Directeur de thèse : Sébastien Lefebvre, Professeur, Université de Lille Co-directeur : Paul Marchal, Cadre de	LOG à Wimereux	Non	ISIST-U Hauts de France	Marine.Ballutaud@univ-lille.fr

		trophique			Lille Nord de France	recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Boulogne sur Mer				
28/01/2019		Des nourriceries de la baie de Seine aux populations exploitées : approche empirique et modélisation spatio-temporelle de leurs liens statistiques	Cariou Thibault	Française	Ecole Doctorale BISE – ED 584 – Université de Normandie	Directeur de thèse : Nicolas Bez, IRD Co-directeur : Laurent Dubroca, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Port-en-Bessin	Laboratoire Ressources Halieutiques à Port-en-Bessin	Non	Projet NOURSEINE	Thibault.Cariou@ifremer.fr

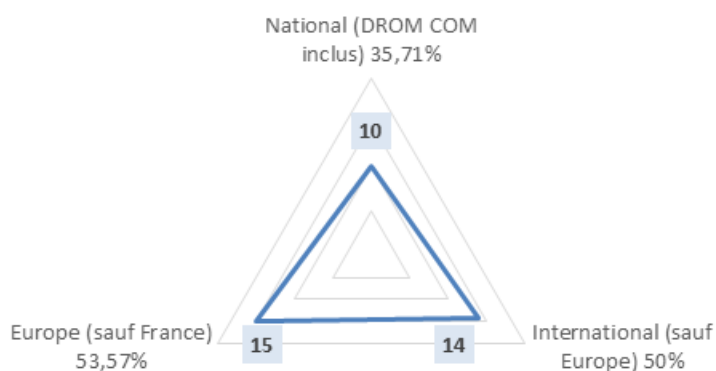
(*) Un salarié Ifremer doit figurer dans l'équipe encadrante et dans les documents officiels de l'école doctorale d'inscription. Si ce n'est pas le cas, il doit encadrer le doctorant au quotidien et signer les publications dans le cadre des travaux menés.

Annexe 4: Partenariats

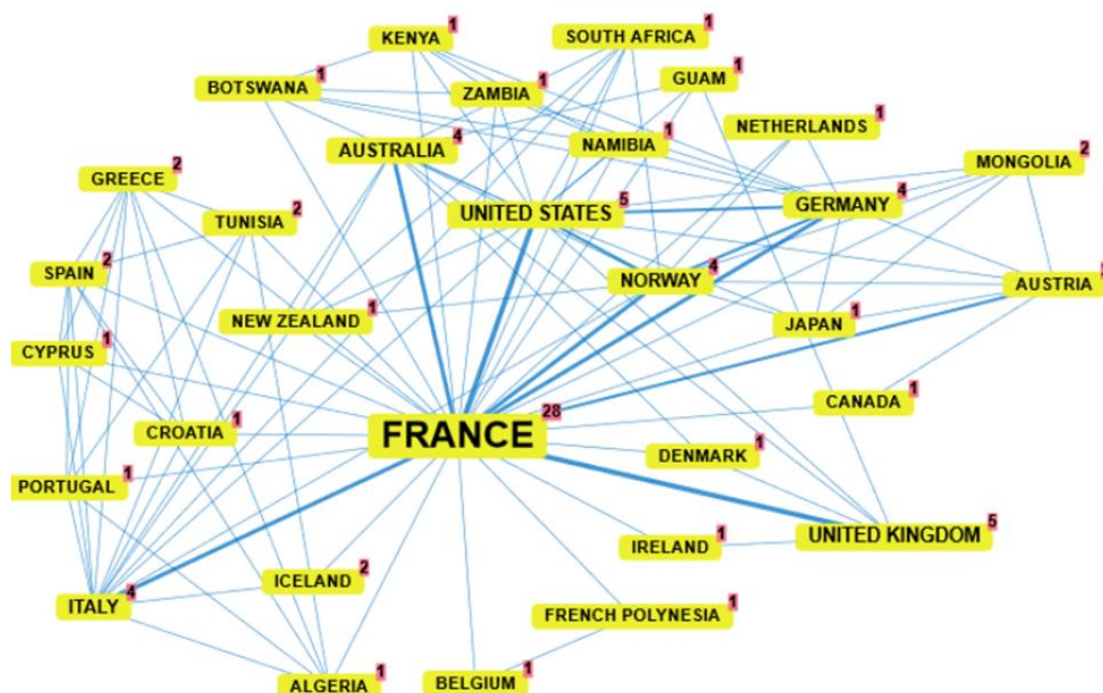
Les partenariats académiques de l'Unité HMMN sont résumés dans les figures ci-dessous (analyse des 28 publications répertoriées en 2019 dans le WoS).



Source : Archimer – WOS, Champ Affiliation ; Traitement : Intellixir



Source : Archimer - WOS, champ Affiliation et Indicateur de partenariats ; Traitement : Excel



Source : Archimer - WOS; Traitement : Intellixir

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, SFR Campus de la mer
- National : Commission Nationale de la Flotte Côtière, CNPMEM
- Européen : CIEM, Commission du Traité de Granville
- International : OPANO, GDRI franco-canadien RECHAGLO