

**Rapport annuel 2020 de l'Unité de
Recherche Halieutique Manche Mer du
Nord (HMMN)**

Table des matières

Introduction.....	6
1. Moyens et effectifs	8
1.1. Organisation de l'unité	8
1.2. Effectifs	9
1.3. Equipements, moyens matériels	12
1.3.1. La cellule CREDO.....	12
1.3.2. Les campagnes à la mer	12
1.3.3. Plateaux techniques.....	30
2. Résultats obtenus au cours de l'année N.....	32
2.1. THEME 1: INDIVIDUS, POPULATIONS ET NICHE ECOLOGIQUE.....	32
2.1.1. Variabilité spatio-temporelle des processus écologiques affectant les stades larvaires de poissons.....	33
2.1.2. Estimation et variation spatio-temporelle des traits d'histoire de vie des individus.....	39
2.1.3. Marqueurs biologiques des populations de poissons : sources de variation et applications	42
2.1.4. Les observations en appui aux travaux de recherche	43
2.1.5. Contribution aux avis/expertise.....	45
2.2. THEME 2 : COMMUNAUTES, RESEAUX TROPHIQUES ET BIODIVERSITE.....	46
2.2.1. Mécanismes de variation de la niche trophique	48
2.2.2. Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités	55
2.2.3. Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson	61
2.2.4. Les observations en appui aux travaux de recherche	63
2.2.5. Contribution aux avis/expertise.....	63
2.3. THEME3 : FLOTTILLES, EXPLOITATION ET SCENARIOS DE GESTION.....	64
2.3.1. Outils et méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources	64
2.3.2. Evaluation de stratégies/scénarios de gestion dans un contexte de changement global	65
2.3.3. Les observations en appui aux travaux de recherche et l'appui à la politique publique	70
2.3.4. Contribution aux avis/expertise.....	72
3. Perspectives de l'année N+1	78
3.1. Mouvements de personnel	78
3.1.1. Personnel permanent	78
3.1.2. Doctorants et post-doctorants.....	78
3.1.3. Etudiants en contrat d'apprentissage	79
3.1.4. Personnel en CDD	79
3.2. Politiques de site.....	79
3.2.1. Hauts de France : Fédération de Recherche Campus de la Mer.....	79
3.2.2. Accord-Cadre avec les Universités de Normandie.....	80
3.3. Projets de recherche	80
3.3.1. Projets acceptés et démarrants en 2021.....	80
3.3.2. Projets déposés en 2020 et en cours d'évaluation	82
3.4. Moyens d'observation	85
3.4.1. La cellule CREDO.....	85
3.4.2. Plateaux techniques.....	85
3.4.3. Campagnes à la mer	86
3.5. Avis et expertises	86
3.6. Innovation	86
ANNEXES	87
Annexe 1: Production scientifique et technologique (2020).....	87
Annexe 2: Nouveaux projets soumis et acceptés (2020)	92

Annexe 3: Implication dans la formation (par la recherche).....	94
Annexe 4: Partenariats.....	98
Annexe 5: Valorisation.....	99
Annexe 6 : Fonctions de représentation assurées dans les instances régionales, nationales, européennes ou internationales	99

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. HMMN contribue à la collecte de données halieutiques et écosystémiques en mer, par enquêtes, et en laboratoire, et centralise via la cellule CREDO le traitement et l'envoi des données halieutiques requises par une variété d'organismes scientifiques, gestionnaires, professionnels et non gouvernementaux. HMMN coordonne trois campagnes en mer à grande échelle régionale, six campagnes locales, 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 (PTEZOO).

En cherchant à mieux comprendre les interactions entre les ressources halieutiques et leur environnement (biotique et abiotique), dans un contexte de changement global, HMMN contribue spécifiquement à plusieurs des enjeux définis dans le projet de l'institut: E6 (*Évaluer le devenir des écosystèmes côtiers dans le changement global*), E9 (*Identifier les effets des interactions entre groupes fonctionnels sur la dynamique des écosystèmes exploités*), E10 (*Évaluer la résilience et anticiper les changements d'état – points de basculement des socio-écosystèmes et de la biodiversité associée aux différents niveaux d'organisation*), et E13 (*Identifier de nouvelles bioressources marines*). Ces enjeux sont déclinés au sein de l'Unité dans trois Thèmes scientifiques correspondant à des niveaux d'organisation systémique de plus en plus complexes: Individus, Populations et Niches Ecologiques (Thème 1); Communautés, Réseaux Trophiques et Biodiversité (Thème 2); Flottes, Exploitation et Scénarios de Gestion (Thème 3).

Les approches méthodologiques menées en 2020 pour améliorer notre compréhension des processus ont utilisé et/ou combiné des analyses empiriques de données d'observation *in-situ* (e.g., projets FEAMP VARITROPH, FEAMP NOURSEINE, FFP MATO, DS MURPHY, CPER MARCO), expérimentales (e.g., projet AWI-MARUM COCKTAIL, CPER MARCO) et de modélisation (e.g., projet Interreg SUMARiS, CPER MARCO), ces dernières étant directement liées à deux défis du projet d'Institut: D2 (*l'expérimentation pour améliorer notre compréhension des processus*) et D3 (*la modélisation prédictive intégrée des socio-écosystèmes*). Enfin, l'Unité HMMN a joué en 2020, comme au cours des années précédentes, un rôle de catalyseur pour les sciences marines au niveau régional, e.g., en étant dans les Hauts-de-France membre actif de la Fédération de Recherche *Campus de la Mer* (convention signée en 2020) et en étant l'un des chefs de file de projets CPERs, et au niveau international au travers des recrutements (chercheurs, post-doctorants, étudiants en thèse) et de l'implication à haut niveau de chercheurs HMMN dans des projets de recherche européens et de groupes de

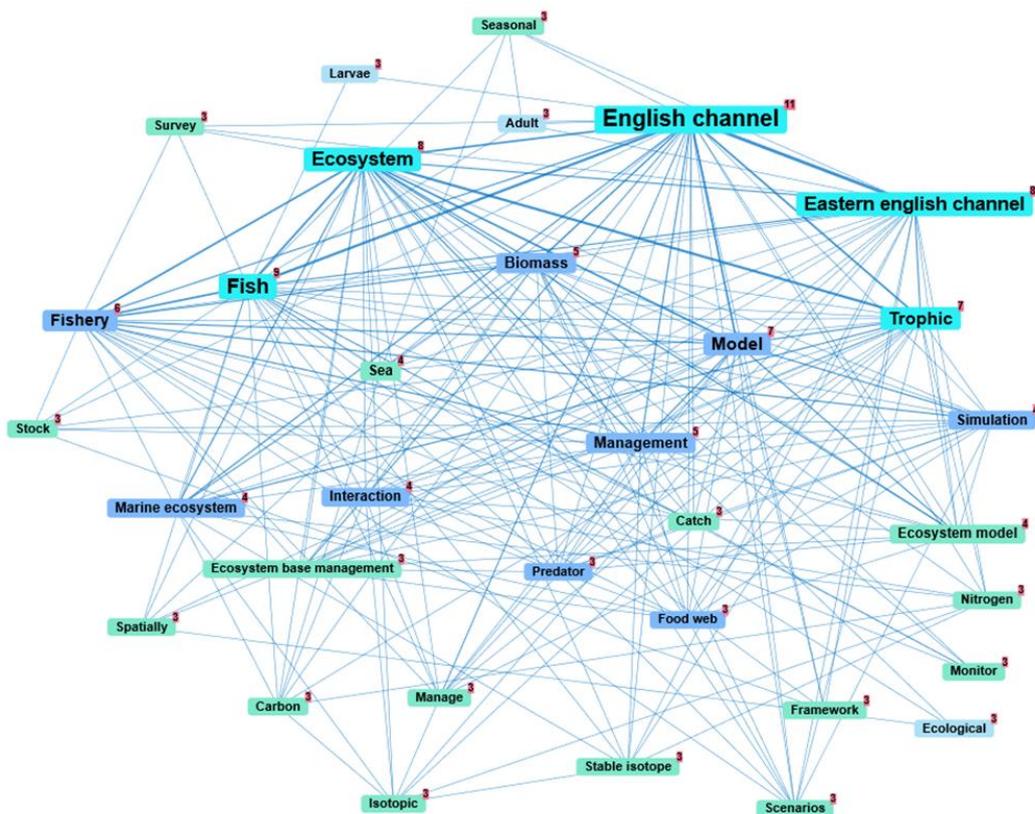
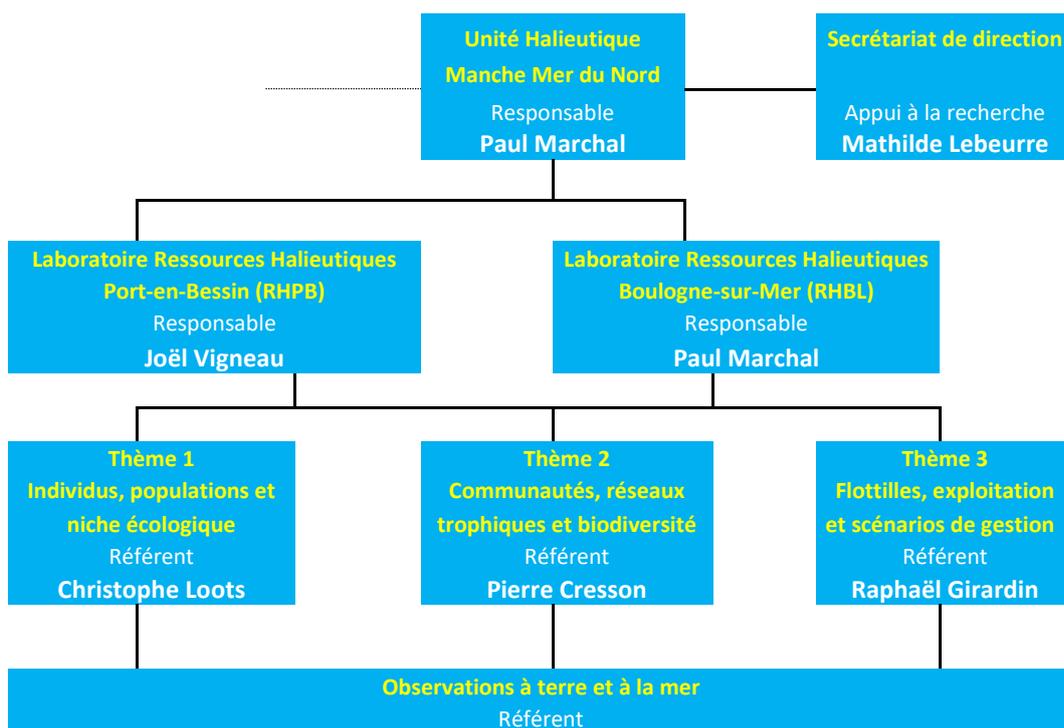


Figure 0.2. Réseau des principaux concepts (au moins 3 co-occurrences) examinés par l'équipe de l'Unité HMMN en 2020, obtenus par une analyse bibliométrique du titre et des résumés des publications issues du WOS.

1. Moyens et effectifs

1.1. Organisation de l'unité

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



Franck Coppin
Cellule CREDO Référent Joël Vigneau
Pôle sclérochronologie Référent Kelig Mahé
Pôle zooplancton ichtyoplancton Référent (ichtyoplancton) Christophe Loots
Plateforme réseaux trophiques Référent Pierre Cresson
Avis et expertise Référents Eric Foucher, Raphaël Girardin (Halieutique) ; Camille Vogel (Granulats, EMR)

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	
- chercheurs (dont ayant une HDR)	11 (dont 1 HDR)
- ingénieurs recherche et développement	5
Soutien à la recherche	
- ingénieur	
- technicien	13
- appui opérationnel	
Fonctions support	
- gestionnaire	
- direction	1
Personnel non permanent* (dont 0 % en UMR)	En ETP : 11
- CDD	2
- Contrats en alternance	2
- Doctorants (dont étrangers)	4 (dont 0 étranger)
- Post-doctorants (dont étrangers)	1 (dont 1 étranger)
- Professeurs rattachés	1
- Personnel en accueil	1
- Chercheurs étrangers invités	0

* présents au 31/12/2020

Tableau de l'évolution des effectifs

Nom	date de départ	date d'arrivée	raison du mouvement	catégorie	compétence(s)
-----	----------------	----------------	---------------------	-----------	---------------

			(retraite, MI, CSS, recrutement...)		
COCHARD Marie-Laure	06/2020		Retraite	Ingénieure	Halieute
VARENNE Fanchon		06/2020	Recrutement	Technicienne	Halieute
ERNANDE Bruno	08/2020		MI	Chercheur	Ecologue Marin
DENAMIEL Margaux	08/2020		Démission	Technicienne	Réseaux Trophiques
CORDIER Rémy		10/2020	MI	Technicien	Réseaux Trophiques
CHANTRE Céline	11/2020		MI	Technicienne	Sclérochronologie
DUSSUEL Antoine		11/2020	Recrutement	Technicien	Sclérochronologie
MACKENZIE Kirsteen		12/2020	Recrutement	Chercheuse	Sclérochronologie / Ecologie trophique

Liste nominative par catégorie

1. Personnel permanent Ifremer (au 31/12/2020)

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
COPPIN	Franck	LRHBL	Ingénieur en halieutique
CORDIER	Rémy	LRHBL	Technicien Réseaux Trophiques
COUVREUR	Clémence	LRHBL	Technicienne Réseaux Trophiques
CRESSON	Pierre	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
DUBROCA	Laurent	LRHPB	Ingénieur en statistiques
DUSSUEL	Antoine	LRHBL	Technicien spécialisé en sclérochronologie
ELLEBOODE	Romain	LRHBL	Technicien spécialisé en sclérochronologie
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
MACKENZIE	Kirsteen	LRHBL	Chercheuse 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
VARENNE	Fanchon	LRHPB	Technicienne
VERIN	Yves	LRHBL	Ingénieur en halieutique

VIGNEAU	Joël	LRHPB	Responsable LRHPB
VOGEL	Camille	LRHPB	Ingénieure en halieutique

2. Personnel temporaire Ifremer en CDD (au 31/12/2020)

Nom	Prénom	Service	Poste
CARIOU	Thibault	LRHPB	Doctorant
HACHE	Alizée	LRHBL	Contrat alternance (M2)
ITO	Maysa	LRHBL	Post-doctorante
JOLY	Léa	LRHBL	Doctorante
LESCOUTE	Guillaume	LRHBL	Technicien
MORELL	Alaia	LRHBL	Doctorante
RIVET	Jehanne	LRHPB	Ingénieure
SAUGER	Carine	LRHPB	Doctorante
WERQUIN	Sarah	LRHBL	Contrat alternance (M2)

3. Accueil de personnels d'autres laboratoires et organismes

Nom	Prénom	Titre
KOUBBI	Philippe	Prof. U. Sorbonne – Rattaché à LRHBL
MERLAND	Camille	Ingénieure TAAF

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 le mandat 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 2020, la cellule CREDO a dû faire face à de sérieuses questions sur la méthode de calcul de l'effort de pêche et le traitement des structures en âge des captures. Les questions étaient issues d'un benchmark en début d'année, et les experts HMMN ont été fortement mobilisés pour apporter un correctif, en toute transparence avec les groupes de travail du CIEM. Un rapport circonstancié a été partagé avec tous les présidents de groupe d'évaluation de stocks du CIEM (Vigneau and Girardin, 2020). En conséquence, de légers retards ont été enregistrés pour l'envoi des données aux premiers groupes de travail du CIEM.

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 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. En 2020, 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 (NOURCANCHE, 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. Il est à noter que l'ensemble de ces campagnes ont globalement pu être réalisées en dépit du contexte sanitaire, même si un

décalage dans le temps a parfois été nécessaire (COMOR), ou encore si le plan d'échantillonnage initial a dû être dégradé (campagnes IGA).

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 2020, en raison de la crise sanitaire liée à la COVID-19, la réunion s'est tenue par visioconférence, du 30 mars au 03 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>). Les points les plus importants retenus par le groupe sont les suivants :

- L'une des recommandations du groupe IBTSWG 2018 était la mise en place d'un nouveau chalut pour les campagnes IBTS. Une dérive technique s'est installée au fil des années entre les 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 dont la maintenance serait simplifiée. Les collègues Ecosse et Irlandais ont ainsi initié le développement de deux nouveaux chaluts et ont réalisé plusieurs essais et comparé leurs captures avec celles obtenues à partir du chalut habituellement utilisé (GOV). Pour la réunion de 2020, les résultats de ces essais en mer ont été présentés au groupe. Les nouveaux chaluts ont présenté des variations de leurs paramètres (ex: ouverture verticale durant le chalutage) bien plus stables que celles observées habituellement avec le chalut conventionnel. Cependant, des différences en termes de structure de communauté ont été décelées entre les différents chaluts, le chalut Ecosse capturant bien moins d'espèces démersales que le chalut Irlandais. Pour diminuer cette différence, de nouveaux essais seront effectués sur certains paramètres et le groupe IBTS examinera les résultats de ces nouveaux essais en 2021.

- Les principales conclusions du workshop WKREO (Workshop on the Realigning of the Ecosystem Observation Steering Group) ont été présentées et discutées. Les campagnes et leurs budgets associés évoluant avec les années, il paraît aujourd'hui évident de devoir rendre la collecte de données plus efficace afin de répondre à la demande croissante de précision inhérente à la transition vers l'approche écosystémique en halieutique. Cette remise en question de l'organisation et du système de communication au sein et entre les groupes du CIEM passe notamment par la participation de personnes référentes et communes aux différents groupes de travail. Concernant spécifiquement le groupe IBTS, il a été question de séparer le groupe en deux, un premier groupe se focalisant sur les aspects techniques des campagnes et l'autre sur le volet scientifique. Sur ce dernier point, il n'y a à ce jour aucun consensus.

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. Au cours de l'année 2020 le format Dattras a été modifié par le CIEM sur recommandation du Groupe de travail IBTS. Il a donc fallu adapter les procédures de formatage des données françaises pour répondre à la nouvelle structure. Le travail de refonte de Vivaldi devra, au cours de l'année, tenir compte de ces évolutions. Il est envisagé aussi de transférer le formatage des données au format international MEDITS sous une plateforme opensource de type R-Shiny. A cet effet, des documents techniques ont été rédigés afin de fournir une description des procédures et algorithmes de

génération des formats internationaux. En l'absence d'un outil plus complet de pré-traitement la maintenance de Vivaldi s'est poursuivie encore au cours de l'année 2020. Concernant la bancarisation de l'historique des données des campagnes dans un souci d'amélioration de la qualité des informations, la série complète d'IBTS a été entièrement régénérée, contrôlée et corrigée. Ces modifications nous ont contraints à reproduire le format international Datas pour l'ensemble de la série puis à le bancariser dans la Base internationale Datas. Les données CGFS ont uniquement fait l'objet de contrôles et de corrections quand cela s'avérait nécessaire. La bancarisation des données COMOR a été interrompue pour satisfaire à d'autres priorités, mais aussi pour des raisons conjoncturelles. Pour la fin du second trimestre 2021 les données de la campagne Crustafam de suivi des crustacés au large de la centrale de Flamanville doivent être bancarisées. Les corrections de la base BARGE0 et la mise à jour des référentiels se sont poursuivies dans l'objectif du transfert des paramètres biologiques vers la base HARMONIE à brève échéance. En parallèle, un outil WEB visant à remplacer Bargeo est en cours de développement. Cet outil permettra à terme de saisir et restituer les paramètres biologiques, mais également de gérer les échantillons collectés au sein du pôle de sclérochronologie dans le but d'en améliorer la traçabilité. Les travaux et réflexions menés dans ce cadre sont pilotés au sein du projet IMAGINE (**Integration and Management tool for biological INDicEs**). Ce projet fait intervenir le laboratoire LRHBL de Boulogne pour sa compétence dans le domaine des paramètres biologiques et de la sclérochronologie, l'unité EMH de Nantes pour la qualité, l'équipe informatique du SIH pour la partie informatique. 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...). A terme, cette base vise à inclure également les données hydrologiques et planctoniques des campagnes IBTS, CGFS et IGA Penly, Gravelines et Flamanville.

Enfin, le système de gestion de l'information de laboratoire LabCollector a largement déployé été déployé en 2020 au sein de l'Unité HMMN, dans le cadre du P6, avec des applications développées pour la gestion des équipements, le stockage des produits chimiques et le référencement des échantillons.

La campagne CGFS

Depuis 1989, la campagne CGFS est conduite tous les ans en octobre en Manche par le laboratoire HMMN afin de permettre la collecte au chalut de fond GOV (Grande Ouverture Verticale) de données scientifiques nécessaires à l'évaluation des stocks. Les données qui en sont issues (paramètres biologiques et biométriques, d'indices d'abondance en taille et/ou en âge) sont utilisées chaque année par les groupes de travail internationaux du CIEM, principalement WGNSSK (Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak), WGEF (Working Group on Elasmobranch Fishes) et WGCEPH (Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History), pour déterminer analytiquement l'état des stocks de la zone. La CGFS participe également à l'APP avec la collecte des données pour différents descripteurs DCSMM et constitue également un support considérable à de nombreux projets de recherche [Programme RECCRU, ECOPHY, EMERTROP, DREAM (Devenir des Rejets de l'Air au fond de la Mer)]. 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 2020 s'est déroulée sur le N/O Thalassa du 22 septembre au 2 octobre pour la partie ouest de la Manche et du 4 au 19 octobre pour la partie est. L'organisation de la campagne s'est réalisée dans le contexte de la crise sanitaire liée au COVID19. Par ailleurs, cette année, nous n'avons pas eu les autorisations de chaluter dans les eaux du Royaume-Uni, ce qui nous a conduits à adapter le plan d'échantillonnage initialement prévu afin d'optimiser au maximum le temps en mer. Normalement, nous faisons un tirage aléatoire stratifié sur 48 traines (pour 74 disponibles) en Manche Ouest et le protocole prévoit 74 traines en Manche Est. L'accès aux eaux anglaises nous étant impossible, nous avons réalisé l'ensemble des traines de la Zone Economique Exclusive française. Au cours de cette campagne, 29 traits de chalutage ont été réalisés (1 non valide) au chalut de fond GOV 36/49 en Manche occidentale et 59 au chalut GOV 36/47 en Manche orientale dont 58 validés (Figure 1.3.1).

Nous en avons également profité pour faire de la prospection et augmenter ainsi le nombre de traines disponible en Manche Ouest. Nous ajoutons donc, 7 stations de chalutage dans cette zone, nous permettant pour 4 d'entre elles de pouvoir travailler dans les bonnes zones en respectant les dispositifs de cohabitation « arts dormants / arts traînants » du nord Finistère (<https://www.comitedespeches-finistere.fr/qui-sommes-nous/telechargements>). Les 3 autres sont des traines supplémentaires, dont 2 dans la strate « West England Channel » et 1 dans la strate « North Brittany ». Nous avons réalisé le même exercice dans la partie Est de la Manche, dans le but de décaler des traines pour lesquelles nous subissons souvent des avaries, afin de trouver des zones plus sûres qui seraient en plus disponibles pour la campagne IBTS d'hiver. Six nouvelles stations ont pu être rajoutées en Manche Est.

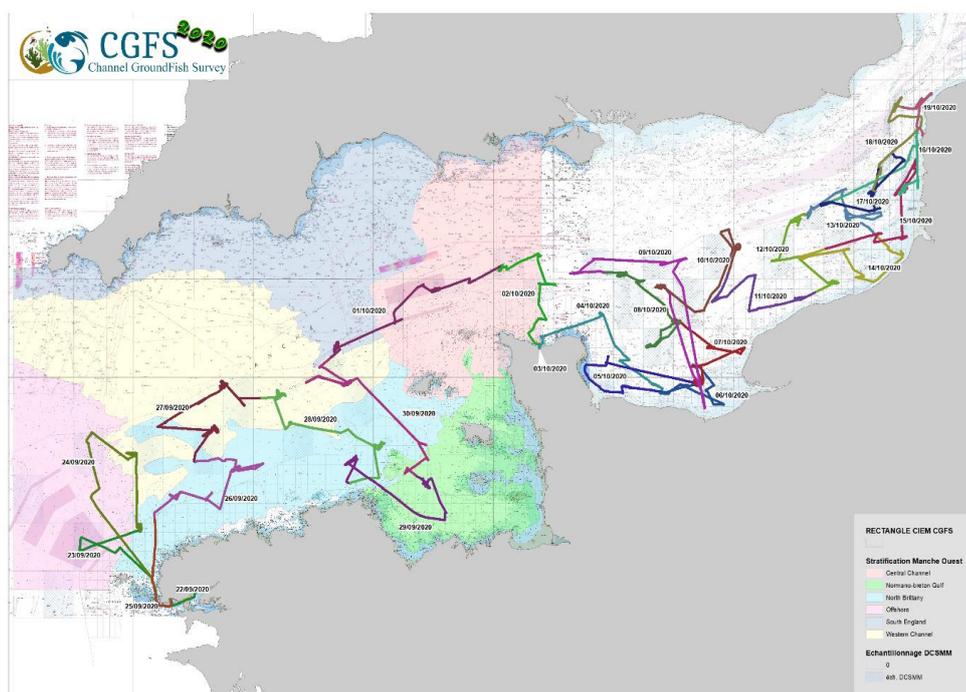


Figure 1.3.1. Parcours de la campagne CGFS 2020

Analyse Globale : Compte tenu de la répartition spatiale des stations de chalutage de la campagne 2020, c'est-à-dire sans les eaux anglaises, nous ne ferons pas de comparaison par rapport aux années antérieures.

Manche est : L'abondance moyenne de poisson (au sens analytique du terme comprenant les céphalopodes et le benthos commercialisable tel que les crabes et certains bivalves) par trait est de 5109 individus et la biomasse moyenne s'élève à 389 kg par trait. Les

espèces pélagiques telles que le chinchard (*Trachurus trachurus*) et le maquereau (*Scomber scombrus*) sont fortement dominantes en abondance, représentant respectivement 49% et 15% du nombre total d'individus capturés. Parmi les autres espèces, la sardine (*Sardina pilchardus*) est aussi très présente en abondance avec une dominance de 6%. Les espèces démersales les plus abondantes sont le petit tacaud (*Trisopterus minutus*) et le merlan (*Merlangius merlangus*) avec respectivement seulement 4% et 2% de l'abondance globale (Figure 1.3.2). Concernant la dominance en poids, le maquereau et le chinchard représentent 53% du poids total de poissons capturés cette année au cours de la CGFS. Les espèces démersales ayant la plus forte dominance en poids, sont la raie bouclée (*Raja clavata*) et la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*). 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 de Boulogne sur Mer à Dieppe, et en baie de Seine. On note également deux points au large de la baie de Seine, en limite des eaux anglaise, qui concernaient une forte abondance de chinchard, sardine, raie bouclée et de petite roussette. En baie des Veys (Est baie de Seine), on observe un décalage entre l'abondance et la biomasse dû à la capture d'individus de petite taille.

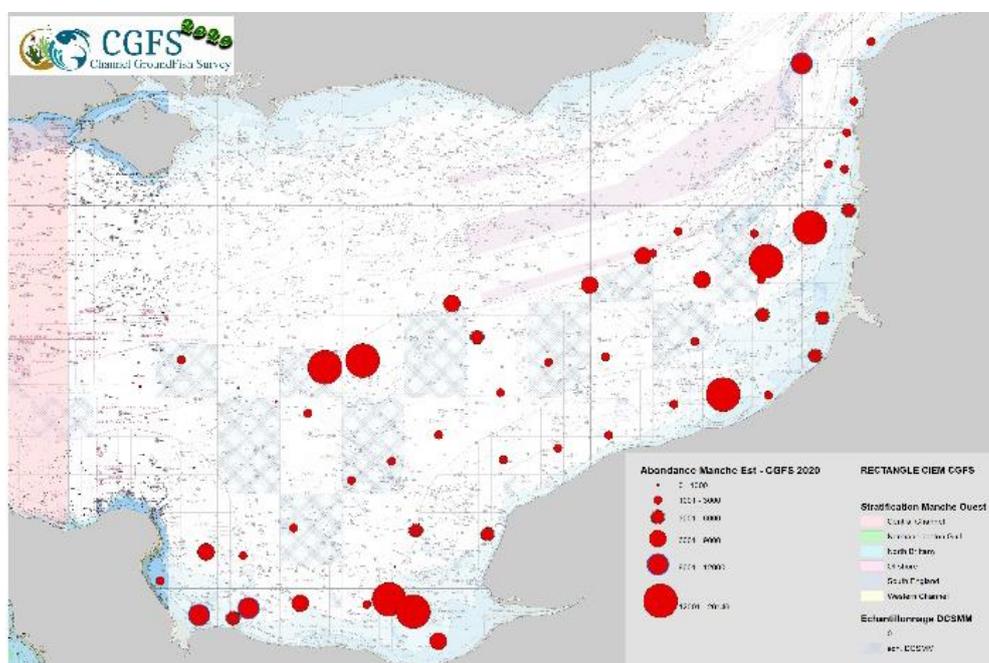


Figure 1.3.2. Abondance global des poissons en Manche Est

Manche Ouest : En 2020, l'abondance moyenne par trait en Manche ouest (Figure 1.3.3) est de 7785 individus et la biomasse moyenne s'élève à 269 kg. On retrouve, comme pour la manche Est, les mêmes dominances d'espèces pélagiques avec le chinchard et le maquereau représentant respectivement 77% et 8% du nombre total d'individus capturés. Les espèces démersales ayant la plus forte dominance sont le petit tacaud et l'encornet veiné (*Loligo forbesii*), représentant respectivement 4% et 3% du nombre total capturé. Au niveau de la dominance en biomasse, on retrouve les 2 espèces pélagiques principales, à savoir le chinchard (64%) et le maquereau (7%), mais aussi la sardine (7%). Pour les espèces démersales, la biomasse est dominée par le petit tacaud (3%) puis apparaissent des espèces de poids plus important comme la petite roussette (2.5%), le saint-pierre (2.4%) et la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*) et le requin hâ (*Galeorhinus galeus*) avec 1.3% chacun.

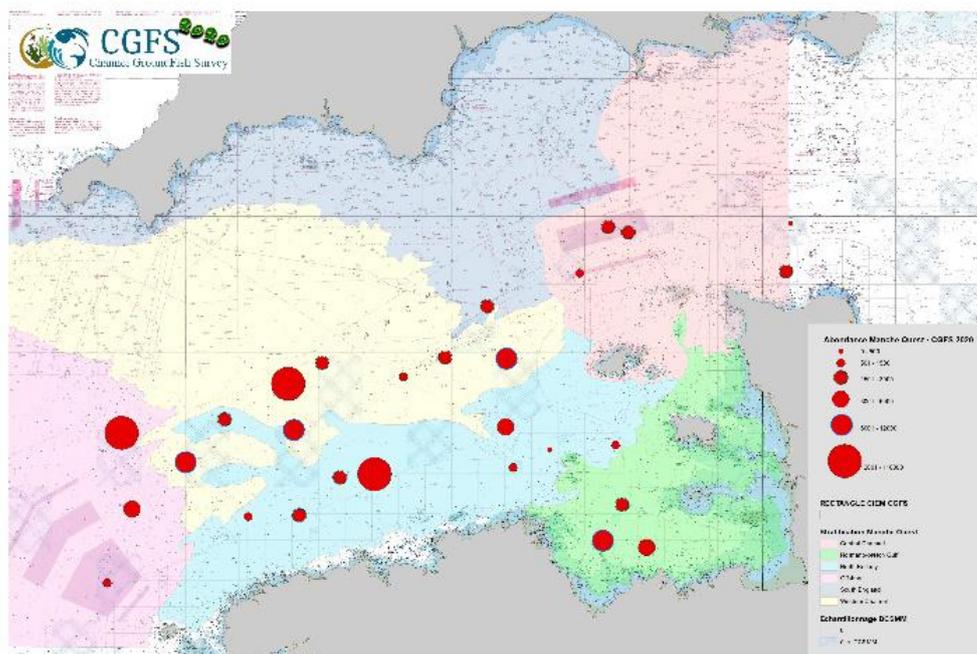


Figure 1.3.3. Abondance moyenne des poissons en Manche Ouest

Bilan des prélèvements pour l'Hydrologie :

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
SBE	41	63	Température, salinité, pH, Fluorescence, Par (irradiance), Oxygène, Turbidité, profondeur
Niskin à la surface	17	26	Chlorophylle totale, MES, sels nutritifs, flore phytoplanctonique, Réseau trophique (isotopie)
WP2	16	26	Réseau trophique, Abondance zooplanctonique
Manta	3	16	microplastiques DCSMM
MIK	23	-	Prélèvement de Phylosomes (larves de cigale et langouste)

Bilan station de chalutage et prélèvements en appui aux programmes de recherche :

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Station chalutage	29 dont 1 non valide, 2 annulés	59 dont 1 non valide	
Otolithes	262	1473	Fourniture d'indices d'abondance en âge
Mensuration	3450	26690	
APECS		207	204 Marquage d'Emissole (<i>Mustellus asterias</i>), 3 requins hà (<i>Galeorhinus galeus</i>)
ECOPHY	49	51	Evaluation physiologique de la sardine
EMERTROPH - ANSES/IFREMER	-	20 soles 8 échantillons	Evaluation des contaminant dans les réseaux trophique du bar et de la sole
IUEM	1000 petit tacaud 100 tacaud commun		Formation des étudiants
DEFIPEL	1 échantillon	1 échantillon	
ULCO	-	100 étoiles de mer (<i>Asteria rubens</i>) Échantillon de benthos	Matériel pour les travaux pratiques des étudiants

La campagne IBTS

Le navire Thalassa a quitté Boulogne-sur-Mer le 9 janvier 2020 et les travaux ont commencé en Manche Est avant de rejoindre la partie sud de la mer du Nord et les côtes néerlandaises et allemandes. Après une escale aux Pays-Bas, les travaux ont repris au large des côtes anglaises (Figure 1.3.4) pour se terminer à Boulogne-sur-Mer le 31 janvier au soir. Cette année, la campagne s'est déroulée sur 21 jours de mer.

Les conditions météorologiques ont posé quelques difficultés, empêchant parfois la mise à l'eau du filet à larve MIK.

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*. Un échantillonnage en continu à l'aide du « Continuous Underway Fish Egg Sampling » permet notamment d'étudier la répartition des œufs de poissons et d'approfondir les connaissances sur les habitats de ponte des espèces importantes en Mer du Nord et en Manche.

- *Larves de poissons*. L'analyse des échantillons collectés à l'aide du filet à larves MIK permet d'étudier les processus affectant la survie et le transport de l'ichtyoplancton jusqu'aux zones de nourriceries.

- *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 2020 :

- Chalut de fond (GOV) : 59 stations dont 1 trait invalide
- Filet à larves (MIK) : 101 stations
- Stations hydrologiques et échantillonnage de zooplancton et phytoplancton : 43 stations.
- Observation des oiseaux et mammifères marins en Manche
- Enregistrement des données acoustiques
- Echantillons d'œufs : 203

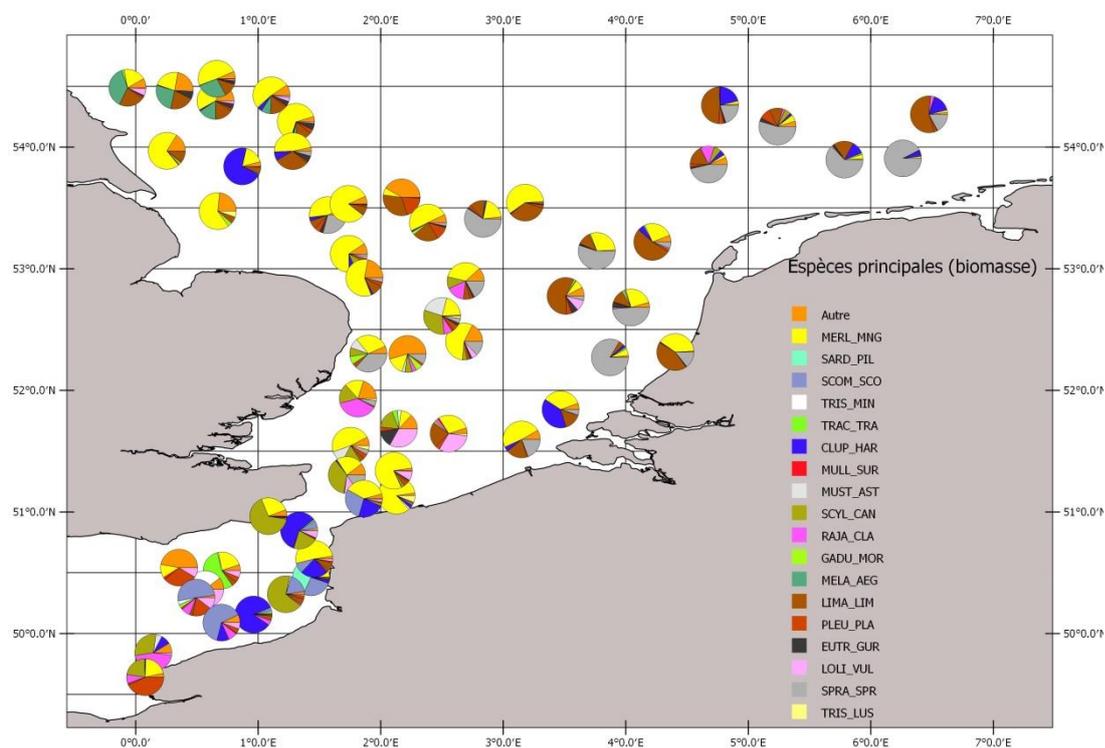


Figure 1.3.4. Zone échantillonnée par le N/O Thalassa.

La Figure 1.3.5 présente les indices de recrutement (âge 1) pour sept espèces commerciales principales. Ces résultats sont basés sur les 325 traits réalisés par les sept navires impliqués dans la campagne.

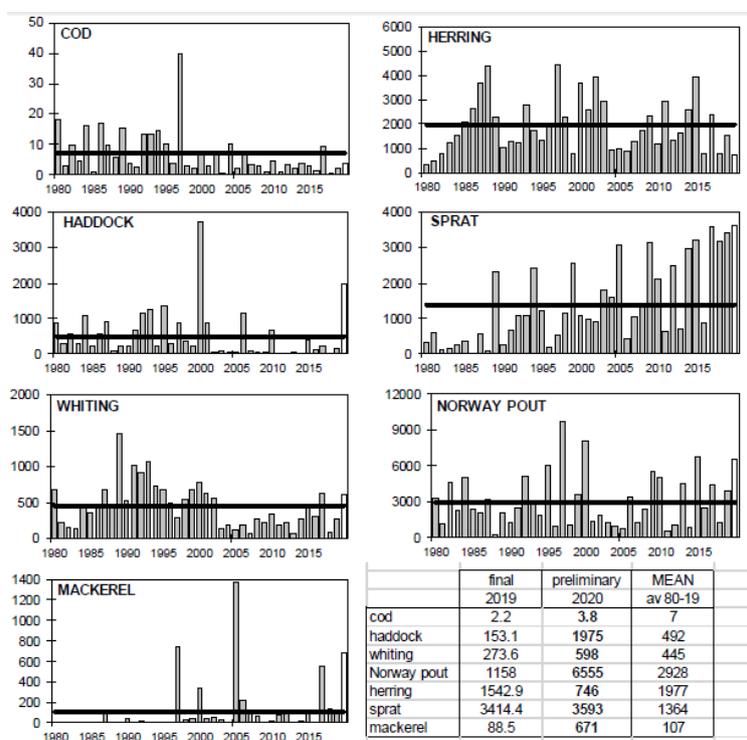


Figure 1.3.5. Indices de recrutement (âge 1) calculés à partir des données des campagnes IBTS 2020. De 1980 à 2019 = indice final. Pour 2020 = indice préliminaire.

La campagne COMOR

Les campagnes d'évaluation des stocks de coquilles Saint-Jacques menées par l'Ifremer sont des campagnes récurrentes demandées par les gestionnaires des pêcheries (administration et organisations professionnelles). Elles contribuent à la gestion de la principale pêcherie de la baie de Seine. Les données recueillies participent par ailleurs à l'alimentation d'autres thématiques de recherche que la simple gestion des stocks. Depuis 2017, la campagne COMOR, considérée comme campagne d'intérêt public, est entièrement cofinancée par le FEAMP mesure 28 (Fond Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche) et FFP (France Filière Pêche). Ce co-financement a été reconduit pour la période 2020-2022. L'objectif principal de cette campagne est de recueillir les données permettant d'estimer les indices d'abondance par classe d'âge, les paramètres de croissance, la répartition géographique et l'estimation de la biomasse exploitable dans la zone de la baie de Seine. La méthodologie utilisée est commune aux campagnes coquilles de l'Ifremer, et stabilisée depuis le début des années 1990.

Chaque année, la campagne a lieu en juillet, car cette période de l'année correspond au meilleur compromis entre une croissance suffisante des coquilles de groupe 1, plus rapide en baie de Seine qu'en baie de St-Brieuc et permettant leur capture par les dragues, et l'élaboration d'une expertise permettant aux gestionnaires de prendre les mesures les mieux adaptées à la réalité perçue à travers les résultats de la campagne. La saison de pêche débutant le 1er octobre, les résultats scientifiques de la campagne doivent parvenir à l'Administration des pêches début septembre, imposant également que la prospection soit organisée précocément en juillet.

En raison de la pandémie COVID19, toutes les campagnes de la Flotte Océanographique Française prévues entre le début du premier confinement (mi mars 2020) et le 31 août 2020 ont été annulées, dont la campagne COMOR2020. Dans un premier temps, vue l'importance économique de la coquille Saint-Jacques pour les pêcheries de Manche Est (de la Normandie aux Hauts-de-France) et de la nécessité de pouvoir disposer des indicateurs sur l'état du stock avant l'ouverture de la campagne de pêche, indicateurs obtenus à partir des données recueillies pendant la COMOR, il a été proposé que la campagne soit reportée à mi-septembre, sur le N/O Antéa (le calendrier de N/O Thalia, navire initialement révu pour la campagne, étant complet jusqu'à fin 2020). Les contraintes imposées par Génavir pour l'embarquement sur Antéa, avec une période de quarantaine stricte de 14 jours avant embarquement, ont finalement conduit à annuler à nouveau la campagne sous cette forme, faute de pouvoir disposer de suffisamment de personnel scientifique (5 scientifiques pour 25 jours, 11 jours de mer et 14 de quarantaine), déjà largement occupés par les divers emabrquements à cette période de l'année (CGFS, CRUSTAFLAM 2^{ème} période, campagnes nouricesseries). Une troisième solution a été trouvée avec le CRPM Normandie, avec l'affrètement pour 5 jours pleins d'un navire professionnel de Dieppe, Le Tourville (Figure 1.3.6).

La campagne COMOR2020 a donc été allégée : il a été décidé que l'Extérieur de la Baie de Seine ne serait pas prospecté en 2020 (en raison du nombre de jours de mer disponibles, mais également de la période de l'année ne permettant pas de disposer de suffisamment de temps entre la prospection et le début de la saison de pêche fixée au 1^{er} octobre) Seule la Baie de Seine sensu stricto a été prospectée (eaux territoriales situées à l'intérieur des 12 milles), avec un plan d'échantillonnage allégé (70 points au lieu des 100 points habituels) (Figure 1.3.7).



Figure 1.3.6. Chalutier dragueur Le Tourville, utilisé pour COMOR2020.

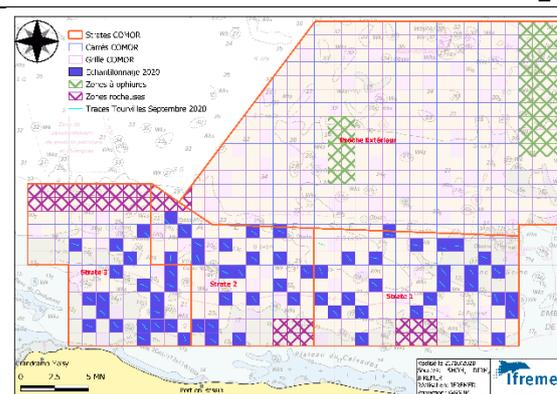


Figure 1.3.7. Plan d'échantillonnage de COMOR2020 et traînes réalisées.

La campagne COMOR2020 a finalement eu lieu du 10 au 16 septembre 2020. 69 points d'échantillonnage ont été réalisés en baie de Seine (Figure 1.3.8).

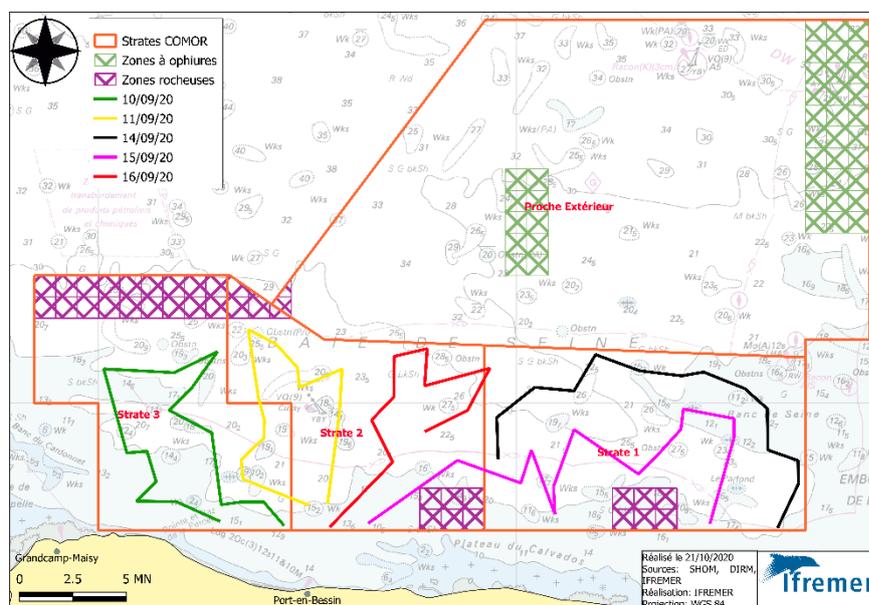


Figure 1.3.8. Parcours réalisé lors de la campagne COMOR2020.

Comme cela a été précisé précédemment, il n'a pas été possible de réaliser des échantillonnages cette année dans la partie extérieure de la baie de Seine (zone « Extérieur baie de Seine »). Cependant, les campagnes successives COMOR année après année permettent de suivre les différentes cohortes tout au long de leur exploitation, soit de l'âge 1 à l'âge 7 pour la coquille Saint-Jacques. Il y a donc une corrélation forte entre chaque âge, et en particulier entre les âges 1 (non recruté) et 2 (recrutement annuel). Afin de pouvoir néanmoins proposer aux services de l'Etat et aux CRPM Normandie et Hauts-de-France une estimation de la biomasse disponible dans cette zone extérieure, une modélisation de l'estimation de l'indice d'abondance du groupe 2 de l'année N en fonction de l'indice d'abondance du groupe 1 de l'année N-1 a été réalisée en utilisant un modèle de type GLM. Une estimation de l'indice d'abondance des coquilles Saint-Jacques de groupe 2 en 2020 a ainsi été calculé. Par ailleurs, un indice de reliquat, qui est le ratio entre coquilles exploitables (correspondant aux groupe 2 et plus) de l'année N et indices d'abondance des coquilles de groupe 3 et plus (individus ayant subi a minima une saison de pêche) a été moyenné sur les années récentes. Cet indice de

reliquat moyen a été utilisé pour estimer la biomasse résiduelle de coquilles adultes d'âge 3 ans et plus après la dernière saison de pêche. Ces 2 valeurs (biomasse d'âge 2 estimée par GLM et biomasse d'âges 3+ estimée par indice de reliquat moyen) ont permis d'estimer la biomasse exploitable moyenne dans la zone « Extérieur Baie de Seine » à 11000 tonnes, soit en augmentation de près de 25% par rapport à 2019.

En baie de Seine, les données recueillies lors de COMOR2020 ont permis de calculer les indices d'abondance par âge : tous les signaux concernant l'état du stock sont au vert. L'indice d'abondance des coquilles de 1 an est excellent, c'est le 2^{ème} plus élevé de la série chronologique. Ces coquilles juvéniles ne seront pas exploitées lors de la saison de pêche 2020-2021 et constitueront la partie principale de la biomasse exploitable fin 2021. L'indice d'abondance des coquilles d'âge 2 (recrutement) est également très élevé (3^{ème} de la série historique) et va générer une biomasse exploitable importante (33000 tonnes), représentant 63% de la biomasse exploitable totale. Le reliquat de pêche (coquilles adultes de 3 ans et plus) est le plus abondant jamais observé. Il correspond à une biomasse exploitable pratiquement 20000 tonnes (37% de la biomasse exploitable), et confirme la tendance à la hausse observée depuis plusieurs années (Figure 1.3.9).

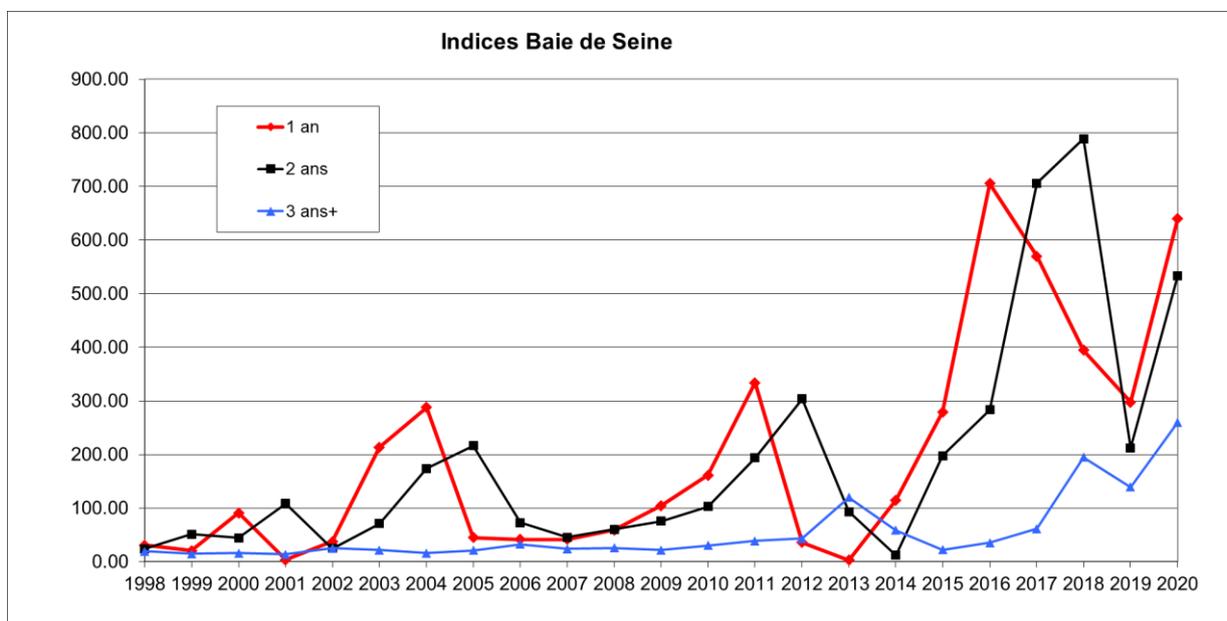


Figure 1.3.9. Indices d'abondance de la coquille Saint-Jacques par âge observé en baie de Seine en septembre 2020.

L'évaluation menée en 2020 montre que le stock de coquille Saint-Jacques de la baie de Seine est en bon état. La biomasse totale exploitable est estimée à près de 53000 tonnes en baie de Seine. La tendance de cette biomasse exploitable totale sur les 20 dernières années est positive (Figure 1.3.10). La légère baisse observée en 2019 correspond davantage à une sous-évaluation des indices d'abondance liée à un problème de réglage des engins de pêche lors de la campagne 2019 (comme nous l'avons souligné l'année précédente).

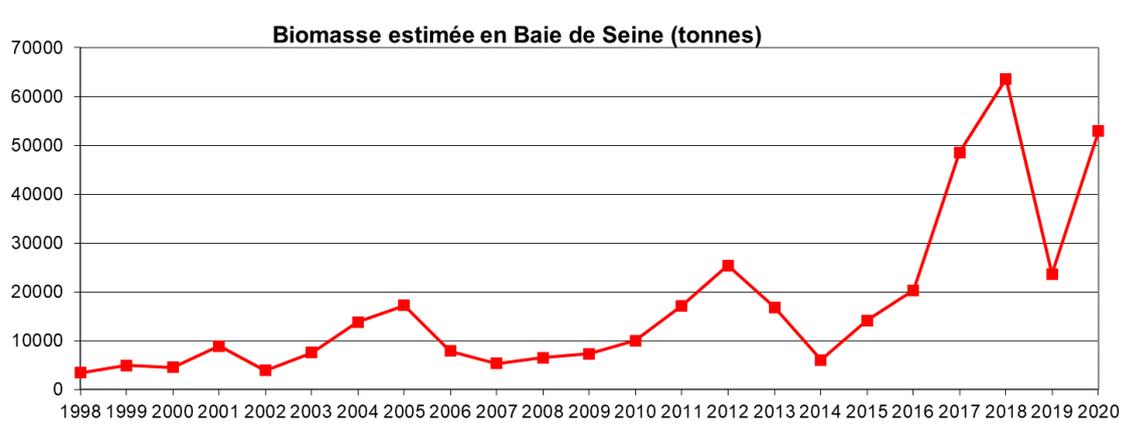


Figure 1.3.10. Evolution de la biomasse exploitable de la coquille Saint-Jacques en baie de Seine de 1998 à 2020.

Enfin, la répartition géographique de cette biomasse est relativement homogène en baie de Seine (Figure 1.3.11), même si l'adonce observée est plus faible dans la partie située la plus à l'Est (au large de l'estuaire de la Seine).

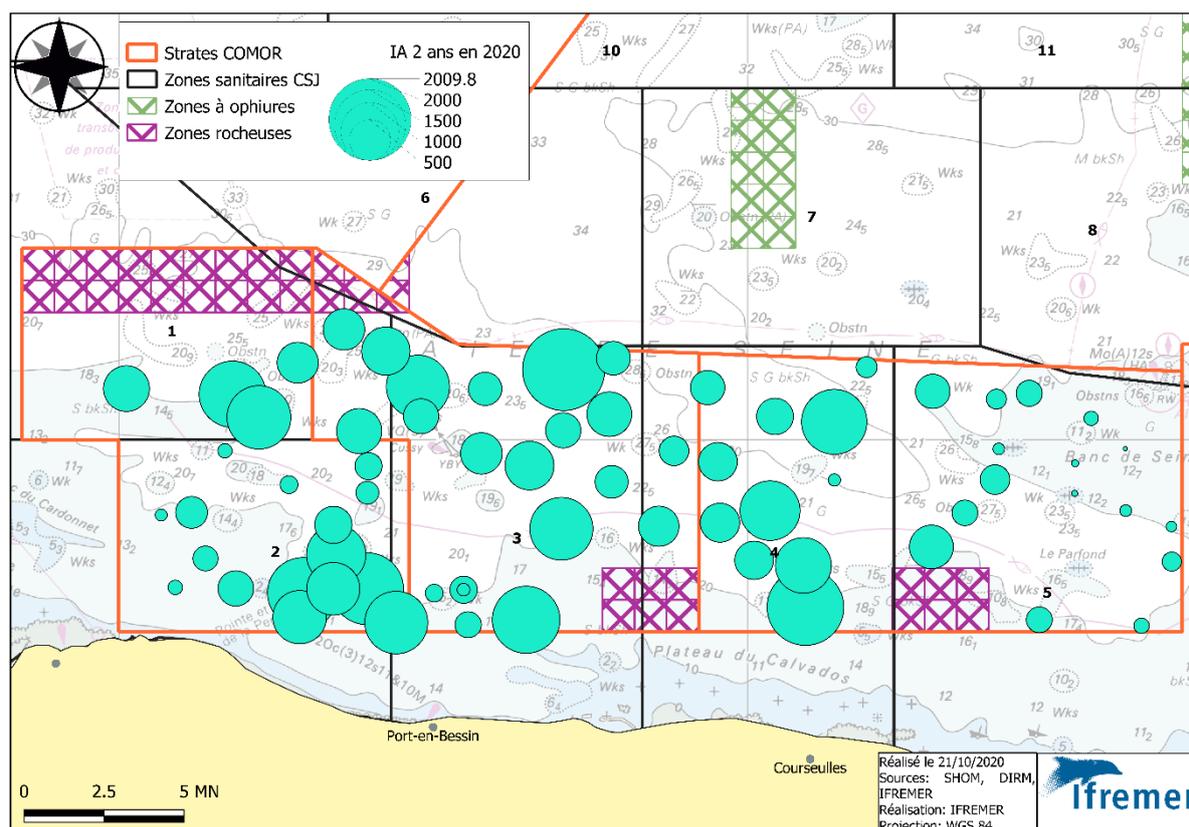


Figure 1.3.11. Répartition des coquilles Saint-Jacques d'âge 2 (recrutement) en baie de Seine en septembre 2020.

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 (Figure 1.3.12).

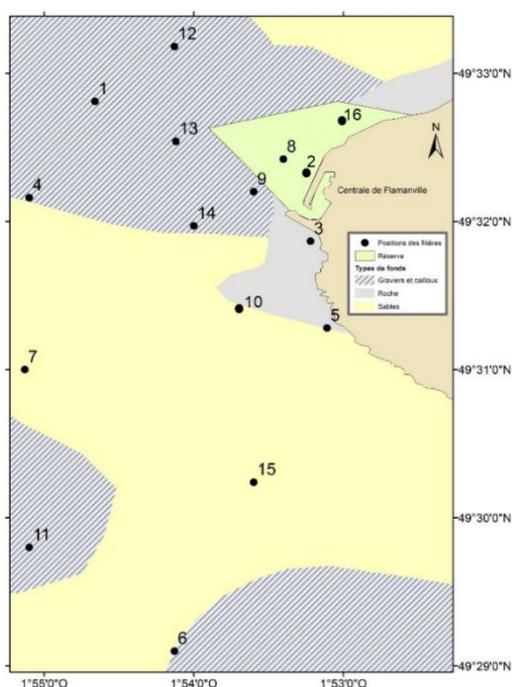


Figure 1.3.12. Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larsonneur) et localisation des points échantillonnés.

Cette mesure de gestion se traduit par une augmentation des rendements de pêche, qui induit depuis sa 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 final a été validé par EDF au mois d'avril. En 2020, les échantillonnages ont été réalisés pendant quatre jours, les semaines 22 et 37, à bord du navire professionnel Bleiz Mor basé à Diélette. 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 (Figure 1.3.13). Parallèlement, la classe 87-97 qui a longtemps bénéficié des bons recrutements des années antérieures s'effondre en 2020 au point d'être le plus faible de ces 12 dernières années. Elle constitue la partie exploitable la plus abondante de la population et connaît comme la classe supérieure une diminution des CPUE pour la seconde année consécutive. 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 depuis 5 ans. Parallèlement les classes inférieures connaissent aussi une diminution des abondances depuis 5 ans à l'image de la classe 75-86 dont les individus seront recrutés en grande partie par la pêche en 2021.

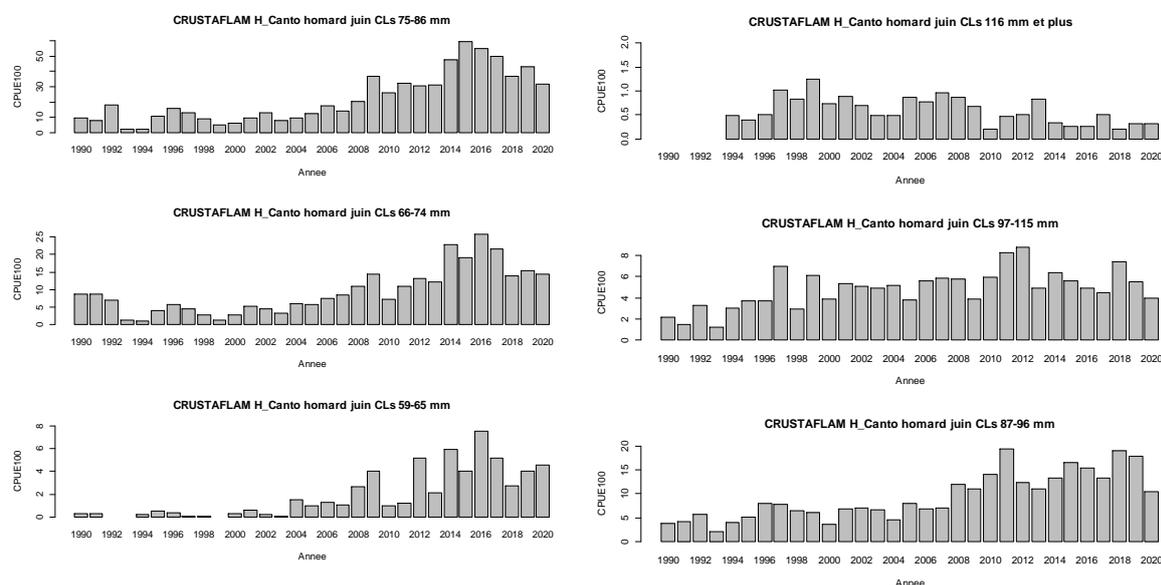


Figure 1.3.13. Abondance des homards par classe de taille en dehors de la réserve depuis 1990.

En ce qui concerne le tourteau, les rendements ont fortement diminué depuis 2016. L'araignée est par contre très présente dans la zone et, élément particulier cette année, en quantité plus importante en septembre. Cela n'était jamais arrivé depuis 30 ans.

L'analyse des données concernant la communauté des crustacés pour la période 1985-2020 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 2021.

L'ensemble des données collectées est archivé depuis 2019 dans la base de données 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 définis pour les calculs des indices d'abondances : un pour les poissons et invertébrés commerciaux et un autre spécifique pour la crevette grise. En 2020, 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 forte quantité de poissons plats capturés et tout particulièrement en ce qui concerne les juvéniles de sole et de plie.

La densité globale en crevettes grises observée en 2020 (principalement dans la baie) est en augmentation par rapport à 2019.

Un rapport définitif sera rendu à EDF fin mai 2021.

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 de données Harmonie.

Les campagnes DCSMM : NOURMONT et NOURMANCHE

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM), le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTSE) a confié à l'Ifremer le soin d'assurer la coordination thématique du Programme de Surveillance (PdS) « Poissons et Céphalopodes.

Parmi les recommandations du PdS, le suivi des poissons et céphalopodes démersaux des milieux meubles côtiers a été jugé prioritaire. Une surveillance pérenne et opérationnelle doit ainsi être mise en place au cours du premier cycle. Elle est basée sur une série de campagnes récurrentes à déployer dans des fonds inférieurs à 40 mètres, utilisant un protocole mis en œuvre depuis de nombreuses années dans le cadre du suivi des nourriceries existantes. Elles permettront de caractériser l'état écologique des peuplements côtiers qui sont soumis à de nombreuses contraintes d'origines naturelle et anthropique. Elles serviront aussi à évaluer la dynamique spatio-temporelle et le fonctionnement trophique des aires de nourriceries.

La campagne NOURMONT

La seconde campagne Nourmont a été initialement programmée comme chaque année en fin d'été, selon le plan d'échantillonnage suivant (Figure 1.3.14), dans le secteur de la baie du Mont Saint Michel. En 2020, les échantillonnages ont été réalisés la dernière semaine de septembre à l'aide de chaluts à perche, selon un plan d'échantillonnage stratifié et une distance de traîne standardisée. Les données de températures et salinité sont collectées à chaque trait.

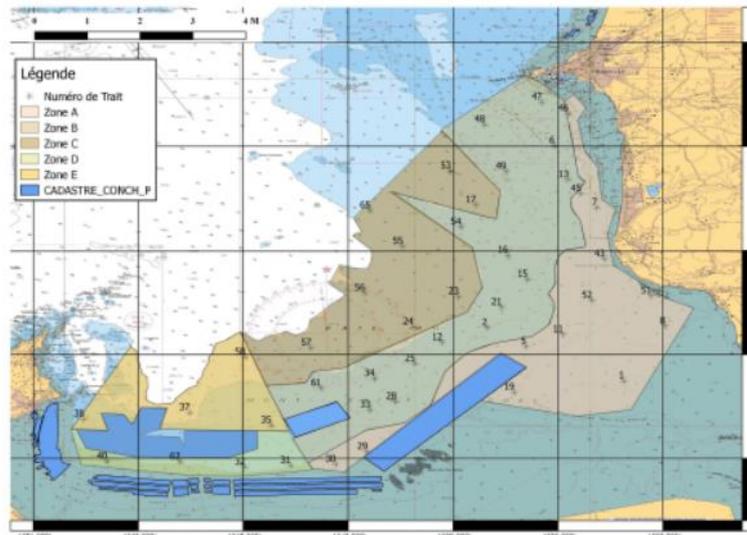


Figure 1.3.14. Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Nourmont.

La zone couverte par la campagne se situe au sud d'une ligne reliant Granville à la pointe du Grouin. La partie prospectée s'étend de la limite basse de la zone intertidale à la sonde des 10 m. En 2020, 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 sera 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 quatre 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.

La campagne NORMANCHE

Cette campagne a réuni en 2020 les précédentes campagnes NOURSEINE (2017-2020) et NOURCANCHE (2018). Les deux campagnes ont été réalisées à l'automne 2020, en 2 sessions de 5 jours (zone Seine, du 7 au 11 septembre) et 3 jours (zone Canche, du 12 au 14 octobre). La campagne applique le protocole « nourricerie » national (Delaunay et Brind'amour, 2018). Les cartes ci-dessous (Figures 1.3.15 et 1.3.16) représentent l'emprise des campagnes et la répartition des traits de chaluts (chalut à perche de 3 m ou 2 m).

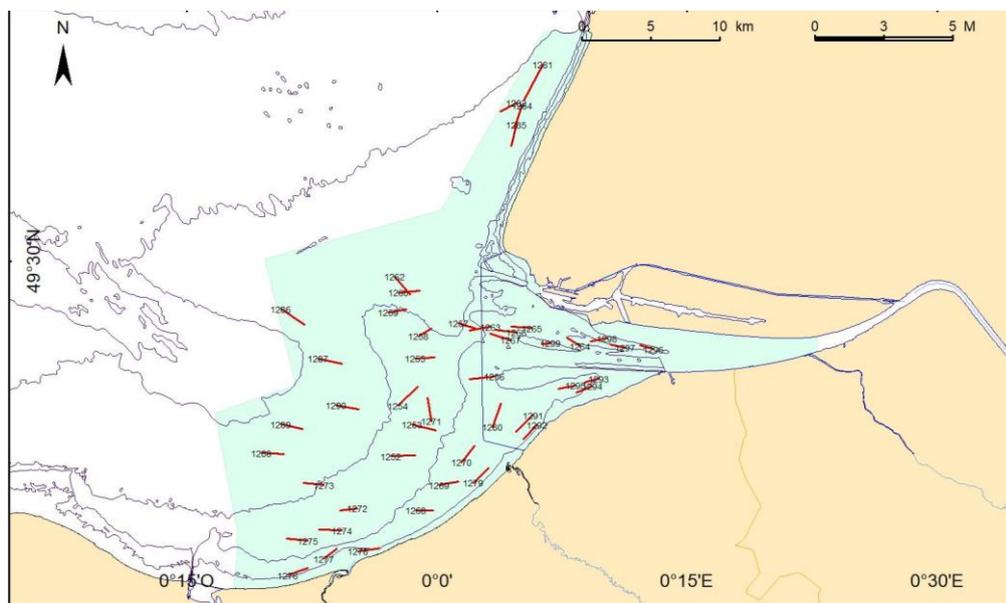


Figure 1.3.15. Cartographie des traits d'échantillonnage en Seine 2019

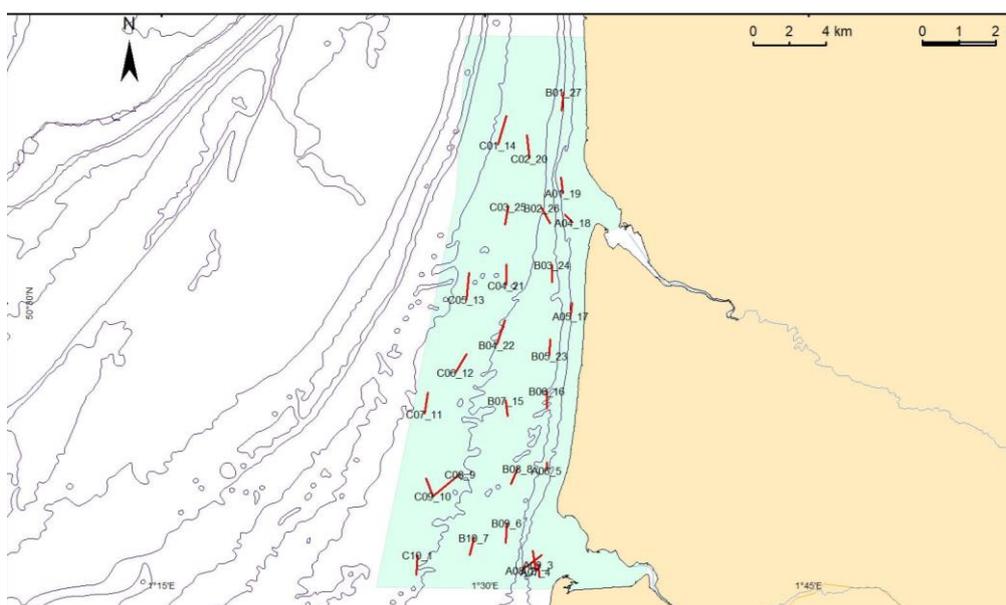


Figure 1.3.16. Cartographie des traits d'échantillonnage en Canche en 2020.

Les données sont bancarisées dans la base de données Harmonie du SIH, au format Tutti. Leur traitement est facilité par les développements mis en place dans le cadre de la DCSMM par les équipes de ODE/VIGIES (scripts R de génération de cartes et de graphiques standardisés selon la charte DCSMM).

Un rapport de campagne sera 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) selon la durée d'existence des suivis (en Seine : depuis 1995 de manière discontinue ; en Canche : en 2018). En 2021, la zone Seine sera à nouveau prospectée et complétée par un suivi de la baie des Veys.

Les campagnes méroplancton

Dans le cadre du projet IGA, 12 campagnes récurrentes d'1 journée sont normalement 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'amenée, de rejet et hors influence des CNPE sont échantillonnés. Ces suivis sont réalisés depuis les années 70-80 et permettent de disposer de séries à long terme sur l'évolution du milieu à proximité des CNPE et notamment sur l'évolution des abondances de certaines espèces d'intérêt halieutique. En 2020, du fait de la situation sanitaire liée au COVID-19, seule une campagne a pu être réalisée à Gravelines (Juillet) et Penly (Juin). En conséquence, aucune des espèces suivies, à part la crevette grise, n'a été détectée sous forme d'œuf et de larve. A Flamanville, les six campagnes ont pu être réalisées normalement.

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 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. En 2020, du fait de la situation sanitaire liée au COVID-19, aucun prélèvement ichtyoplanctonique n'a pu être réalisé entre Mars et Septembre.

Les campagnes SELUX

Le projet SELUX (FEAMP, janvier 2019 - décembre 2020) avait pour but de tester des dispositifs lumineux susceptibles d'améliorer la sélectivité du panneau à mailles carrées de 80mm réglementaire en mer du Nord. L'objectif poursuivi était de permettre une réduction des captures de chinchard et de merlan, (espèces soumises à l'obligation de débarquement et fortement rejetées par cette flottille) tout en conservant les espèces de valeur marchande.

Deux dispositifs lumineux ont été testés en condition réelle de pêche : Les PISCES, des LEDs étanches développées par la startup anglaise SafetyNet et le Brezglow, du fil fluorescent développé par l'entreprise bretonne Le Drezen.

Le Brezglow a été testé dans une seule configuration sur 3 marées entre décembre 2019 et septembre 2020 : Mailles Brezglow sur le ventre du chalut sous le PMC.

Les Pisces ont été testées dans deux configurations différentes sur 4 marées entre octobre 2019 et juillet 2020

- Configuration 1 sur la marée d'octobre 2019 : 4 PISCES non clignotantes sur le ventre du chalut sous le PMC
- Configuration 2 sur les 3 marées suivantes : 5 PISCES clignotantes sur le ventre du chalut sous le PMC).

La méthode des « traits alternés » a été utilisée pour ces expérimentations. Cette méthode consiste à utiliser successivement un chalut témoin et un chalut test en s'assurant que les facteurs qui influent sur l'abondance et l'efficacité de l'engin soient identiques. Deux observateurs ont embarqué à chaque marée afin d'échantillonner les captures.

Ce projet a permis d'améliorer les connaissances sur le comportement de différentes espèces face à la lumière. De ces analyses, il ressort que le merlan a plutôt un comportement d'évitement de la lumière et qu'à l'opposé, les petits pélagiques et le maquereau seraient attirés par celle-ci. Le chinchard serait également attiré par la lumière mais pourrait être repoussé lorsqu'elle est clignotante.

Les configurations lumière/PMC testées ont permis de réduire les captures de merlan sur deux marées (une marée pour chaque dispositif) sur toutes les tailles et donc avec des pertes commerciales pour les navires concernés par ces dispositifs. Ces résultats sont toutefois encourageants. Des ajustements pourraient être effectués pour éviter l'échappement d'individus de tailles supérieures à la TRMC comme par exemple l'utilisation du T90 plus adapté à cette espèce. L'efficacité des lumières pourrait également être améliorée en variant l'intensité et en ajustant leur position sur le chalut (plus en amont du Panneau sélectif). Les configurations testées n'ont pas permis d'améliorer la sélectivité sur le chinchard. Cependant, les résultats sont prometteurs concernant les espèces à forte valeur ajoutée dont les débarquements ne semblent pas impactés par la présence de lumière sur le chalut. Ces résultats donnent des premières pistes sur la manière d'utiliser la lumière pour améliorer la sélectivité de cette pêcherie. Les possibilités d'ajustement de la lumière vis-à-vis de dispositifs sélectifs sont multiples. Il serait intéressant de poursuivre les essais avec de nouvelles configurations.

1.3.3. Plateaux techniques

LE PÔLE DE SCLÉROCHRONOLOGIE

En 2020, l'équipe du Pôle de sclérochronologie qui est constituée d'1 cadre et de 5 techniciens s'est renforcée avec le recrutement d'une chercheuse spécialisée en microchimie des pièces calcifiées. Plus de 30 000 pièces calcifiées (écailles, otolithes et illicium) de 31 espèces ont été traitées dans le cadre du suivi européen des stocks halieutiques. Cette équipe a participé comme chaque année au groupe de travail du CIEM qui structure les données biologiques au niveau européen (WGBIOP – Working Group on Working Group on Biological Parameters, Septembre 2020). De même, l'équipe a participé à trois autres groupes, le premier sur l'estimation d'âge de l'anguille (WKAREA3, Third Workshop on Age Reading of European and American Eel), et le deuxième sur les outils pour discriminer les stocks halieutiques (SIMWG-Stock Identification Methods Working Group, par correspondance) et le dernier sur l'archivage des données de biochronologie (Workshop on Scale, Otolith Biochronology Archives, WKBioArc). En 2020, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a co-encadré 3 doctorants ou stagiaires : Ali Becheker (Doctorat à l'Université d'Annaba) concernant l'estimation des performances de croissance des juvéniles de mugilidés des côtes de l'Est algérien ; Alizée Hache, Master2 portant sur la modélisation de l'âge des poissons à partir de la forme externe des otolithes; Camille Lutet-Toti, Master2 s'intéressant à la structuration spatiale des rougets barbets de vase en mer Méditerranée à partir de la forme des otolithes en 3D. De plus, le pôle de sclérochronologie a participé à plusieurs projets de recherche avec en particulier le projet européen Med-UNITS concernant l'identification des stocks des principales espèces en mer Méditerranée, le projet Ancre-DMX2 ciblant les indicateurs populationnels et écosystémiques pour une gestion durable des ressources autour de l'île de La Réunion. Cette année 2020 aura été marquée par une implication forte du pôle de Sclérochronologie dans différents domaines ciblés essentiellement autour de l'analyse de forme 2D et 3D appliquée à l'identification de stocks et l'ageage automatique. La valorisation des travaux menés au pôle de Sclérochronologie s'est traduit en 2020 par 3 publications parues et 2 présentations dans des colloques internationaux.

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 l'Unité HMNN, cinq permanents sont impliqués dans le pôle : deux cadres

spécialisés en ichtyoplancton : Christophe Loots en tant que 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 (CPER MARCO, 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 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. Le master en alternance de Virginie Fontaine dans le cadre du projet politique de site MURPHY sur les "Dynamiques spatiales et saisonnières du réseau trophique planctonique en Manche-Mer du Nord » a été soutenu. Une stagiaire du master sciences de la mer et du littoral de l'université de Bretagne Occidentale, Clara Ortu, a été accueillie entre Janvier et Juin. Son stage portait sur la « Description des écophases larvaires du hareng des Downs (*Clupea harengus*). Camille Merland a été recrutée en CDD pour 12 mois sur la «Caractérisation de la diversité planctonique des eaux de Saint-Paul et Amsterdam » en vue de l'extension et du renforcement des statuts de protection de la réserve naturelle nationale des Terres Australes et Françaises. Deux stagiaires du master 1 Sciences de la mer de Sorbonne Université, Marion Thellier et Guillaume Rech, ont effectué leur stage respectivement sur la « Diversité des euphausiacés de l'océan Indien Sud et de l'océan Austral » et sur la « Biogéographie des Stomiiformes de l'océan Austral et de l'océan Indien Sud ».

Les cadres impliqués dans le pôle ont participé également en tant qu'experts à de nombreux groupes de travail et workshops internationaux du CIEM (WGSINS, WGALES et HAWG, WKIDCLUP).

LA PLATEFORME RESEAUX TROPHIQUES MARINS

2020 a vu la finalisation de plusieurs projets structurants pour la plateforme Réseaux Trophique marins, notamment les projets VARITROPH et CAPES. Cela s'est notamment traduit par deux publications (Day et al. 2020 ; Timmerman et al. 2020) et par les soutenances de ces deux doctorants, dont le travail a été largement soutenu par les analyses isotopiques et de contenus stomacaux réalisées au sein de la plateforme.

Pour autant, la PRT a été fortement impactée par la crise sanitaire, et par le départ d'une technicienne, ce qui a entraîné du retard dans la réalisation des analyses. La période de confinement a été mise à profit pour une reprise et une correction totale des données saisies durant les années précédentes, notamment pour s'assurer de l'exactitude de l'identification taxonomique de certaines proies. Les données individuelles de taille des proies ont également été reprises. Seule la valeur moyenne pour plusieurs proies du même type était initialement saisie.

Au laboratoire, l'activité de la plateforme réseau trophique a essentiellement consisté en une poursuite de l'analyse des contenus stomacaux de la plie (101 estomacs), de la sole (79) et du maquereau (163 estomacs) du projet VARITROPH.

L'expertise de la plateforme Réseau trophique a également été mise à profit dans le cadre du groupe de coordination régionale pour la mer du Nord et la Baltique (RCG NANSEA), dont le sous groupe dédié aux contenus stomacaux est codirigé par Pierre Cresson. Ce sous groupe travaille à la mise en place d'un protocole coordonné de collecte des contenus stomacaux, dans le cadre de la DCF.

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 (Axe 1) la variabilité spatio-temporelle des processus écologiques affectant les stades larvaires de poissons, (Axe 2) l'estimation et l'étude de la variation spatio-temporelle des traits d'histoire de vie des individus et, (Axe 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 2020, l'unité HMMN s'est investie dans les trois axes sous la forme de projets de recherche (dont 1 thèse) 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 et ont montré la diminution générale des abondances pour un certains nombres d'espèces. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication en 2020. De plus, dans le cadre d'un stage de master 2, l'identification et la distribution des écophases larvaires du hareng des Downs en Manche et sud mer du Nord a été étudiée en se basant sur les données IBTS de 2008 à 2020 et sur l'analyse histologique du développement des larves de hareng élevées dans le cadre du projet

Cocktail. Trois écophases hivernales ont pu être identifiées et présentaient une ségrégation spatiale orientée suivant un gradient sud-ouest nord-est depuis la Manche orientale jusqu'au sud de la mer du Nord. Dans la deuxième approche, la méthodologie d'évaluation de la condition larvaire par l'histologie a été calibrée et un nouveau système de gradation pour le milieu naturel et basées sur trois grades au lieu de six a été proposé et appliqué à plusieurs espèces en milieu naturel dont la sole, le sprat et la plie. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication. La variation ontogénique et inter-annuelle de la condition larvaire de la sole entre 1995 et 2007 basée sur une approche histologique a également été étudiée et a fait l'objet d'une publication parue en 2020. Enfin, dans le cadre du projet Cocktail, l'ontogénie et la maturation du système digestif chez le hareng des Downs ont été étudiées en combinant une approche enzymatique et histologique afin d'identifier, entre autres, les périodes critiques du développement. Ces résultats ont montré en particulier une variation des réserves énergétiques dans le foie au cours de l'ontogénie, ce qui a permis de mettre en évidence l'importance de cette mise en réserve pour la survie des larves dans le milieu naturel. Ces résultats ont de fortes implications pour les recherches futures sur la condition larvaire du hareng en lien avec le déterminisme et l'évaluation du recrutement. Ces résultats ont été obtenus dans le cadre de la thèse de Léa Joly et font l'objet d'une publication en cours de révision.

Dans l'axe 2, les paramètres biologiques incluant l'âge, la croissance, le taux de mortalité et les relations allométriques ont été déterminées pour quatre espèces distinctes, trois espèces de poissons : le sar haffar en mer Rouge, la morue australe du Chili et la dorade rayée dans le golfe de Tunis ainsi qu'une espèce de mollusque : la palourde dans le bassin d'Arcachon. Ces résultats ont tous fait l'objet de publications. Pour le sar haffar, les relations taille-poids étaient toujours significatives, aucun dimorphisme sexuel n'a été observé, l'âge maximum observé était de cinq ans, il y avait une bonne correspondance de la lecture d'âge à partir de l'otolithe entier entre les deux lecteurs et les paramètres de von Bertalanffy ont pu être estimés. Pour la morue australe, les relations taille-âge et le taux de croissance ont été déterminées à partir de vertèbres provenant de la période de l'holocène et ont été comparés à ceux de la période moderne, ce qui a permis de montrer les différences d'exploitation de cette espèce entre les deux époques. Pour la dorade rayée, il s'agissait d'estimer les paramètres d'âge, de croissance et d'exploitation à partir d'individus capturés par la flotte de pêche artisanale. Il a en particulier été montré une incrémentation annuelle ainsi qu'une non sur-exploitation de la population. Pour la palourde japonaise, il s'agissait de déterminer la croissance à partir de coquilles marquées in situ à l'aide de calcéine, ce qui a révélé entre autre une périodicité des incréments liée à la marée ainsi que la faisabilité du marquage in situ.

Dans l'axe 3, une étude combinant l'utilisation des marqueurs génétiques et la forme des otolithes afin d'étudier une potentielle structuration spatiale à petite échelle de la population de sole en Manche orientale a été menée. Les résultats ont montré que des différences spatiales existaient d'un point de vue génétique et sur la forme des otolithes, mais que ces différences ne permettaient pas de conclure significativement à l'existence d'une ségrégation spatiale de la population en trois sous-unités supposées. L'utilisation d'autres marqueurs complémentaires sera donc nécessaire. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication.

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

Description des écophases larvaires du hareng des Downs (*Clupea harengus*).

Clara Ortu, Léa Joly, Carolina Giraldo, Philippe Koubbi, Christophe Loots.

Le recrutement, nécessaire à la subsistance des populations de poissons dans le temps, dépend de la survie des individus au stade larvaire. L'étude de la distribution spatio-temporelle et des variations interannuelles des abondances larvaires est importante pour la gestion des stocks de poissons, de même que la compréhension des mécanismes de survie des larves. La population de hareng de la mer du Nord est constituée de plusieurs composantes reproductrices. Le hareng des Downs fait partie de la composante d'hiver qui se reproduit de novembre à janvier en Manche orientale et dans la baie sud de la mer du Nord. Les objectifs du stage étaient (1) d'analyser les variations spatio-temporelles d'abondance des larves de harengs des Downs grâce à des données in situ issues de campagnes IBTS et (2) d'étudier l'organogenèse du tube digestif des larves à partir de données expérimentales afin d'identifier les périodes clés du développement. Trois écophases de larves de hareng des Downs peuvent être distinguées selon leur stade de développement et le milieu où elles se trouvent, respectivement en Manche orientale, dans le Détroit du Pas de Calais et dans la baie sud de la mer du Nord (Figure 2.1.1). L'organogenèse a mis en évidence la diminution des réserves dans le foie entre les stades 2 et 3 du développement et un développement tardif de l'estomac. Des variations interannuelles des abondances larvaires ont aussi été identifiées et peuvent être expliquées par de multiples facteurs tels que le décalage de la période de ponte ou les conditions de vents et de marées.

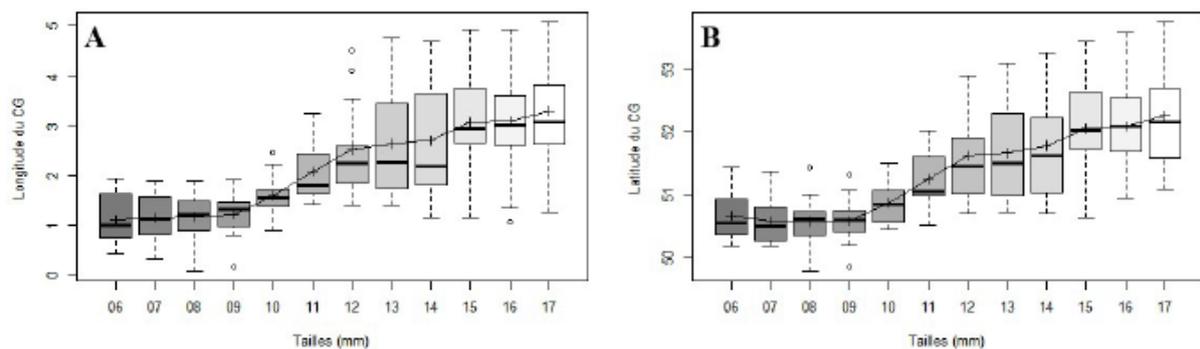


Figure 2.1.1. Variations en latitude et longitude du centre de gravité de la distribution des larves de hareng de 06 à 17 mm issues des campagnes IBTS 2008 à 2020. Les larves de 06 à 09 mm sont distribuées principalement en Manche orientale, les larves de 10 à 12 dans le détroit du Pas de Calais et les larves de 13 à 17 mm dans la baie sud et au delà.

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. 2020. Journal of Sea research. 157. 101848. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101848>

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 2.1.2). 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.

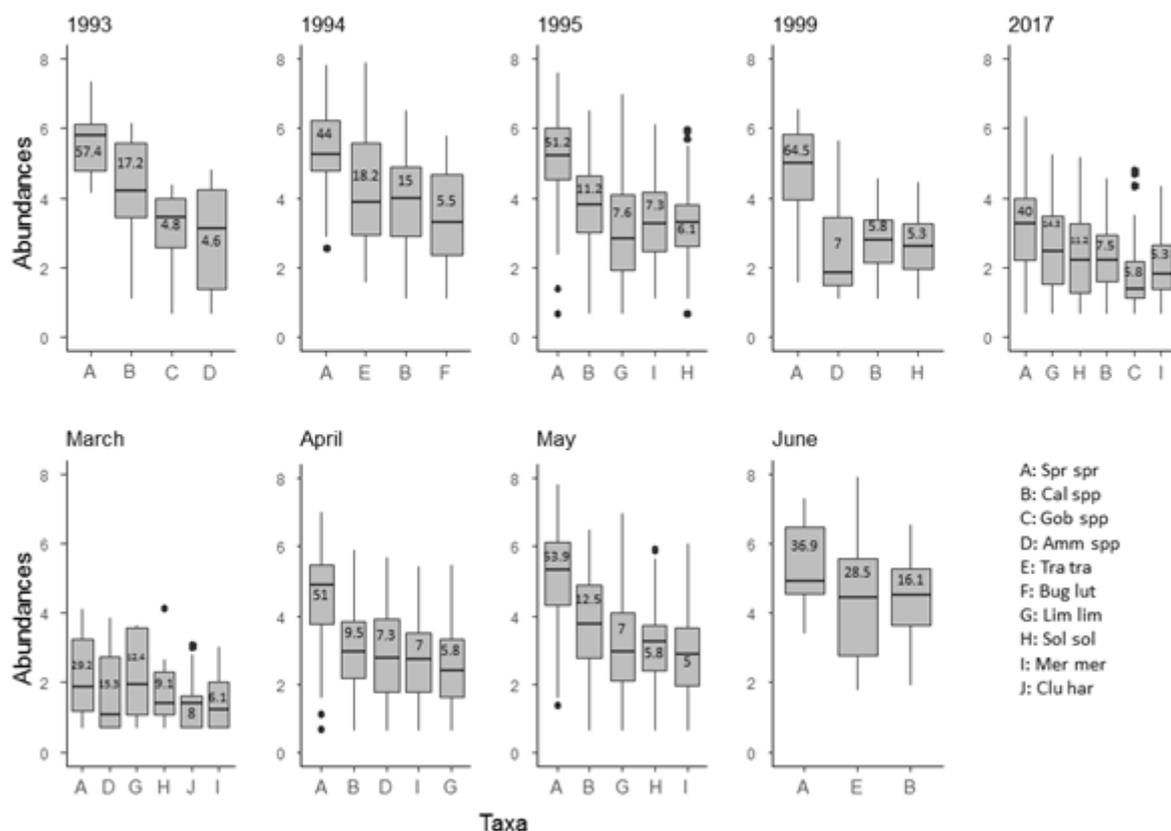


Figure 2.1.2. Variabilité printanière et à long terme de l'abondance des principales espèces larvaires de poissons en Manche orientale

2.1.1.2. *Evaluation de la condition larvaire*

Etude de l'influence environnementale et changements temporels de la condition larvaire chez la sole basée sur l'histologie

Di Pane, J., Koubbi, P., Gendrot F., Giraldo, C., Karasiewicz, S., Marchal, P. Loots, C. Investigating environmental influence and temporal changes in sole (*Solea solea*) larvae condition using histology. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Accepté.

Dans la partie orientale de la Manche, la sole commune (*Solea solea*) est une espèce d'intérêt pour la recherche halieutique. Un faible recrutement ainsi qu'un déclin de la biomasse du stock reproducteur sont observés depuis plusieurs années. Selon les hypothèses sur le recrutement, la survie des larves peut jouer un rôle important qui doit être pris en compte. La condition larvaire peut être évaluée en utilisant l'histologie qui a été reconnue comme la méthode la plus appropriée pour fournir un indice fiable de l'état nutritionnel. Sur la base de cette approche, cette étude visait à identifier les périodes larvaires critiques de sole prélevée dans le milieu naturel et de déterminer les sources de variations entre deux périodes séparées par plus de 20 ans. Dans la lignée d'autres études, le passage de la nutrition endogène à exogène a été

identifiée comme la période la plus critique avec la plus faible proportion de larves saines observée (Figure 2.1.3). Pendant ce premier stade d'alimentation, de bonnes conditions larvaires ont été localisées dans des stations d'échantillonnage proches de la côte et à la fin de la saison printanière, par rapport à des valeurs de température et de fluorescence plus élevées. Cela met en évidence le besoin pour la survie des larves de traverser le front côtier, qui sépare les eaux centrales et côtières, pour atteindre des zones productives. Ce modèle de migration côtière était cohérent entre 1995 et 2017, avec cependant des abondances larvaires plus faibles au cours de la période récente. Des analyses multivariées ont montré que l'environnement printanier et les conditions de 1995, caractérisées par une température plus basse et des valeurs de fluorescence plus élevées étaient plus favorables à l'état larvaire, par rapport au printemps 2017. Les zones offrant des conditions environnementales adéquates en 2017 étaient plus restreintes et limitées aux stations d'échantillonnage devant les estuaires.

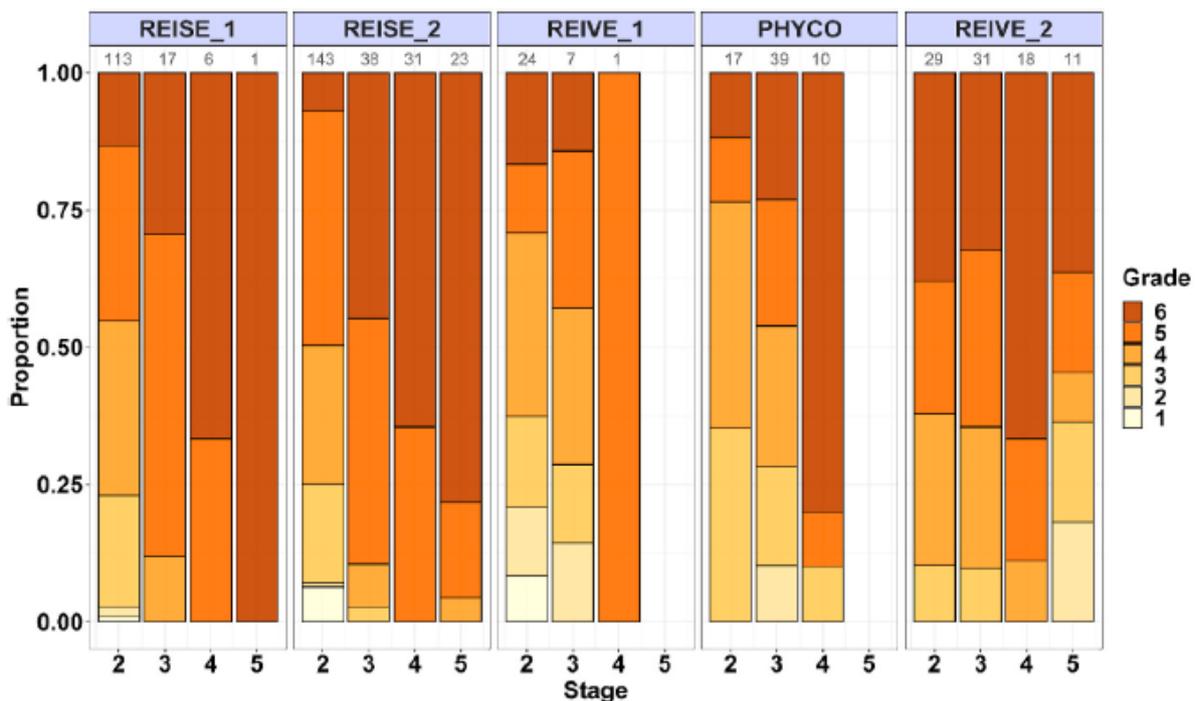


Figure 2.1.3. Variations de la condition larvaire (grade 1 le plus mauvais au grade 6 le meilleur) de la sole commune en fonction du stade de développement (1 à 5) et selon différentes campagnes (REISE 1 et 2 en Avril et Mai 1995, REIVE 1, PHYCO ET REIVE 2 en Mars, Avril et Mai 2017). Une plus grande proportion d'individus en mauvaise condition est observée pour les stades 2 et 5 (surtout en 2017). En 1995, la condition semble se dégrader entre avril et mai tandis qu'elle s'améliore avec la saison en 2017.

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*). 2020. Journal of Marine Systems. 204. 103309. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103309>

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 2.1.4).

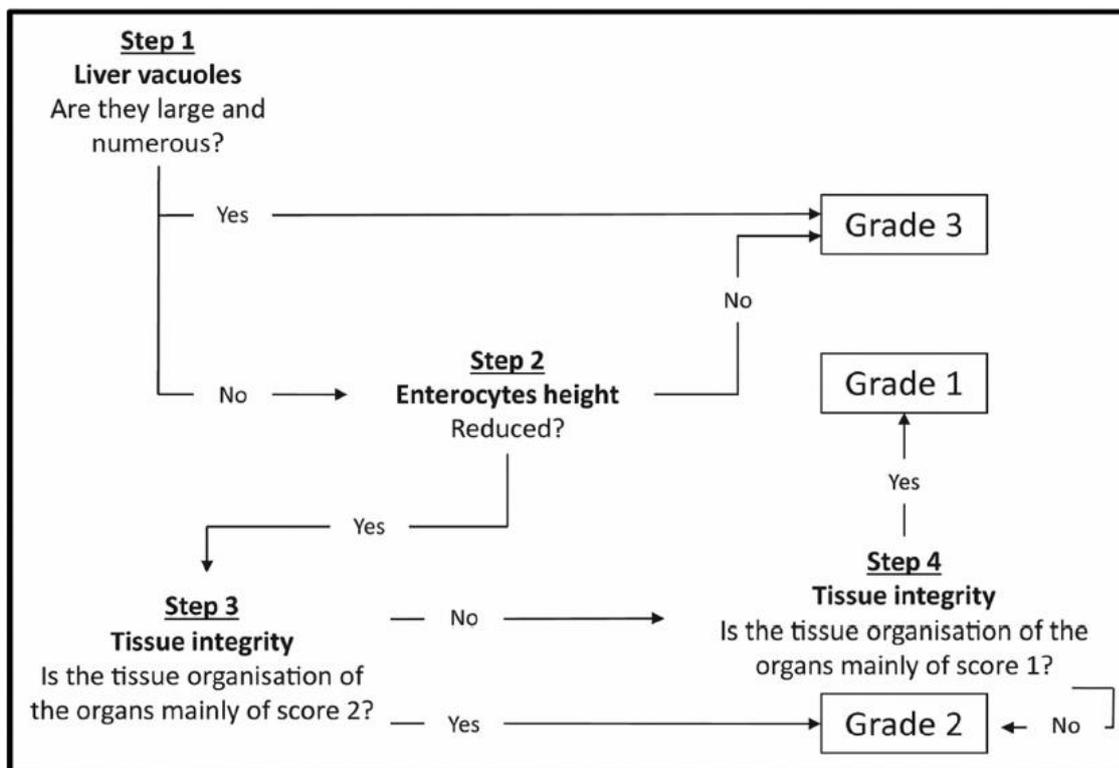


Figure 2.1.4. Questionnaire simplifié pour l'attribution des grades histologiques nouvellement définis.

Ontogeny and maturation of the digestive system of the Downs herring larvae (*Clupea harengus*, Linnaeus, 1758).

Léa Joly, Christophe Loots, Cédric Meunier, Maarten Boersma, Sophie Collet, Valérie Lefebvre, José-Luis Zambonino-Infante, Carolina Giraldo. Article soumis à Marine Biology. En révision.

La fonctionnalité du système digestif est un processus clé lié au recrutement et à la survie des larves. A ce jour, peu est connu sur le développement des organes et la maturation enzymatique du système digestif du Hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*). Dans cette étude, les larves de hareng de la mer du Nord ont été élevées jusqu'à 69 jours après l'éclosion. Quatre stades de développement sont décrits en fonction de changements morphologiques: 1) stade vitellin, 2) stade pré-flexion, 3) stade flexion et 4) étape post-flexion (Figure 2.1.5). Nous avons observé, avec une analyse histologique et enzymatique combinée, que les stades de développement sont également fortement liés aux changements physiologiques. Les larves n'ont pas d'estomac fonctionnel, l'intestin est alors le site principal de digestion et est soutenu par des enzymes pancréatiques actives. L'intestin acquiert les caractéristiques digestives enzymatiques de l'adulte (i.e., bordure en brosse fonctionnelle) à la fin de la phase de flexion et le caecum pylorique commence à se développer pendant le stade de post-flexion. La transition entre les stades de pré-flexion à la flexion et la fin de la post-flexion semblent être de périodes à fort coût énergétique et se caractérisent par une réduction des vacuoles de réserve dans le foie. Sur la base de ces résultats, nous considérons ces périodes comme des périodes critiques, où les larves de hareng pourraient être considérablement affectées par des conditions d'alimentation sous-optimales sur le terrain. Cela implique que les larves au stade de pré-flexion avec une quantité faible ou nulle de réserve hépatiques peuvent ne pas être en mesure de passer au stade de développement suivant. Ainsi, l'utilisation du niveau de stockage énergétique et d'alimentation dans ces premiers stades comme indicateur de survie et de recrutement sur le terrain doit être examiné.

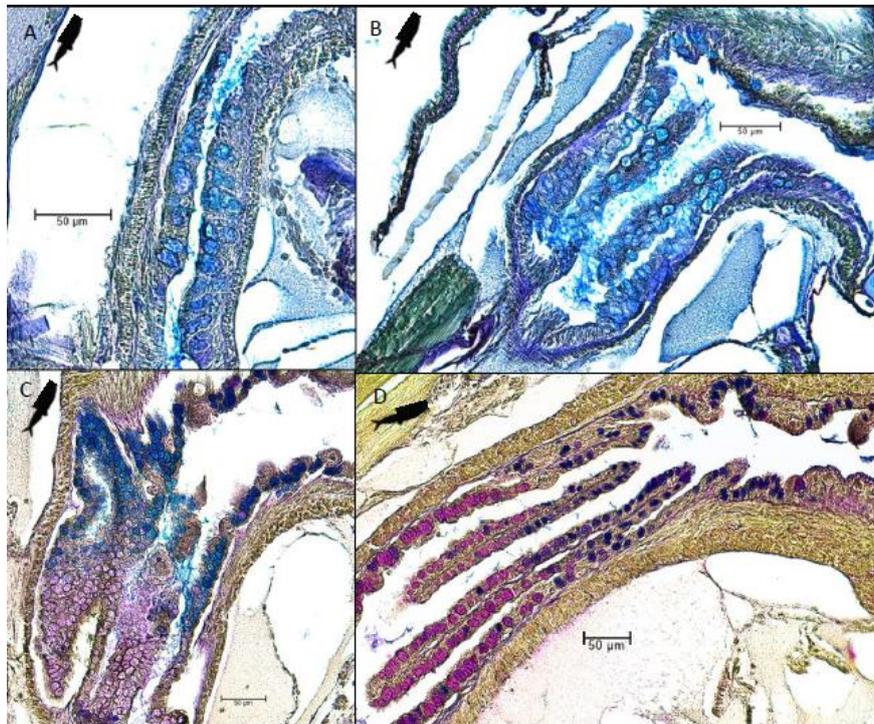


Figure 2.1.5. Organogenèse de l'œsophage chez les larves de hareng. Coupe sagittale des larves aux stades de développement 1-4 (A-D). Coloration avec l'acide Schiff, bleu alcien pH 2,5, hématoxyline de Groat et picroindigo carmine. Grossissement x200, barre d'échelle = 50 μm , l'icône de poisson noir représente l'orientation de la diapositive pour aider à localiser la tête et la position de la queue.

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

2.1.2.1. Age, croissance et mortalité

Précision de l'âge et taux de croissance du Sar haffar (Forsskål, 1775) de la zone de pêche d'Hurghada située en mer Rouge

Osman Y. A. A., Mehanna S. F., El-Mahdy S. M., Mohammad A. S., Mahé K. (2020). Age precision and growth rate of *Rhabdosargus haffara* (Forsskål, 1775) from Hurghada fishing area, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(2), 341 – 35 .

L'âge et la croissance du sar haffar, *Rhabdosargus haffara* (Forsskål, 1775) pêché au niveau d'Hurghada, en mer Rouge (Égypte), ont été étudiés à partir d'un échantillon de 466 spécimens. La longueur totale des poissons variait entre 12,7 et 27,2 cm et leur poids total de 38,1 à 293,2 g. Les échantillons ont été prélevés au sein des pêcheries artisanales pendant la saison de pêche d'août 2018 à juillet 2019. La relation entre les longueurs du corps (longueur totale, longueur à la fourche et longueur standard en cm) et le poids du corps (g) est toujours significative ($p < 0,05$). Il n'y a pas de dimorphisme sexuel observé sur la relation entre la longueur du corps et le poids du poisson ($\log W - \log TL$, ANCOVA, $p > 0,05$). La relation entre la longueur et le poids montre un coefficient a de l'ordre de 0,0106 pour les femelles et pour les mâles et de 0,0107 pour toute l'échantillon. Le coefficient b est lui de 3,13, 3,13 et 3,129 pour les femelles, les mâles et pour tous les échantillons, respectivement. L'âge a été estimé en utilisant l'otolithe entier et l'âge maximum du sar haffara était de 5 ans. Les interprétations de l'otolithe ont indiqué une bonne correspondance des âges estimés entre les 2 scientifiques avec un taux d'accord de 88,35%, CV de 3,93% et APE de 2,78%. Les paramètres de croissance de von Bertalanffy ont été estimés à $TL_{\infty} = 30,13$ cm, $k = 0,35$ y⁻¹, et $t_0 = -0,24$ y pour les femelles, $TL_{\infty} = 30,49$ cm, $k = 0,36$ y⁻¹, et $t_0 = -0,26$ y pour les mâles, $TL_{\infty} = 30,47$ cm, $k = 0,36$ y⁻¹, et $t_0 = -0,26$ y pour les 2 sexes combinés (Figure 2.1.6).

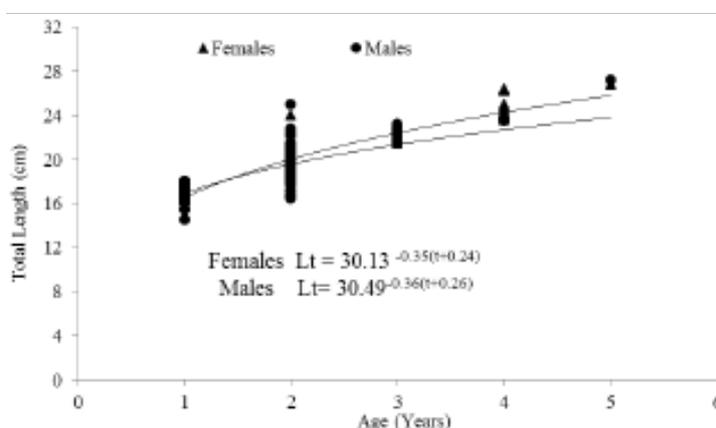


Figure 2.1.6. Croissance des mâles et des femelles du Sar haffara près d'Hurghada en mer Rouge.

Caractérisation des modèles de pêche saisonniers et de la dynamique de croissance pendant l'Holocène moyen et tardif dans le détroit de Magellan (Patagonie chilienne) : Analyse sclérochronologique des vertèbres de morue australe (*Salilota australis*)

Torres J., Mahé K., Dufour J. L., Bearez P., San Roman M., 2020. Characterizing seasonal fishing patterns and growth dynamics during the Middle and Late Holocene in the Strait of Magellan (Chilean Patagonia): Sclerochronological analysis of tadpole codling (*Salilota australis*) vertebrae. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*. In press

Une analyse de sclérochronologie des vertèbres de la morue australe (*Salilota australis*) comme une approximation du calendrier saisonnier des activités de pêche a été réalisée sur un site archéologique de l'Holocène moyen (6500 ans BP) et trois sites de l'Holocène moyen tardif (3500-2500 ans BP) situés à Seno Otway et dans la zone centrale du détroit de Magellan, au Chili. Ces données fournissent une approximation des caractéristiques de la population de l'espèce dans le passé en estimant la relation entre la taille et l'âge des poissons archéologiques et en comparant leur taux de croissance à celui des spécimens modernes capturés mensuellement pendant un an. Les résultats ont montré que la taille selon l'âge était significativement plus importante dans les échantillons archéologiques que dans la collection de référence moderne (Figure 2.1.7). Nos résultats indiquent que les activités de pêche se déroulaient tout au long de l'année sur les sites de l'Holocène tardif, avec un accent particulier sur la saison froide, tandis que le site de l'Holocène moyen montrait une tendance à capturer des morues australe pendant la saison chaude.

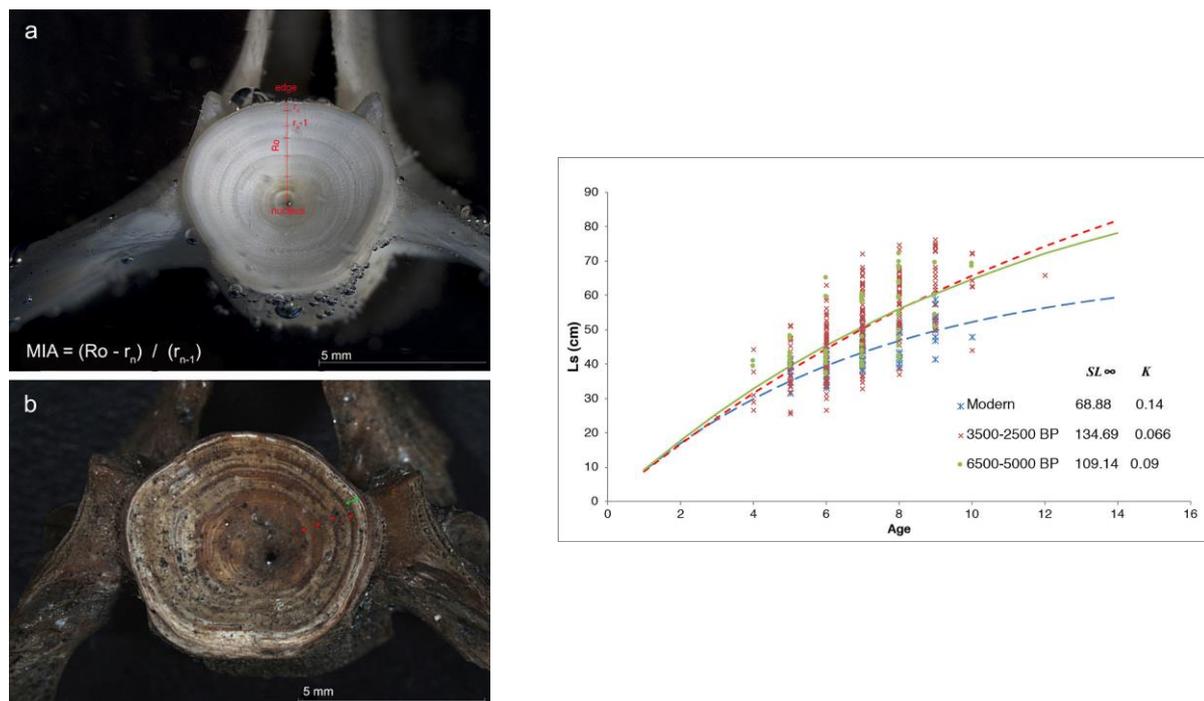


Figure 2.1.7. Croissance comparée de la morue australe au sud du Chili entre 3 périodes (6500 à 5000 ans BP, 3500 à 2500 BP et actuellement) à partir des vertèbres modernes (a) et archéologiques (b).

Étude in situ de marquage rapide des palourdes japonaises (*Ruditapes philippinarum*).

Mahé K., Bellamy E., D'Amico F., Caill-Milly N. (2021). In situ fast marking study of manila clams (*Ruditapes philippinarum*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(1 Part A), 47-51.

Le golfe d'Arcachon, dans le sud du golfe de Gascogne, est la première zone française de production de palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) avec une production annuelle de pêche commerciale d'environ 400 tonnes ces dernières années. Ce mollusque bivalve a été introduit dans le golfe dans les années 1980 à des fins d'aquaculture et a rapidement réussi à s'établir naturellement, de sorte que sa valeur marchande élevée a conduit à la mise en place progressive d'une pêche pérenne à partir du milieu des années 1990. Les plans de gestion locaux appliqués à cette espèce sont basés sur un système de permis pour les zones de pêche commerciale et protégée et sur des jours d'interdiction de pêche pour les pêcheurs commerciaux et récréatifs. Une taille minimale de capture est également prescrite par la réglementation européenne, et les taux de croissance sont donc une question importante dans ce contexte. Ce travail se concentre sur l'étude de la croissance des coquilles à partir des coquilles, préalablement marquées à l'aide d'un fluorochrome (calcéine) et ensuite remises dans des conditions naturelles (Figure 2.1.8). Cette étude *in situ* a été réalisée afin de déterminer les schémas de croissance des coquilles et la faisabilité d'un marquage rapide. Les palourdes japonaises ont été marquées par immersion *in situ* dans de l'eau de mer contenant de la calcéine. Afin d'étudier les limites de la lisibilité de la calcéine sur le marquage *in situ* et la mortalité des palourdes japonaises, différentes durées d'exposition, de 30 minutes à 1 heure, et différentes concentrations, de 50 mg.L⁻¹ à 200 mg.L⁻¹, ont été testées. Après une période de 35 jours, 69 micro-incréments de croissance ont été observés, et il a été constaté que le dépôt des micro- incréments chez les palourdes japonaises se produit avec une périodicité due à la marée. En outre, cette étude a montré qu'une méthode de marquage rapide des palourdes japonaises, et potentiellement d'autres espèces, est réalisable *in situ*.

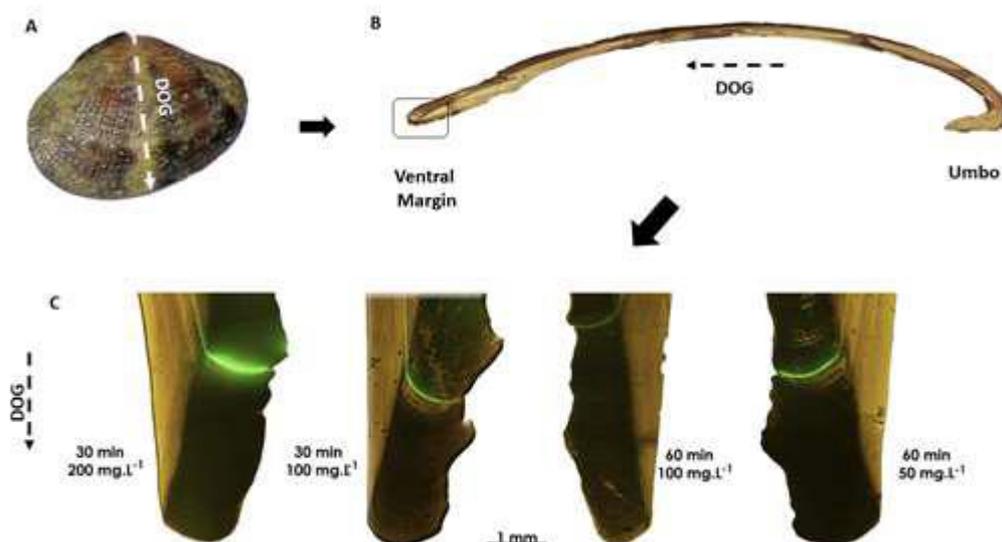


Figure 2.1.8. A) Valve de palourde japonaise avec la ligne qui représente la direction de la croissance (DOG) ; B) Section épaisse de la coquille (épaisseur de 0,2 mm) ; C) Marge ventrale d'une coquille marquée à la calcéine avec une marque fluorescente (le temps d'exposition à la calcéine et la concentration sont indiqués pour chaque expérience).

Âge, croissance et mortalité de la dorade rayée *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) dans le golfe de Tunis (Méditerranée centrale).

Khaldi A., Chater I., Elleboode R., Mahé K., Chakroun-Marzouk N. 2021. Age, growth and mortality of the striped seabream *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) in the Gulf of Tunis (Central Mediterranean Sea). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom *In press*.

Malgré la grande valeur commerciale du marbré *Lithognathus mormyrus* (Linné, 1758) dans le golfe de Tunis, les données biologiques concernant son âge, sa croissance et son taux

d'exploitation font défaut. Dans le but d'estimer les paramètres de croissance, 516 individus, dont la longueur totale varie de 6 à 27,5 cm et le poids total de 3,5 à 293,5 g, ont été recueillis auprès de la flotte de pêche artisanale entre février 2014 et juillet 2016. La croissance somatique présentait une allométrie positive et était décrite par l'équation $TW = 6,54 \cdot 10^{-3} TL^{3,213}$. L'analyse mensuelle de l'accroissement marginal des otolithes a révélé qu'un seul anneau était déposé par an. Les paramètres de croissance de von Bertalanffy ont été estimés : $TL_{\infty} = 30,18$ cm, $k = 0,303$ an⁻¹ et $t_0 = -1,42$ ans. Les taux de mortalité totale et naturelle instantanée étaient respectivement $Z = 0,784$ année⁻¹ et $M = 0,698$ année⁻¹. Le taux d'exploitation ($E = 0,1$) a montré que le stock de *L. mormyrus* du golfe de Tunis n'est pas surexploité. La classe de longueur estimée donnant le rendement le plus élevé (Lopt) était de $17,15 \pm 1,71$ cm.

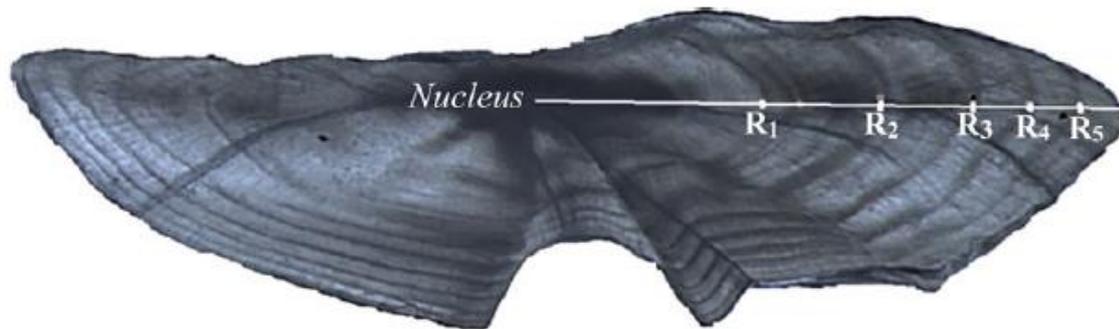


Figure 2.1.9. Coupe transversale d'otolithe de marbré montrant 5 anneaux de croissance (R1 à R5).

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

2.1.3.1. Applications

Complémentarité et pouvoir discriminatoire du génotype et de la forme de l'otolithe dans la description de la structure de la population à petite échelle d'un poisson exploité, la sole commune de la Manche orientale

Randon M., Le Pape O., Ernande B., Mahé K., Volckaert F. A. M., Petit E., Lassalle G., Le Berre T., Réveillac E. (2020). Complementarity and discriminatory power of genotype and otolith shape in describing the fine-scale population structure of an exploited fish, the common sole of the Eastern English Channel. *Plos One*, 15(11), e0241429

Les organismes marins présentent une structure de population à une échelle spatiale relativement fine, même dans les habitats ouverts. Les outils couramment utilisés pour évaluer les modèles de connectivité ont des niveaux de résolution différents et peuvent se compléter les uns les autres pour informer sur la structure des populations. Nous avons évalué et comparé le pouvoir discriminant des marqueurs génétiques et de la forme des otolithes pour révéler la structure de la population sur les échelles de temps évolutives et écologiques de la sole commune (*Solea solea*), vivant dans le stock de la Manche orientale au large de la France et du Royaume-Uni (Figure 2.1.10). Nous avons d'abord procédé au génotypage des poissons à l'aide de polymorphismes nucléotidiques uniques afin d'évaluer la structure de la population à une échelle évolutive. Ensuite, nous avons testé la ségrégation spatiale des sous-unités en utilisant la forme des otolithes comme traceur intégratif du cycle biologique. Enfin, un cadre d'apprentissage machine supervisé a été appliqué aux génotypes et aux phénotypes d'otolithes

afin d'affecter de manière probabiliste les adultes aux sous-unités et d'évaluer le pouvoir discriminatoire de chaque approche. Une différenciation génétique faible mais significative a été constatée entre les sous-unités. De plus, la forme des otolithes semble varier dans l'espace, ce qui suggère une structure spatiale de la population à une échelle spatiale fine. Cependant, les résultats des analyses discriminantes supervisées n'ont pas permis de faire la distinction entre les sous-unités, en particulier pour la forme des otolithes. Nous suggérons que le degré de ségrégation de la population n'est peut-être pas assez fort pour permettre une affectation solide des poissons. Enfin, cette étude a révélé une structure de métapopulation de sole commune faible mais existante à l'échelle spatiale fine de la Manche orientale, basée sur les génotypes et la forme des otolithes, avec une sous-unité plus isolée. Notre étude plaide en faveur de l'utilisation de traceurs complémentaires pour étudier la structure des populations marines.

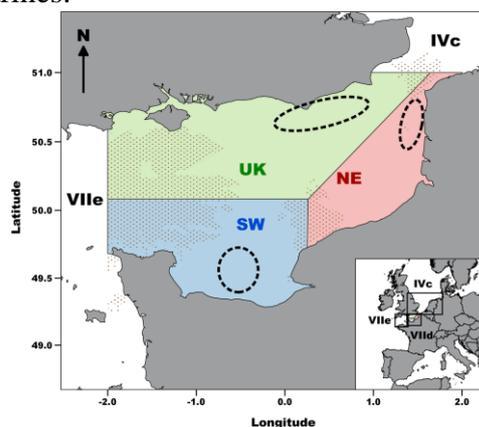


Figure 2.1.10. Carte des 3 sous-unités de soles communes (*Solea solea*) en Manche Est avec les zones d'échantillonnage des adultes (cercles hachurés).

2.1.4. Les observations en appui aux travaux de recherche

2.1.4.1. 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 essentiellement les otolithes, pièce calcifiée dans l'oreille du poisson. La croissance est obtenue en suivant les relations entre la taille et l'âge ou entre le poids et l'âge. Il y a une exception pour les raies pour lesquelles on ne suit que la relation entre la taille et le poids car ce sont souvent des espèces protégées et l'estimation de l'âge nécessiterait d'abattre les individus.

Le bilan pour les 7 principales espèces commerciales montre un nombre réalisé de 5652 pour les données de taille/âge par rapport à l'objectif européen fixé à 5700 ce qui correspond à une réalisation de 99% par rapport aux objectifs. Les données récoltées en 2020 pour analyser la croissance des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 2.1.1.

Tableau 2.1.1. Nombre de données de croissance (relation taille/âge) échantillonné par l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par l'Europe.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
---------	-----------------	----------------	------------------

mer du Nord- Manche Est			
<i>Mullus surmuletus</i>	220	299	136%
<i>Aspitrigla cuculus</i>	250	164	66%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	80	450	563%
<i>Gadus morhua</i>	50	77	154%
<i>Merlangius merlangus</i>	1700	1459	86%
Manche Est			
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1739	70%
<i>Solea solea</i>	900	1464	163%

2.1.4.2. Maturité sexuelle

La maturité sexuelle est suivie par l'unité HMMN dans les mêmes 2 zones géographiques et pour les mêmes 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 5143 pour les données de maturité sexuelle par rapport à un objectif européen de 4050 ce qui correspond à un taux de réalisation de 127%. Les données récoltées en 2020 pour analyser la maturité sexuelle 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 maturité sexuelle échantillonné par l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par l'Europe.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
mer du Nord- Manche Est			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	80	346	433%
<i>Gadus morhua</i>	50	77	154%
<i>Merlangius merlangus</i>	400	1333	333%
<i>Mullus surmuletus</i>	120	299	249%
Manche Est			
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1624	65%
<i>Solea solea</i>	900	1464	163%

2.1.4.3. 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.

Ainsi, cette année, le pôle national de Sclérochronologie a reçu 21855 individus alors que 21135 individus avaient été planifiés, soit un taux de réalisation de 103%. Ces échantillons étaient répartis en 4 grandes zones géographiques que sont :

- La mer Méditerranée (2924 individus échantillonnés soit 13% des échantillons traités),
- L'océan Atlantique Nord (11958 individus échantillonnés soit 55% des échantillons traités),

- La Manche-mer du Nord (5630 individus échantillonnés soit 26% des échantillons traités)
- La zone Ouest Ecosse (1343 individus échantillonnés soit 6% des échantillons traités).

2.1.4.4. 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 2.1.3 fait le bilan du nombre d'échantillons analysés en 2020 selon les différents projets.

Tableau 2.1.3. Bilan du nombre d'échantillons d'ichtyoplancton prévus/analysés par l'unité HMMN au sein du Pôle Zooplancton en 2020 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, larves de crevette grises, homard et araignée de mer	92	92
Hors contrat	WGSINS	Toutes espèces (œufs)	101	0
Hors contrat	Réseau SRN	Toutes espèces		
Hors contrat	WGALES	Toutes espèces (larves)	101	0

2.1.4.5. Développements informatiques en appui à l'archivage des paramètres biologiques

Une refonte globale du système de gestion des paramètres biologiques est en cours d'exécution. Cette refonte a pour objectif d'avoir une gestion intégrée de la saisie jusqu'à la fourniture des données au niveau européen. L'utilisation d'outils web déployés que sont IMAGINE (integration and management tool for biological indices) et Labcollector permettront une centralisation directe de la donnée dans la base de données institutionnelle appelée Harmonie avec une qualification et une traçabilité accrues. Deux outils connexes open source d'imageries sont également en phase de pré-production : d'une part Smartdots développé par un autre pays européen et se démocratisant dans le domaine de l'annotation d'images dans le cadre de la sclérochronologie et, d'autre part, Icy développé par l'Institut Pasteur se basant sur les outils open source d'ImageJ.

2.1.5. Contribution aux avis/expertise

2.1.5.1. Expertise internationale

Tableau 2.1.4. Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2020 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	3	Participant
CIEM	WKIDCLUP	Workshop on the identification of clupeid larvae		Participant
CIEM	WGEVO	Working Group on fisheries-Induced Evolution	3	Présidence
CIEM	WKSA	Workshop on Scallop Aging	2	Participant

2.1.5.2. *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, halieutique 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, sprat) et du suivi des crustacés (tourteau, étrille, homard, araignée, crevette) avec des implications différentes selon les 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, à la synthèse écologique du CNPE de Penly ainsi qu'à la réunion plénière annuelle avec EDF qui s'est tenue mi-mai 2020. Suite à cette réunion, les différentes versions des rapports définitifs de l'année 2019 ont été transmises à EDF courant mai.

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. Dans le cadre du projet présenté à l'HCERES en 2019, ce thème est structuré en 3 axes construits de manière intégrative, vu qu'ils suivent des niveaux de complexité biologique

croissante, et que chaque axe comprend des travaux empiriques et de modélisation dont les résultats s'alimentent.

Le premier axe intègre 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 aux échelles d'organisation plus élevées (assemblage, communauté, écosystèmes). Enfin, le troisième axe vise à appréhender la composante spatio-temporelle 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.

Pour 2020, les travaux de l'axe 1 ont essentiellement appliqué les traceurs trophiques intégrés (isotopes stables, acides gras 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 ont été utilisés pour caractériser la variation spatiale de l'alimentation des juvéniles de 4 espèces de poissons dans la nourricerie de la Baie de Seine, et notamment préciser l'importance et la qualité trophique relative des différents habitats au sein de la nourricerie (2.2.1.1). Ces travaux font par ailleurs écho à une modélisation spatio-temporelle de la distribution des juvéniles de poissons plats dans cet habitat (2.2.1.2), et une thèse portant sur la modélisation trophique des nourriceries de Seine a démarré dans leur continuité. En Manche, l'alimentation des adultes de cinq espèces d'intérêt halieutique – sole, plie, maquereau, chinchard et merlan – a également été appréhendée dans le cadre du projet VARITROPH (2.2.1.3). Un intérêt particulier a été apporté aux variations ontogéniques, par exemple pour le merlan dont l'alimentation montre deux phases, cohérente avec le profil d'évolution du niveau trophique calculé à partir des isotopes stables (2.2.1.4). D'autres travaux réalisés en collaboration avec le LER d'Anglet et l'Université de Pau, ont permis de coupler les isotopes stables et les contaminants pour caractériser les mécanismes d'échanges de matière entre le merlu et son parasite *Anisakis* sp. dans le golfe de Gascogne (2.2.1.5). La poursuite de cette thématique a donné lieu au dépôt du projet PATROFLU, d'abord sous la forme d'une réponse à l'appel AMII, puis à un projet financé par l'appel « politique de site » de la DS, par un M2 en alternance et par la SFR Campus de la Mer (voir section « Projets démarrant en 2021). Le couplage entre isotopes et acides gras a également permis de comprendre l'impact des changements environnementaux de l'alimentation du beluga, via une variation de l'abondance de ses proies (2.2.1.6). L'expertise de l'unité sur l'utilisation des acides gras comme traceurs trophiques a permis de contribuer à une synthèse méthodologique sur les bonnes pratiques d'utilisation de cet outil (2.2.1.7).

Le deuxième axe poursuit de son côté les travaux sur les réseaux trophiques dans les communautés de poissons, aussi bien en utilisant des approches empiriques ou de modélisation. La valorisation des données isotopiques et de densité énergétique collectées dans le cadre de la phase de test des protocoles trophiques de la DCSMM a permis de comparer la structure trophique des assemblages de poissons sur les 3 façades métropolitaines françaises, et de confirmer la spécificité de la Manche (2.2.2.1). Deux approches de modélisations issues de postdoctorats menés ou en cours rentrent également dans le cadre des travaux de cet axe. Les résultats du projet mené par Chloé Bracis ont permis de valider l'utilisation d'une nouvelle analyse de sensibilité (Criblage de Morris) pour calibrer le modèle complexe Atlantis-EEC (2.2.2.2). Ces résultats montrent par ailleurs que la dynamique du système est forcée par les groupes d'invertébrés benthiques et de plancton, *i.e.*, les groupes pour lesquels la quantité de données disponibles est souvent la plus faible. Dans le cadre du postdoctorat de Maysa Ito en cours, l'analyse vise à poursuivre le travail sur l'importance du couplage benthopélagique en Manche (2.2.2.3). L'approche utilisée combine les outils de modélisation disponibles au sein de l'unité HMMN avec les données empiriques, notamment

via la comparaison des indicateurs ENA calculés pour les différentes représentations des réseaux trophiques (modèles écosystémiques et isotopes stables). Les travaux menés dans l’océan austral permettent également de coupler plusieurs types de données, tant au niveau de la diversité taxonomique et fonctionnelle, mais également en incluant des données abiotiques pour caractériser des zones géographiques cohérentes, tant pour les organismes benthiques que pélagiques. Ces travaux pourront trouver leur application dans des approches de gestion, notamment via la mise en place d’aires marines protégées dans la zone comprise entre Crozet, Kerguelen, et St Pierre et Amsterdam (2.2.2.4).

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. Dans la continuité des travaux présentés les années précédentes, les résultats mettent en évidence l’importance de considérer les traits fonctionnels dans la compréhension des effets des changements globaux, dans la mesure où ils conditionnent les réponses des espèces à ces modifications. Dans ce contexte, les espèces fonctionnellement distinctes doivent faire l’objet d’une attention particulière, entre autres parce qu’elles font l’objet de mesures de conservation spécifiques (2.2.3.1). Dans le cadre d’un large consortium international, l’unité a également pu participer à une méta analyse de la disponibilité mondiale des observations de biodiversité. L’accessibilité de ces données et des métadonnées associées est cruciale pour appréhender les effets du climat sur les populations (*e.g.*, changements d’aires de répartition), mais demeure un défi, du fait que seule la moitié des métadonnées est effectivement accessible (2.2.3.2). L’importance de disposer de plusieurs campagnes avec des protocoles comparables est également mise en avant, afin de pouvoir couvrir l’ensemble des aires de distribution des espèces impactées par les changements globaux.

2.2.1. Mécanismes de variation de la niche trophique

2.2.1.1. Variation spatiale de l’importance trophique des habitats pour les juvéniles de poissons au sein de la baie de Seine

Day L, Brind’Amour A, **Cresson P**, Chouquet B, Le Bris H. 2020. Contribution of Estuarine and Coastal Habitats Within Nursery to the Diets of Juvenile Fish in Spring and Autumn. *Estuar. Coasts*. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00823-z>

Les nourriceries côtières et estuariennes sont composées d’une mosaïque d’habitats avec des composantes biotiques et abiotiques variables. Quantifier la contribution des différents habitats aux sein des nourriceries à l’alimentation des juvéniles est nécessaire à l’identification des habitats essentiels à la complétion de leur cycle de vie, par la provision de ressources alimentaires maximisant la croissance et la survie. Les habitats essentiels de quatre espèces benthodémersales (merlan, bar, plie et sole) dans l’estuaire de la Seine ont été identifiés, via l’analyse de leur rapports isotopiques et de leurs contenus stomacaux. Au sein de l’estuaire, les habitats ont montré des différences, tant pour ce qui concerne les communautés d’invertébrés benthiques qui les composait que leurs signatures isotopiques, du fait du gradient estuarien et des sources trophiques utilisées par les consommateurs primaires.

Les chevauchements de niches trophique et les contributions des différents habitats à l’alimentation des poissons ont mis en évidence l’utilisation des habitats intertidaux et subtidaux. Les poissons plats ont montré une alimentation locale, basée principalement sur les proies principales de l’habitat où ils se trouvaient, suggérant un comportement alimentaire peu coûteux en énergie (Figure 2.2.1). Le bar se concentrait dans les habitats en amont de l’estuaire. Les vasières intertidales représentent plus de la moitié de l’alimentation de cette espèce. Le merlan a une stratégie d’alimentation ubiquiste, suggérant qu’il cible des proies représentant l’apport énergétique le plus important. L’utilisation de différents habitats

simultanément à la même saison ou de manière asynchrone toute l'année ne suggère pas de préférence pour un habitat en particulier. L'utilisation couplée des isotopes stables et des contenus stomacaux permet cependant de mettre en évidence l'importance des vasières intertidales, notamment pour la sole et le bar, espèces pour lesquelles les contributions de cet habitat représentent deux tiers ou la moitié de l'alimentation.

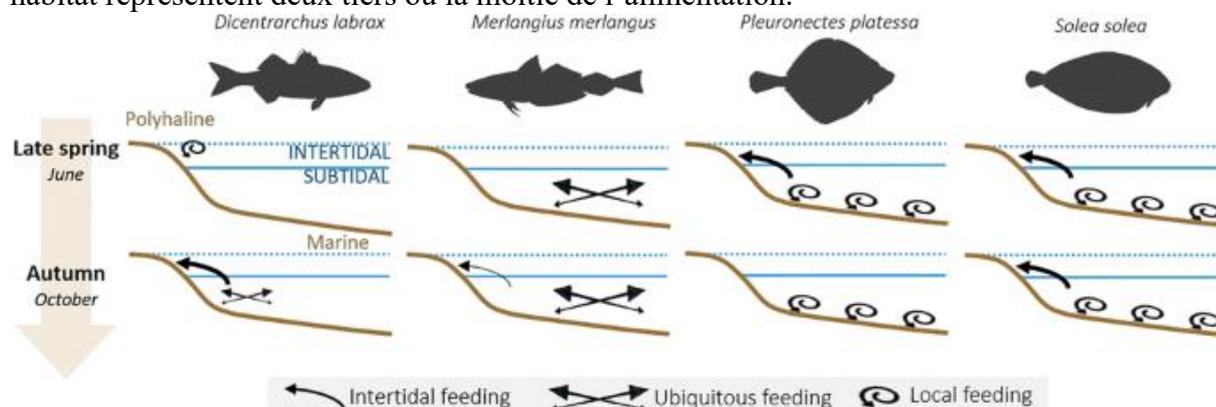


Figure 2.2.1. Variation des comportements alimentaires des juvéniles de 4 espèces dans l'estuaire de Seine. Le bar (*Dicentrarchus labrax*) et le merlan (*Merlangius merlangus*) ne montrent pas de préférence pour un habitat en particulier, et sont capable d'effectuer des déplacements entre habitats pour s'alimenter. Au contraire, les poissons plats (plie *Pleuronectes platessa* et sole *Solea solea*) s'alimentent plutôt localement, sur les proies principales de l'habitat dans lequel ils sont retrouvés. Cependant le compartiment intertidal est une zone importante d'alimentation pour les 4 espèces, et essentiellement pour le bar et la sole.

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

Cariou T, Dubroca L, Vogel C. 2020. Long Term Survey of the Fish Community and Associated Benthic Fauna of the Seine Estuary Nursery Grounds. *Scientific Data* 7 229 <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0572-x>

Cariou T. 2020. First Steps in Fisheries Science. Research Data at Springer Nature <http://researchdata.springernature.com/posts/first-steps-in-fisheries-science>

Cariou T, Investigating Spatial Heterogeneity of a Nursery through Two Decades of Spatio-Temporal Dynamics of Three Flatfish Distributions. En révision dans *Est. Coast. Shelf Sci.*

Si les nourriceries sont des zones fonctionnelles extrêmement importantes pour le devenir des populations dont le cycle de vie s'y rattache, les mécanismes permettant d'explicitier les liens entre nourriceries et dynamique des populations restent mal connus. Dans ce cadre, les travaux initiés depuis Janvier 2019 dans le cadre de la thèse de Thibault Cariou se poursuivent en s'appuyant sur les données des campagnes NOURSEINE. Les premiers résultats, soumis fin 2020, décrivent la distribution et les structures spatiales de trois espèces de poissons plats (limande, plie et sole). Si la position moyenne des populations décrivait une ségrégation récurrente dans le temps, du fait des préférences écologiques, l'instabilité des structures observées peut être dûe au mauvais état de la nourricerie. La suite de ces travaux se focalise sur l'étude fine des dynamiques spatiales et temporelles de la distribution des espèces benthiques et démersales observées dans la baie de Seine. Les associations espèces, environnement et activités anthropiques, de 2017 à 2019 explorées au travers d'un modèle de

corégionalisation ont permis de caractériser l'importance de différentes échelles spatiales au sein de la nourricerie de l'estuaire de Seine.

2.2.1.3. *Synthèses des résultats obtenus sur l'alimentation des poissons en Manche et Mer du Nord dans le cadre du projet VARITROPH*

Cresson P, Timmerman C-A, Denamiel M, Millet L, Marchal P. 2021. Alimentation du merlan en Manche. Résultats issus du projet VARITROPH. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00675/78717/>

Cresson P, Timmerman C-A, Cordier R, Couvreur C, Denamiel M, Engler A, Lebon F, Lepretre MA, Marchal P. 2021. Alimentation du maquereau en Manche. Résultats issus du projet VARITROPH. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00675/78716/>

Cresson P, Timmerman C-A, Couvreur C, Denamiel M, Lepretre MA, Marchal P. 2021. Alimentation de la sole et de la plie en Manche. Résultats du projet VARITROPH. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00675/78718/>

Timmerman C-A. 2020. Variations saisonnières et ontogéniques des interactions trophiques : Étude des poissons de Manche – mer du Nord à plusieurs niveaux d'organisation. PhD Thesis, Université de Lille. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00676/78816/>

Le projet VARITROPH (Variations saisonnières et ontogéniques des paramètres trophiques des principales espèces exploitées en Manche -Mer du Nord) a été financé par le FEAMP (2017-2020) dans le cadre de la mesure 28 « Partenariat entre scientifiques et professionnels ». Il a notamment bénéficié de la collecte de poissons par les pêcheurs professionnels au printemps et en été 2018, quand aucune campagne scientifique n'était opérée. Il a également permis des échanges et des discussions entre les deux parties.

Les représentants des professionnels ont émis la volonté de disposer d'informations claires sur l'alimentation des poissons. À ce titre, 3 documents de synthèse résumant les principaux résultats leur ont été transmis. Cette synthèse se base sur le travail réalisé par la plateforme Réseau Trophique et inclus dans la thèse de CA Timmerman, soutenue le 15 décembre 2020. L'autre partie, plus fondamentale, se base sur une analyse isotopique multitissu, pour appréhender la variabilité intraindividuelle de l'alimentation de ces 5 espèces.

Pour le merlan, les résultats déjà évoqués et publiés (cf. Timmerman et al. 2020 ; Section 2.2.1.4 du présent document) y sont repris. Pour la sole et la plie, les résultats montrent une alimentation comparable, plutôt basée sur les crustacés, même si la plie a une plus grande diversité de proies secondaires (bivalves, annélides et échinodermes) que la sole (bivalves seulement). Il y a peu de variation ontogénique de l'alimentation et du niveau trophique. Enfin, l'alimentation du maquereau est quasi exclusivement basée sur les copépodes, consommés par toutes les classes de taille, même si les larves de crustacés benthiques sont importantes dans l'alimentation des plus petits individus (Figure 2.2.2). Cela se traduit par une augmentation importante du niveau trophique chez les petits individus, puis une augmentation plus faible par la suite.

Ces résultats ouvrent la porte à de nouveaux débouchés, notamment en lien avec les activités de modélisation développées au sein de l'unité. Ils montrent également l'importance de bien prendre en compte les variations ontogéniques fines de l'alimentation. Cela justifie la mise en place d'une résolution fine dans le prochain protocole de collecte de contenus stomacaux inclus dans la DCF.



Fig. 2.2.2. Effet de l'ontogénie sur les proies observées dans le contenu stomacal du maquereau .

2.2.1.4. *Variation saisonnière et ontogénique de l'alimentation du merlan en Manche Est et sud de la mer du Nord*

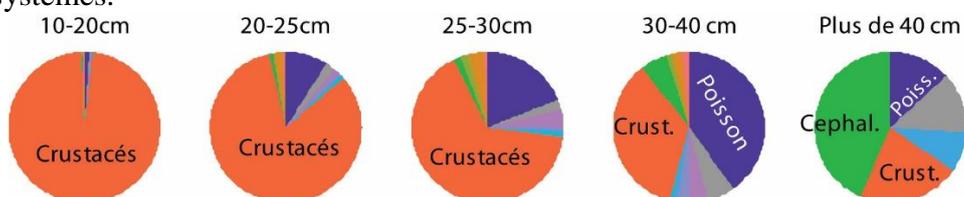
Timmerman C-A, Marchal P, Denamiel M, Couvreur C, Cresson P. 2020. Seasonal and ontogenetic variation of whiting diet in the Eastern English Channel and the Southern North Sea. PLOS ONE 15: e0239436. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239436>

Timmerman CA, Marchal P, Denamiel M, Couvreur C, Cresson P. 2020. Seasonal and ontogenetic variation of whiting diet in the Eastern English Channel-Southern North Sea. SEANO. <https://doi.org/10.17882/72233>

Une description fine des interactions trophiques est nécessaire à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes et à leur gestion durable. Dans le cadre du projet VARITROPH, les rapports isotopiques du carbone et de l'azote ont été couplés avec l'analyse des contenus stomacaux pour déterminer l'alimentation du merlan (*Merlangius merlangus*, Linnaeus, 1758) en Manche Est et dans le sud de la Mer du Nord, en couvrant la gamme de taille la plus large possible en automne et en hiver, afin d'estimer à la fois les changements ontogéniques et saisonniers.

Les résultats ont montré un changement ontogénique de l'alimentation, basée plutôt sur des crustacés pour les petits individus, et sur des poissons et des céphalopodes pour les individus au-delà de 25 cm. Ce changement alimentaire se retrouve sur le niveau trophique, avec une phase d'augmentation au début puis une stagnation à partir de 25-30 cm (Figure 2.2.3). Ce patron est par ailleurs cohérent avec les prédictions du modèle OSMOSE développé à HMMN (Travers Trolet et al. 2019 – cf. rapport 2019 de l'unité), même si certains niveaux trophiques élevés observés pour les individus de 15 à 20 cm en automne pourraient s'expliquer par la difficulté à utiliser une ligne de base appropriée. Au niveau saisonnier, les proies restent globalement les mêmes. Les petits individus augmentent par contre leur intensité d'alimentation en hiver, potentiellement pour compenser la faible productivité du système à cette saison, et car la baisse d'activité des crustacés pélagiques facilite leur capture.

Cette étude a permis d'apporter de nouveaux éléments sur l'écologie trophique du merlan, en relation avec les variations ontogéniques et saisonnières. Elle confirme l'intérêt de la combinaison de plusieurs traceurs trophiques pour comprendre le fonctionnement trophique des écosystèmes.



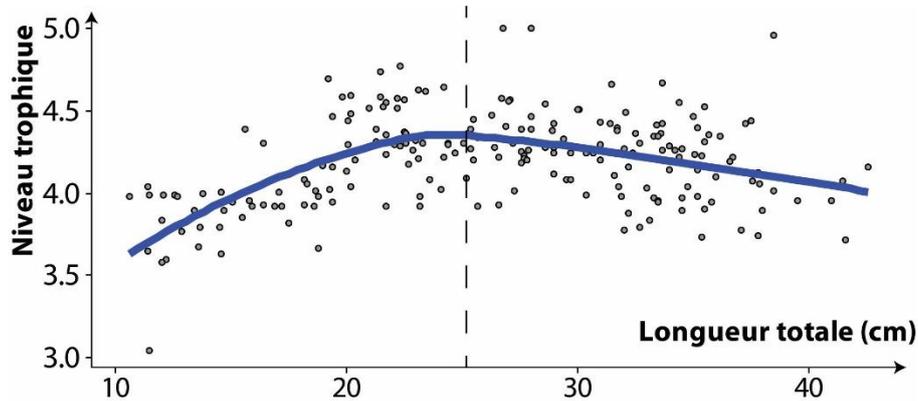


Figure 2.2.3. Variation ontogénique des proies principales et du niveau trophique du merlan.

2.2.1.5. *Interactions entre le merlu et son parasite Anisakis sp. : apports couplés des isotopes stables et des micropolluants*

Mille T, Soulier L, Caill-Milly N, **Cresson P**, Morandea G, Monperrus M, 2020. Differential micropollutants bioaccumulation in European hake and their parasites *Anisakis* sp. *Envir Poll* 265, 115021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115021>

Mille T, Soulier L, Caill-Milly N, **Cresson P**, Morandea G, Monperrus M. 2020. Contaminant and isotopic data in European hake and their parasites *Anisakis* sp. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/74798>

Les organismes sont exposés à différents stressors, qui incluent les parasites et les micropolluants, et dont les effets combinés sont difficiles à prédire. Cette étude visait à déterminer les relations trophiques, la bioaccumulation et le degré de parasitisme chez le merlu *Merluccius merluccius* dans le Golfe de Gascogne. Les rapports isotopiques du carbone et de l'azote ont été mesurés dans les poissons et chez son parasite *Anisakis* sp. Les concentrations en contaminants historiques (mercure organique et total, congénères de PCB) et émergents (muscs et résidus de crèmes solaires) ont également été mesurés dans les poissons et leurs parasites, afin de détecter de potentiels transferts. Les résultats ont mis en évidence des interactions trophiques partielles entre hôte et parasite, en accord avec le mode de vie d'*Anisakis*, enkysté dans la cavité viscérale de son hôte (Figure 2.2.4). Le transfert de PCB mis en évidence par la concentration plus élevée dans le parasite que le poisson pourrait s'expliquer par un flux de lipides de l'hôte vers le parasite. Aucune relation d'accumulation n'a pu être mise en évidence pour les autres contaminants. Par contre, le nombre d'*Anisakis* était positivement corrélé à la concentration en méthylmercure chez le poisson, ce qui supporte l'hypothèse que la contamination mercurique pourrait agir sur le système immunitaire de l'hôte, et favoriser l'installation de parasites.

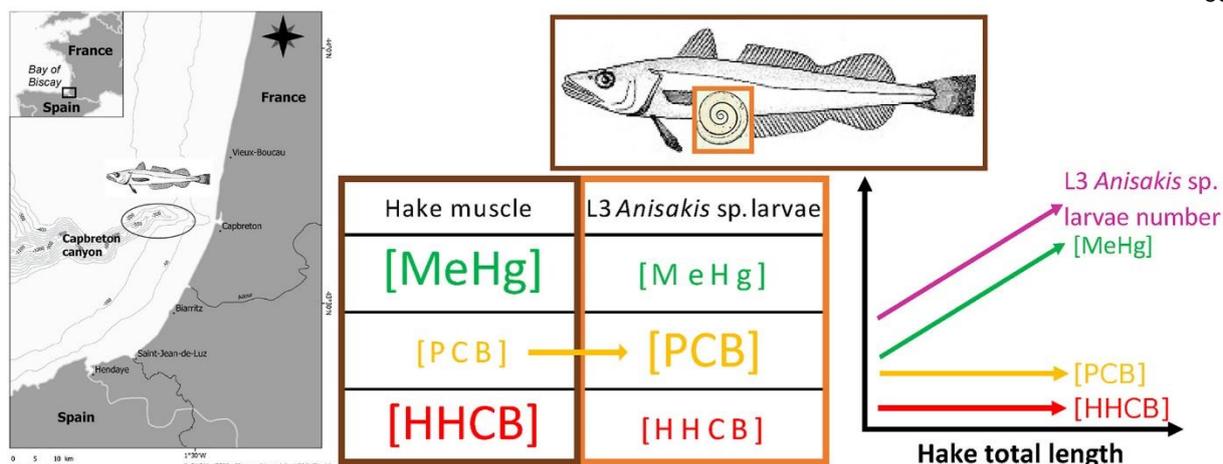


Figure 2.2.4. Transferts de contaminants entre le merlu et *Anisakis* sp. Seuls les PCB sont accumulés par le parasite, ce qui pourrait s'expliquer par un transfert de lipides entre hôte et parasites. Chez le poisson, il n'y a pas d'effet de la taille sur les concentrations en PCB et contaminants émergents. Il y a par contre une corrélation entre concentration en méthylmercure et nombre d'*Anisakis*, ce qui pourrait être lié à un effet du mercure sur le système immunitaire de l'hôte, moins à même de limiter l'installation de larve de parasite.

2.2.1.6. Variation de l'alimentation du bélouga liées aux changements de disponibilité des proies, dans le contexte des changements de l'écosystème en Mer de Beaufort.

Choy ES, Giraldo C, Rosenberg B, Roth JD, Ehrman AD, Majewski A, Swanson H, Power M, Reist JD, Loseto LL. 2020. Variation in the diet of beluga whales in response to changes in prey availability: insights on changes in the Beaufort Sea ecosystem *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 647:195-210 <https://doi.org/10.3354/meps13413>

La population de bélugas *Delphinapterus leucas* de l'est de la mer de Beaufort (EBS) a connu une baisse des taux de croissance autour des 20 dernières années, ce qui est supposé provenir de changements dans la disponibilité des proies. Nous avons utilisé des signatures d'acides gras et des ratios d'isotopes stables pour reconstruire les contributions proportionnelles de 14 espèces de proies à l'alimentation de 178 bélugas de 2011 à 2014. Les estimations des proies utilisant l'analyse quantitative des signatures d'acides gras suggèrent que les bélugas de l'EBS consomment principalement la morue arctique *Boreogadus saida* une espèce très sensible au changement climatique. Les estimations des proies variaient selon l'année, le sexe et la classe de taille des baleines, les grands mâles consommant les proportions les plus élevées de morue arctique et les femelles consommant les plus fortes proportions de capelan *Mallotus villosus* (Figure 2.2.5). Les contributions proportionnelles estimées de la morue arctique au régime alimentaire des bélugas ont diminué de 2011 à 2014, ce qui coïncide avec une augmentation du capelan. Les bélugas ont consommé les proportions les plus élevées de capelan et les proportions les plus faibles de morue en 2014, la même année où les indices de condition corporelle étaient les plus bas chez les baleines. Nous émettons l'hypothèse que les conditions changeantes de l'écosystème de la mer de Beaufort pourraient entraîner une diminution de la consommation de morue arctique par les bélugas et une augmentation de la consommation de capelan, ce qui pourrait entraîner un déclin de la condition nutritionnelle. Cela peut affecter principalement les femelles et les juvéniles puisqu'ils consomment les proportions les plus élevées de capelan; cependant, une surveillance à long terme est nécessaire pour confirmation. Comprendre la variation interannuelle des proies et les implications nutritionnelles à long

terme du passage d'un régime à prédominance de morue arctique à un régime dominé par le capelan devrait être une priorité pour la surveillance des prédateurs du SSE.

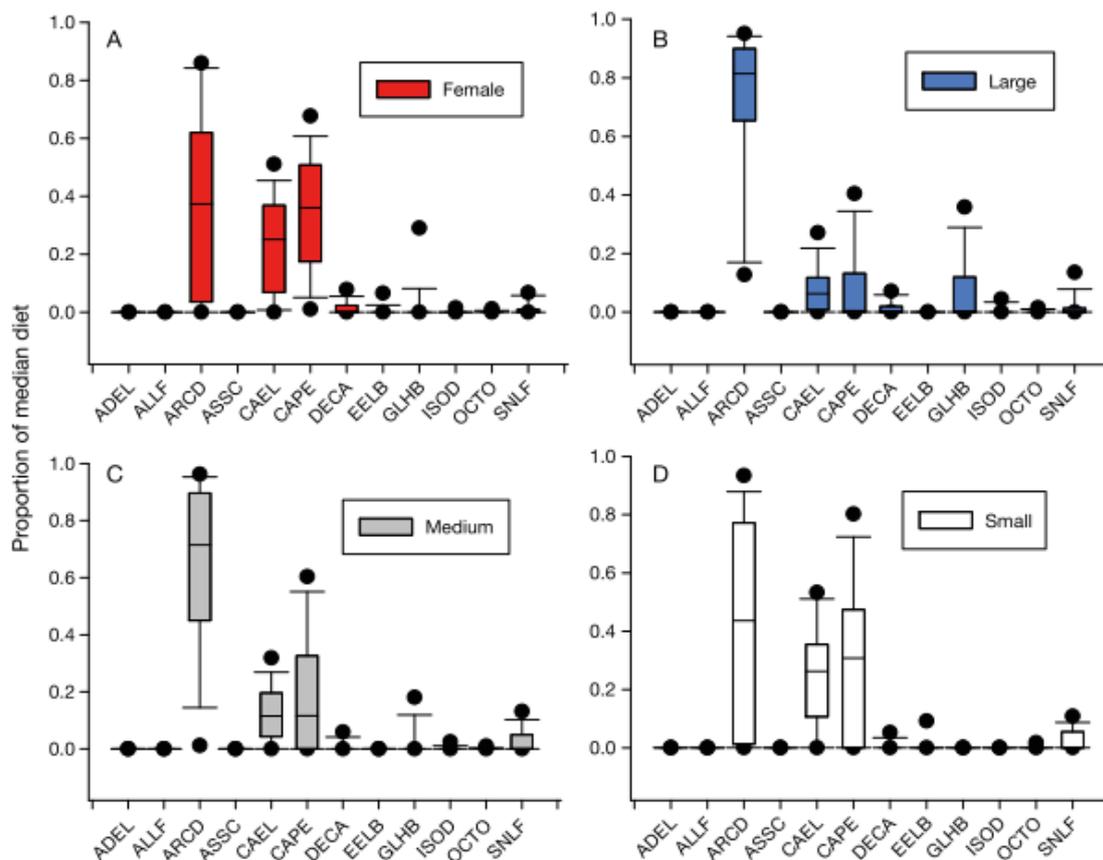


Figure 2.2.5. Estimations de la contribution moyennes de différentes proies à l'alimentation des belugas adultes en mer de Beaufort [a: femelles; b: grands males (>4.2m); c : mâles de taille moyenne (3.8-4.2m) ; d : mâles de petite taille (<3.8m)] sur la base des signatures de 25 acides gras. Seules les abréviations des espèces contribuant significativement sont reprises ici (ARCD: morue polaire, CAEL: Lycode polaire, CAPE: capelan ; GLHB : Flétan du Groenland, SNLF: Limace des laminaires). Les limites des boîtes à moustache représentent les percentile 25% et 75 %, la ligne la contribution médiane, les barres d'erreurs les percentiles 10% et 90%, les points noirs les percentiles 5 et 95%.

2.2.1.7. Révision des méthodes d'analyses des acides gras en écologie aquatique

Couturier LIE, Michel LN, Amaro T, Budge SM, da Costa E, De Troch M, Di Dato V, Fink P, **Giraldo C**, et al. [18 auteurs] 2020. State of art and best practices for fatty acid analysis in aquatic sciences. ICES Journal of Marine Science 77, 2375–2395. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa121>

La détermination de la teneur en lipides et de la composition en acides gras (AG) des organismes aquatiques a été d'un intérêt majeur en écologie trophique, en aquaculture et en nutrition depuis plus d'un demi-siècle. Bien que les protocoles d'analyse des lipides soient bien décrits, leur application aux sciences aquatiques nécessite souvent des modifications pour s'adapter aux conditions de terrain et au type d'échantillon. Nous présentons ici l'état actuel des connaissances des méthodes dédiées aux analyses lipidiques marines et d'eau douce, de l'échantillonnage au traitement des données. Nous passons en revue: (i) les protocoles de conservation, de stockage et de transport des échantillons, et leurs effets sur les lipides, (ii) l'extraction des lipides, la séparation des lipides polaires et neutres, les méthodes de dérivatisation et de détection, et (iii) les outils disponibles pour l'analyse statistique des

données FA (Figure 2.2.6). Nous formulons des recommandations sur les meilleures pratiques sur le terrain et prôtons la standardisation des protocoles et l'étalonnage inter laboratoires.

Fatty acids in aquatic sciences

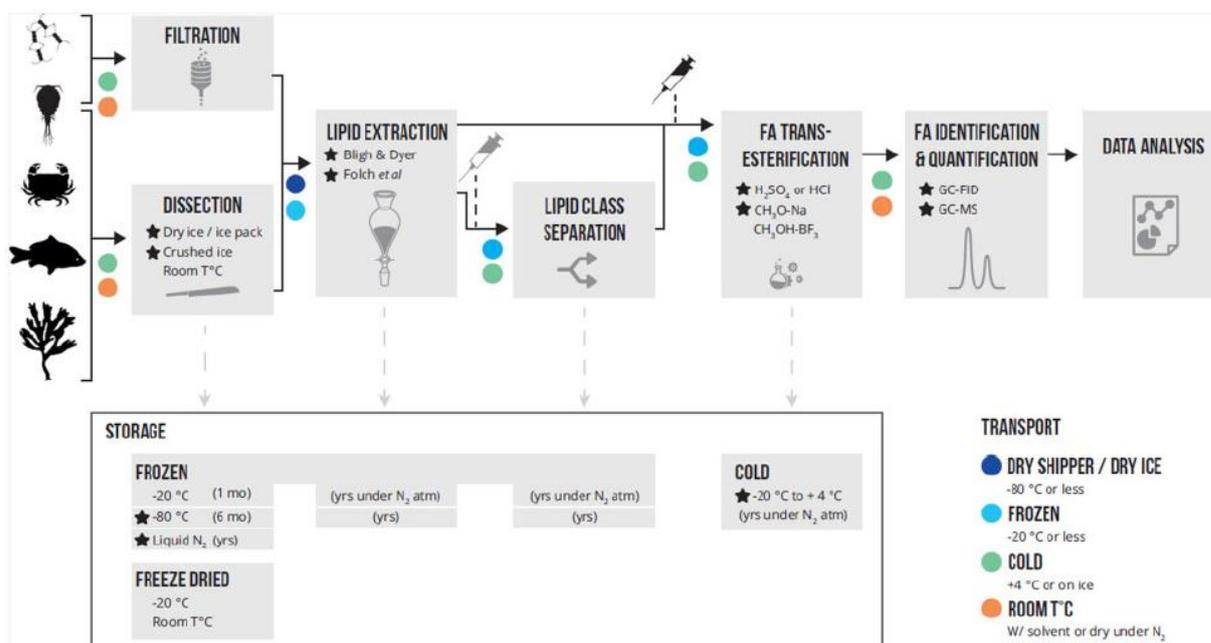


Figure 2.2.6. Flux de travail pour l'analyse de l'AG dans les échantillons aquatiques. Le symbole étoile indique les méthodes recommandées. Les flèches pointillées indiquent les précautions de stockage suggérées après chaque étape analytique. Les exigences de transport sont codées par couleur et la température de transport la plus froide est toujours la meilleure option quelle que soit l'étape. Le symbole de la seringue gris représente l'étape à laquelle l'étalon interne de récupération et de pureté doit être ajouté. Le symbole de la seringue noire représente l'étape à laquelle l'étalon interne de quantification doit être ajouté.

2.2.2. Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités

2.2.2.1. Structure et fonctionnement trophique des assemblages de poissons sur les 3 façades françaises

Cresson P, Chouvelon T, Bustamante P, Bănaru D, Baudrier J, Le Loc'h F, Mauffret A, Mialet B, Spitz J, Wessel N, Briand MJ, **Denamiel M**, Doray M, Guillou G, Jadaud A, **Lazard C**, Prieur S, **Rouquette M**, Saraux C, Serre S, **Timmerman C-A**, **Verin Y**, Harmelin-Vivien M. 2020. Primary production and depth drive different trophic structure and functioning of fish assemblages in French marine ecosystems. *Progr. Oceanogr*: 102343. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102343>

Cresson et al. 2019. Trophic structure of fish assemblages in the Eastern English Channel, the Bay of Biscay and the Gulf of Lions. *SEANOE*. <https://doi.org/10.17882/62264>

Appréhender les facteurs forçant la structure trophique des assemblages de poissons est une question cruciale, nécessaire à la compréhension des effets des perturbations et un préalable à la mise en place d'une gestion intégrée des écosystèmes marins exploités. La collecte de données qualitatives (rapports isotopiques et densité énergétiques) et quantitatives (biomasses des différentes espèces) lors des campagnes écosystémiques sur les 3 façades françaises lors

de la phase de test des protocoles de la DCSMM a permis la détermination de la structure trophique des assemblages de poissons en Manche Est, dans le Golfe de Gascogne et le Golfe du Lion (Figure 2.2.7).

Dans le Golfe de Gascogne et le Golfe du Lion, la voie pélagique supporte au minimum 80 % de la production de biomasse de poisson, et explique la dominance des espèces pélagiques. La différence de productivité explique cependant l'importance relative des différents groupes et les niveaux de biomasse. L'oligotrophie dans le Golfe du Lion entraîne une biomasse totale et une densité énergétique plus faible et explique la prédominance des petits pélagiques. Au contraire, les flux dans le Golfe de Gascogne sont suffisants pour supporter une biomasse plus importante de piscivores pélagiques, et explique les niveaux de densité énergétiques plus importants.

En Manche, du fait de la plus faible profondeur, les contributions des voies benthiques et pélagiques sont équivalentes. Les espèces benthodémersales de haut niveau trophique dominent l'assemblage, du fait de leur capacité à exploiter les deux voies. Les résultats de cette étude ont tout d'abord confirmé la possibilité d'utiliser des campagnes dédiées à la gestion des pêcheries pour répondre à des questions plus large à propos du fonctionnement des écosystèmes. Ici, elles confirment l'importance de la productivité primaire et des facteurs abiotiques comme facteurs forçant la structure et le fonctionnement des assemblages de poissons, même si le rôle essentiel des consommateurs de bas niveaux trophique doit être plus largement étudié.

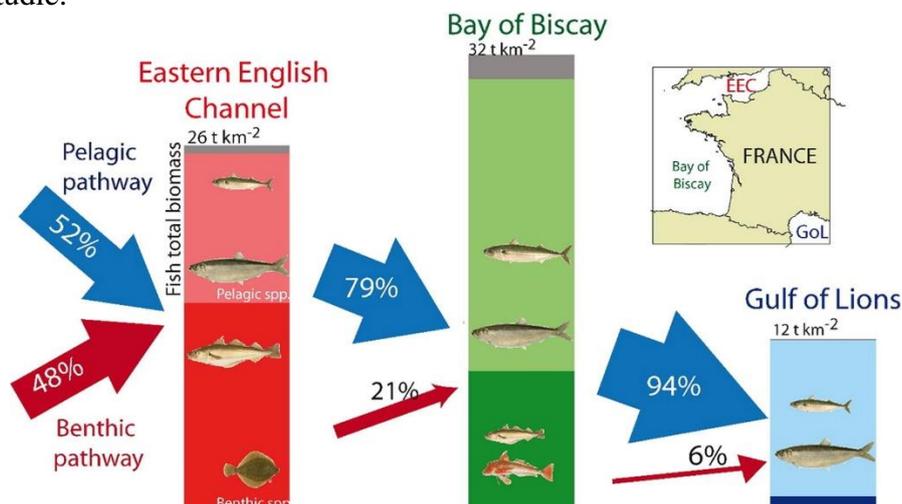


Figure 2.2.7. Synthèse graphique du fonctionnement trophique des 3 assemblages. Du fait de la faible profondeur, le couplage benthopélagique est plus fort en Manche que dans les deux autres systèmes, ce qui permet une quantité de biomasse importante, ainsi qu'une répartition équivalente entre poissons benthiques et pélagiques dans cet écosystème.

2.2.2.2. Une analyse de la sensibilité des paramètres d'un modèle Atlantis, pour augmenter la confiance des modèles complexes d'écosystèmes

Bracis C, Lehuta S, Savina-Rolland M, Travers-Trolet M, Girardin R. 2020. Improving confidence in complex ecosystem models: The sensitivity analysis of an Atlantis ecosystem model. *Ecol Model.* 431: 109133 <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109133>

Les modèles mécanistiques et complexes d'écosystème sont de plus en plus utilisés dans la gestion écosystémique, car ils permettent de capturer les processus bottom-up et top-down, de même que les interactions du système qui résultent de la structure des réseaux trophiques, des contraintes spatiales et des activités humaines. Cependant, ils requièrent de nombreux paramètres, dont la plupart sont inconnus et doivent être estimés ou calibrés par rapport aux données disponibles. L'analyse de sensibilité est une composante importante du

développement de modèles de simulation, qui permet de comprendre l'incertitude associée au modèle et l'influence relative de chaque paramètre sur le résultat final. Cette étape a cependant été souvent négligée pour les modèles Atlantis, du fait du grand nombre de paramètres et du temps important nécessaire aux simulations. Le modèle Atlantis de Manche Est (Atlantis-EEC) a été utilisé pour analyser la dynamique et les processus écosystémiques et l'effet des scénarios de gestion des pêcheries. Ce travail présente les résultats d'une analyse de sensibilité sur la croissance, la mortalité et le recrutement. Ces paramètres sont particulièrement difficiles à mesurer et sont donc classiquement ajustés durant le processus de calibration. La méthode de criblage de Morris a été utilisée pour gérer le grand nombre de paramètres de ce modèle. Cette méthode est efficace pour apporter des informations sur les principaux effets des paramètres et sur les effets non linéaires et/ou d'interactions, avec relativement peu de simulations. L'analyse initiale de sensibilité, incluant tous les groupes du modèle, et 90 paramètres a révélé que les principaux facteurs forçant la dynamique du système et de la biomasse pour tous les groupes était (1) la croissance et les taux de mortalité du plancton et (2) le taux de recrutement et la mortalité juvénile des top-prédateurs (Figure 2.2.8). Une autre analyse de sensibilité réalisée par la suite sur un sous échantillon de 61 paramètres, et en excluant les top-prédateurs et le plancton, a montré que tous les paramètres étaient important pour la stabilité du système. Par contre, la biomasse individuelle des groupes était plutôt influencée par leurs paramètres propres et par certains paramètres liés aux invertébrés benthiques. Les effets d'interactions et non linéaires étaient largement répandus, démontrant la prévalence des boucles de rétroaction, des effets bottom-up et dans une moindre mesure des effets top-down dans la structure trophique. Les informations apportées par cette analyse de sensibilité apportent une meilleure compréhension de la structure du modèle. Elle permet également de formuler des recommandations sur les processus généraux de calibration du modèle Atlantis ainsi que sur les paramètres les plus importants dans la propagation des incertitudes dans les scénarios du modèle.

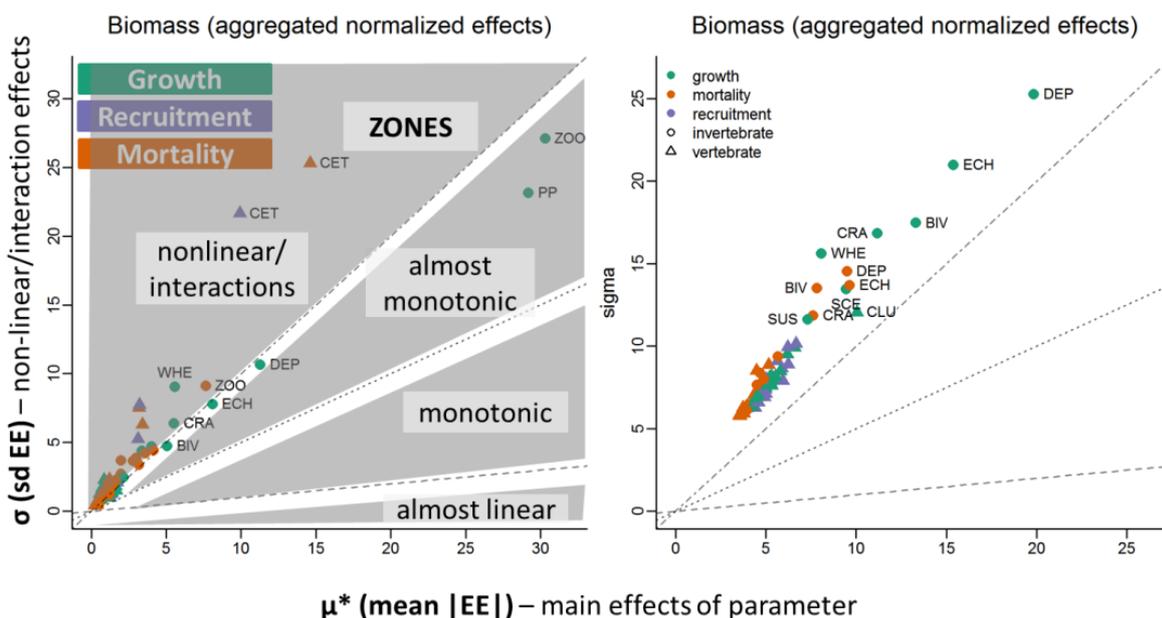


Figure 2.2.8. Relation entre μ^* (effet principal) et σ (effet d'interaction) pour la biomasse totale du modèle pour la première AS (gauche), et la seconde (droite). Les lignes séparent les zones où $\sigma/\mu^*=0.1$ (Presque linéaire, tiret), $\sigma/\mu^*=0.5$ (monotonique, pointillés), $\sigma/\mu^*=1$ (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.

2.2.2.3. *Étude de la variabilité de la production benthopélagique et des effets de la pression de pêche sur les communautés de poisson à travers une approche multi-modèles*

Post doctorat de Maysa Ito, dans le cadre du projet MARCO, et avec les implications de Raphaël Girardin, Pierre Cresson, Ghassen Halouani et Carolina Giraldo.

Afin de mieux comprendre les effets des pressions anthropiques sur le milieu marin, il est devenu nécessaire d'adopter une approche systémique qui prend en compte la complexité des écosystèmes. Une telle approche peut être mise en place à travers l'utilisation de modèles écosystémiques qui considèrent à la fois les interactions trophiques et les pressions de pêche. Avec le développement des modèles écosystémiques, les approches multi-modèles sont de plus en plus utilisées pour fournir des informations sur différents aspects du fonctionnement de l'écosystème en prenant en considération les incertitudes liées à leurs structures et hypothèses de base.

Ce travail consiste à comparer les perceptions des réseaux trophiques de Manche orientale apportées par deux modèles écosystémiques (OSMOSE, Atlantis) et par des traceurs trophiques intégrés (isotopes stables et modèles de mélange). Cette étude est basée sur un ensemble d'indicateurs issus de l'analyse écologique des réseaux (Ecological Network Analysis) qui permettent de décrire différents aspects du réseau trophique à partir du calcul des flux de biomasse entre les compartiments de l'écosystème. Les principaux objectifs de ce travail consistent à : i/ sélectionner et comparer un ensemble d'indicateurs ENA calculés à partir des sorties d'OSMOSE et d'Atlantis et évaluer leur ajustement aux données empiriques issues d'un modèle de mélange, ii/ mettre en place une approche multi-modèle pour caractériser la réponse de l'écosystème à différentes perturbations et évaluer le rôle du couplage benthopélagique, et iii/ évaluer la sensibilité et la spécificité des indicateurs ENA à détecter des variations dans la productivité benthopélagique.

Lors de la première phase de cette étude, les indicateurs ENA les moins sensibles aux flux de respiration ont été identifiés (les flux de respiration ne sont pas comptabilisés dans OSMOSE et Atlantis). Plusieurs indicateurs ont été retenus pour comparer les structures des réseaux trophiques des deux modèles parmi lesquels le Total System Throuput (TST) et la Connectance (C). La comparaison entre les deux modèles a montré que la Connectance (ratio entre la densité des connections et le nombre de groupes) est plus forte dans OSMOSE. Ce résultat peut être expliqué par le fait que la prédation dans OSMOSE soit opportuniste. Concernant le TST (la somme des flux qui circulent dans le système), il est significativement plus élevé dans Atlantis, ce résultat est dû au fait que les compartiments benthiques ainsi que leurs flux associés sont mieux représentés dans ce modèle.

L'analyse des flux a permis également d'évaluer les impacts directs et indirects entre les différents groupes d'espèces et de calculer le Keystone index pour identifier les groupes qui ont un impact disproportionnel à leurs biomasses sur la structure du réseau trophique. Les résultats ont montré que pour les deux modèles, le groupe « requins » et la morue ont été identifiés parmi les espèces clé de voûte, leur keystone index relativement haut par rapport aux autres espèces (Figure 2.2.9).

Les objectifs 2 et 3 ainsi que la comparaison des sorties des modèles avec les données empiriques du modèle de mélange sont en cours de réalisation.

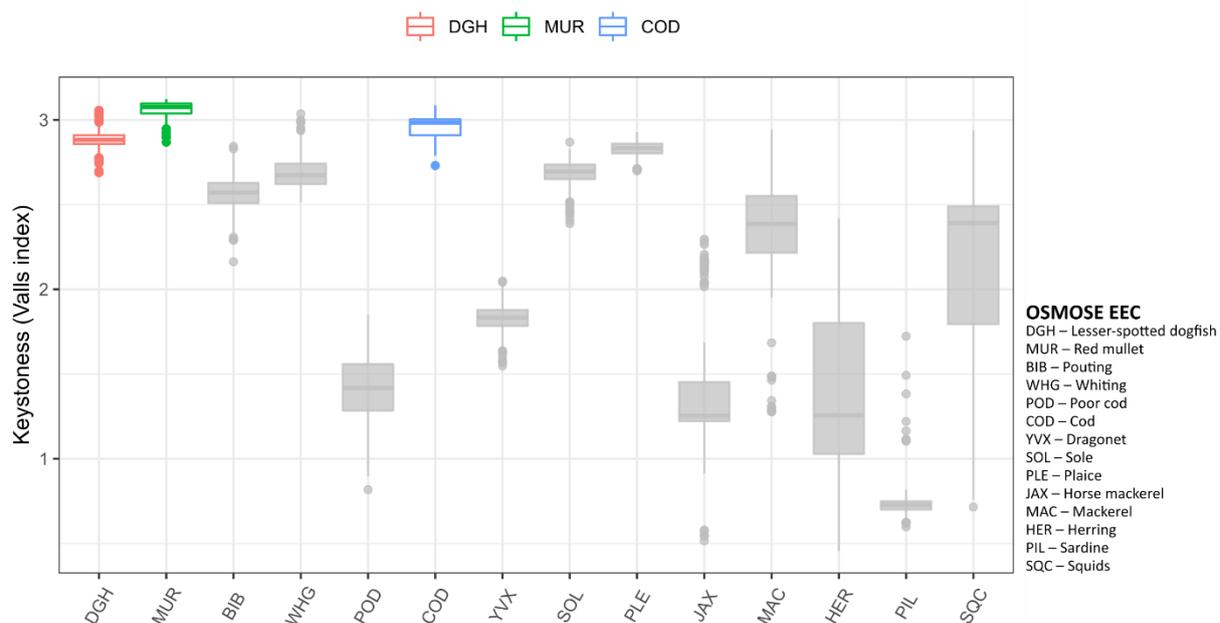


Figure 2.2.9. Keystoneness index calculé pour chaque compartiment de l'écosystème à partir des données de flux issues des sorties du modèle OSMOSE en Manche Orientale. Une approche comparable et non présentée ici a été appliquée au modèle Atlantis.

2.2.2.4. Ecorégionalisation des communautés pélagiques et benthiques dans l'océan austral

Fabri-Ruiz, S., Danis, B., Navarro, N., Koubbi, P., Laffont, R., Saucède, T., 2020. Benthic Ecoregionalization based on echinoid fauna of the Southern Ocean supports current proposals of Antarctic Marine Protected Areas under IPCC scenarios of climate change. *Glob Change Biol.* 26: 2161-2180. <https://doi.org/10.1111/gcb.14988>

Godet C, Robuchon M, Leroy B, Cotté C, Baudena A, Da Silva O, Fabri-Ruiz S, Lo Monaco C, Sergi S, **Koubbi P.** 2020. Matching zooplankton abundance and environment in the South Indian Ocean and Southern Ocean. *Deep Sea Res I* 163: 103347. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103347>

L'écorégionalisation consiste à coupler la diversité spécifique et la diversité fonctionnelle des écosystèmes avec les caractéristiques biogéochimiques ou océanographiques. En zone océanique du large où les données biotiques sont limitées, cela consiste à faire en premier des biorégionalisations. La biorégionalisation s'établit soit sur avis d'experts comme la définition des provinces biogéochimiques au niveau mondial de Longhurst (2010) ou par l'utilisation de modèles statistiques sur des données climatologiques océaniques auxquelles on ajoute les mesures satellitaires de chlorophylle. L'utilisation de données climatologiques tend à définir les régions où il y a le minimum de variabilité des paramètres environnementaux considérés ce qui est une approche adaptée quand on travaille à macroéchelle comme celle de l'océan Austral.

Cependant, nous avons estimé que cette approche n'était pas satisfaisante pour les zones de transition ou de fort hydrodynamisme comme au niveau des grandes zones frontales au Nord de l'océan Austral. En effet, un front n'est pas un trait sur l'océan mais une zone qui varie dans l'espace et le temps. Dans ces situations, il faut définir des régions par rapport à leur variabilité. Cette approche considère les fluctuations de températures, de chlorophylle mais aussi la dynamique océanique en permettant de définir les zones de stabilité hydrologiques et

d'enrichissement en nutriments favorables aux productions primaire et secondaire et au recrutement larvaire des poissons. Godet et al. (2020) ont caractérisé les biorégions épipélagiques de 35 ° S dans le sud de l'océan Indien à 56 ° S dans l'océan Austral et de 45 à 80 ° E. Six biorégions ont été définies (Figure 2.2.10). Elles sont déterminées par la position des principaux fronts (subtropical, subantarctique et polaire) et des caractéristiques bathymétriques (plateaux péri-insulaires, monts sous-marins, dorsales). Ces biorégions coïncident avec les variations de l'abondance du zooplancton collecté par le Continuous Plankton Recorder lors des missions annuelles que nous avons effectuées de 2013 à 2016 autour des îles des TAAF. Nous avons trouvé que les abondances des copépodes, des euphausiacés et des limacines variaient selon les biorégions avec des densités plus élevées dans l'océan Austral que dans l'Indien Sud. Les copépodes se trouvent plus abondants dans les zones les plus froides et les plus turbulentes associées au courant circumpolaire antarctique. Les limacines et les euphausiacés se trouvent dans des zones de plus forte concentration de chlorophylle-a. Les euphausiacés sont également très abondants dans la région subtropicale, particulièrement autour de St Paul et Amsterdam.

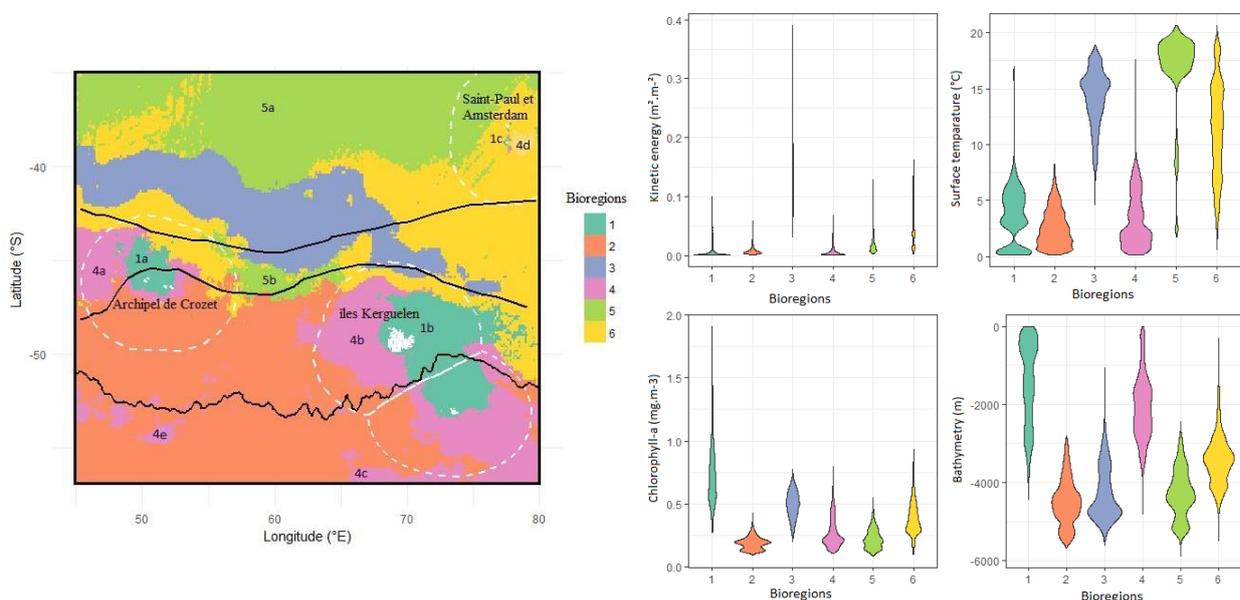


Figure 2.2.10. Biorégions pélagiques dans la zone océanique des TAAF. Caractéristiques abiotiques et chlorophylle de chaque région. Les régions s'expliquent par les différents fronts indiqués par des lignes noires (Front subtropical au Nord, Front subantarctique et Front Polaire Antarctique au Sud) et par la bathymétrie (plateaux péri-insulaires en vert foncé et rose).

Cependant, l'approche biorégionale doit être complétée par l'intégration des assemblages d'espèces basés soit sur des présences-absences soit sur des abondances. Dans ce cas, il s'agit de développer une approche d'écorégionalisation qui complète la biorégionalisation abiotique plus chlorophylle. Parmi les différentes méthodes, l'une d'elle consiste à modéliser les habitats potentiels des espèces ou les assemblages d'espèces (Generalised Dissimilarity Modeling, ...) en fonction des facteurs environnementaux afin de prédire leur distribution dans des zones non échantillonnées mais dont les paramètres environnementaux sont connus. Les facteurs environnementaux peuvent provenir soit de données satellites soit de bases de données mondiales. Les données biologiques proviennent soit de nos campagnes soit de bases de données auxquelles nous contribuons suite à nos campagnes en mer. Pour l'océan Austral, au niveau benthique, Fabri-Ruiz et al.(2020) ont travaillé sur l'écorégionalisation des échinoïdes et ont ensuite étudié les répercussions de différents scénarios de l'IPCC sur ces écorégions.

De la même manière, nous travaillons actuellement au recensement des espèces pélagiques dans la zone entre Crozet, Kerguelen, St Paul et Amsterdam afin de préciser l'écorégionalisation de ces secteurs avec une attention récente sur St Paul et Amsterdam en raison de la volonté du gouvernement d'étendre l'Aire Marine Protégée de ce secteur. Les AMPs de Crozet et Kerguelen avaient déjà fait l'objet d'un projet d'extension en 2016 et sont suivies au titre du plan de gestion de la réserve naturelle des TAAF.

Ces approches d'écorégionalisation permettent également de vérifier si les AMPs actuelles sont bien positionnées et si elles rempliront leurs rôles à l'avenir face aux changements climatiques (Fabri-Ruiz et al., 2020). Les résultats montrent que les changements les plus spectaculaires peuvent être attendus le long de la Péninsule Antarctique, en Antarctique de l'Est et autour des îles subantarctiques. Nos résultats plaident pour une définition dynamique des AMP et pour l'amélioration de la représentativité des Écorégions antarctiques dans les AMP proposées.

2.2.3. Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson

2.2.3.1. *Rebond des espèces fonctionnellement distinctes dans un contexte de réchauffement et de baisse de l'effort de pêche*

Murgier J, McLean M, Maire A, Mouillot D, Loiseau N, Munoz F, Violle C, Auber A., 2021 Rebound in functional distinctiveness following warming and reduced fishing in the North Sea. *Proc R Soc. B.* 288: 20201600. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1600>

Les espèces fonctionnellement distinctes (*i.e.*, les espèces présentant des combinaisons de caractéristiques bio-écologiques uniques dans la communauté) peuvent tenir des rôles écologiques importants et contribuer de manière disproportionnée au fonctionnement des écosystèmes. Pourtant, la façon dont ces espèces répondent au changement climatique et à l'exploitation humaine a été largement négligée. Au travers des données d'abondance de poissons issues de la campagne IBTS, nous avons pu classer les espèces selon ce critère d'originalité fonctionnelle, et avons évalué leur dynamique spatiale et temporelle en lien avec les variations de leur environnement et de la pression par pêche. La tendance est que les espèces les plus fonctionnellement distinctes sont des espèces dont la maturité sexuelle est tardive, qui produisent peu d'oeufs de grande taille, avec au premier plan les requins et les raies, qui jouent un rôle essentiel dans la structuration des réseaux trophiques. Au cours des 30 dernières années en Mer du Nord, aussi bien les espèces fonctionnellement distinctes que les communes ont augmenté en abondance parallèlement à la hausse de la température et à la baisse de la pression par pêche (Figure 2.2.11). Les espèces fonctionnellement distinctes ont davantage augmenté dans la partie septentrionale de la Mer du Nord, là où la pêche était historiquement plus intense, suggérant un rebond de ces espèces suite à la baisse de l'effort de pêche initiés au début des années 90. Toutefois, certaines des espèces fonctionnellement distinctes ont diminué en abondance et sont à ce jour déclarées menacées d'extinction par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) et considérées comme très vulnérables à la pêche. Ce travail souligne ainsi toute la pertinence d'intégrer la spécificité fonctionnelle dans la gestion des écosystèmes et la définition des priorités en matière de conservation.

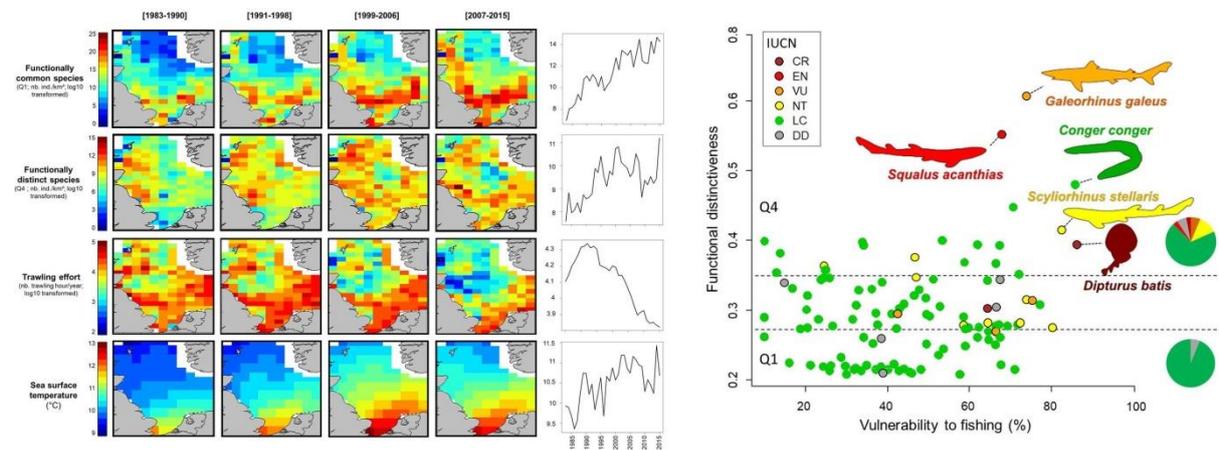


Figure 2.2.11. Dynamique temporelle de l'abondance des espèces fonctionnellement communes (nb ind/km², log10 transformé), fonctionnellement distinctes (nb ind/km², log10 transformé), de l'effort de pêche (nombre d'heures de chalutage par an) et de la température de surface (°C). Les cartes présentent les valeurs moyennes des variables calculées sur des sous-périodes (1983-1990 ; 1991-1998 ; 1999-2006, 2007-2015) pour les 154 rectangles CIEM. Seconde figure: Relation entre la vulnérabilité des espèces à la pêche et leur niveau de spécificité fonctionnelle. Le statut de l'IUCN est représenté par des couleurs (CR = en danger critique d'extinction, rouge foncé ; EN = en danger, rouge ; VU = vulnérable, orange ; NT = menacé, jaune ; LC = peu préoccupant, vert ; DD = données insuffisantes, gris). Les pointillés horizontaux indiquent la délimitation des deux groupes de spécificité fonctionnelle (Q1 = Quartile 1, espèces fonctionnellement communes ; Q4 = Quartile 4, espèces fonctionnellement distinctes). Les deux diagrammes circulaires montrent la proportion d'espèces appartenant à chaque catégorie de l'IUCN dans les deux groupes de spécificité fonctionnelle.

2.2.3.2. *Accessibilité des données issues des campagnes pour comprendre la réponse des biocénoses marines au changement global*

Maureaud A, Frelat R, Pécuchet L, Shackell N, Mérigot B, Pinsky M, Amador K, Anderson SC, Arkhipkin A, **Auber A** *et al.* 2020. Are we ready to track climate-driven shifts in marine species across international boundaries? A global survey of scientific bottom trawl data. *Glob. Change Biol.* <https://doi.org/10.1111/gcb.15404>

Les biocénoses marines se redistribuent rapidement en réponse au changement climatique. Alors que les modifications de structure des communautés menacent la durabilité de la pêche, notre capacité d'adaptation passe à la fois par le suivi et la projection des distributions futures. Toutefois, la disparité des données d'observations biologiques, leur non-disponibilité, et les différences entre les protocoles des campagnes scientifiques constituent un défi majeur en vue d'accomplir cet objectif d'adaptation. Dans cette étude, nous dressons le bilan de l'accessibilité des données issues de campagnes scientifiques utilisant un chalut de fond. Au total, les métadonnées de 283 925 traits de chalut répartis dans 95 campagnes réalisées entre 2001 à 2019 ont été réunies. Il a été constaté que 59 % des métadonnées collectées ne sont pas accessibles au public (Figure 2.2.12), renforçant ainsi l'idée que la disponibilité des données demeure l'un des principaux défis à relever en vue d'évaluer les patrons de changement de distributions d'espèces en réponse au changement climatique. Il a aussi été montré qu'en moyenne 18 campagnes halieutiques sont nécessaires pour couvrir au moins 50% de l'aire de distribution des espèces démersales, ce qui démontre toute l'importance de combiner plusieurs campagnes en vue d'évaluer les changements de distribution, et donc de rendre disponible davantage de données.

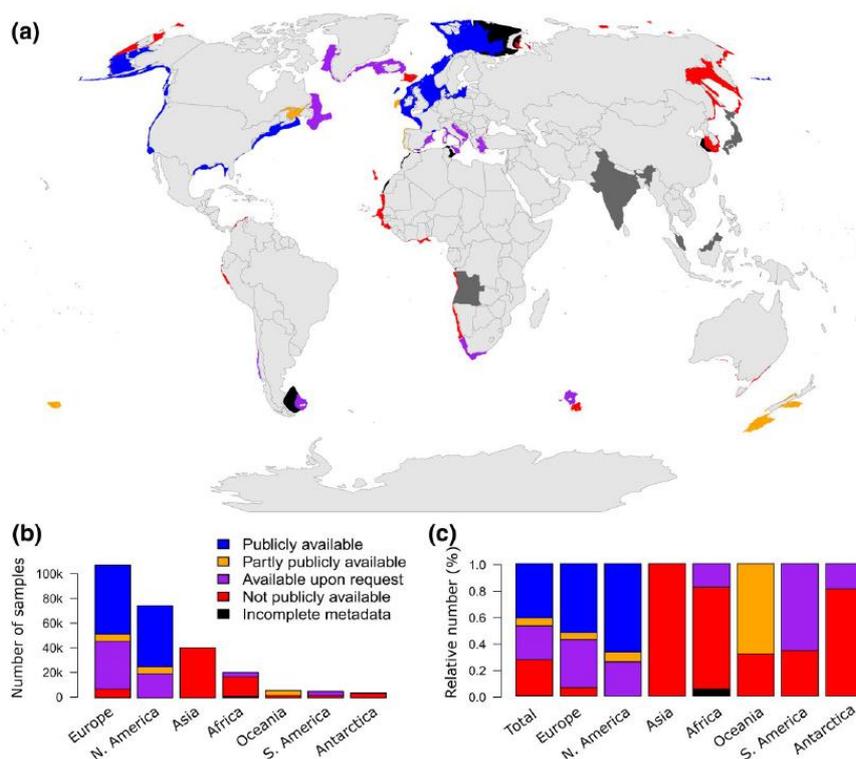


Figure 2.2.12. Disponibilité des données issues de campagnes démersales, classées comme suit : accessibles au public (bleu), partiellement accessibles au public (orange), disponibles sur demande (violet), non accessibles au public (rouge), métadonnées incomplètes (noir) et métadonnées non disponibles (gris foncé pour les pays qui mènent la campagne). (a) Distribution des campagnes démersales. Les campagnes sont classées en fonction de la disponibilité de leurs données respectives. (b) Nombre absolu de traits de chalut par continent, pour lesquels les données sont disponibles. (c) Nombre relatif de traits de chalut par continent, pour lesquels les données sont disponibles.

2.2.4. Les observations en appui aux travaux de recherche

En 2020, les contraintes sanitaires ont fortement contraint l'accès au laboratoire, et la réalisation d'analyses. A ce titre, les travaux ont porté sur l'analyse de 101 estomacs de plie, 79 estomacs de sole et 163 estomacs de maquereaux, dans le cadre du projet VARITROPH. La période de télétravail a cependant permis de réaliser une vérification de l'ensemble des données de biométrie des poissons, et d'analyse des contenus stomacaux, par comparaison entre les feuilles de paillasse, les photos des proies et les données présentes dans la base de données archivées.

2.2.5. Contribution aux avis/expertise

Pierre Cresson a participé, en tant que co-chair, au sous groupe du RCG, tenu en visio conférence du 8 au 12 juin 2020, et dédié à la mise en place de la collecte coordonnée au niveau européen des données trophiques issus des contenus stomacaux.

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 restructuré 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 second porte sur l'évaluation des stratégies de gestion dans un contexte de changement global. Les cinq travaux de recherche mis en avant cette année s'inscrivent essentiellement sur des problématiques du second axe. Ils portent ainsi sur la gestion spatialisée du domaine maritime et l'impact des autres activités humaines sur le milieu marin, aux travers du développement de méthodes objectives de régionalisation dynamique de l'espace maritime (physique, biologique et activité humaine) en appui à la gestion (2.3.2.1) et l'évaluation de l'impact de champs éoliens sur la chaîne trophique à l'aide d'un modèle écosystémique (2.3.2.2). Les deux autres travaux s'inscrivant dans l'axe deux se focalisent sur l'évaluation combinée de l'impact de la pression de pêche et de la variabilité environnementale sur les outils et stratégies de gestion. Dans un premier temps, la réponse de différents indicateurs écosystémiques est évaluée en s'appuyant sur l'analyse de simulations de modèles écosystémiques d'augmentation de pression de pêche combinée à différents niveaux de variation de productivité. Dans un second temps, une évaluation de stratégies de gestion de pêche prenant explicitement en considération la variation de productivité (zooplancton) est mise en place en utilisant deux modèles écosystémiques appliqués à deux écosystèmes contrastés, le California Current et les mers Nordiques et de Barents. Enfin, le dernier travail qui s'inscrit dans l'axe un, synthétise les travaux d'évaluation des stocks de raies de Manche-mer du Nord élaborés durant le projet SUMARiS. Ces travaux ont pu être présentés durant le groupe de travail WGEF de 2020 (2.3.1.1).

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, RCG NANS&EA, DCF) et aussi de collecte des données, notamment via les enquêtes activités et économiques réalisées entre Cherbourg et Dunkerque. En 2020, une étude de l'impact de la pandémie de Covid19 a été réalisée avec comme double objectif, d'évaluer l'impact sur l'activité de pêche mais aussi l'impact sur la collecte de données, tout cela afin de mieux informer les groupes d'expertise à venir en 2021. Cet axe inclut également un grand nombre de participation à des groupes de travail (ICES, CSTEP), liés notamment aux évaluations de stocks exploités mais aussi aux autres activités humaines. Ces travaux ont porté sur la Manche, la Mer du Nord et aussi l'Antarctique.

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

2.3.1.1 Méthode d'évaluation de stock à données limitées et mise en évidence de stratégies de rétention différenciées d'espèces de raies de Manche-mer du Nord

Amelot M, Batsleer J, Foucher E, Girardin R, Marchal P, Poos JJ, and Sys K, in prep, Evidence of retention patterns in the English Channel and North Sea Rajidae complex fishery. *Fisheries Research*.

Les espèces accessoires telles que les raies sont rarement évaluées à l'aide de modèles analytiques d'évaluations de stock. Cependant, les caractéristiques de leurs traits d'histoire de vie augmentent leur vulnérabilité à la pêche. En Manche Orientale et mer du Nord, les principales espèces de raie sont *Raja clavata*, *Raja brachyura* et *Raja montagui*. L'ensemble des données nécessaires à une évaluation de stock analytique ne sont pas disponibles pour ces stocks, en particulier les données de rejets et une reconstruction des données de captures est mise en place pour alimenter l'analyse. Un modèle bayésien multi-espèces de production de biomasse qui suit séparément les débarquements et rejets est appliqué à ces stocks pour pallier le manque de certaines données. Tous les stocks sont effondrés dans les années 1990 et sont

actuellement en reconstitution. Cependant, leurs vitesses de reconstitution sont différentes, *R. clavata* étant la plus rapide et *R. brachyura* la plus lente (Figure 2.3.1). De plus les stratégies de rétention diffèrent pour les différentes espèces. La mesure de gestion en place est un TAC commun pour toutes les espèces de *Rajidae*. Les différences de vulnérabilités entre les différents stocks de *Rajidae* pourrait s'expliquer par une variabilité des traits d'histoire de vie et une stratégie de rétention différentes. Ce second facteur, habituellement non pris en compte dans les évaluations de stocks à données limitées, est particulièrement pertinent pour les espèces de poissons cartilagineux très rejetées.

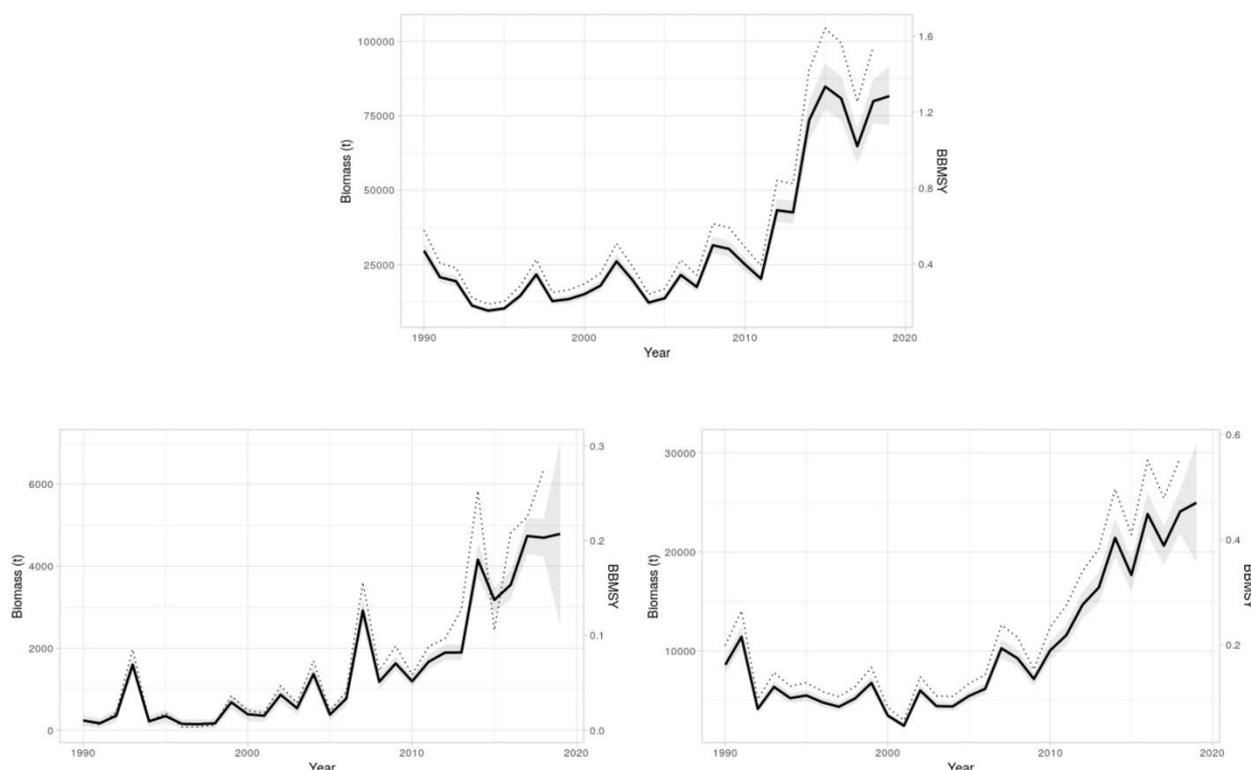


Figure 2.3.1. Biomasses absolues et relatives (B/BMSY) estimées par le modèle bayésien (1990-2019). La ligne noire présente la moyenne, la zone grise l'intervalle de confiance à 95% et la ligne grise en pointillé les indices d'abondance utilisés dans l'analyse à l'échelle de la biomasse absolue.

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

2.3.3.1 Planification spatiale du domaine maritime : cas de la régionalisation de la baie de Seine et généralisation pour l'ensemble des eaux européennes

Ouest-France, “Brest. Les Normands de « Marine Analyst » qualifiés pour la finale du 5^{ème} Océan Hackathon,” 25 Octobre 2020, <https://www.ouest-france.fr/mer/brest-les-normands-de-marine-analyst-qualifies-pour-la-finale-du-5e-ocean-hackathon-7028682>

La baie de Seine est un espace maritime ambivalent dans ses services écosystémiques. Cet espace abrite de nombreuses zones d'importance écologique tout en supportant les pressions

exercées par de nombreuses activités anthropiques. Ainsi plus d'un tiers de la surface de la baie de Seine (1325 km²) inclut 15 zones d'intérêt écologique, insérées dans un canevas de protection réglementaire, alors que le maintien des activités humaines (pêche, extraction de granulats...) et leurs développements (parcs éoliens, trafic maritime...) impactent l'écosystème afférent dans son ensemble, depuis son fonctionnement physico-chimique jusqu'à la modification des assemblages biologiques.

La complexité induite par cette ambivalence fait de cet espace maritime un lieu remarquable où la dynamique des communautés biologiques est influencée par les effets combinés de la variabilité de l'environnement et des activités humaines. Ainsi, de nombreuses études ont participé à l'amélioration de la compréhension de ces dynamiques à différents niveaux biologiques. Ces approches restent cependant limitées dans le temps ou dans l'espace, et se focalisent sur un nombre réduit d'espèces ou de processus. Par ailleurs, il est rare que les données qui supportent ces études soient accessibles empêchant ainsi leurs réutilisations (et questionnant la répétabilité des résultats obtenus).

Dans ce contexte, nous travaillons à la mise en œuvre d'une zonation objective de l'espace maritime s'appuyant sur les portails de distribution des données (EMODNET, Copernicus, ICES, OBIS, GBIF...). Cette zonation résume les variabilités spatiales et temporelles des différents compartiments qui structurent la dynamique des écosystèmes marins (physique, biologie et activités humaines), et devra pouvoir venir en appui aux démarches de planification spatiale encadrée par la directive européenne du même nom. Les travaux initiés en 2020 se sont appuyés sur le stage de Master 2 de Jehanne Rivet encadrée par Thibault Cariou et Laurent Dubroca et ont permis d'élaborer une zonation complète de la baie de Seine (Figure 2.3.2). Ces travaux ont été valorisés par leur intégration au sein de la plate-forme du Marine-Analyst en collaboration avec l'association du Village Virtuel qui développe cette plate-forme. La présentation de l'outil généralisé à l'ensemble des mers européennes lors du OceanHackathon 2020 de Brest a permis de remporter le premier prix de ce hackathon.

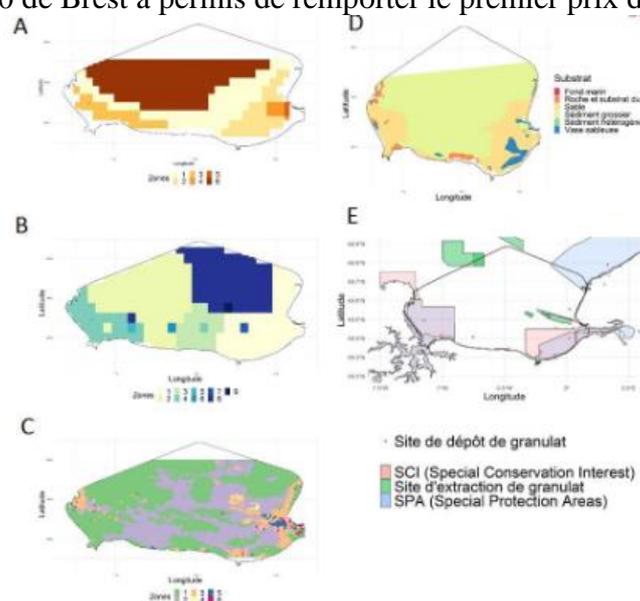


Figure 2.3.2. identification des zones caractéristiques de fonctionnements homogènes de la baie de Seine (A : physique, B : communautés biologiques, C : activités anthropiques, D : substrat, E : découpage réglementaire).

2.3.3.2 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.-M., Raoux, A., Dauvin, J.C., Ben Rais Lasram, F., Foucher, E., Le Loc'h, F., Safi, G., Aраignous, E., Robin, J.P., Niquil, N., 2020. A spatial food web model

to investigate potential spillover effects of a fishery closure in an offshore wind farm. *Journal of Marine Systems* 212, 103434. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103434>

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 mise en place pour étudier les effets potentiels de la mise en place d'un parc éolien offshore dans la baie de Seine. Ce modèle a été utilisé pour évaluer les effets d'une zone d'exclusion à l'intérieur et aux alentours du parc éolien. Plusieurs indicateurs 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 les indicateurs (exp. niveau trophique moyen, MTI, captures, biomasses) 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 (Figure 2.3.3).

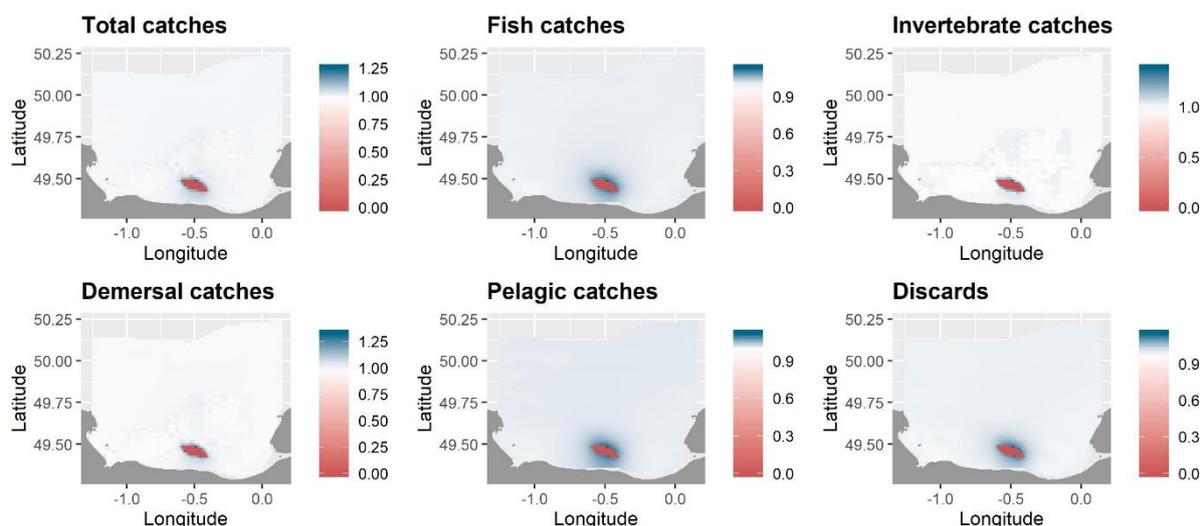


Figure 2.3.3. Les effets d'une fermeture totale du parc éolien sur les captures. Les zones bleues correspondent à une augmentation des captures par rapport au scénario de référence alors que les zones rouges correspondent à une baisse des captures par rapport au scénario de référence.

2.3.3.3 Evaluation de règles de gestion intégrant explicitement des interactions trophiques via l'utilisation de modèle écosystémique.

Kaplan, I C, Hansen C, Morzaria-Luna H N, **Girardin R**, et Marshall K N. 2020. Ecosystem-Based Harvest Control Rules for Norwegian and US Ecosystems. *Frontiers in Marine Science* 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00652>

L'évaluation des stratégies de gestion est maintenant largement utilisée dans le cadre de la gestion des pêches mono-spécifique, et utilise très souvent un modèle opérationnel simple qui projette la dynamique de population d'une espèce dans le temps. Cependant, une gestion écosystémique des ressources implique très souvent de devoir faire des compromis entre différentes espèces et prendre en compte l'interaction de pressions multiples. Dans cet exemple, des modèles opérationnels complexes sont utilisés, les modèles écosystémiques multi-espèces appliqués au California Current et aux mers Nordiques et de Barents, pour pouvoir tester des règles de gestion qui prennent explicitement en compte les interactions proies/prédateurs et les besoins en ressources des prédateurs et de la pêche. Plus spécifiquement dans le modèle Atlantis nous nous concentrons sur comment la disponibilité des ressources (zooplancton) affecte les performances des règles de gestion appliquées aux espèces cibles et comment ces règles peuvent prendre en compte les fluctuations de productivité du zooplancton liées à l'environnement. Dans un premier temps, en accord avec les études basées sur des modèles opérationnels mono-spécifiques, nous avons montré que comparé à une politique basée uniquement sur une mortalité par pêche au rendement maximum durable (F_{RMD}), l'application d'un seuil de biomasse ($B_{trigger}$, comme utilisé par le CIEM) conduit à une biomasse plus importante à long terme pour les espèces ciblées, le merlu du Pacifique (*Merluccius productus*) dans le California Current et le maquereau (*Scomber scombrus*) en mer Nordiques et de Barents. Les performances de captures des espèces ciblées varient selon le niveau de biomasse et la trajectoire de reconstitution des différents stocks simulés. Dans un deuxième temps, l'utilisation d'une règle de gestion liant la biomasse des proies (zooplancton) à la mortalité par pêche de l'espèce cible entraîne une augmentation de la variabilité des captures en lien avec la fluctuation de la productivité des proies. Finalement, le test d'une règle de gestion qui augmente la pression de pêche quand la productivité du zooplancton diminue a un effet potentiellement important sur l'ensemble de l'écosystème. Cette expérience nous a montré qu'il était possible de tester des mesures de gestion prenant en considération les variations environnementales au moyen des modèles end-to-end, qui ont la capacité de répercuter les effets de la gestion sur l'ensemble de l'écosystème (Figure 2.3.4). L'étude actuelle ne prend pas encore en compte les incertitudes liées aux observations et/ou à l'évaluation des stocks normalement introduites dans une évaluation de stratégies de gestion standard. La prise en compte de ces incertitudes permettrait d'estimer les risques de ne pas atteindre les objectifs de gestion.

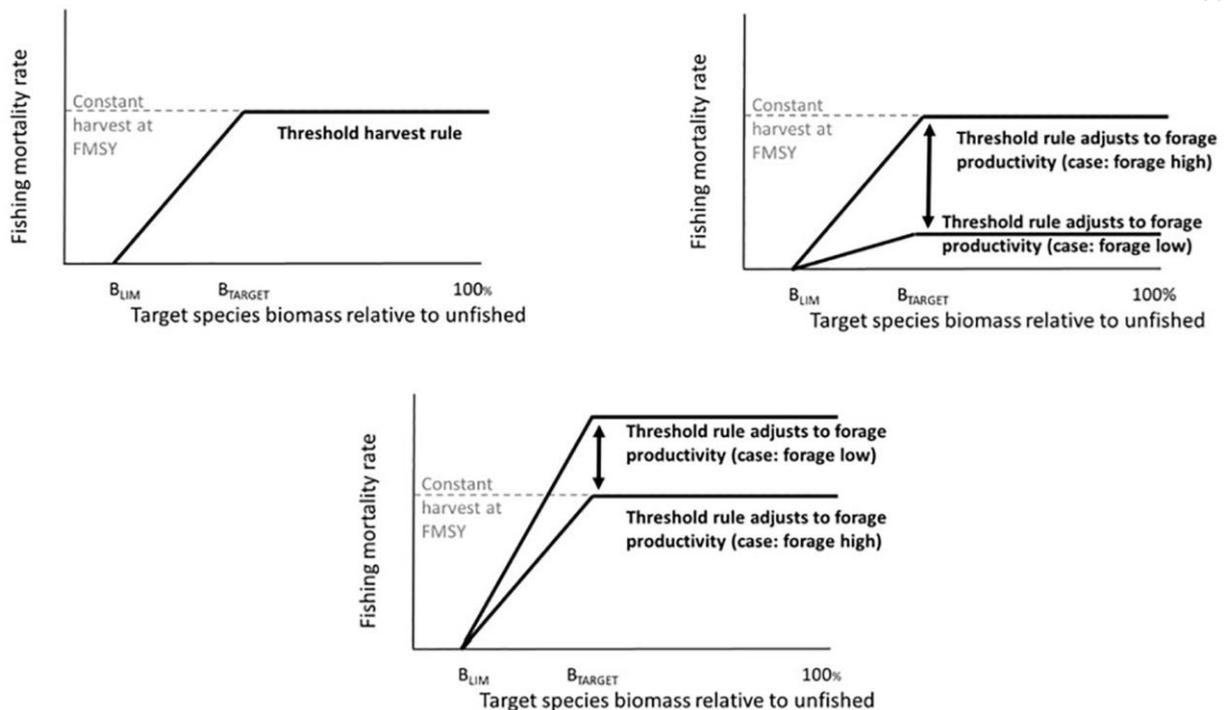


Figure 2.3.4. Présentation schématique des règles de gestion testées, en haut à gauche application d'une mortalité par pêche au F_{RMD} avec ou sans seuil de biomasse, en haut à droite un ajustement à la baisse du F_{RMD} pour une productivité faible des proies incluant un seuil de biomasse et en bas une augmentation du F_{RMD} pour une productivité faible des proies incluant un seuil de biomasse.

2.3.3.4 La réponse des indicateurs écologiques à la pression de pêche sous des conditions environnementales variables : explorer la non-linéarité et les seuils.

Fu, C, Xu, Y, Grüss, A, Bundy, A, Shannon, L, Heymans, J J, **Halouani, G**, Akoglu, E, Lynam, C P, Coll, M, Fulton, E A, Velez, L, Shin, Y-J, 2020. Responses of ecological indicators to fishing pressure under environmental change: exploring non-linearity and thresholds. *ICES Journal of Marine Science* 77, 1516–1531.

<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz182>

Les écosystèmes marins sont influencés par de multiples facteurs de stress, de manière linéaire et non linéaire. Afin d'étudier la réponse des écosystèmes à ces différentes pressions, 14 indicateurs écologiques ont été explorés dans 10 écosystèmes marins en utilisant des modèles additifs généralisés (GAMs). Ces modèles ont été ajustés à des sorties de simulations multi-modèles et multi-écosystèmes afin d'évaluer leurs réponses aux pressions de pêche. Le plan de simulation a été construit en prenant en compte trois stratégies de pêche ciblant les bas, les hauts et tous les niveaux trophiques, ainsi quatre scénarios de changement de productivité primaire (changement directionnel et aléatoire pour approximer les changements environnementaux).

Les principaux résultats de ce travail (Figure 2.3.5) sont :

- Les réponses des indicateurs à la mortalité par pêche en terme de direction, seuil et forme dépendent de la stratégie de pêche considérée.
- La plupart des indicateurs écologiques montrent des tendances à la baisse suite à l'augmentation de la mortalité par pêche à part quelques exceptions qui dépendent du type de stratégie de pêche.

- La plupart des indicateurs répondent à la mortalité par pêche de manière linéaire, en particulier les indicateurs basés sur la communauté et la biomasse.
- L'apparition d'un seuil pour les modèles non linéaires n'est pas répandue dans l'intervalle des taux de mortalités par pêche qui ont testées.

Les conclusions de cette étude fournissent une base de connaissances sur la réponse des indicateurs sous différents niveaux de pression de pêche et de productivité primaire, ce qui pourrait aider à la gestion écosystémique de la pêche dans les écosystèmes exploités.

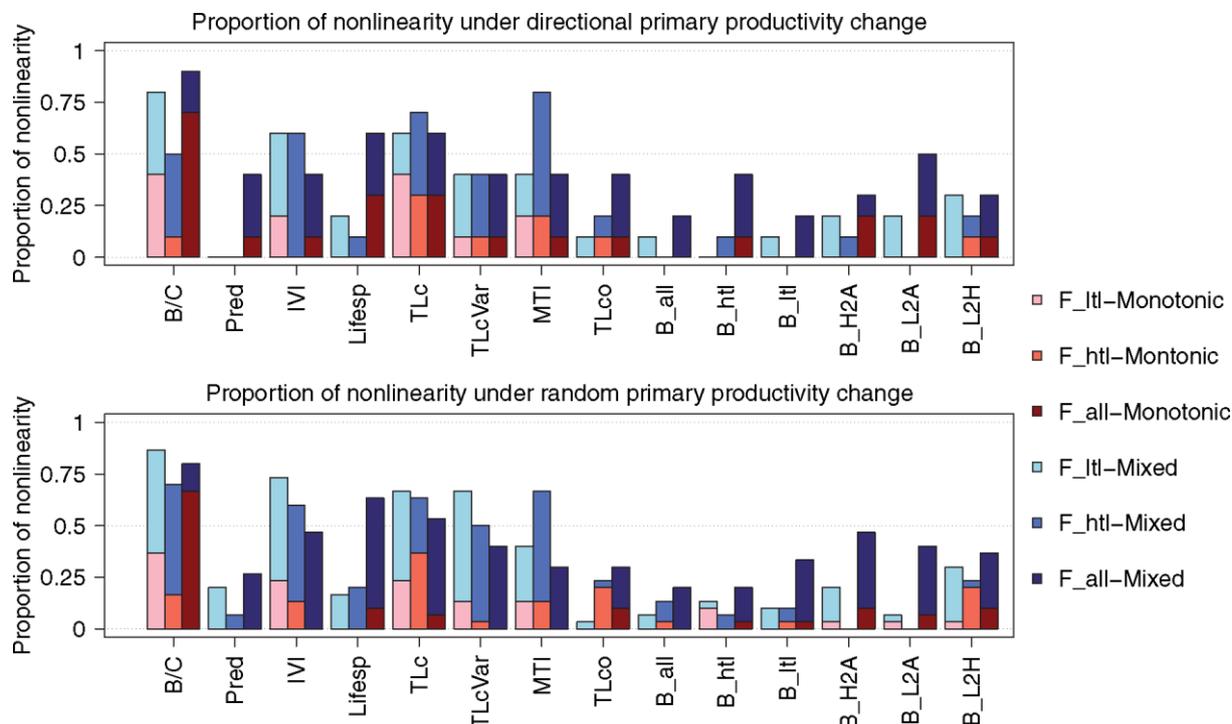


Figure 2.3.5. Proportion des GAMs non linéaires pour différentes stratégies de pêche (F_ltl : stratégie ciblant les bas niveaux trophiques, F_htl : stratégie ciblant les hauts niveaux trophiques, et F_all : stratégie ciblant tous les niveaux trophiques) pour chacun des 14 indicateurs. Deux types de changements de productivité primaire ont été considérés: (haut) directionnel et (bas) aléatoire. Les résultats ont été moyennés sur les 10 écosystèmes marins.

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

2.3.3.1 Organisation des flux de données au niveau européen

Groupe de Travail PGDATA

ICES. 2020. Planning Group on Data Needs for Assessments and Advice (PGDATA). ICES Scientific Reports. 2:105. 36 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7571>

Le groupe de travail PGDATA du CIEM est un groupe travaillant sur les thématiques liées à la qualité des données halieutiques (PGDATA). Cette thématique est traitée par l'IFREMER au sein du SIH pour la gestion des bases de données et par CREDO pour les questions relatives à la qualité des données (échantillonnages, détection d'outliers...). La participation à ce groupe permet de suivre cette thématique à l'échelle européenne. Pour la mise en place du format d'échange de données pour les bases de données régionales, nous sommes moteurs dans l'implémentation du nouveau format et des méthodes de traitement associées (voir le dépôt <https://github.com/ldbk/fishPifct>). Un cadre de l'unité HMMN a été nommé chairman du groupe PGDATA pour la période 2017-2020, et un autre cadre HMMN nommé chairman du groupe de statisticiens travaillant sur l'optimisation de l'échantillonnage (WK COSTBEN) en lien avec PGDATA.

Groupe de Travail RCG NANS&EA

Le groupe de travail RCG NANS&EA (Regional Coordination Group for North Atlantic, North Sea and Eastern Arctic) du CIEM est un groupe travaillant sur la coordination de la collecte de donnée prévue dans la DCF au niveau de la zone Atlantique Nord, Mer du Nord et Est Arctique. Ce groupe propose la mise en place de zones d'échantillonnage régional afin d'évaluer la faisabilité de mettre en place des plans d'échantillonnage internationaux et non plus nationaux afin de mutualiser les efforts entre les différents états membres. Ce groupe se réunit une fois par an et l'IFREMER joue un rôle actif dans l'élaboration de ces nouveaux plans d'échantillonnage. Un cadre de l'unité HMMN participe à ce groupe de travail ainsi qu'au groupe LM (Liaison Meeting) qui regroupe l'ensemble des agents impliqués dans les différents RCGs.

2.3.3.2 Enquêtes d'activité des navires

En 2020, 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 2019. 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". L'unité a en charge les « portefeuilles » de navires appartenant aux quartiers maritimes Dunkerque, Boulogne s/mer, Dieppe, Fécamp, Le Havre, Caen et Cherbourg.

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

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

L'activité de navires a ainsi été suivie par l'unité HMMN, dont 30 % par enquêtes directes (Tableau 2.3.1).

Tableau 2.3.1. Bilan 2020 des enquêtes « activités » portant sur l'année 2019.

Quartier Maritime	Nb de navire inscrit au FPC	Nb de calendrier complets	Nb d'enquêtes directes
Dunkerque	10	10	3
Boulogne Sur Mer	118	118	38
Dieppe	90	90	52
Fécamp	29	29	11
Le Havre	21	21	9
Caen	191	191	58
Cherbourg	268	268	53
TOTAL	727	727	224

2.3.3.3 Enquêtes économiques

Chaque année depuis 2001, les enquêtes économiques nationales sont relancées au mois de mars. 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). Néanmoins, compte tenu de la crise sanitaire liée à l'épidémie de Covid-19, la réalisation de ces enquêtes n'a pas pu avoir lieu en 2020.

2.3.3.4 Suivi de l'impact du Covid 19 sur la pêche

La crise sanitaire et la période de confinement puis de déconfinement progressif a conduit les entreprises de pêche à adapter leur activité et a eu également des impacts sur la collecte et la réception des flux de données halieutiques, particulièrement en ce qui concerne les navires non géolocalisés.

La mise en place des enquêtes de suivi de l'impact du Covid 19 sur la pêche maritime professionnelle avait un objectif double : Dans un premier temps, l'objectif de renforcer la connaissance de l'activité de pêche des flottilles françaises durant cette crise et d'évaluer les impacts socio-économiques puis d'anticiper le manque de données et de faciliter, en 2021, la reconstitution de l'activité des navires de pêche professionnelle.

Ainsi, 181 enquêtes de ce type ont été réalisées sur les quartiers de Dunkerque, Boulogne s/mer, Dieppe, Fécamp, Le Havre, Caen et Cherbourg. La répartition par quartier est présentée dans le tableau 2.3.2 ci-dessous.

Tableau 2.3.2. Nombre de navire enquêtés par quartier maritime dans le cadre du suivi de l'impact de la crise sanitaire

Quartier Maritime	Nb de navire enquêté Suivi impact Covid-19
Dunkerque	5
Boulogne Sur Mer	46
Dieppe	25
Fécamp	8
Le Havre	8
Caen	44
Cherbourg	45
TOTAL	181

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 2020 dans le cadre du Thème 3. Extrait de :

<https://w3z.ifremer.fr/ederu/Expertise-internationale/GT-internationaux/Planning-participations/2020>

Client	Instance	WG	Intitulé	Jours	Rôle principal
CCFC	CCFC	Morue3Ps	Evaluation morue 3Ps - St John Terre Neuve (octobre)	4	Participation

CCFC	CCFC	Conseil	Conseil Consultatif franco-Canadien – Paris, mars 2020	3	Participation
EU (PCP)	CIEM	HAWG	Herring Assessment Working Group for the Area South of 62°N (visioconférence, 17-25/03/2020)	9	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGWIDE	Working Group on Wide Stocks (visioconférence, 26/08-1/09/2020)	7	Participation
EU (PCP)	CIEM	WGNSSK	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (visioconférence, 22/04-1/05/2020)	11	Co-présidence et Coordination évaluation plie VIIId et rouget barbet de mer du Nord
EU (PCP)	CIEM	WGNSSK - Pout	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak, Tacaud Norvégien (visioconférence, 22-24/09/2020)	3	Co-présidence
EU (PCP)	CIEM	WGNSSK - Reopening	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak, évaluation des stocks de Langoustine (visioconférence, 05-06/10/2020)	2	Co-présidence
EU (PCP)	CIEM	WGSCAL	Scallop Assessment Working Group (visioconférence, 7-11/10/2019)	4	Coordination évaluation coquille St Jacques VIIId
EU (PCP)	CIEM	WGCHAIRS	Annual Meeting of Advisory Working Group Chairs (Copenhague, 28-30/01/2020)	3	2 Participations
EU (PCP)	CIEM	WKNSROP	Workshop on the North Sea reopening protocol (visioconférence, 24-27/08/2020)	4	Participation
EU (PCP)	CIEM	PGDATA	Planning Group on data (Copenhague, 20-24/01/2020)	5	Présidence
EU (PCP)	CIEM	WGCATCH	Working Group on Commercial Catches		Participation
EU (PCP)	CIEM	WKFlatNSCS	Benchmark Workshop for Flatfish stocks in the North Sea and Celtic Sea (Copenhague, 17-21/02/2020)	5	2 Participations
EU (PCP)	CIEM		Steering Group chairs meeting (visioconférence, 04/11/2020 & 10/12/2020)	2	Participation
EU (PCP)	CIEM	ADGNS	Advice drafting group of North Sea advice		Participation
EU (PCP)	CIEM	ADGPOUT	Advice drafting group of North Sea Norway pout advice		Participation
EU (PCP)	CIEM	ADG Reopening	Advice drafting group of North Sea Norway Nephrops advice		Participation
EU (PCP)	DG-MARE	RCG	Regional Coordination Group for North Atlantic, North Sea and Eastern Arctic (NANS&EA)	5	Participation
EU (PCP)	DG-MARE	LM	Liaison Meeting (tous RCG + end users + UE DG-MARE)	3	Participation
EU (PCP)	CSTEP		STECF-EWG-20-16 National Work Plan DCF reporting	5	Participation
EU (PCP)	CSTEP		STECF-EWG-20-08 Annual report DCF meeting	5	Participation
EU (MSFD)	CIEM	WKD3Lists	Workshop to review the lists of commercial species under MSFD D3 (visioconférence, 22-30/06/2020)	9	Participation
CIEM	CIEM	WGRME	Working Group on Marine Renewable Energy		Participation
CIEM	CIEM	WGEXT	Working Group on the effects of Extraction of Marine Sediment on the Marine Ecosystem (visioconférence, 27-30/04/2020)	4	Participation

UN	IPBES		Workshop on building forecast scenarios and modelling on biodiversity and ecosystem services		Participation
Traité de Granville	Autres		Stocks des Iles Anglo-Normandes		2 Participations

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 2020 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 et de la région de Terre-Neuve-et-Labrador, en appui à la Politique Commune des Pêches (PCP) européenne et la Direction de la gestion des pêches de la région de Terre-Neuve-et-Labrador. L'Unité HMMN représente également l'Ifremer dans plusieurs groupes de travail du CSTEP et de DG-MARE centrés sur l'évaluation des productions de la DCF, l'organisation des plans de travail de la DCF à différentes échelles régionales. 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 participe également depuis 2020 aux travaux de l'IPBES sur la construction de scénarios futures de projection de la biodiversité et des services écosystémiques. L'Unité HMMN participe aux comités créés dans le cadre du Traité de la baie de Granville, qui définit les frontières maritimes entre la France et Jersey, et fixe les conditions d'exploitation des ressources halieutiques partagées entre les 2 états. Enfin, l'unité s'est impliquée dans les groupes de travail évaluant les activités humaines autres que la pêche tels que les énergies marines renouvelables et les extractions de granulats. En 2020, des agents de l'unité ont pris en charge la présidence du groupe d'évaluation des stocks de Manche mer du Nord (WGNSSK), du groupe PGDATA sur la planification des collectes de données ainsi que celle du Steering Group du CIEM « Observation des écosystèmes » (EOSG).

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...

Revue du D3 de la MSFD (WKD3List):

ICES. 2021. Workshop to review and progress the reported lists of EU MSFD Descriptor (WKD3Lists). *ICES Scientific Reports*. 2:82. 128 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7467>

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 2020. 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 2020, B est la biomasse estimée pour 2020 (B_{2020}). 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 2020, F est la mortalité pour 2019 (F_{2019}). Extrait de :

<https://w3z.ifremer.fr/ederu/Diagnostics-Avis/Diagnostics-et-Avis-CIEM/Diagnostics-et-Avis-CIEM-2020>.

Cases F/F_{pa} , F/F_{msy} , B/B_{pa} , B/MSY - $B_{trigger}$:

B : biomasse de reproducteurs estimée au début de l'année au cours de laquelle l'évaluation du stock a lieu (année n).

NB. 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.

	$B < B_{lim}$ 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 $B > MSY - B_{trigger}$

NB. Si avis = 'pas de captures', la case correspondante à $MSY - B_{trigger}$ est coloriée en violet  ; et pour les stocks de catégorie 3-6, la case correspondante à B_{pa} est coloriée en rouge 

?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 **ET** pas de point de référence

(l'éventuelle coloration reflète une forte présomption)

'proxy' indique que ce stock a été classifié au regard de $MSY_{proxies}$

Information sur la case F/F_{plan} :

Lorsque qu'un **plan de gestion** existe ou que la fourchette autour de F_{msy} a été définie :

	F non conforme au plan / supérieure à la valeur haute de la fourchette autour de F_{msy}
	F conforme au plan / dans la fourchette ou inférieure à la valeur basse de la fourchette autour de F_{msy}
	? F supérieure à la valeur haute de la fourchette autour de F_{msy} mais plan non considéré
	? F inférieure à la valeur basse de la fourchette autour de F_{msy} mais plan non considéré

dans cette case est indiqué, pour les **stocks de catégories 3 à 6**, dans quelle mesure la réduction de précaution est appliquée ou non :

	x Réduction de précaution appliquée précédemment, non considérée cette année
	x Réduction de précaution non appliquée
	x Réduction de précaution appliquée

cette case est également utilisée pour identifier les stocks pour lesquels **aucun avis n'est demandé** :

-	Pas d'avis demandé
---	--------------------

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
- pas de tendance significative
- + pas de tendance significative mais augmentation estimée au cours de la dernière année
- pas de tendance significative mais diminution estimée au cours de la dernière année

↘ ou ↗ indiquent une évolution à la baisse ou à la hausse non complètement significative.
+ ou - indiquent l'absence de tendance, mais l'évolution estimée au cours de la dernière année.

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 avis : variation entre la valeur des captures recommandées pour l'année n+1 et celle de l'avis de l'année précédente.

En grisé, les stocks pour lesquels les avis rendus précédemment sont toujours valides

Stock	Statut	2.3.4.2. B/B _{pa}	F/F _{pa}	F/F _{msy}	F/F _{plan} (ou pa buffer pour cat 3 : « X »)	B/MSY-B _{trigger}
Mer de Barents – Pêcherie du plateau						
Morue (1,2)	En bon état	2.97	0.85	0.85		2.97
Eglefin (1,2)	Surpêché	3.04	0.81	1.09		3.04
Lieu noir (1,2)	En bon état	2.51	0.66	?Ref?		?Ref?
Mer du Nord – Pêcherie du plateau						
Sole (4)	Surpêché et dégradé	0.81	0.89	1.30		0.81
Plie (4)	En bon état	4.32	0.45	0.79	?	2.22
Turbot (4)	Surpêché	2.02	0.79	1.03	?	1.32
Limande (3a,4)	En bon état	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy	-	proxy
Flet (3a,4)	Non surpêché	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy	-	?
Lieu jaune (3a,4)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?
Raie radiée (2,3a,4)	Effondré	?B?Ref?	?F?Ref?	?		?
Raie fleurie (3a,4)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Pocheteaux gris	Effondré		?F?Ref?	?	-	?
Mer du Nord – Manche Est - Pêcherie pélagique						
Hareng (3a,4,7d)	Reconstituable	1.43	0.59	0.68		0.92
Chinchard (3a,4bc,7d)	Surpêché (et dégradé)	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy	x	?
Mer du Nord + Ouest Ecosse – Pêcherie du plateau						
Lieu noir (3a,4,6)	Surpêché	1.12	1.03	1.27	?	1.12
Eglefin (3a,4,6)	En bon état	1.73	0.65	0.91	?	1.73
Cardine (4a,6a)	En bon état	2.92	?Ref?	0.45		2.92
Baudroies (3a,4,6)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie lisse (4a,6)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Mer du Nord + Manche Est – Pêcherie du plateau						
Morue (3a,4,7d)	Effondré	0.37	1.64	2.06	?	0.37
Merlan (4,7d)	Surpêché	1.02	0.64	1.22	?	1.02
Bar (4bc,7a,7d-h)	Reconstituable	0.76	0.53	0.57		0.76
Rouget barbet (3a,4,7d)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?

Limande sole (3a,4,7d)	Non surpêché	?B?Ref?	?Ref?	proxy	x	?
Balai (3a,4,7d)	Surpêché	1.19	1.00	1.30		1.19
Gronchin gris (3a,4,7d)	Non surpêché	?B?Ref?	?Ref?	proxy	-	?
Petite roussette (3a,4,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie lisse (4c,7d)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie bouclée (3a,4,7d)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie douce (3a,4,7d)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Autres raies (3a,4,7d)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?
Mer du Nord + Manche – Pêcheurie du plateau						
Stock	Statut		F/F _{pa}	F/F _{msy}	F/F _{plan}	B/MSY-B _{trigger}
Barbue (3a,4,7de)	En bon état	?Ref?	?Ref?	proxy	x	proxy

Stock	Statut	2.3.4.4. B/B _{pa}	F/F _{pa}	F/F _{msy}	F/F _{plan} (ou pa buffer pour cat 3 : « X »)	B/MSY-B _{trigger}
Manche Est – Pêcheurie côtière (et du plateau)						
Sole (7d)	En bon état	?Ref?	?Ref?	proxy	x	proxy
Plie (7d)	Surpêché	1.50	0.83	1.20		1.50
Manche – Pêcheurie côtière (et du plateau)						
Raie méele (7de)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie brunette (7de)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Manche Ouest – Pêcheurie côtière (et du plateau)						
Sole (7e)	En bon état	2.18	0.78	0.86		2.18
Plie (7e)	Surpêché	2.23	0.45	1.20		2.23
Raie lisse (7e)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie bouclée (7e)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Ouest Ecosse – Mer Celtique - Pêcheurie du plateau						
Lieu jaune (6,7)	En bon état	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy	x	?
Grande roussette (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Petite roussette	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Chien espagnol (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?
Raie douce (6,7b)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie circulaire (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie chardon (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Pocheteaux gris (D.sp) (6,7a-c,e-j)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?
Autres raies (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?

2.3.4.5. Expertise nationale

Réunions avec l'administration et les professionnels de la pêche

L'Unité a participé en 2020 à 16 réunions sollicitées par l'administration, dont 14 sollicités par la DPMA, 2 par les services départementaux et inter-régionaux de l'Etat, dans le cadre de la Convention-Socle DPMA (Tableau 2.3.5).

Tableau 2.3.5. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec l'administration en 2020.

Organisation professionnelle	Nombre de réunions
DPMA	14
DIRM MMN	2
Total	16

L'équipe de l'Unité HMMN a participé à 24 réunions avec les professionnels (dont 21 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), le Comité National des Pêches Maritimes (CNPMM) et les organisations de producteurs (OPN, From Nord). 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) et la gestion d'espèces invasives (crépides). 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 (OP From Nord, FFP, OFB).

Tableau 2.3.6. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec les organisations professionnelles en 2020.

Organisation professionnelle	Nombre de réunions
CNPMM	6
From Nord	6
CENOPAC	5
CRPMEM Normandie	3
OFB	1
CCEOS	1
FFP	1
OPN	1
Total	24

3. Perspectives de l'année N+1

3.1. Mouvements de personnel

3.1.1. Personnel permanent

La gouvernance de l'Unité HMMN changera en Mars 2021 avec un nouveau responsable d'unité (Kélig MAHE, à compter du 18 mars 2021), un nouveau chef du laboratoire RH de Port-en-Bessin (Laurent DUBROCA, à compter du 1^{er} mars 2021) et un nouveau chef du laboratoire RH de Boulogne s/mer (en cours de nomination). Par ailleurs, un départ en retraite est attendu, celui de Franck COPPIN en juin 2021.

3.1.2. Doctorants et post-doctorants

Il y aura en 2021 cinq doctorants au sein de l'Unité HMMN, dont trois en troisième année (Thibault CARIOU, Léa JOLY, Alaia MORELL) et deux en première année de thèse (Carine SAUGER, Camille VOGEL). Marine BALLUTAUD, une étudiante en thèse de troisième

année rattachée à l'UMR LOG (Directeur de thèse : Sébastien LEFEBVRE), sera également co-encadrée au sein de HMMN. L'équipe HMMN encadrera enfin trois post-doctorants dans le cadre du CPER MARCO et du projet MAESTRO : Maysa ITO ainsi que deux autres post-doctorants dont les recrutements sont actuellement en cours.

3.1.3. Etudiants en contrat d'apprentissage

Il y aura en 2021 deux étudiantes en contrat d'apprentissage (Master 2 FOGEM, Université de Lille) : Alizée HACHE (otolithométrie) et Sarah WERQUIN (rôle trophique des parasites). Enfin, un contrat de M2 en alternance portant sur l'écologie du zooplancton commencera au 2^{ème} semestre 2021.

3.1.4. Personnel en CDD

Jehanne RIVET et Camille MERLAND poursuivront en 2021 leurs travaux consacrés à l'étude des nourriceries pour la première, et à l'analyse d'échantillons de plancton sub-Antarctique pour la seconde. En outre, le CDD de Guillaume LESCOUTE, technicien spécialisé en aquariologie impliqué dans l'installation opérationnelle du plateau expérimental d'écologie planctonique à Nausicaa, se poursuivra courant 2021 (CPER MARCO). Enfin, trois CDDs sont en cours de recrutement dans le cadre de la *Convention Halieutique*: deux d'entre eux conduiront les enquêtes d'activité et les enquêtes économiques sur les sites de Boulogne et Port-en-Bessin courant 2021, et le troisième effectuera les dissections et les analyses de contenus stomacaux de poissons collectés lors de campagnes à la mer.

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.

Une des principales actions menées en 2021 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 a été signé par toutes les parties en mai 2020 pour une durée de quatre ans. Pour rappel, cet accord a pour but de définir les conditions applicables aux actions de collaboration suivantes :

1. L'accueil et encadrement par Ifremer de stagiaires et de doctorants des Ecoles Doctorales des établissements de Normandie Université ;
2. Le rattachement possible de personnel de l'Ifremer titulaire d'une Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) à un laboratoire associé à une école doctorale des établissements de Normandie Université ;
3. La participation d'experts Ifremer à la mise en place d'enseignements dispensés au sein des établissements, en particulier au niveau des masters et des écoles doctorales ;
4. La participation commune à des programmes de recherche nationaux et internationaux ;
5. L'accueil de personnels de l'une des parties dans un laboratoire de l'autre partie ;
6. La réalisation commune de programmes de recherche en favorisant les co-directions de thèses et les HDR au sein des écoles doctorales ;
7. La mise à disposition des moyens techniques sur des programmes de recherche commun.

Suite à cet accord cadre, la demande de rattachement de la station Ifremer de Port-en-Bessin à l'école doctorale Ed-NBISE a été acceptée par l'Université de Caen Normandie en début 2021.

3.3. Projets de recherche

3.3.1. Projets acceptés et démarrant en 2021

Quatre projets de recherche, acceptés en 2020, démarreront en 2021, et sont décrits ci-dessous.

Le Projet MAESTRO:

Les océans contribuent à plus de 60 % des services écosystémiques monétisés. L'humanité dépend de manière critique des ressources marines telles que les poissons et les invertébrés benthiques pour sa sécurité alimentaire et économique. La pression par la pêche et le changement climatique affectant fortement la distribution et l'abondance des espèces à l'échelle mondiale, notre dépendance à l'égard des services écosystémiques des océans nous incite à mieux anticiper l'avenir des ressources marines et à proposer des stratégies de pêche adaptatives. Si de nombreuses projections sur la répartition future des espèces ont été produites, les modifications attendues sur le fonctionnement général des écosystèmes ont quant à elles reçu beaucoup moins d'attention de la part de la communauté scientifique et part la profession. Plus précisément, nous manquons de modèles et de scénarios intégrés permettant de mieux prévoir et anticiper les effets conjugués du changement climatique et de la pression de la pêche sur la diversité fonctionnelle des communautés marines qui elle détermine le fonctionnement de l'écosystème. En tirant parti des données disponibles sur les études à long terme des poissons et des invertébrés, les principaux objectifs du projet MAESTRO sont donc 1) de caractériser et d'évaluer les effets du climat et de la pêche sur la diversité fonctionnelle des communautés exploitées au cours des trois dernières décennies dans l'Atlantique du Nord-Est et la Méditerranée, 2) de prévoir comment les communautés exploitées réagissent (et réagiront) au réchauffement de 2021 jusqu'à la fin de ce siècle, et 3) d'identifier des stratégies de pêche alternatives ciblant de nouvelles combinaisons d'espèces en vue de minimiser les impacts sur le fonctionnement général des écosystème tout en préservant les mêmes niveaux de débarquement.

Ce projet, financé par FRB (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité) et FFP (France Filière Pêche), est composé de 21 personnes réparties dans 7 pays et 13 instituts, et d'un chercheur post-doctoral qui sera basé au Cesab (Montpellier). Le projet durera 3 ans au minimum.

Le Projet MATO

La maturité sexuelle définit l'étape du développement d'un organisme au cours de laquelle il acquiert la capacité de reproduire et participe alors à l'accroissement de la population. Par ses effets sur la croissance, la fécondité et la survie, l'âge à maturité est un trait d'histoire de vie déterminant de la dynamique des populations naturelles. En halieutique, l'âge à maturité est utilisé pour estimer la biomasse des reproducteurs d'un stock, et aide à déterminer un niveau d'exploitation en adéquation avec le maintien du stock par le renouvellement des générations. Au-delà de la gestion des stocks, collecter des informations sur l'âge à maturité d'une espèce participe à l'amélioration des connaissances sur la dynamique des populations exploitées. Ainsi les évolutions dans le temps de l'âge à maturité renseignent sur les effets du changement climatique sur ces populations, et les conséquences sur la phénologie de la reproduction. Les changements dans les âges à maturité sont aussi utilisés pour évaluer les effets de la pression de pêche sur les changements phénotypiques dans les populations. Enfin, l'âge à maturité étant lié à l'expression phénotypique des interactions entre génotype et environnement, il peut participer à mieux identifier les stocks et les sous-populations à l'intérieur de ceux-ci.

Dans ce cadre, le projet MATO (MATurité Objective des poissons par l'histologie quantitative, financement France Filière Pêche "Enjeux actuels" 2020-2023) vise à étudier la maturité sexuelle de quatre espèces de poissons représentatives des espèces exploitées par les flottilles françaises : un perciforme (le rouget barbet), un gadidé (le merlan bleu) et deux pleuronectiforme (la cardine franche et la cardine à quatre taches). Ce projet prolonge les travaux initiaux opérés sur la plie en Manche en déployant une approche histologique rigoureuse pour l'identification des phases de maturité tout au long du cycle annuel de développement des individus. Le projet a démarré en octobre 2020 par le recrutement de la thésarde autour de laquelle s'organise ce projet (Carine Sauger) et par la mise en place des protocoles de suivi du cycle de maturité du rouget barbet et des cardines, dont le point de départ a été la participation à la campagne EVOHE 2020. Ce projet associe est piloté par le laboratoire RH de Port-en-bessin et associe l'UMR BOREA et le CMABio3 de l'université de Caen. Le comité de pilotage du projet inclut en son sein les professionnels de la pêche (FromNord, CRPMEM Nouvelle-Aquitaine, Comité des pêches de Normandie, AGLIA et FFP). Il s'est réuni le 16 décembre 2020 pour définir les axes de travail du projet.

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 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 IPREM (Réponse à l'AAP CENOPAC) : Impact de la Pêche sur les fonds marins et Résilience Ecologique du Milieu

Le projet IPREM sera mené en partenariat avec les organisations professionnelles de dimension régionale : CRPMEM de NORMANDIE, OPN, FROM NORD, NFM et cinq structures et partenaires scientifiques œuvrant en Normandie (Université de Caen Normandie, laboratoires BOREA et M2C, Ifremer, SMEL, CSLN). Il s'agira de documenter l'impact des activités de pêche pour permettre de mieux gérer les pêcheries dans leur ensemble et l'accès aux zones protégées, de répondre aux ONG environnementales et ainsi qu'aux exigences de certains labels. Ce projet doit permettre de :

- Caractériser les fonds marins sur la base de données cartographiques disponibles : sédimentologie, habitats benthiques et activités des navires de pêche de Normandie.
- Déterminer l'état des connaissances sur la résilience écologique des types de fonds marins identifiés précédemment, notamment après les activités de pêche aux arts traînants.

Cette collecte d'éléments concrets permettra d'évaluer l'impact de ces typologies de pêche et/ou les lacunes de connaissances qui devront être comblées dans un second temps. Ce projet commencera en mars 2021 pour une durée de 12 mois, un post-doctorant sera embauché par un partenaire professionnel du projet et sera en convention d'accueil à la station de Port-en-Bessin et à l'Université de Caen Normandie.

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

Cinq projets ont été déposés en 2020, et sont actuellement en cours d'évaluation. Ces projets démarreront en 2021 ou 2022 s'ils sont acceptés. Il s'agit de projets déposés dans le cadre des AAP CPER 2021-2027 (IDEAL), AMII-DS (FORESEA2050, OFHECO), CENOPAC (IPREM) et d'une Convention établie avec l'AFD dans le cadre de la collecte des données dans les régions ultra-marines.

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. Il 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.

IDEaL a ainsi pour objectif de développer un pôle de recherche d'excellence en sciences de la mer incontournable et unique aux niveaux national et européen. Afin de répondre à cet objectif et valoriser au mieux ce partenariat unique, deux plateformes d'expertise marine s'appuyant sur des compétences complémentaires seront développées. L'unité HMMN est particulièrement impliquée dans la « *Plateforme halieutique* » (*co-pilotage avec l'UMR LOG*) dédiée à l'expertise biologique, l'innovation et la valorisation des ressources marines vivantes et notamment au niveau du plateau 'expérimentation et élevage d'organismes marins'. Ce plateau vise à renforcer le potentiel expérimental au laboratoire et la capacité d'élevage d'organismes marins pour mieux comprendre les réponses des ressources vivantes (via une approche écosystémique) aux différentes pressions environnementales (changement climatique, pollutions multiples, etc.) mais également de promouvoir des innovations dans le secteur de l'aquaculture et ceci selon une approche durable.

Le projet FORESEA2050 (Réponse à l'AAP AMII de la DS) :

L'objectif principal du projet FORESEA2050, pour lequel un financement a été demandé à la Direction Scientifique de l'IFREMER (AAP AMII), est de prévoir l'évolution de la production française en produits de la mer à l'horizon 2050. Si le projet est coordonné par EMH, les unités HMMN et MARBEC en sont des partenaires majeurs. Le projet implique également à différents niveaux d'autres unités RBE (STH, PFOM, EM) et plusieurs partenaires externes (e.g., UMR LEMAR, UMR LOG, UMR AMURE et un partenaire industriel). HMMN étudiera plus particulièrement l'écologie fonctionnelle du zooplancton, principalement dans le cadre d'une thèse, pour laquelle des financements ont été sollicités auprès de la Direction Scientifique et de la Région Hauts-de-France. Le zooplancton joue en effet un rôle central dans le fonctionnement des réseaux trophiques aquatiques en étant à la fois source de nourriture pour les niveaux trophiques supérieurs et consommateur majeur de production primaire et de détritiques d'origine organique. Cependant, la manière dont le zooplancton interagit avec l'écosystème, et sa sensibilité (en termes de biomasse, diversité et rôle fonctionnel) aux pressions existantes et émergentes, sont très peu connus. Au travers de ce projet de thèse, nous allons tout d'abord représenter les communautés de zooplancton en

Manche orientale et dans le sud de la mer du Nord, définir des écorégions dans cette région maritime, et analyser les changements temporels de biomasse et diversité. Dans un second temps, nous analyserons et cartographierons la variabilité spatiale de composition biochimique du zooplancton (en termes d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne, LC-PUFA) en relation avec des forçages environnementaux. Enfin, nous caractériserons le rôle du zooplancton dans le transfert des LC-PUFA vers les niveaux trophiques supérieurs et plus particulièrement les petits poissons pélagiques à différents stades de vie, avec l'exemple du hareng.

Le projet TAOS - Transdisciplinary Autonomous Observational System - (réponse à l'AAP AMII de la DS)

L'exploitation durable des ressources marines est un des piliers de l'appui aux politiques publiques de l'Institut. La réalisation de cet objectif contribue à la protection et à la restauration des mers, et favorise l'investissement dans les activités maritimes durables. La mise en œuvre de l'approche écosystémique est reconnue comme la voie à suivre pour atteindre cet objectif. La pierre angulaire de cette approche repose sur la compréhension du fonctionnement de l'écosystème marin dans son ensemble. Les informations nécessaires à cette compréhension exigent un nouveau paradigme dans l'observation des océans.

Ce projet met en place le **Système Autonome d'Observation Transdisciplinaire (TAOS)**, un système d'observation intégré dédié à l'observation haute fréquence, à l'analyse et à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes marin.

En réunissant les compétences de huit laboratoires de l'Ifremer en océanographie, en physique, en biologie, en écologie, en technologie de l'observation et en informatique, le TAOS sera testé sur un site pilote fortement anthropisé pour mieux comprendre les interactions entre un système estuarien complexe et les écosystèmes afférents en baie de Seine.

Le TAOS transcende l'observation par sa multidisciplinarité en incluant (1) tous les besoins d'observation de toutes les disciplines nécessaires à une véritable approche écosystémique, (2) l'intégration d'un système analytique capable de collecter, distribuer et analyser de grands ensembles de données et d'extraire des connaissances à l'aide de systèmes analytiques complexes et (3) la capacité de répondre aux questions technologiques liées à l'océanographie (énergies et communication en particulier).

Le projet ACCOBIOM (Contribution à la Convention AFD)

Le projet ACCOBIOM (ACquisition de CONnaissances sur les paramètres BIologiques des ressources marines exploitées en Outre-Mer) vise à renforcer les connaissances halieutiques dans l'outre-mer (Martinique, Guadeloupe, Guyane et La Réunion) car le constat est que les connaissances sur la biologie des espèces sont trop limitées par rapport à la diversité des espèces exploitées. Ainsi, ce projet a pour objet de compléter la connaissance halieutique permettant d'améliorer les protocoles de collecte de données existantes; d'initier des jeux de données pour permettre à terme de les intégrer dans des modèles d'évaluation de stocks dans les zones considérées; d'identifier et tester des méthodes d'évaluation innovantes sur certains stocks avec les données disponibles; d'identifier les éléments à pérenniser et améliorer le futur projet de collecte de données dans le cadre de l'EU-MAP 2022-2027; et enfin de développer des documents de communication et de valorisation envers les professionnels et parties prenantes. En particulier, l'unité HMMN sera impliquée en tant que coordinateur scientifique du module Ressources exploitées du SIH, travaillera au développement des protocoles et autres documents de synthèse et réalisera pour un grand nombre d'espèces l'estimation des données en âge qui reste un défi en zone inter-tropicale.

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 2020, et des développements importants continuent d'être engagés pour 2021.

3.4.2. Plateaux techniques

Pôle de sclérochronologie

En 2021, les projets « Med_Unit » (EASME) et IPERDMX (FEAMP) se finiront. D'autres axes de recherche seront développés comme l'âgeage automatique et le deep-learning appliqués à la plie (*Pleuronectes platessa*) et la compréhension de la biominéralisation à travers les approches expérimentales et microchimiques. Enfin, un gros travail de développement des outils d'acquisition et de bancarisation des données biologiques entrepris en 2020 devrait se terminer et devenir opérationnel en 2021.

Pôle de Taxinomie et d'Ecologie du Zooplancton

En 2021, 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. 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, se poursuivra. 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

L'activité de la plateforme Réseaux Trophiques sera marqué par deux projets principaux et complémentaires en 2021, le projet PATROFLU (cf. « Projets de recherche acceptés ») et le test du protocole d'analyse des contenus stomacaux, en vue de leur inclusion dans le programme de collecte de données de la DCF. Ces deux projets porteront sur le merlan et seront basés sur des échantillons collectés durant la campagne IBTS 2021. Ils incluront une analyse complète de l'écologie trophique du merlan (contenus stomacaux et isotopes stables) et de 3 de ces parasites. À ce titre, l'équipe permanente de la plateforme Réseau Trophiques

recevra le soutien d'un CDD technique qui sera recruté début 2021 (financement DCF) et d'une M2 en alternance (2020-2022), dans le cadre du projet PATROFLU.

Pour autant, il faudra également rattraper en 2021 le retard pris en 2020, notamment du fait de la COVID. L'intégration de Remy Cordier, recruté en MI pour pallier au départ de Margaux Denamiel, prendra par ailleurs du temps, notamment pour qu'il acquière les méthodes de dissection et de préparation des échantillons, et les compétences taxonomiques nécessaires à l'identification des proies benthiques.

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 2021. 2021 verra également la poursuite des campagnes nourriceries menées dans le cadre de la DCSMM : NOURMANCHE (nouvelle campagne intégrée couvrant la Baie de Seine et la Baie des Veys), NOURMONT (Baie du Mont Saint Michel) ou du programme IGA : NOURSOM (Baie de Somme).

3.5. Avis et expertises

Les avis et expertises rendus par l'équipe HMMN concerneront en 2021 comme au cours des années précédentes le suivi halieutique des pêcheries dans le cadre de la *Convention Halieutique*, qu'il s'agisse de participation (parfois en qualité de président) de Groupes de Travail internationaux (ONU, CIEM, CSTEP, RCM/RCG, DCF, OPANO) ou de réponse à des saisines directes des services de l'Etat, de la *DCSMM* (pilotage du descripteur D3 – Etat des ressources halieutiques), ou de conventions régionales spécifiques établies pour l'expertise halieutique dans les Iles Anglo-Normandes (*Traité de Granville*) et à St Pierre et Miquelon (*Accords franco-canadiens*). HMMN répondra également aux demandes contractuelles d'expertise portant sur le suivi halieutique d'extraction de granulats marins (*Code Minier* et *Convention DEB*), mais également d'installation d'éoliennes offshore (*Conventions DEB* et *DGEC*). Il est à noter que la demande en expertises portant sur l'impact de la mise en place d'éoliennes en mer augmentera substantiellement à partir de 2021, et qu'une organisation doit être mise en place pour permettre d'y répondre au mieux.

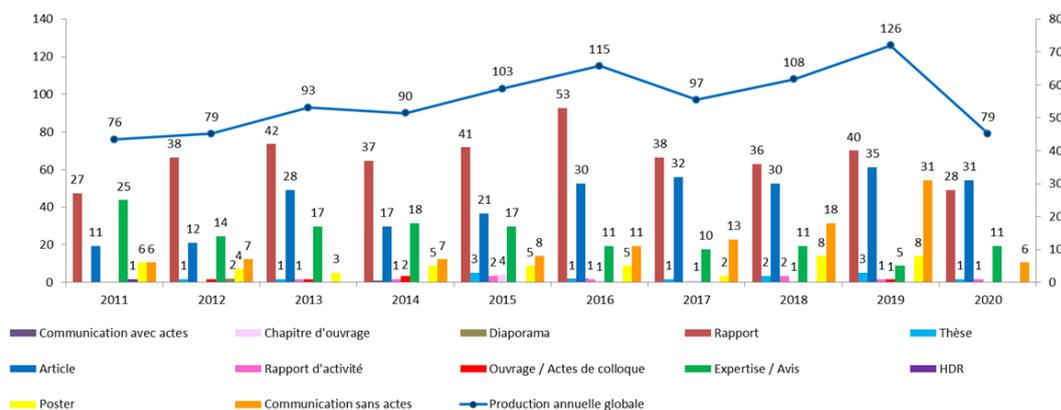
3.6. Innovation

Les activités de l'équipe HMMN sont centrées sur l'écologie marine et halieutique, de sorte que la contribution de l'UR à l'innovation se traduit plutôt par le développement de nouvelles méthodologies et d'approches écosystémiques que par la création de services et produits technologiques en lien avec les industriels, à l'exception d'une participation avant 2020 au développement de TNPC, un logiciel d'analyse d'images. Cependant, dans le cadre du projet AMII FORESEA2050, actuellement en cours d'évaluation, L'Unité HMMN évaluera, en collaboration avec deux UMRs (LOG, LEMAR) et un partenaire industriel, le rôle trophique et nutritionnel que joue le zooplancton dans les écosystèmes, ainsi que les opportunités économiques de son utilisation. Ce projet pourrait alors fournir une première base scientifique à l'approvisionnement du secteur aquacole avec des produits biotechnologiques dérivés d'organismes planctoniques, innovants et à potentiel nutritionnel élevé.

ANNEXES

Annexe 1: Production scientifique et technologique (2020)

Evolution annuelle des principaux types de documents du HMMN entre 2011 et 2020 :



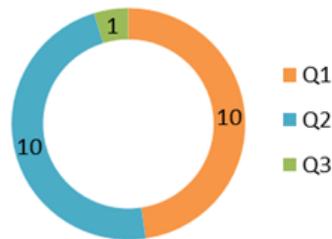
Les publications

16 publications ont été produites par l'unité HMMN en 2020, référencées dans le Web of Science et Archimer (au 19/02/2020) :

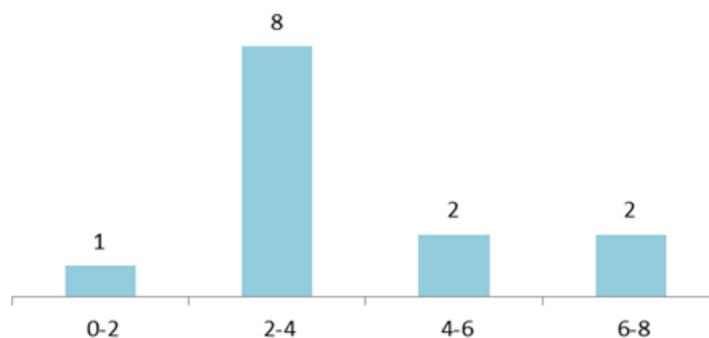
- Principaux pays partenaires : France (16 publications communes), Belgique (2), Canada (2), Norvège (2),
- Principaux organismes partenaires : IRD (4 publications communes), université de Caen (4), université de la Côte d'Opale (4), CNRS (3), université de La Rochelle (3), ...
- Part des co-publications : Internationales hors Europe : 18,75% du total (3 publications) ; Européennes hors France : 25% (4 publications) ; Nationales : 62,51% (10 publications) ; Universités françaises : 75% (12 publications)
- Sites Ifremer co-publiant avec ceux de Boulogne et Port-en-Bessin : Brest (3 publications), Nantes (3), Lorient (2), Sète (2), Toulon (2).
- Principales revues : Journal of marine Systems (2 publications), Plos One (2, Open access), Scientific Data (2, Open access), ...
- 62,5% (10 publications) appartiennent à des revues classées en Q1 (revue exceptionnelle).
- 8 revues sur 13 soit 61,54% ont un facteur d'impact compris entre 2 et 4 ; 1 revue a un facteur d'impact supérieur à 7.
- Open access (OA) : 4 revues sur 13, soit 30,77% sont des revues en Open access.

Classement des 16 publications par quartiles de revue :

- 62,5% des publications (10) appartiennent à des revues classées en Q1 (« revue exceptionnelle »),
- 62,5% (10 publications) à des revues classées en Q2 (« revue excellente »),
- 6,25% en Q3



Répartition des facteurs d'impact des 13 titres de revues :



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

Les Avis & Expertises

5 avis et 6 expertises ont été produits par l'unité HMMN en 2020.

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
- DDTM44 - Direction départementale des territoires et de la mer de Loire Atlantique, Délégation à la mer et au littoral, Service Eau et environnement, Nantes
- DDTM50 - Direction départementale des territoires et de la mer de la Manche, Cherbourg-Octeville
- DDTM62 - Direction départementale des territoires et de la mer du Pas de Calais, DML, Boulogne sur Mer
- DREAL Nouvelle Aquitaine - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Nouvelle-Aquitaine, Service Environnement industriel, Poitiers
- DREAL Normandie - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, Service Ressources naturelles, pôle Mer et Littoral, Rouen

Articles indexés dans le WOS (17)

Ben Rais Lasram Frida, Hattab Tarek, Nogues Quentin, Beaugrand Grégory, Dauvin Jean Claude, Halouani Ghassen, Le Loch Francois, Niquil Nathalie, Leroy Boris (2020). **An open-source framework to model present and future marine species distributions at local scale.** *Ecological Informatics*, 59, 101130 (9p.). <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101130>

Bracis Chloe, Lehuta Sigrid, Savina-Rolland Marie, Travers-Trolet Morgane, Girardin Raphael (2020). **Improving confidence in complex ecosystem models: The sensitivity analysis of an Atlantis ecosystem model**. *Ecological Modelling*, 431, 109133 (13p.).
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109133>

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

Couturier Lydie, Michel Loic, Amaro Teresa, Budge Suzanne M, Da Costa Elisabete, De Troch Marleen, Di Dato Valeria, Fink Patrick, Giraldo Carolina, Le Grand Fabienne, Loaiza Iván, Mathieu-Resuge Margaux, Nichols Peter D, Parrish Christopher C, Sardenne Fany, Vagner Marie, Pernet Fabrice, Soudant Philippe, Browman Howard (2020). **State of art and best practices for fatty acid analysis in aquatic sciences**. *Ices Journal Of Marine Science*, 77(7-8), 2375-2395. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa121> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00651/76279/>

Cresson Pierre, Chouvelon Tiphaine, Bustamante Paco, Bănaru Daniela, Baudrier Jerome, Le Loch Francois, Mauffret Aourell, Mialet Benoit, Spitz Jérôme, Wessel Nathalie, Briand Marine, Denamiel Margaux, Doray Mathieu, Guillou Gaël, Jadaud Angelique, Lazard Coline, Noûs Camille, Prieur Solène, Rouquette Manuel, Saroux Claire, Serre Sandrine, Timmerman Charles-Andre, Verin Yves, Harmelin-Vivien Mireille (2020). **Primary production and depth drive different trophic structure and functioning of fish assemblages in French marine ecosystems**. *Progress In Oceanography*, 186, 102343 (14p.).
<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102343>

Di Pane Julien, Gendrot F., Giraldo Carolina, Marchal Paul, Koubbi Philippe, Loots Christophe (2020). **Evaluating the histological-based condition of wild collected larval fish: A synthetic approach applied to common sole (Solea solea)**. *Journal Of Marine Systems*, 204, 103309 (10p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103309> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00601/71325/>

Di Pane Julien, Koubbi Philippe, Giraldo Carolina, Lefebvre Valerie, Caboche Josselin, Marchal Paul, Loots Christophe (2020). **Recent changes in ichthyoplanktonic assemblages of the eastern English Channel**. *Journal Of Sea Research*, 157, 101848 (9p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101848> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00604/71631/>

Gohin Francis, Bryère Philippe, Lefebvre Alain, Sauriau Pierre-Guy, Savoie Nicolas, Vantrepotte Vincent, Bozec Yann, Cariou Thibault, Conan Pascal, Coudray Sylvain, Courtay Gaelle, Françoise Sylvaine, Goffart Anne, Hernández Fariñas Tania, Lemoine Maud, Piraud Aude, Raimbault Patrick, Rétho Michael (2020). **Satellite and In Situ Monitoring of Chl-a, Turbidity, and Total Suspended Matter in Coastal Waters: Experience of the Year 2017 along the French Coasts**. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 8(9), 665 (25p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/jmse8090665> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00645/75669/>

Halouani Ghassen, Villanueva Ching-Maria, Raoux Aurore, Dauvin Jean Claude, Ben Rais Lasram Frida, Foucher Eric, Le Loc'h Francois, Safi Georges, Araignous Emma, Robin Jean

Paul, Niquil Nathalie (2020). **A spatial food web model to investigate potential spillover effects of a fishery closure in an offshore wind farm.** *Journal Of Marine Systems*, 212, 103434 (11p.). <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103434>

Handal William, Szostek Claire, Hold Natalie, Andrello Marco, Thiébaud Eric, Harney Ewan, Lefebvre Gwendoline, Borcier Elodie, Jolivet Aurélie, Nicolle Amandine, Boyé Aurelien, Foucher Eric, Boudry Pierre, Charrier Gregory (2020). **New insights on the population genetic structure of the great scallop (*Pecten maximus*) in the English Channel, coupling microsatellite data and demogenetic simulations.** *Aquatic Conservation-marine And Freshwater Ecosystems*, 30(10), 1841-1853. <https://doi.org/10.1002/aqc.3316>

Kaplan Isaac C., Hansen Cecilie, Morzaria-Luna Hem Nalini, Girardin Raphael, Marshall Kristin N. (2020). **Ecosystem-Based Harvest Control Rules for Norwegian and US Ecosystems.** *Frontiers In Marine Science*, 7(652), 15p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00652> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00645/75702/>

Mille Tiphaine, Soulier Laurent, Caill-Milly Nathalie, Cresson Pierre, Morandeau Gilles, Monperrus Mathilde (2020). **Differential micropollutants bioaccumulation in European hake and their parasites *Anisakis* sp.** *Environmental Pollution*, 265(Part A), 115021 (10p.). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115021>

Randon Marine, Le Pape Olivier, Ernande Bruno, Mahé Kelig, Volckaert Filip A. M., Petit Eric, Lassalle Gilles, Le Berre Thomas, Réveillac Elodie (2020). **Complementarity and discriminatory power of genotype and otolith shape in describing the fine-scale population structure of an exploited fish, the common sole of the Eastern English Channel.** *Plos One*, 15(11), e0241429 (20p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241429> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00658/77009/>

Raoux Aurore, Pezy Jean-Philippe, Ernande Bruno, Niquil Nathalie, Dauvin Jean-Claude, Grangeré Karine (2020). **Isotopic analyses, a good tool to validate models in the context of Marine Renewable Energy development and cumulative impacts.** *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 237, 106690 (8p.). <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106690>

Reid Gregor K., Lefebvre Sebastien, Filgueira Ramón, Robinson Shawn M.C., Broch Ole J., Dumas Andre, Chopin Thierry B.R. (2020). **Performance measures and models for open-water integrated multi-trophic aquaculture.** *Reviews In Aquaculture*, 12(1), 47-75. <https://doi.org/10.1111/raq.12304>

Sauger Carine, Quinquis Jerome, Kellner Kristell, Heude-Berthelin Clothilde, Lepoittevin Mélanie, Elie Nicolas, Dubroca Laurent (2020). **A macroscopic and stereological imaging dataset of *Pleuronectes platessa* ovaries.** *Scientific Data*, 7(1), 165 (8p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0505-8> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00631/74342/>

Timmerman Charles-Andre, Marchal Paul, Denamiel Margaux, Couvreur Clemence, Cresson Pierre (2020). **Seasonal and ontogenetic variation of whiting diet in the Eastern English Channel and the Southern North Sea.** *Plos One*, 15(9), e0239436. (20p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239436> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00651/76359/>

Articles en attente d'indexation dans le WOS (2)

Choy Es, Giraldo Carolina, Rosenberg B, Roth Jd, Ehrman Ad, Majewski A, Swanson H, Power M, Reist Jd, Loseto Ll (2020). **Variation in the diet of beluga whales in response to changes in prey availability: insights on changes in the Beaufort Sea ecosystem.** *Marine Ecology Progress Series*, 647, 195-210. <https://doi.org/10.3354/meps13413>

Torres Jimena, Mahe Kelig, Dufour Jean-Louis, Bearez Philippe, San Roman M. **Characterizing seasonal fishing patterns and growth dynamics during the Middle and Late Holocene in the Strait of Magellan (Chilean Patagonia): Sclerochronological analysis of tadpole codling (*Salilota australis*) vertebrae.** *The Journal of Island and Coastal Archaeology* IN PRESS. <https://doi.org/10.1080/15564894.2020.1755393>

Expertise/Avis(12)

Biseau Alain (2020). **Diagnostic 2019 sur les ressources halieutiques débarquées par la pêche française (métropolitaine).** Ifremer, Ref. RBE/EDERU/RS/2020/2, 30p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00675/78708/>

Bizzozero Lucie, Vogel Camille, Foveau Aurelie, Cuif Marion, Cochennec-Laureau Nathalie (2020). **Avis de l'Ifremer sur le protocole halieutique mis en œuvre pour le suivi environnemental lors des travaux du parc éolien de Saint-Nazaire et observations sur l'état de référence (qualité de l'eau, peuplements benthiques de substrats meuble, halieutique).** DDTM 44 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Loire-Atlantique, Service Eau et Environnement, Unité Eau et Milieux Aquatiques, Nantes, Ref. LER/MPL/20.58 et Ref Avis P9 : 20-090 . Demande du 27/11/2020, 7p.

Cuif Marion, Laurans Martial, Simon Maximilien, Talidec Catherine, Vogel Camille, Biseau Alain (2020). **Demande d'expertise sur la définition des états de référence halieutique dans le cadre du projet de parc éolien en mer en baie de Saint-Brieuc.** DPMA et DDTM22 - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, La Défense et Direction Territoriale des Territoires et de la Mer des Côtes-d'Armor, Saint-Brieuc, Ref. 20-058 – DG 2020.1299 et DG 2020.1300 - Courrier (Réf 015892) de la DPMA en date du 8 août 2020 et Courrier du préfet des Côtes-d'Armor en date du 31 juillet 2020, 10p., 10p., 1p., 2p., 1p., 74p.

Foucher Eric (2020). **Avis de l'Ifremer sur les mesures de gestion pour le bulot, le tourteau, l'araignée et le homard dans les Hauts-de-France.** DDTM62 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Pas-de-Calais, Délégation à la Mer et au Littoral, Boulogne sur Mer, Ref. Ifremer/DC/MMN/2020.022 - N° 19-725, 1p., 10p.

Foucher Eric, Laurans Martial, Leblond Emilie, Le Grand Christelle, Le Blond Samuel (2020). **Réponse à la saisine de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture relative à l'activité des navires français en baie de Granville. Activité des navires français et diagnostic sur l'état des stocks exploités en baie de Granville.** DPMA - Direction des Pêches Maritimes & de l'Aquaculture, Sous-direction des ressources halieutiques, Bureau de l'appui scientifique et des données, La Défense, Ref. Saisine DPMA 2019-14995, 66p., 30p., 25p., 8p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00620/73208/>

Foucher Eric (2020). **Réponse à la saisine de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture relative à l'activité des navires français en baie de Granville. Analyse du**

rapport "The bay of Granville agreement review" des Autorités jersiaises. DPMA - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, Sous-direction des ressources halieutiques, Bureau de l'appui scientifique et des données / Bureau des affaires internationales et européennes, LA Défense, Ref. Saisine DPMA 2019-14995, 10p., 8p., 66p.

Le Gall Yves, Morandeau Gilles, Brind'Amour Anik, Verney Romaric, Vogel Camille, Simplet Laure (2020). **Avis et recommandations de l'Ifremer suite à la demande du GIE Sud-Atlantique d'adaptation du programme d'études du Permis Exclusif de Recherche de granulats marins dit « Sud-Atlantique ».** DREAL Nouvelle-Aquitaine - Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Nouvelle-Aquitaine, Service Environnement Industriel/DRC/Carrières et granulats marins, Poitiers, Ref. Ifremer DG 20-670 (P9 20-042) - Courriel DREAL du 25 mai 2020 (complété le 12 juin 2020), 8p.

Menet-Nedelec Florence, Vigneau Joel, Normand Julien (2020). **Avis de l'IFREMER sur l'exploitation du gisement de moules de Ravenoville.** DDTM 50 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Manche, Service Mer et Littoral, Pôle Cultures Marines, Cherbourg-Octeville, Ref. LER/PB/20-038, 2p., 2p.

Morandeau Gilles, Brind'Amour Anik, Vogel Camille, Biseau Alain, Simplet Laure (2020). **Réponse de l'Ifremer à la demande d'expertise et d'avis sur le bilan de l'état initial des ressources halieutiques des concessions minières Cairnstrath A et SN2.** DREAL Pays de la Loire - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire, Service des risques naturels et technologiques, Division des risques naturels, hydrauliques et sous-sols, Nantes, Ref. Ifremer PDG/2020-1477 - P9079 - Courrier SRNT/2020-0720 du 07 septembre 2020, 9p.

Morandeau Gilles, Vogel Camille, Simplet Laure (2020). **Réponse de l'Ifremer sur des éléments de cadrage méthodologique concernant la réalisation d'une étude halieutique sur la zone d'extraction de granulats marins du Platin de Grave.** DREAL Nouvelle-Aquitaine - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Nouvelle-Aquitaine, Service Environnement Industriel/DRC/Carrières et granulats marins, Poitiers, Ref. Ifremer PDG/2020-296 - Courriel de la DREAL du 12 février 2020, 9p.

Vigneau Joel, Goraguer Herle, Foucher Eric, Simon Julien (2020). **Protocole de collecte de données sur le stock de concombre de mer (*Curcuma frondosa*) à St-Pierre et Miquelon.** DPMA - Direction des Pêches Maritimes & de l'Aquaculture, La Défense, Ref. DG 2020 - 2520 - Saisine n° 20-16044 du 6 octobre 2020, 2p., 35p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00680/79220/>

J. Vigneau and R. Girardin, 2020. French data processing for assessment working groups. Working Document to ICES/ACOM. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00613/72482/71448.pdf>

Vogel Camille, Desroy Nicolas, Simplet Laure (2020). **Avis de l'Ifremer sur le projet de protocole halieutique concernant la concession de granulats marins dite « 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 DG 20-468 (P9 20-036) - Courrier DREAL 210-2020-SRN-PML-FV du 14 avril 2020, 11p.

Annexe 2: Nouveaux projets soumis et acceptés (2020)

Guichet	soumis	acceptés	dont coordination	Observations – unité(s) concernée(s)
FFP/CESAB	1	1	1	MAESTRO (HMMN, EMH)
FRB	1	1	0	FISHGLOB (EMH, HMMN)
H2020	1	1	0	SEAWISE (STH, HMMN, EMH)
DS (Politique de sites)	1	1	1	PATROFLU (HMMN, ANSES)

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 (10h)

Laurent DUBROCA : enseignement à l'université du Havre UE écologie et gestion de l'environnement Master Gestion de l'environnement et risques environnementaux (6h), CNAM Intechmer Cherbourg (8h).

Léa JOLY : enseignement 2^{ème} année de DUT Génie Biologique ULCO (19h)

Kélig MAHE : enseignement à l'ULCO (Deust et Master ; 7h)

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
LUTET-TOTI	Camille	15/01/2020	15/06/2020	Master 2 EPHE	Université de Bourgogne	Structuration spatiale des rougets-barbets de vase en mer Méditerranée : approche comparée de la forme des otolithes en 2D et 3D	Kélig MAHE
ORTU	Clara	06/01/2020	05/06/2020	Master 2	Université de Brest	Analyse de la condition des larves de hareng des Downs lors de la période critique, en milieu naturel et au sein d'un environnement perturbé	Christophe LOOTS
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
RECH	Guillaume	20/04/2020 22/06/2020	12/06/2020 03/07/2020	Master 1	Sorbonne Univerité	Biogéographie des poissons mésopélagiques de l'Océan Austral et de l'Océan Indien Sud	Philippe KOUUBI
RIVET	Jehanne	10/02/2020	07/08/2020	Master 2	Université de Lille	Dynamiques spatiales et temporelles des populations de poissons exploités en baie de Seine	Laurent DUBROCA
THELLIER	Marion	20/04/2020 22/06/2020	12/06/2020 03/07/2020	Master 1	Sorbonne Univerité	Biogéographie du plancton de l'Océan Austral et de l'Océan Indien Sud	Philippe KOUUBI
WERQUIN	Sarah	11/05/2020	31/07/2020	Master 1	Université de Lille	Analyse temporelle de la structure fonctionnelle trophique de l'assemblage de poissons en Manche Mer du Nord, par l'application d'indices	Pierre CRESSON

						fonctionnels isotopiques	
--	--	--	--	--	--	--------------------------	--

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 MAHE
WERQUIN	Sarah	11/09/2020	29/07/2022	Développement de la thématique de l'écologie parasitaire, en l'appliquant à des problèmes trophiques et halieutiques	Pierre CRESSON

4. Participation à un jury de thèse ou HDR

Nom/Prénom	Rôle	Niveau	Université	Date de soutenance
MARCHAL Paul	Rapporteur	Thèse	Agrocampus-Ouest	04/05/2020
MARCHAL Paul	Rapporteur	PhD	Technical University of Denmark	18/11/2020
MARCHAL Paul	Rapporteur	PhD	Galway-Mayo Institute of Technology	24/11/2020
MARCHAL Paul	Examineur interne	Thèse	Université de Lille	15/12/2020

5. Accueil et encadrement de post-doctorants

Nom	Prénom	Date début	Date fin	Sujet	Co-financement	Encadrement
ITO	Maysa	01/07/2020	31/12/2021	Variability of benthic-pelagic productivity and fishing pressure effect on fish communities using multi-model approach	CPER MARCO	Raphaël GIRARDIN / Pierre CRESSON

6. Accueil et encadrement de doctorants

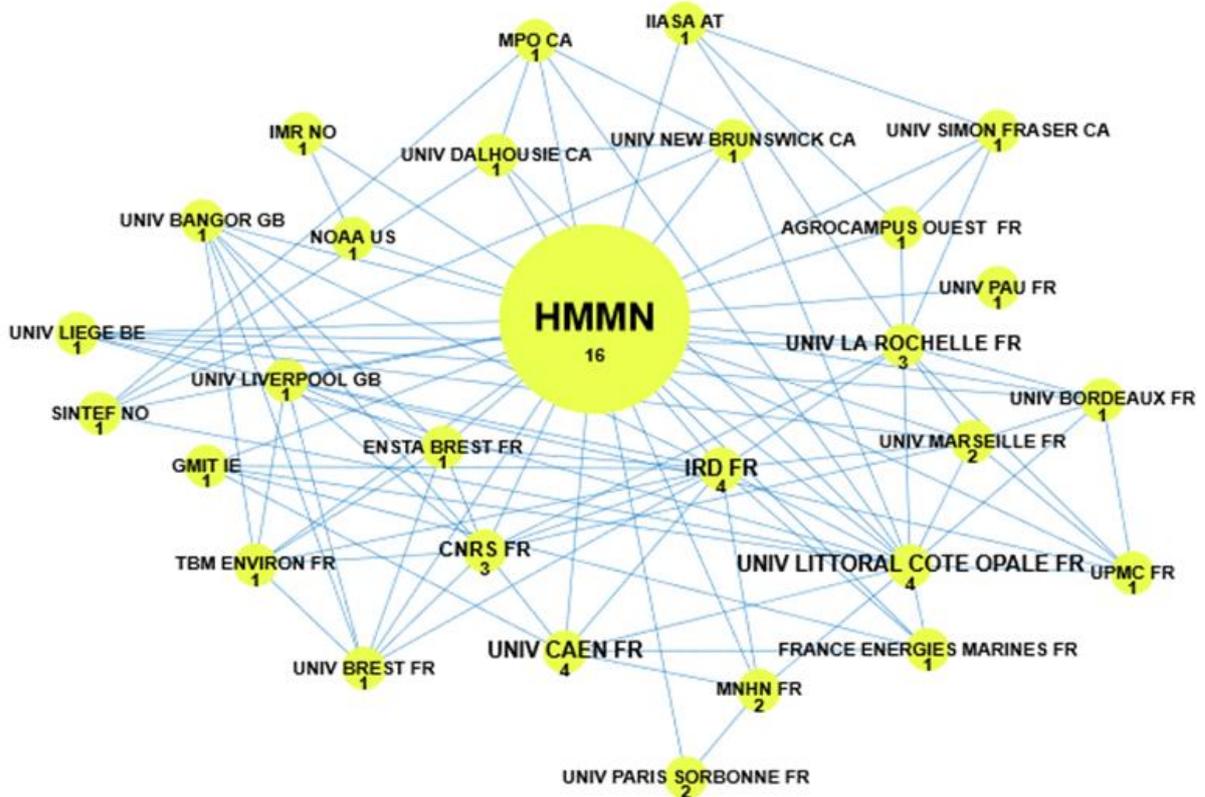
Début de thèse (JJ/MM/AA)	Date de soutenance (JJ/MM/AA)	Sujets	Etudiants accueillis		Ecoles Doctorales d'inscription -N° de l'ED -Libellé de l'ED -Université de rattachement -Académie	Encadrements scientifiques (*) Dir. Thèse: Prénom, Nom (organisme) Co-encadrant: Prénom, Nom (organisme)	Structures d'accueil Libellé(s) + Localisation(s)	Convention CIFRE (oui/non)	Sources de financement	Email du doctorant
			Nom Prénom	Nationalité						
01/10/17	15/12/20	Variation saisonnière et ontogénique des paramètres trophiques des principales espèces exploitées en Manche-Mer du Nord	Charles-André TIMMERMAN	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	Alaia MORELL	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	Léa JOLY	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

01/10/18	09/02/21	From data to knowledge : integrating observational data to trace phytoplankton dynamics in a changing world	Lorenzo LONGOBARDI	Italienne	The Open Univeristy, Walton Hall, Keynes MK7 6AA, Royaume-Uni	Director of studies : Adriana Zingone (SZN, Naples, Italy) Supervisors : Diano Sarno (SZN, Naples, Italy), Laurent Dubroca (RH Port-en-Bessin)	Stazione Zoologica Anton Dohrn, Naples, Italy	Non	Fond de recherche SZN	lorenzo.longobardi@szn.it
01/11/18		Exploration des incertitudes isotopiques en écologie au moyen d'une approche de modélisation trophique	Marine BALLUATAUD	Française	Ecole doctorale « Science de la Matière, du rayonnement et de l'environnement – ED 104 – Université Lille Nord de France	Directeur de thèse : Sébastien Lefebvre, Professeur, Université de Lille Co-directeur : Paul Marchal, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Boulogne sur Mer	LOG à Wimereux	Non	ISIT-U Hauts de France	Marine.Ballutaud@univ-lille.fr
28/01/19		Des nurseries de la baie de Seine aux populations exploitées : approche empirique et modélisation spatio-temporelle de leurs liens statistiques	Thibault CARIOU	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
01/10/20		Maturité objective des poissons par l'histologie quantitative	Carine SAUGER	Française	Ecole Doctorale EDNBISE - ED 497 – Université de Caen Normandie	Directrice de thèse : Kristell Kellner, Maître de conférence, Université de Caen Co-directeur : Laurent Dubroca, Cadre de recherche, Laboratoire Ressources Halieutiques Port-en-Bessin	Laboratoire Ressources Halieutiques à Port-en-Bessin	Non	Projet FFP MATO	Carine.Sauger@ifremer.fr
16/11/20		Efficacité des politiques de planification spatiale maritime mises en œuvre en Manche-est dans le contexte de l'implantation d'EMR	Camille VOGEL	Française	Ecole Doctorale « Sciences de la Mer et du Littoral »	Directrice de thèse : Anik Brind'amour, HDR, Ifremer, Unité EMH Co-directrice de thèse : Nathalie Niquil, CNRS, UMR BOREA	Laboratoire Ressources Halieutiques à Port-en-Bessin	Non	IFREMER - Formation qualifiante	Camille.Vogel@ifremer.fr

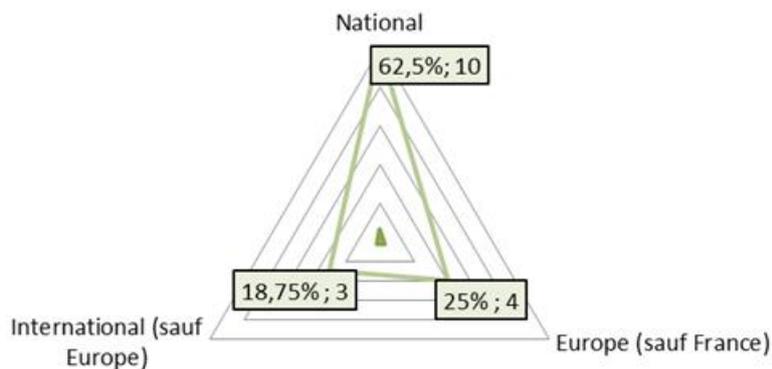
(*) Un salarié Ifremer doit figurer dans l'équipe encadrante et dans les documents officiels de l'école doctorale d'inscription. Si ce n'est pas le cas, il doit encadrer le doctorant au quotidien et signer les publications dans le cadre des travaux menés.

Annexe 4: Partenariats

Les partenariats académiques de l'Unité HMMN sont résumés dans les figures ci-dessous (analyse des 16 publications répertoriées en 2020 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), Régions (Nord-Pas de Calais, Haute Normandie, Basse Normandie, Bretagne), collectivités territoriales (DDTM, DREAL)

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, CENOPAC
- National : Commission Nationale de la Flotte Côtière, CNPMEM
- Européen : CIEM, Commission du Traité de Granville
- International : OPANO, accords franco-canadiens