

Rapport annuel 2022 de l'unité Halieutique Manche – Mer du Nord (HMMN)

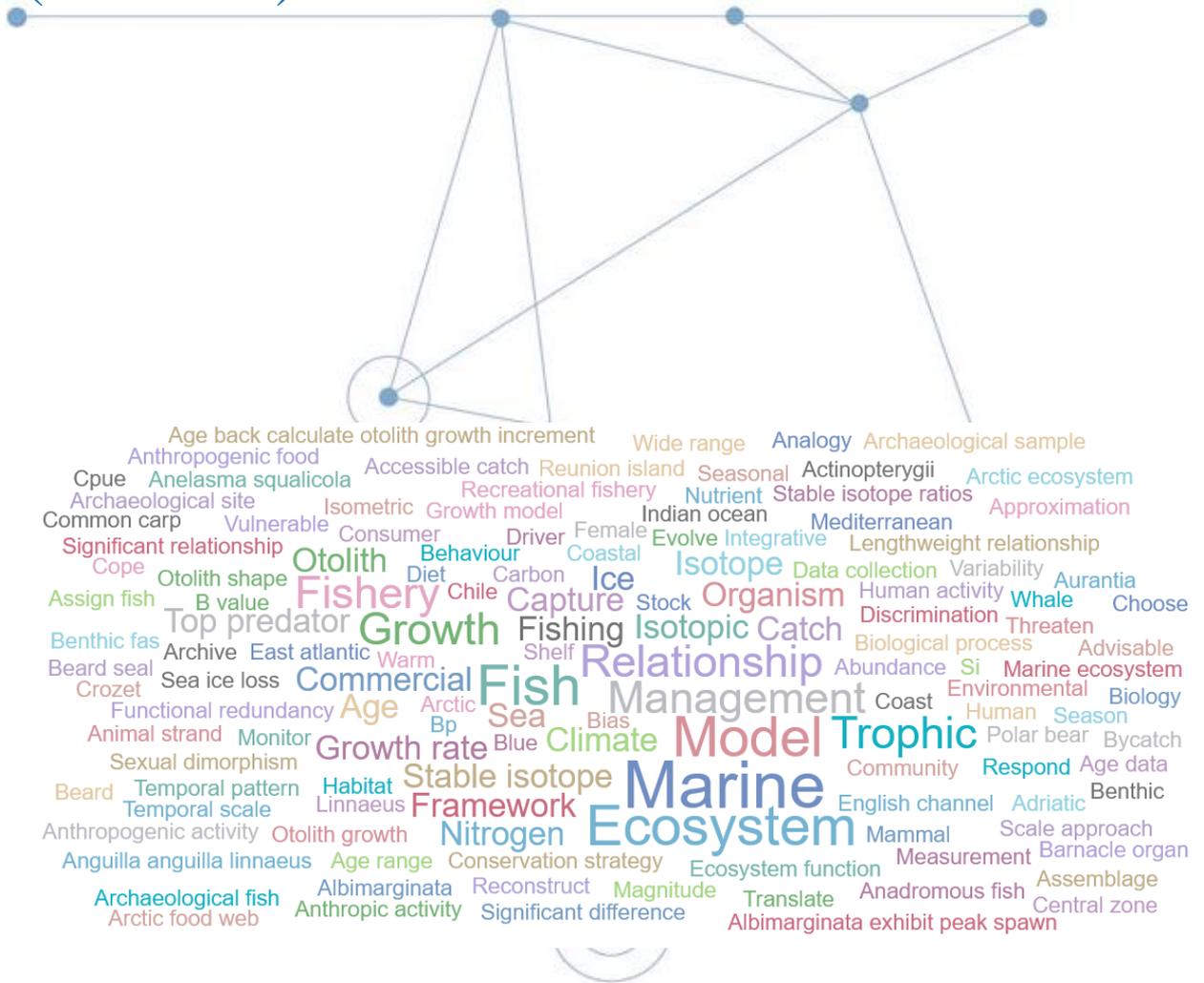


Table des matières

1	Introduction.....	7
2	Moyens et effectifs.....	10
2.1	Organisation de l'unité	10
2.2	Effectifs	13
2.2.1	Personnel permanent de l'unité HMMN	14
2.2.2	Personnel temporaire de l'unité HMMN.....	14
2.2.3	Accueil de personnels d'autres laboratoires et organismes.....	14
2.2.4	Accueil de doctorants en 2022	15
2.2.5	Accueil de stagiaires en 2022.....	15
2.3	Démarche Qualité ISO 9001.....	17
2.3.1	Actions auprès du personnel	17
2.3.2	Autres actions	18
2.4	Equipements, moyens matériels	18
2.4.1	Cellule CREDO.....	18
2.4.2	Les campagnes à la mer	19
2.4.2.1	Groupe de Travail CIEM WGIBTS	19
2.4.2.2	Développements informatiques.....	20
2.4.2.3	Campagne CGFS.....	21
2.4.2.4	Campagne IBTS	25
2.4.2.5	Campagne COMOR	27
2.4.2.6	Campagne CRUSTAFLAM.....	32
2.4.2.7	Campagne ZOOFLAM	34
2.4.2.8	Campagne NOURSOM.....	35
2.4.2.9	Campagne NOURMANCHE (Estuaire de Seine, baie de Seine orientale, Baie du Mont Saint Miche, baies de Canche et d'Authie et baie des Veys)	37
2.4.2.9.1	Estuaire de Seine et baie de Seine orientale.....	38
2.4.2.9.2	Baie du Mont-Saint-Michel	39
2.4.2.10	Campagne RESISTE	41
2.4.2.11	Campagne HoloSPMTV	41
2.4.3	Plateaux techniques	47
2.4.3.1	Pôle National de Sclérochronologie	47
2.4.3.2	Pôle de Taxonomie et D'Ecologie du zooplancton	48
2.4.3.3	Plateforme Réseaux Trophiques Marins	49
3	Résultats obtenus au cours de l'année N.....	50
3.1	THEME 1: INDIVIDUS, POPULATIONS ET NICHE ECOLOGIQUE	50

3.1.1	Variabilité spatio-temporelle des processus écologiques affectant les stades larvaires de poissons	51
3.1.1.1	Effet du changement climatique sur la survie des larves de poissons.....	51
3.1.2	Estimation et variation spatio-temporelle des traits d’histoire de vie des individus	53
3.1.2.1	Age, croissance et mortalité	53
3.1.2.2	Maturité sexuelle	55
3.1.3	Niches écologiques.....	57
3.1.3.1	Evolution de la phénologie de zooplancton avec le changement climatique	57
3.1.3.2	Ecorégionalisation de la zone pélagique dans l’océan Indien subantarctique et subtropical	58
3.1.3.3	Définition des régions physiques et biogéochimiques	59
3.1.3.4	Atlas du zooplancton du Subantarctique Indien et dans le sud de l’océan Indien	61
3.1.3.5	Atlas des poissons mésopélagiques.....	63
3.1.4	Marqueurs biologiques des populations de poissons : sources de variation et applications	65
3.1.4.1	Applications	65
3.1.5	Observations en appui aux travaux de recherche	69
3.1.5.1	Croissance	69
3.1.5.2	Maturité sexuelle	70
3.1.5.3	Age	70
3.1.5.4	Identification des œufs et larves de poissons	71
3.1.5.5	Développements informatiques en appui à l’archivage des paramètres biologiques	71
3.1.6	Contribution aux avis/expertise.....	72
3.1.6.1	Expertise internationale.....	72
3.1.6.2	Expertise nationale : IGA (Impact des Grands Aménagements)	72
3.2	THEME 2 : COMMUNAUTES, RESEAUX TROPHIQUES ET BIODIVERSITE	73
3.2.1	Mécanismes de variation de la niche trophique	75
3.2.1.1	Rôle des parasites dans le fonctionnement des écosystèmes marins – Collaboration avec l’ANSES	75
3.2.1.2	Utilisation des isotopes stables pour élucider les interactions trophiques entre une balane parasite et un requin profond	76
3.2.2	Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités	77
3.2.2.1	Niche des mammifères marins de l’arctique européen	77
3.2.2.2	Structure trophique du plateau de Beaufort canadien : évaluation d’une approche de modélisation de l’écosystème par comparaison avec la structure isotopique stable observée	78

3.2.2.3	Inférences pour estimer le régime alimentaire du consommateur à l'aide d'isotopes stables : Perspectives d'un modèle de mélange dynamique	79
3.2.3	Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson.....	80
3.2.3.1	Evaluer la vulnérabilité des communautés à partir des traits fonctionnels ...	80
3.2.3.2	Rareté fonctionnelle des communautés de poissons du Nord-est Atlantique	83
3.2.4	Observations en appui aux travaux de recherche	84
3.2.5	Contribution aux avis/expertise.....	85
3.2.5.1	Expertise internationale.....	85
3.2.5.2	Expertise nationale	86
3.2.5.2.1	Granulats	86
3.2.5.3	Energies Marines Renouvelables (EMR).....	86
3.3	THEME3 : FLOTTILLES, EXPLOITATION ET SCENARIOS DE GESTION	86
3.3.1	Outils et méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources.....	87
3.3.1.1	Quantification de la pression de pêche via l'utilisation d'indicateurs de réseau écologique issue de modèles écosystémiques.	87
3.3.1.2	Projet SPADYN	88
3.3.1.3	Projet MECANOR ²	89
3.3.2	Évaluation de stratégies/scénarios de gestion dans un contexte de changement global	94
3.3.2.1	Analyse spatialisée des réseaux écologiques pour une gestion écosystémique: effets du changement climatique, les énergies marines renouvelables et la pêche sur le fonctionnement de l'écosystème dans la baie de Seine	94
3.3.2.2	IPBES Chapitre 5. Scénarios futurs de l'utilisation durable des espèces sauvages	95
3.3.3	Observations en appui aux travaux de recherche et l'appui à la politique publique	96
3.3.3.1	Enquêtes d'activité des navires	96
3.3.3.2	Enquêtes économiques	97
3.3.4	Contribution aux avis/expertise.....	97
3.3.4.1	Expertise internationale.....	97
3.3.4.2	Récapitulatif des diagnostics pour les stocks de Manche et mer du Nord ..	100
3.3.4.3	Expertise nationale	103
3.3.4.4	Avis rendus par l'Ifremer impliquant du personnel HMMN	105
4	Perspectives de l'année N+1	106
4.1	Mouvements de personnel	106
4.1.1	Personnel permanent	106
4.1.2	Doctorants et post-doctorants.....	106
4.1.3	Etudiants en contrat d'apprentissage.....	106

4.1.4	Personnel en CDD	106
4.2	Politiques de site	106
4.2.1	Hauts de France	106
4.2.2	Normandie	107
4.3	Participation à la Conférence Halieutique Grand public 2023	107
4.4	Projets de recherche acceptés et démarrants en 2022	108
4.4.1	Projet EUR IFSEA	108
4.4.2	Projet CARPARC	108
4.4.3	Projet Guyalso	109
4.4.4	Projet SPOCC	110
4.5	Moyens d'observation	111
4.5.1	Cellule d'appels à données CREDO	111
4.5.2	Plateaux techniques	111
4.5.2.1	Pôle National de Sclérochronologie	111
4.5.2.2	Pôle de Taxonomie et d'Ecologie du Zooplancton	111
4.5.2.3	Plateforme trophique	111
4.5.2.4	Campagnes à la mer	112
4.6	Avis et expertises	112
4.7	Innovation	112
5	Annexe 1: Production scientifique et technologique	113
6	Annexe 2: Implication dans la formation (par la recherche)	120
6.1	Formations données	120
6.2	Participation à un jury de thèse ou HDR	120
7	Annexe 3: Partenariats	121
8	Annexe 4: Fonctions de représentation assurées dans les instances régionales, nationales, européennes ou internationales	123

1 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 Département 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 sur mer dans les Hauts de France (LRHBL) et l'autre à Port-en-Bessin en Normandie (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 domaines maritime (e.g., extraction de sables et granulats marins, production d'énergies marines renouvelables), dans un contexte de changement climatique. L'unité HMMN contribue à la collecte de données halieutiques et écosystémiques en mer, par enquêtes, et en laboratoire, et centralise à travers 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 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, l'unité 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 2022 pour améliorer notre compréhension des processus ont utilisé et/ou combiné des analyses empiriques de données d'observation *in-situ*, expérimentales et de modélisation, 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 2022, comme au cours des années précédentes, un rôle de catalyseur pour les sciences marines au niveau régional d'une part dans les Hauts-de-France comme membre actif de la Fédération de Recherche *Campus de la Mer*, l'un des chefs de file de projets CPERs et enfin comme unité participant à l'École universitaire de recherche transdisciplinaire pour les sciences marines,

l'halieutique et les produits de la mer (Transdisciplinary graduate school for marine, Fisheries and SEAfood sciences, IFSEA) mis en place en 2021 dans le cadre des PIA4 de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et d'autre part en Normandie comme membre de la Fédération de Recherche *Merlin*. De plus, l'unité HMMN a continué à renforcer son implication dans les *régions ultrapériphériques (RUP)*, avec plusieurs projets comme Accobiom ciblant la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion mais aussi à travers de nombreux travaux et expertises menés à Saint-Pierre et Miquelon. Enfin, au niveau international, l'unité HMMN contribue aussi au rayonnement de l'IFREMER au travers de 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 travail structurants (e.g., membre du comité scientifique et présidence de GTs du CIEM, du CSTEP, de RCGs, experts nommés pour le GIEC ou l'IPBES).

En 2022, de nouveaux projets structurants pour l'unité HMMN ont été acceptés. En 2021, un nouveau doctorant a commencé. L'équipe a également maintenu son niveau d'engagement dans l'APP, qu'il s'agisse d'avis et expertises (nécessitant dans le cadre de certains Groupes de Travail internationaux des visioconférences de plus d'une réunion en présentiel), ou de réalisation de campagnes à la mer (IBTS, CGFS, COMOR, DCSMM, IGA).

Les principaux concepts examinés et/ou développés par l'équipe de l'Unité HMMN en 2022 sont synthétisés dans les Figures 1.1-1.2.

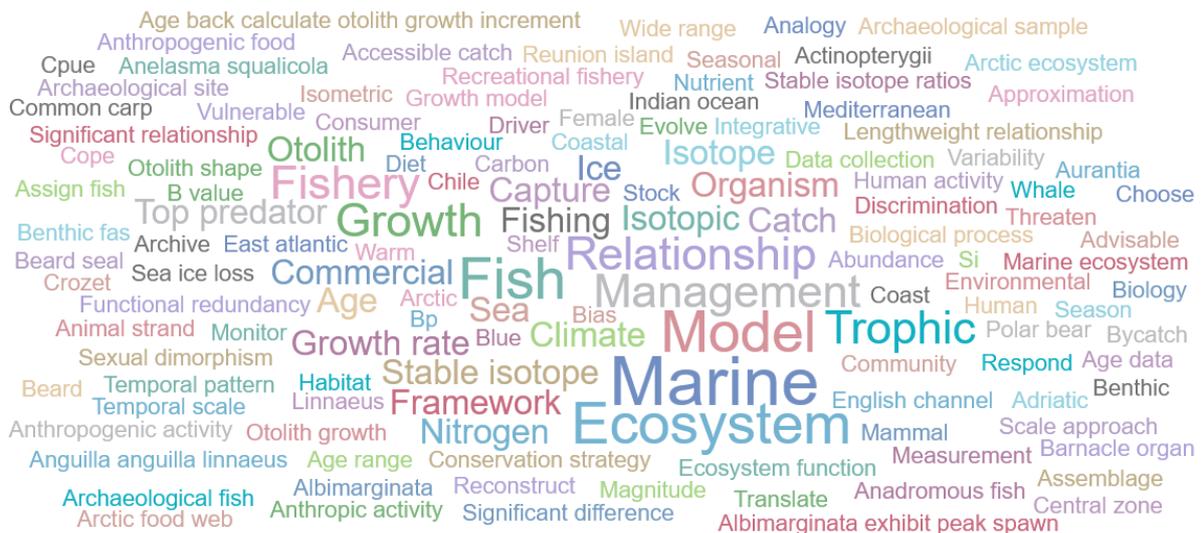
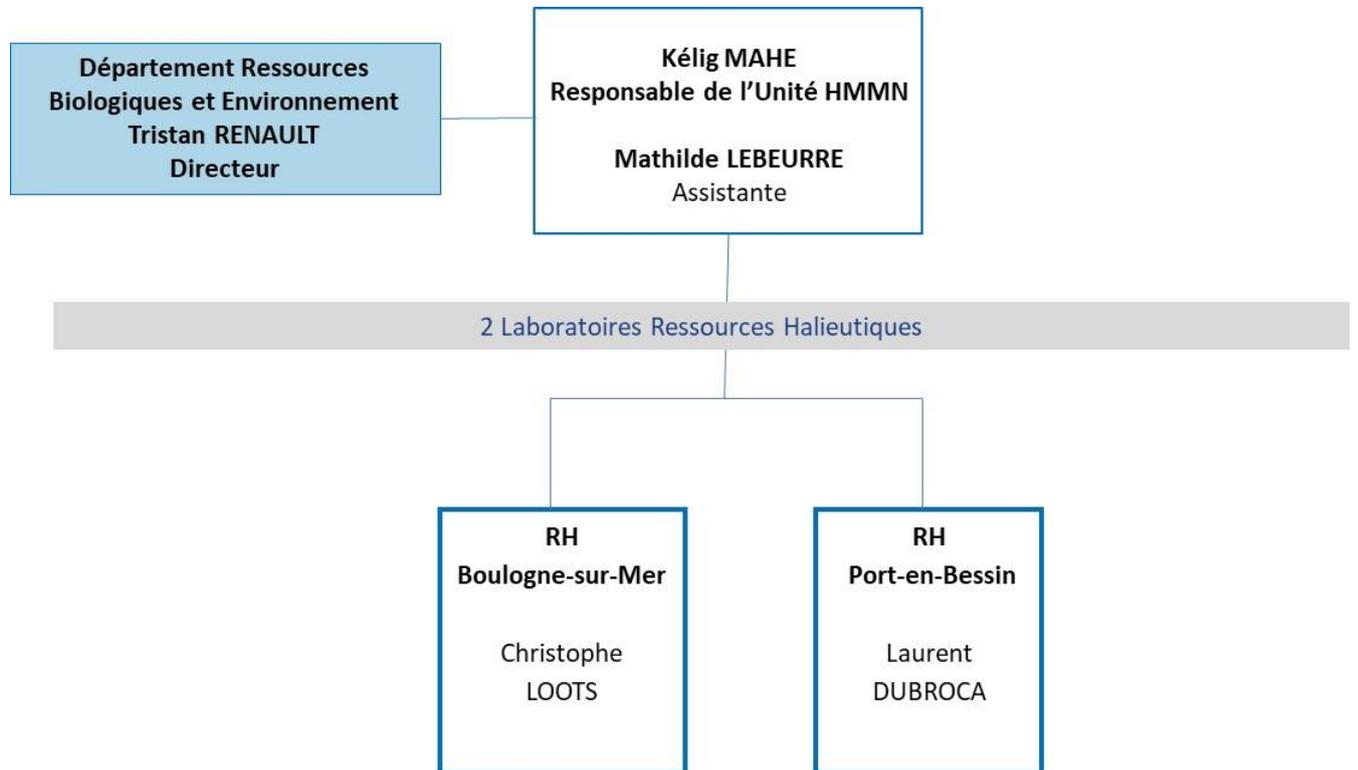


Figure 1.1. Nuage des principaux concepts examinés par l'équipe de l'Unité HMMN en 2022, obtenu par une analyse bibliométrique du titre et des résumés des publications issues du WOS.

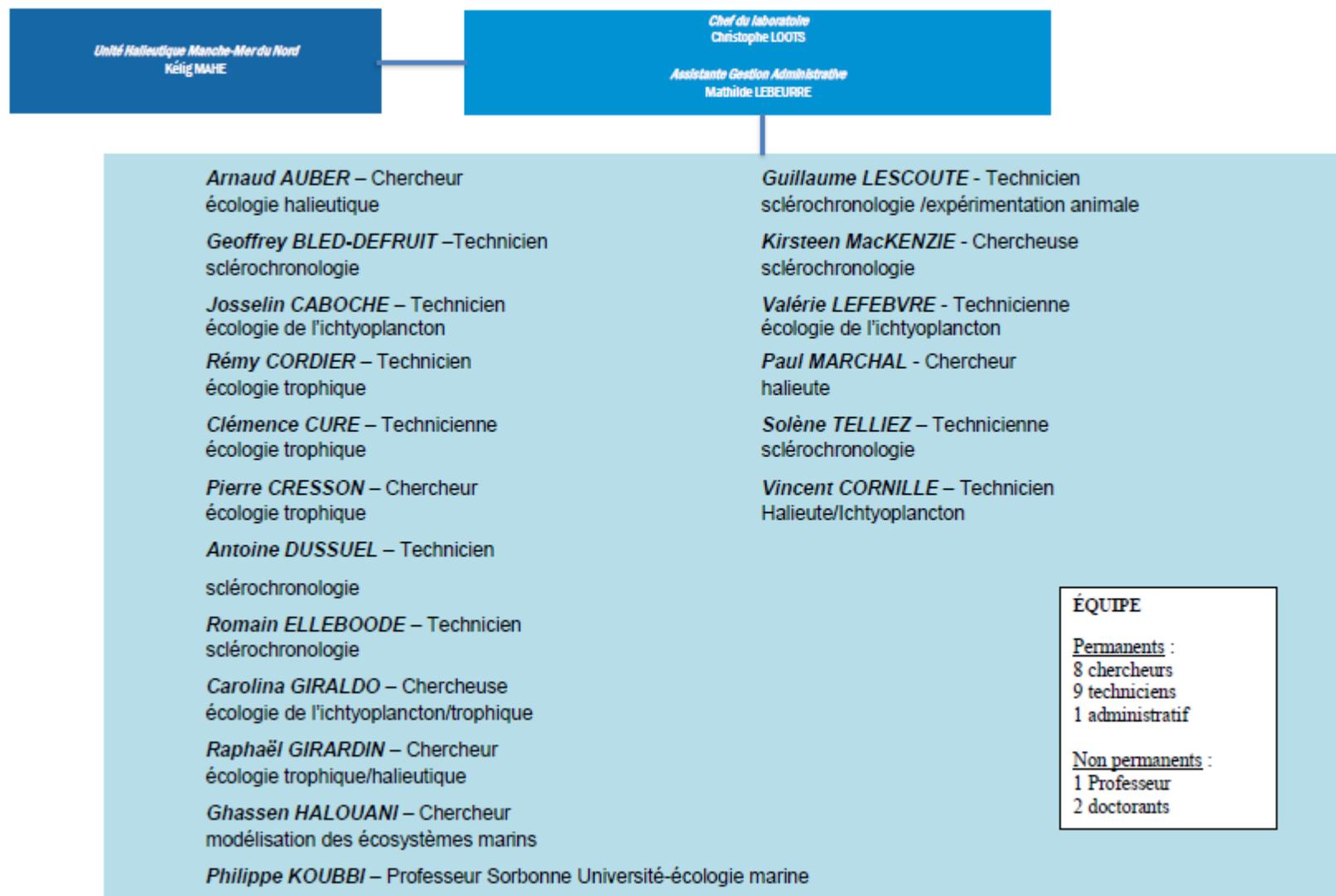
2 Moyens et effectifs

2.1 Organisation de l'unité

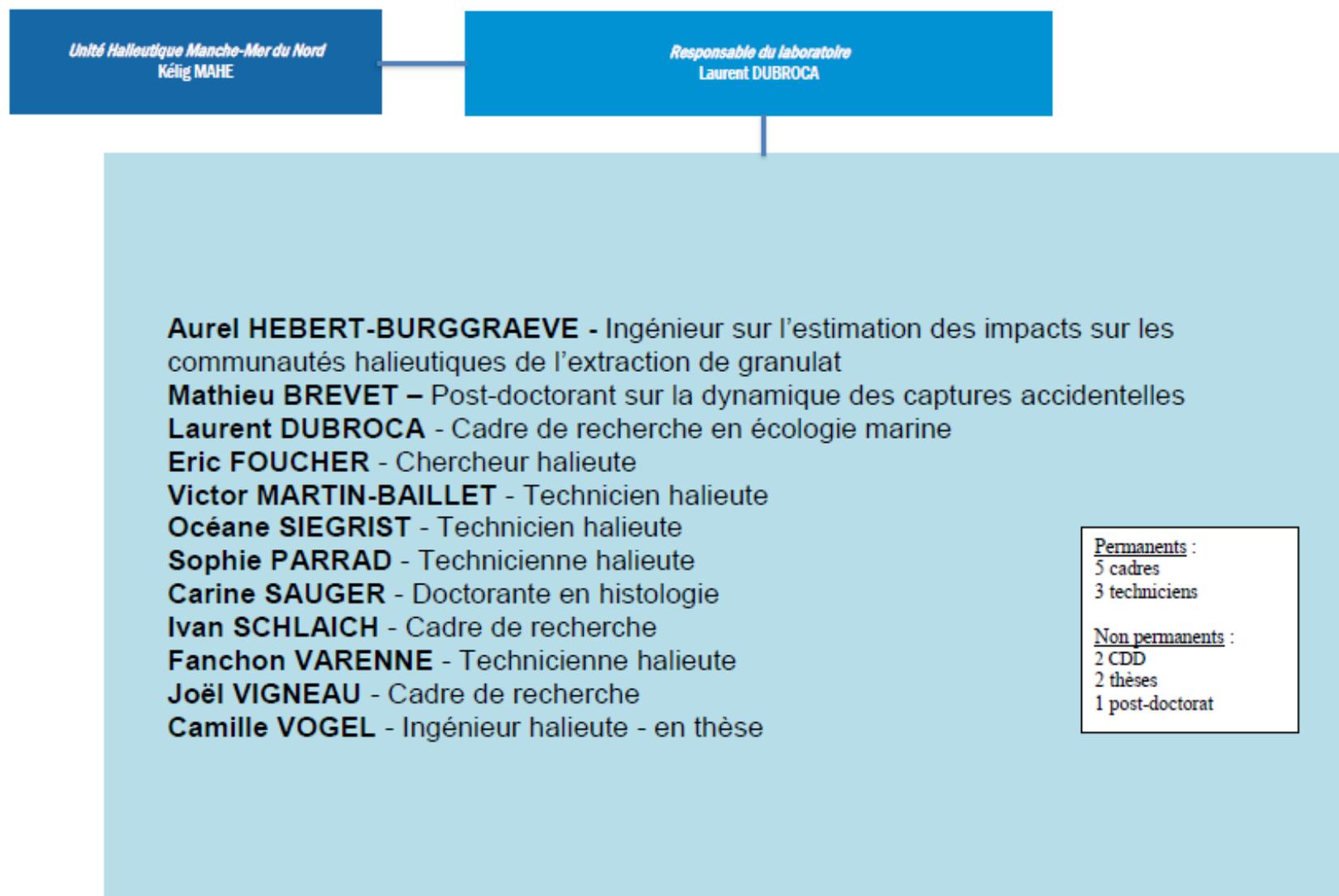
L'organigramme de l'Unité HMMN est présenté ci-dessous.



L'organigramme du laboratoire RH-Boulogne sur mer (RHBL) est présenté ci-dessous.



L'organigramme du laboratoire RH-Port en Bessin (RHPB) est présenté ci-dessous.



2.2 Effectifs

Au 31/12/2022, l'unité était composée de 28 permanents et 7 non-permanents soit un total de 36 personnes. En 2022, 2 permanents sont sortis des effectifs de l'unité et à l'inverse, 2 permanents sont arrivés, l'unité HMMN s'est maintenu en nombre de permanents par rapport à 2021.

Tableau de synthèse des personnels de l'unité HMMN.

Personnel permanent* (dont 0 % en UMR)	28
Scientifique et technologique	
- animation scientifique et technique	
- chercheurs (dont ayant une HDR)	11 (dont 2 HDR)
- ingénieurs recherche et développement	3
Soutien à la recherche	
- ingénieur	
- technicien	13
- appui opérationnel	
Fonctions support	
- gestionnaire	1
- direction	
Personnel non permanent* (dont 0 % en UMR)	En ETP :
- CDD	2
- Contrats en alternance	0
- Doctorants (dont étrangers)	2 (dont 1 étranger)
- Post-doctorants (dont étrangers)	1
- Professeurs rattachés	1 (Sorbonne Université)
- Personnel en accueil	2
- Chercheurs étrangers invités	0

Tableau de l'évolution des effectifs.

Nom	date de départ	date d'arrivée	Raison du mouvement	catégorie	compétence(s)
LESCOUTE Guillaume		01/01/2022	Embauche CDI	Technicien	Sclérochronologie
LAZARD Coline	28/02/2022		Mobilité	Technicienne	Halieute
VERIN Yves	31/03/2022		Retraite	Ingénieur	Halieute
CORNILLE Vincent		05/09/2022	Embauche CDI	Technicien Halieute	Ichtyoplancton

2.2.1 Personnel permanent de l'unité HMMN

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
CORDIER	Rémy	LRHBL	Technicien Réseaux Trophiques
CORNILLE	Vincent	LRHBL	Technicien spécialisé dans l'ichtyoplancton
CRESSON	Pierre	LRHBL	Chercheur en écologie/environnement
CURE	Clémence	LRHBL	Technicienne Réseaux Trophiques
DUBROCA	Laurent	LRHPB	Responsable du laboratoire LRHPB
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
LEBEURRE	Mathilde	LRHBL	Assistante du laboratoire LRHBL
LEFEBVRE	Valérie	LRHBL	Technicienne spécialisée dans l'ichtyoplancton
LESCOUTE	Guillaume	LRHBL	Technicienne spécialisée en sclérochronologie
LOOTS	Christophe	LRHBL	Responsable du laboratoire LRHBL
MACKENZIE	Kirsteen	LRHBL	Chercheuse en écologie/environnement
MAHE	Kélig	LRHBL	Responsable de l'Unité HMMN
MARCHAL	Paul	HMMN	Chercheur en halieutique
MARTIN-BAILLET	Victor	LRHPB	Technicien halieute
PARRAD	Sophie	LRHPB	Technicienne halieute
SCHLAICH	Ivan	LRHPB	Ingénieur en halieutique
TELLIEZ	Solène	LRHBL	Technicienne spécialisée en sclérochronologie
VARENNE	Fanchon	LRHPB	Technicienne halieute
VIGNEAU	Joël	LRHPB	Ingénieur en halieutique
VOGEL	Camille	LRHPB	Ingénieure en halieutique

Présents au 31/12/2022

2.2.2 Personnel temporaire de l'unité HMMN

Nom	Prénom	Service	Poste
TOOMEY	Lola	LRHBL	Post-Doctorante
CHARPAGNE	Léa	LRHBL	Technicienne
LE MELEDER	Anna	LRHPB	Technicienne
SAUGER	Carine	LRHPB	Doctorante
NEVEN	Carolin	LRHBL	Doctorante

Présents au 31/12/2022

2.2.3 Accueil de personnels d'autres laboratoires et organismes

Nom	Prénom	Service	Titre
KOUBBI	Philippe	LRHBL	Professeur Université Sorbonne Université
MERLAND	Camille	LRHBL	CDD LOCEAN
THELLIER	Marion	LRHBL	CDD LOCEAN
ANDRIALOVANIRINA	Nicolas	LRHBL	Thèse ULCO

Présents au 31/12/2022

2.2.4 Accueil de doctorants en 2022

Nom	Prénom	Service	Sujet de thèse	Encadrements scientifiques
ANDRIALOVANIRINA	Nicolas	LRHBL	Meilleure compréhension de la morphogenèse des otolithes : implications dans la discrimination de stocks et l'âge automatique des poissons	Directrice de thèse : Emilie Poisson Caillault, ULCO Co-directeur : Kélig Mahé (HMMN) Co-encadrant : Sébastien Couette, EPHE Dijon
JOLY	Léa	LRHBL	Impact des changements globaux sur le développement et la survie des des larves de hareng (<i>Clupea harengus</i>) : une approche expérimentale multi-stress	Directeur de thèse : Paul Marchal, RHBL Co-directeur : Carolina Giraldo, RHBL
NEVEN	Carolin	LRHBL	Rôle du zooplancton dans le transfert trophique des acides gras essentiels dans les écosystèmes marins	Directeur de thèse : Paul Marchal (RHBL), Co-encadrants : Carolina Giraldo (RHBL)
SAUGER	Carine	LRHPB	Maturité objective des poissons par l'histologie quantitative	Directrice de thèse : Kristell Kellner, Université de Caen Co-directeur : Laurent Dubroca, RHPB

Présents au 31/12/2022

2.2.5 Accueil de stagiaires en 2022

Nom	Prénom	Formation	Université /Ecole	Début	Fin	Sujet	Tuteur
BOURGOIS	Alexandre	Licence	ULCO	13/06	22/07	Etude de la croissance et de la structuration des stocks de chez 3 espèces d'otolithes entre le Ghana et le Nigéria	K.MAHE
POTIGNON	Amélie	Ingénieur 3 ^{ème} année	Agronome VetAgro sup Clermond-Ferrand	21/02	19/08	Analyse temporelle long terme de la diversité fonctionnelle du zooplancton	P.MARCHAL S.LEFEBVRE
GUERINEL	Anaïs	DUT	IUT Brest-Morlaix	11/04	29/07	Développer et mettre en place une technique d'acquisition d'image automatique et standardisé à l'aide de stéréomicroscope	G.BLED-DEFRUIT
GUILLET	Lilia	Ingénieur 3 ^{ème} année	Agronome Bordeaux Sciences Agro	28/02	26/08	Evaluation spatiale des impacts de la pêche en Manche Orientale à travers une approche de modélisation écosystémique.	G.Halouani R.Girardin
Coquebert	Laura	Master 2	Université du Littoral Côte d'Opale	07/02	30/06	Evaluation de la sensibilité d'un ensemble d'indicateurs écosystémiques à la	G.HALOUANI

						résolution spatiale du modèle trophique Ecospace de la Baie de Seine	
CHEVRETTE	Mathieu	Master 1	Sorbonne Université	19/04	10/06	Dynamique saisonnière des assemblages ichtyoplanctoniques en Manche Orientale	C.LOOTS
MOGEON	Jade	Ingénieur 3 ^{ème} année	Agrocampus Rennes	28/02	12/08	Impact de l'implantation d'une zone de jachère rotationnelle sur la variabilité du recrutement dans la population de coquilles Saint-Jacques et de la Baie de Seine : dynamique et modélisation	E.FOUCHE R
NIVET	Timothé	2 ^{ème} année Intechmer	CNAM Intechmer Cherbourg	02/05	01/07	Identification et quantification du benthos collecté par chalutage, de la mise en base des données et de leur traitement statistique	C.VOGEL
MARTIN	Valentine	Master 2	Université de la Rochelle	17/01	13/07	Maturité objective des poissons par l'histologie quantitative Cas du rouget-barbet dans le golfe de Gascogne	L.DUBROCA
WERQUIN	Sarah	Master 2 en alternance	Université de Lille	Septembre 2020	Juin 2022	Compréhension des flux de matière établis entre le merlan et ses parasites	P. CRESSON
Djian	Valentin	Master 2	Sorbonne Université	Février 2022	-	Biogéographie du macrozooplancton de l'Océan Indien Sud et de la partie indienne de l'Océan Austral	P. KOUUBI

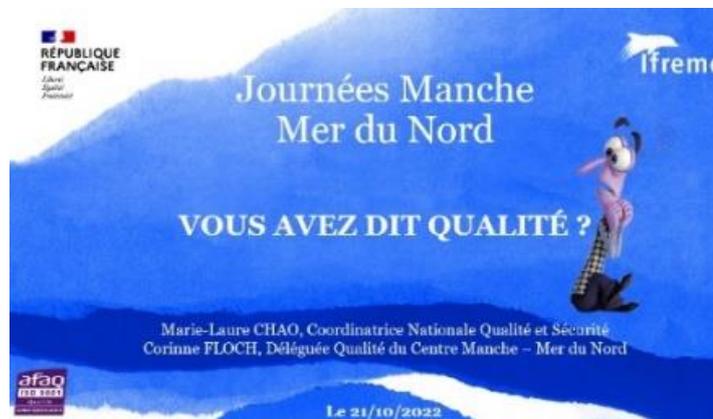
2.3 Démarche Qualité ISO 9001

2.3.1 Actions auprès du personnel

Le SMQ (Système de Management de la Qualité), par son approche, ses outils et les références qu'il permet de partager collectivement, offre un cadre dédié, structurant et propice au maintien de la dynamique d'amélioration continue à l'échelle de l'institut, dans ses différents métiers, composantes et interfaces.

L'implication est un élément clé pour que le sujet se fonde progressivement et durablement dans les activités de tous. L'année 2022 a été rythmée par plusieurs actions dans lesquelles l'unité s'est mobilisée.

- **Deux réunions sur le processus P03** (format de 2h30), en collaboration avec la DAJF du centre : rappels généraux SMQ, documentation du processus, échanges sur les pratiques.
- **Intervention aux Journées Manche Mer du Nord – Cherbourg, le 21/10/22** - Coordinatrice Nationale Qualité et Sécurité et Déléguée Qualité Centre.
Travail en amont avec le responsable d'unité pour cibler l'objectif de l'intervention : transmission d'un questionnaire pour construire la présentation autour des besoins/attentes/propositions des participants (18 réponses sur 84 salariés : 21.4 %).



- **Six sessions de sensibilisation pour : 1 salariée en CDI, 1 doctorante, 7 salariés en CDD et 9 stagiaires, dont 2 personnes anglophones, accueillis au sein de l'unité (format 1h30) :**
 - *informations sur la démarche qualité : pourquoi et comment elle est mise en œuvre,*
 - *savoir se situer dans cette organisation, connaître les dispositifs et comment s'impliquer.*



2.3.2 Autres actions

- Participation des experts à la revue de processus du P09, le 02/02/2022.
- Soutien des fiches d'amélioration portées par l'unité en relation avec les rapporteurs :
 - FA-2022-0096 : Adapter les formalités RH à l'anglais (P12)
 - FA-2022-0071 : Position de l'Ifremer sur utilisation du logiciel labcollector (P1)
- Diffusion au personnel du centre des informations pertinentes pour les activités des équipes : nouveautés, mises à jour documentaires des processus déployés au CMMN (P03, P06, P07, P09) et comptes rendus de revues de processus.
- Audits interne et externe : sans objet en 2022.

2.4 Equipements, moyens matériels

2.4.1 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 à l'unité HISSEO 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 Obsbio (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 2022, les appels à données ont pu être honorés, pour la plupart dans les temps impartis.

2.4.2 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. Eric Foucher, membre de l'unité a réintégré la Commission Nationale de la Flotte Côtière (CNFC) et en est devenu le président. 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 2022, l'Unité HMMN a piloté de nombreuses campagnes récurrentes financées par l'EU-MAP (CGFS, IBTS), le FEAMPA (COMOR), IGA (CRUSTAFLAM, ZOOFLAM, NOURSOM), la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) (NOURMONT, NOURMANCHE) et l'OFB (NourVeys). L'unité HMMN a en outre organisé/participé activement à des campagnes dans le cadre du suivi des granulats dans le golfe de Gascogne (programme Resiste) et pour l'évaluation du concombre de mer à Saint Pierre et Miquelon (HoloSPMTV). Enfin, l'unité 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.

2.4.2.1 Groupe de Travail CIEM WGIBTS

L'unité HMMN participe activement au groupe de travail IBTS (International Bottom Trawl Survey) du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) qui est chargé de coordonner une série de 14 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 entre les pays. Comme en 2021, la réunion s'est tenue par visioconférence, du 27 au 31 mars 2022. Le groupe de travail a réuni un total de 57 participants venant de 13 pays.

Comme les années précédentes, le rapport du groupe de travail (<http://doi.org/10.17895/ices.pub.20502828>) synthétise les dernières campagnes réalisées en 2021 et début 2022 et présente un résumé des principaux résultats. Le groupe a également travaillé à la préparation des nouvelles campagnes pour la période 2022-2023.

Une grande partie de discussions du groupe a été centrée sur le nouveau chalut de fond qui vise à remplacer le chalut actuel qui devient obsolète et difficile à réparer. Certains pays ont pu déjà tester le nouveau chalut (JTS610) avec des résultats qui semblent encourageants, tant par la mise à l'eau du chalut que par le maintien de la distribution en taille des espèces d'intérêt. La France a présenté au groupe son plan prévisionnel pour les tests qu'elle effectuera sur La Thalassa et qui sont prévu début Septembre 2023 avant le début de la campagne CGFS. Des membres du groupe se sont manifestés et seraient intéressés pour y participer également. Une invitation a été envoyée au IBTSWG par Didier Le Roy (Ifremer) qui coordonne la mise en place de cette campagne.

Globalement l'ensemble des campagnes s'est bien déroulé pour la plupart des pays (~90% des objectifs atteint). Pour la France nous avons souligné que la campagne EVHOE a été impactée

(9 jours de moins) à cause du COVID et d'une mauvaise météo. De même pour la campagne CGFS, l'interdiction d'approcher les 6mn de la part du UK a eu un impact sur la structure en taille de certaines espèces. Des études faites par DTU Aqua montrent une augmentation des anchois en Mer du Nord qui semble lié aux augmentations de température. Les résultats encore préliminaires ne permettent pas d'identifier clairement les mécanismes sous-jacents. Cette augmentation semble suivie par d'autres petits pélagiques tels que la sardine retrouvée cette année pas uniquement dans le sud de la Mer du Nord mais également dans les stations plus au nord. Le Danemark a observé une infestation du cabillaud de la mer du Nord par des vers du foie au premier trimestre 2021, avec des taux d'infestation similaires à ceux de la Baltique occidentale. Les études préliminaires montrent qu'une grande partie des poissons de grande taille sont infestés mais cela ne semble pas avoir un effet négatif sur les indices de condition du poisson.

Un retour du IBTSWG est attendu vis-à-vis des tests qui seront effectués par la France pour le nouveau chalut. Cela permettra d'identifier les environnements/types de données qui sont encore à évaluer par d'autres pays (eg., actuellement il y a un manque de données sur le comportement du chalut sur des grands fonds >200m et sur les petits fonds 20-40m).

Des problèmes dans les données de poids de capture ont été identifiés pour un grand nombre de pays avant 2004. Le problème viendrait d'une duplication du poids pour les espèces sexés dans la table HL. Ce problème est connu mais peu documenté et a besoin d'être clairement identifié pour éviter que des utilisateurs puissent utiliser des données biaisées.

Des développements au sein de la base internationale DATRAS devraient permettre une meilleure visualisation sur le web des données des campagnes océanographiques. Du travail est en cours pour un meilleur suivi lors de re-soumission/correction de données avec un système d'alerte pour les groupes d'évaluation.

Des variations dans la géométrie du chalut entre les différents pays montrent que malgré les efforts pour standardisation, des facteurs externes (ou humains) font que certains pays ne rentrent pas dans les recommandations du IBTSWG. Ces remarques seront prises en compte pour réévaluer les recommandations et améliorer la standardisation pour le nouveau chalut.

2.4.2.2 Développements informatiques

À partir du 1^{er} janvier 2022, les données relatives aux paramètres biologiques du sous-module Obsbio du SIH ont été mises en production en utilisant la suite de logiciels comprenant QRCodeGenerator, Imagine, Allegro campagnes, Icy, Uploader, SMARTDOTS, Valparaiso-Obsbio et IndividualParameterDataExtract. Au cours de la première année de production, la plupart de ces logiciels ont fait l'objet d'une ou de plusieurs évolutions en collaboration avec les équipes de IRSI, CDD SIH ainsi que des partenaires externes.

Tout au long de ce processus, une documentation à jour a été maintenue sur Archiver. Tout au long de ce processus, l'objectif initial de centraliser des données de qualité dans la base nationale du SIH Harmonie a été maintenu.

Les demandes d'amélioration continuent d'être enregistrées dans l'outil Youtrack. Cela permet à l'équipe informatique ISI de suivre et de qualifier ces demandes. Un cahier des charges a été révisé pour faciliter l'intégration et la correction en masse des données historiques relatives aux paramètres biologiques. Cela a été bénéfique pour le CDD en charge de ce travail.

Deux instances de Labcollector, gérées par HMMN et maintenues par IRSI, jouent un rôle essentiel. Elles permettent une gestion efficace des consommables et des produits chimiques,

favorisant ainsi l'optimisation des demandes et une meilleure visibilité des flux. Par ailleurs, les échantillons contenus dans cette base de données ont été synchronisés avec le système MORSE, ce qui a permis de référencer plus de 4500 échantillons.

2.4.2.3 Campagne CGFS

Depuis 1989, la campagne CGFS est conduite tous les ans de mi-septembre à mi-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, 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 projet de recherche [Programme RECCRU, JERICO-S3, FISHOWF, MEGASCOPE, CleanAtlantic, MATURITE...] La campagne CGFS est coordonnée au niveau international par le groupe de travail IBTS (International Bottom Trawl Survey) du CIEM et les données collectées au cours de cette campagne sont intégrées à la base de données DATRAS mise en place par ce groupe.

La campagne CGFS 2022 s'est déroulée sur le N/O Thalassa du 16 au 29 septembre pour la partie Ouest et du 1 au 16 octobre pour la partie Est. Chaque année, nous faisons un tirage aléatoire stratifié sur 48 traines (pour 74 disponibles) en Manche Ouest et le protocole prévoit 74 traines en Manche Est. Les autorisations de travaux dans les eaux anglaises nous ont été délivré en début de campagne avec comme consigne de ne pas travailler dans les 6 milles nautiques des eaux britanniques. Cette limitation d'accès concerne 5 stations de chalutage, très importantes, pour les indices de plie (*Pleuronectes platessa*), de merlan (*Merlangius merlangus*), de bar (*Dicentrachus labrax*), de sole (*Solea solea*), de raie bouclée (*Raja clavata*), car ces stations sont situées dans des zones de nourriceries côtières.

Au cours de cette campagne, 52 stations de chalutages ont été réalisés en Manche Ouest, dont 2 non valides pour cause d'avarie. 9 traines supplémentaires avec l'ajout d'un racasseur au chalut, furent testées, pour évaluer les différences de capture par rapport au chalut standard. En manche Est, nous avons validés 68 stations de chalutage sur les 74 prévues. 5 stations étaient situées dans la zone des 6 milles nautiques des eaux britanniques et une station n'a pas pu être réalisée du fait de la construction d'un parc éolien au large de Fécamp (*Fig.1, Ann.1*). Sur l'ensemble de la campagne, nous n'avons eu que 3 jours de mauvais temps qui ont annulé quelques prélèvements au filet à plancton et microplastique. Sinon, les conditions météorologiques clémentes nous ont permis de réaliser l'ensemble des travaux dans de bonnes conditions.

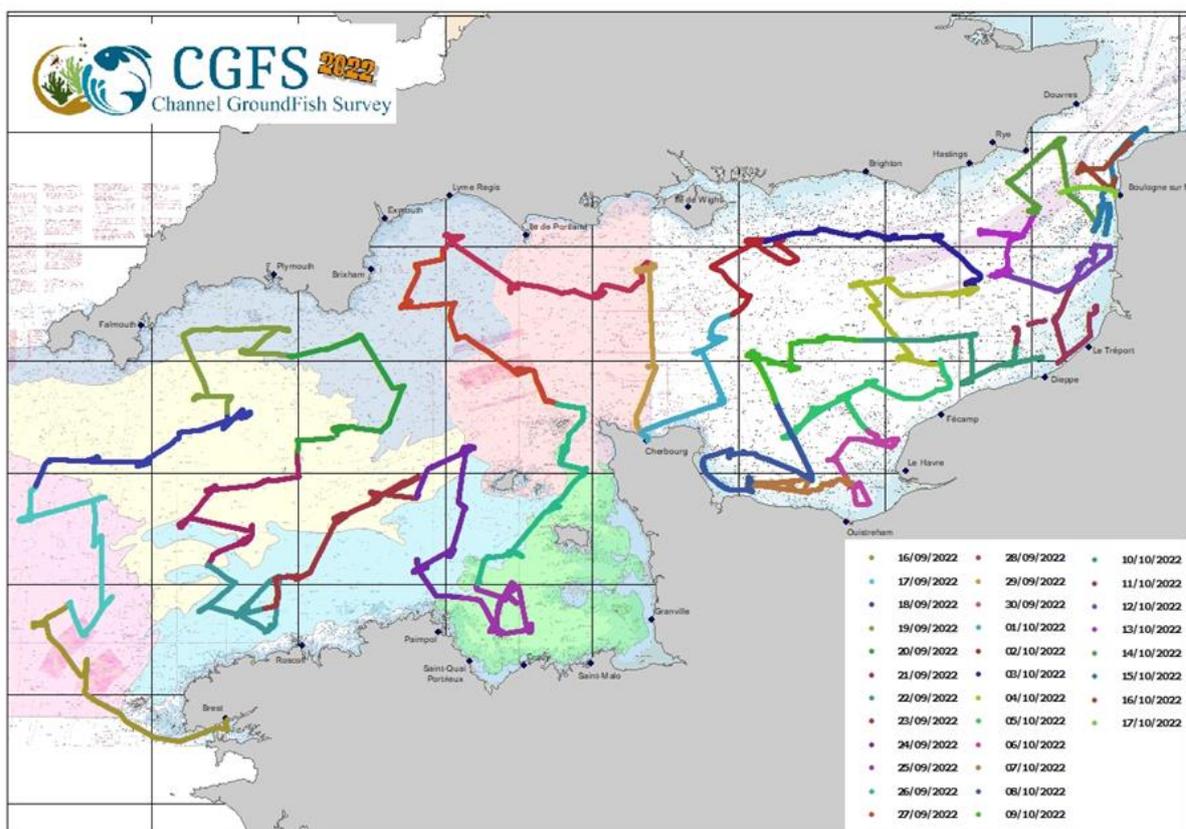


Figure 2.4.2.3.1. Parcours de la campagne CGFS 2022.

Manche est : L'abondance moyenne de poissons par trait est de 4433 individus et la biomasse moyenne s'élève à 394 kg, soit respectivement une baisse en nombre d'individus capturés de 70% et 9% par rapport à 2021. Les espèces pélagiques telles que le chinchard (*Trachurus trachurus*), la sardine (*Sardina pilchardus*) et le maquereau (*Scomber scombrus*) sont fortement dominantes en abondance et en biomasse. Elles représentent à elles trois plus de 70% du nombre total d'individus capturés. Cette année, on note une part importante de céphalopodes dans la capture avec une abondance d'environ 5% pour les encornets (*Loligo vulgaris*). En ce qui concerne les espèces démersales, la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*) est la plus abondante et représente 1.75% de l'abondance globale. Concernant la dominance en poids, la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*), la raie bouclée (*Raja clavata*) et le bar (*Dicentrarchus labrax*) représentent respectivement 5.42%, 4.98% et 1.73% de la biomasse totale.

En termes d'occurrence, parmi les poissons les plus largement distribués, on retrouve la plupart des espèces à forte dominance telles que le chinchard et le maquereau mais aussi pour les poissons démersaux la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*), le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*), la raie bouclée (*Raja clavata*), et du grondin rouge (*Chelidonichthys cuculus*). Pour les céphalopodes l'encornet commun (*Loligo vulgaris*) et la seiche (*Sepia officinalis*) sont présent dans près de 100% et 98.53% des stations de chalutage. A noter aussi comme pour 2021, une occurrence importante de l'araignée (*Maja brachydactyla*) et du saint-pierre (*Zeus faber*) présente dans 77.94% et 63.24% des traits.

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 la baie d'Authie à Dieppe, en baie de Seine et au large à l'Est du dispositif de séparation de trafic (DST). On note également plusieurs points au large de la baie de Seine, en limites des eaux anglaises, qui concernaient une forte abondance de chinchard, sardine, raie bouclée et de petite roussette.

En baie des Veys, en baie de Seine et au large de Dieppe jusqu'à la baie d'Authie, on observe un décalage entre l'abondance et la biomasse dû à la capture d'individus de petite taille.

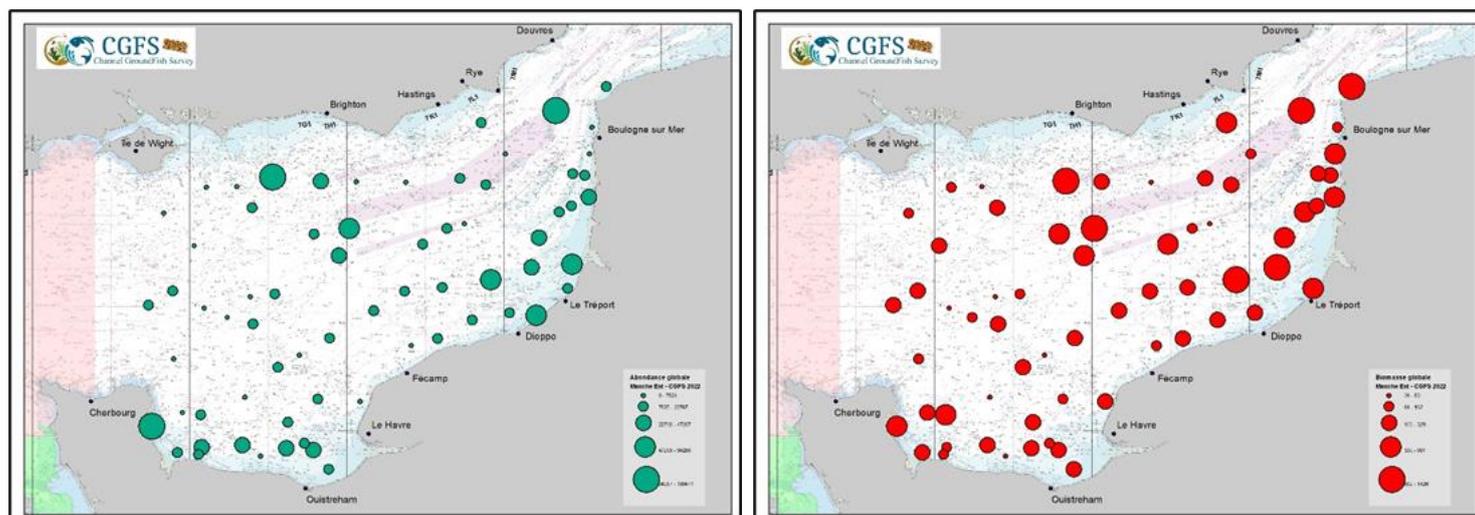


Figure 2.4.2.3.2. Abondance et Biomasse global des poissons en Manche Est.

Manche Ouest : En 2022, l'abondance moyenne par trait est de 5109 individus et la biomasse moyenne s'élève à 186 kg, soit respectivement une baisse de 34 et 30 % par rapport à 2021. Globalement cette année, nous avons observé une abondance relative des espèces pélagiques moins importante qu'en 2021. A part, le chinchard (*Trachurus trachurus*) qui est l'espèce la plus dominantes en nombre 39%, nous ne retrouvons pas les mêmes abondances pour le sprat (*Sprattus sprattus*), et surtout l'anchois (*Engraulis encrasicolus* ; représentant en 2021, respectivement 8% et 26% de l'abondance relative). A noter cette année la grande abondance des Salpes qui apparaissent sur le graphique avec 11% de l'abondance relative. Avec 20%, le petit tacaud (*Trisopterus minutus*) est la deuxième espèce dominante en nombre et la première espèce démersale.

La dominance en biomasse est dominée par les espèces pélagiques dont le chinchard et le maquereau représentant 24 et 22% et dans une plus faible mesure par la sardine (7%). La première espèce démersale est le petit tacaud avec 6%. Le merlan ne représente que 2% de la dominance en poids contre 6% en 2021. Nous observons une plus forte dominance par rapport à l'année précédente de la petite rousette et du griset (4%).

En termes d'occurrence, le chinchard est présent à toutes les stations de chalutage et le petit tacaud est présent dans 90% des stations de chalutage. Parmi les autres espèces largement distribuées on retrouve, la petite rousette, le grondin rouge, le maquereau, l'encornet veiné (*Loligo forbesii*) et l'alloteuthis.

La répartition de l'abondance en Manche ouest est globalement proche de celle de la biomasse. On observe une évolution spatiale de captures les plus importantes par rapport à 2021 avec une répartition plus centrale dans la manche et des plus faibles valeurs à l'ouest de la zone et sur les côtes anglaises. Ceci est certainement lié à la plus faible capture et observation des espèces pélagiques, ainsi que du merlan (*Merlangius merlangus*) et de l'églefin (*Melanogrammus aeglefinus*) rencontré cette année en faible quantité.

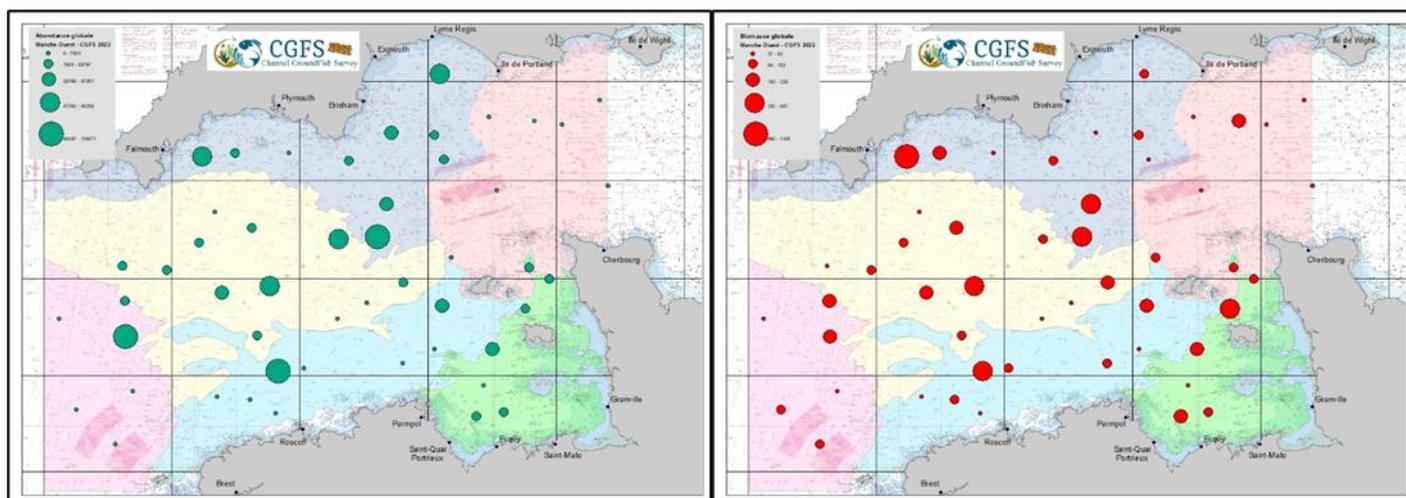


Figure 2.4.2.3.3. Abondance et biomasse moyenne des poissons en Manche Ouest.

Bilan des prélèvements pour l'Hydrologie :

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Manta	16	21	Microplastiques DCSMM
WP2	18	9	Abondance zooplanctonique
Niskin à la surface	21 (+ 36 RECCRU)	34	Chlorophylle totale, MES, sels nutritifs, flore phytoplanctonique, Réseau trophique (isotopie)
SBE	79	68	Température, salinité, pH, Fluorescence, Par (irradiance), Oxygène, Turbidité, profondeur
MIK	48		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	52 + 9 essais racasseur	68 réalisés, 6 annulés (5 autorisations GB ; 1 Parc éolien Fécamp)	
Otolithes	886	1209	Fourniture d'indices d'abondance en âge
Mensuration	19079	25910	Fourniture d'indices d'abondance en taille
APECS	32	143	117 marquages de <i>Mustelus asterias</i> , 12 de <i>Galeorhinus galeus</i> et 46 <i>Raja clavata</i>
Prélèvements ANSES		Prélèvements de différentes espèces	Recherche et étude de parasites
IUEM	1000 petit tacaud 100 tacaud commun		Formation des étudiants
Université de Caen	40 mâles + 20 femelles		Collecte de tissus frais pour biologie moléculaire et cellulaire
RTP	17 espèces concernées		Amélioration des Relations taille / poids
FISHOWF	33 (Scyliorhinus canicula) 7 Scyliorhinus stellaris 11 Raja undulata	13 Scyliorhinus canicula 5 Raja undulata 15 Mustelus asterias 10 Raja clavata	Pose d'une balise acoustique (interne pour les requins ; externe sur les raies). Suivi des mouvements des individus au sein des parcs éoliens (Saint Brieuc et Courseulles)

Acquisitions bathymétriques :

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Sondeur ME70 et 2040	13	14	Développement des modèles physiques de description du fond

Observation MEGASCOPE :

Type d'observation	Total obs.	Total ind.
Activité humaine		
> Bouée de pêche	475	559
> Bateau	98	122
> Déchet	244	281
> Autre activité	133	156
Mammifère marin	83	495
Oiseau marin	1 912	10 549
Oiseau terrestre	123	395
Autres espèces de mégafaune (thonidés, élasmobranches...)	70	4 705
Individu mort (oiseau ou mammifère)	50	51

2.4.2.4 Campagne IBTS

Le navire océanographie Thalassa II a quitté Boulogne-sur-Mer 18 janvier 2022 pour démarrer l'échantillonnage en Manche. Puis, à partir du 22 janvier, nous avons commencé à échantillonner le sud-est de la Mer du Nord. Après une escale de 24h à Dunkerque le 29 janvier, la mission est repartie dans les eaux de la Mer du Nord. Au total, 10 traits de chalut et 19 stations MIK (œufs et larves) ont été effectués en Manche. Des stations MIKs en Manche ont dû être refaites car le MIK ne pêchait pas normalement. Dans la Mer du Nord, un total de 43 traits de chaluts et 75 stations MIK ont été réalisés. Un profil de bathysonde CTD a été déployé à chaque station de chalut et 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 2022 :

- Chalut de fond (GOV) : 53 stations dont 2 traits invalides
- Filet à larves (MIK) : 103 stations dont 10 traits invalides
- CTD / paramètres physico-chimique : 156 stations
- Stations hydrologiques phytoplancton: 108 stations.
- WP2 / échantillonnage du zooplancton : 40 stations
- Observation des oiseaux et mammifères marins en Manche
- Enregistrement des données acoustiques
- Échantillons d'œufs : 181
- Les données environnementales de surface enregistrées en continu avec la FERRYBOX.

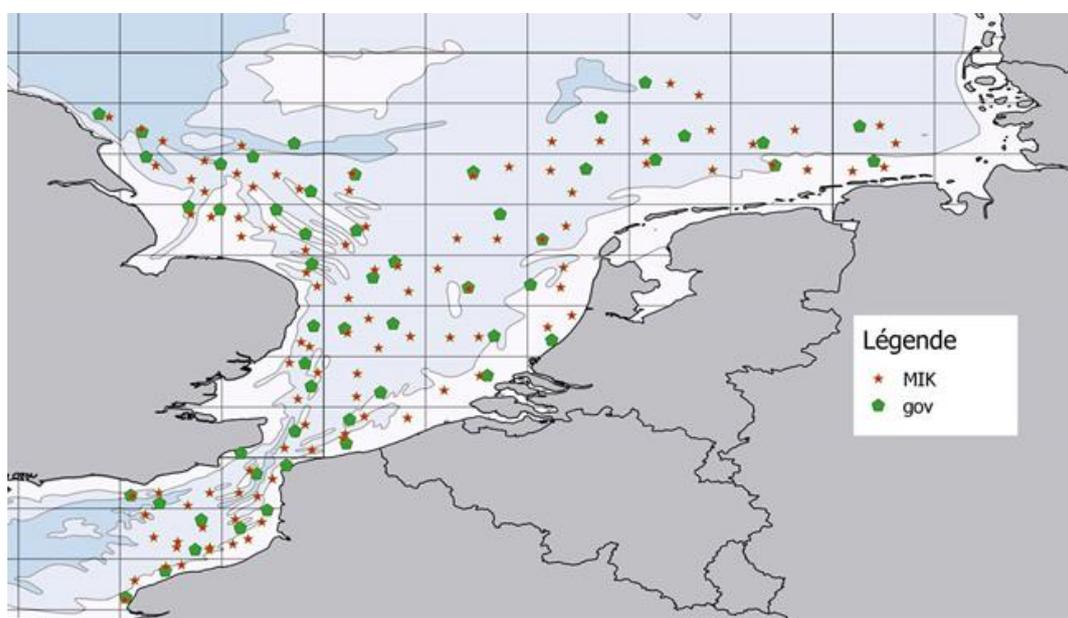


Figure 2.4.2.4.1: Zone échantillonnée par le N/O Thalassa II en 2022.

La figure ci-dessous présente les indices de recrutement (âge 1) pour sept espèces commerciales principales. Ces résultats sont basés sur les traits réalisés par les sept navires impliqués dans la campagne. Les données environnementales de surface ont été enregistrées en continu avec la FERRYBOX®.

International Bottom Trawl Survey: 1-group indices as average N/hour fishing

18/03/2022

1980-2021 Final indices, 2022 preliminary values based on:

240 hauls

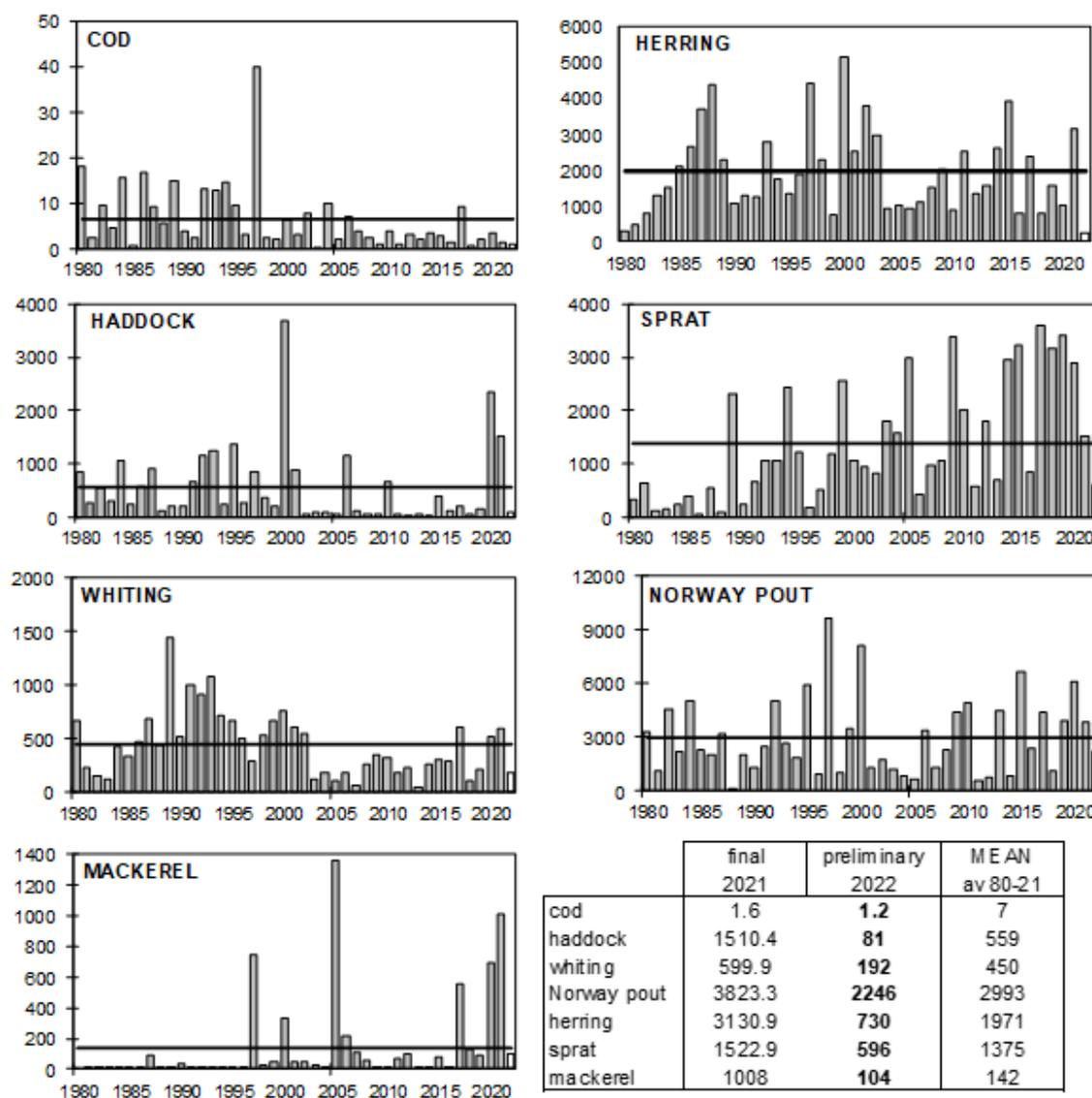


Figure 2.4.2.4.2 : Indices de recrutement (âge 1) calculés à partir des données des campagnes IBTS 2022. De 1980 à 2021 = indice final. Pour 2022 = indice préliminaire.

2.4.2.5 Campagne COMOR

Les campagnes scientifiques COMOR (COquilles Manche ORientale) ont pour objectif majeur de procéder à l'évaluation directe du stock de coquilles Saint-Jacques de la baie de Seine (gisement classé) et de la zone nord directement limitrophe au gisement classé, que nous appelons « Proche Extérieur ». Cette évaluation est opérée à bord du N/O Thalia, navire de la Flotte Océanographique Française (Fig. 2.4.2.5.1). Elle repose sur un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié, chaque carré de 1 mille de côté représentant une unité d'échantillonnage. Un trait de drague d'un demi ou d'un quart de mille est réalisé dans les unités d'échantillonnage tirées au sort. Les données recueillies permettent d'estimer des indices d'abondance par classe d'âge et par zone, la biomasse disponible par zone, la structure démographique de la population, et la répartition de la population sur le fond.



Figure 2.4.2.5.1 : Navire Océanographique Thalía.

En 2022, les dernières contraintes sanitaires liées à la suite de la pandémie COVID-19 ont été levées, toutes les campagnes océanographiques françaises ont toutes repris dans des conditions normales. La campagne COMOR2022 a ainsi eu lieu aux dates habituelles des campagnes COMOR, du 1^{er} au 19 juillet 2022.

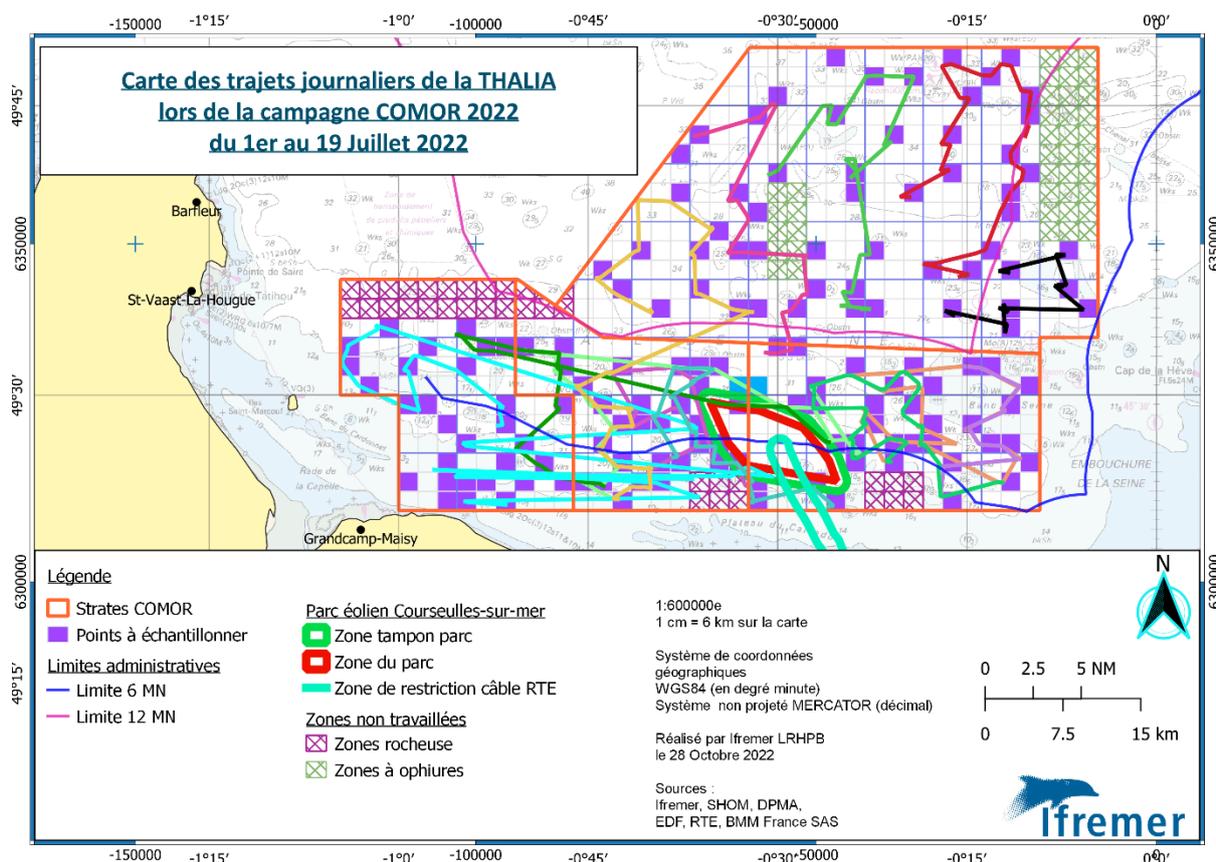


Figure 2.4.2.5.1 : Plan d'échantillonnage de COMOR2022 et traînes réalisées.

La campagne COMOR2022 a duré 15 jours de mer effectifs, avec des conditions météorologiques idéales. Toutefois, cette campagne a été marquée comme l'année précédentes par un nombre importants d'avaries (dues à l'usure des engins d'échantillonnage, qui seront entièrement révisés pour 2023). En 2021, la campagne avait été perturbée par la perte de la drague

à petit maillage (50 mm) en fin de campagne. Cette année, si aucune perte d'engin n'a été à déplorer, le treuil bâbord du navire est rapidement tombé en panne dès la fin du leg 1, sans possibilité de réparation rapide à bord. Les 2^{èmes} et 3^{èmes} parties de campagnes ont donc été réalisées dans un premier temps avec la seule drague à petit maillage (du trait 60 au trait 154), puis refaits avec la drague à grand maillage (anneaux de 72 mm de diamètre) en fin de campagne. Seules la totalité des strates 1 et 2 (parties Est et centrale de la baie de Seine) ont pu être échantillonnées avec les 2 dragues.

Néanmoins, au total 154 points d'échantillonnage ont été réalisés en baie de Seine et à l'extérieur de la baie de Seine (Fig. 2.4.2.5.2), en respectant strictement le protocole d'échantillonnage. La couverture géographique de la zone est ainsi complète cette année.

La biomasse totale disponible potentielle (lorsque l'ensemble de la cohorte née 2020 sera arrivée à la taille minimale commerciale) est estimée à 20044 tonnes, en forte progression par rapport à 2021 (Tabl. 2.4.2.5.1 et Fig. 2.4.2.5.3). Les 3/4 de cette biomasse se trouvent dans la partie au sud de la ligne Barfleur-Antifer (49°42N) avec 14597 tonnes (73%), 5447 tonnes sont toutefois disponibles au nord de cette ligne, dans la zone dite « des cailloux blancs » principalement.

En raison du bon reliquat estimée en 2022, cette biomasse exploitable est constituée à 65% par des coquilles de 2 ans arrivant dans la pêcherie pour la première fois (13010 tonnes) et 35% de coquilles adultes d'âge supérieur à trois ans (ayant donc subi à minima une saison complète de pêche). La répartition par âge est comme en 2021 moins déséquilibrée que les années précédentes.

Tableau 2.4.2.5.1 : Biomasse disponible dans le Proche Extérieur en juillet 2022.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Biomasse (tonnes)	29049	10486	4939	10779	15024	18783	7846	8873	11000	13645	20044

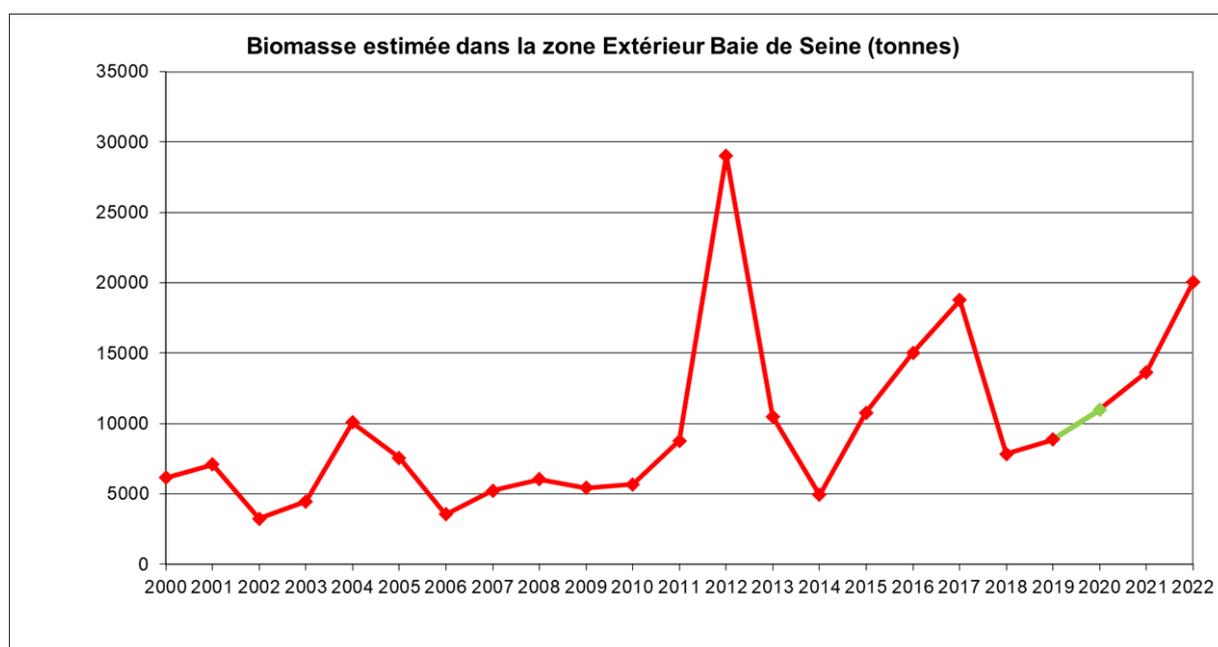


Figure 2.4.2.5.3: Biomasse exploitable disponible à l'extérieur de la Baie de Seine (Juillet 2022).

La biomasse totale disponible (Tabl. 2.4.2.5.2 et Fig. 2.4.2.5.4) est estimée en 2022 à 85581 tonnes (entre des valeurs minimale et maximale respectivement de 68764 t et 103665 t, pour un

intervalle de confiance à 95%). La biomasse exploitable estimée en Baie de Seine atteint cette année la plus haute valeur de la série historique, due à la conjonction d'une arrivée à nouveau massive de coquilles de 2 ans cumulée avec le meilleur reliquat de pêche jamais observé. Elle dépasse ainsi le précédent record de 2021 (67049 tonnes). Elle est 2,6 fois supérieure à la moyenne de la période 2011-2021 (32331 tonnes), et plus de 10 fois plus élevée que la moyenne calculée entre 1998 et 2010 (7813 tonnes).

Tableau 2.4.2.5.2 : Biomasse disponible en Baie de Seine.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Biomasse (tonnes)	17162	25389	16809	6027	14138	20334	48572	63581	23634	52949	67049	85581

Le recrutement ne représente cette année que 53% de cette biomasse, le reliquat 47% (29% de coquilles de 3 ans et 18% de 4 ans et plus), montrant à nouveau une amélioration générale du stock.

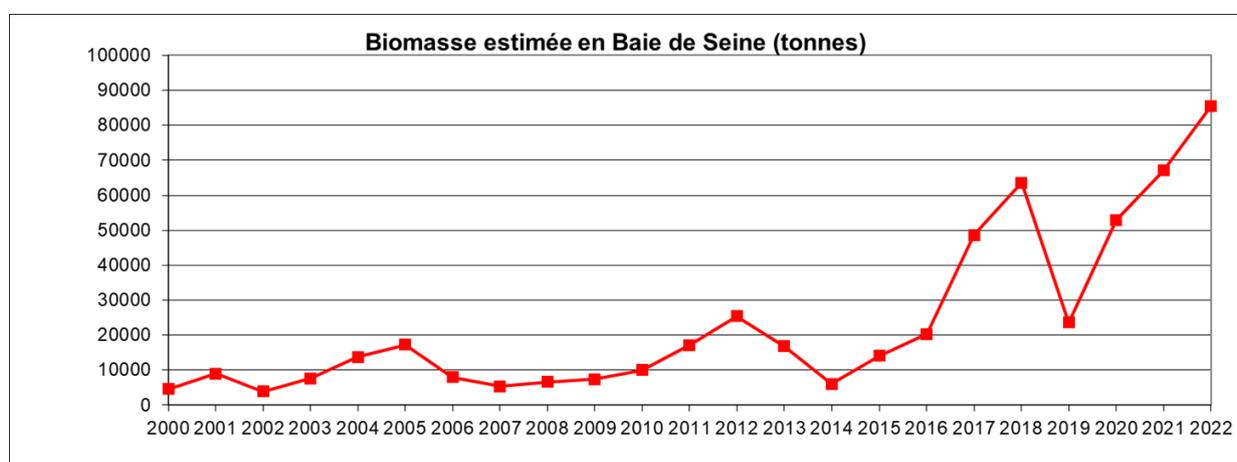


Figure 2.4.2.5.4 : Biomasse exploitable pour le gisement classé de la baie de Seine et pour l'extérieur de la baie de Seine de 2000 à 2022.

La répartition sur le fond de cette biomasse (Fig. 2.4.2.5.5 et 2.4.2.5.6) montre que les zones les plus riches sont situées à l'est de la baie de Seine cette année (31273 t, 38586 t et 15722 t d'est en ouest), puisque 82% de cette biomasse y est concentrée. L'abondance globale est telle que toutes les zones de la baie de Seine devraient permettre des rendements importants au cours de l'ensemble de la saison. Comme lors des années précédentes, certaines tâches présentent des densités très élevées, en particulier dans l'est de la baie, aussi ou plus importantes que celles traditionnellement observées en Baie de Saint-Brieuc.

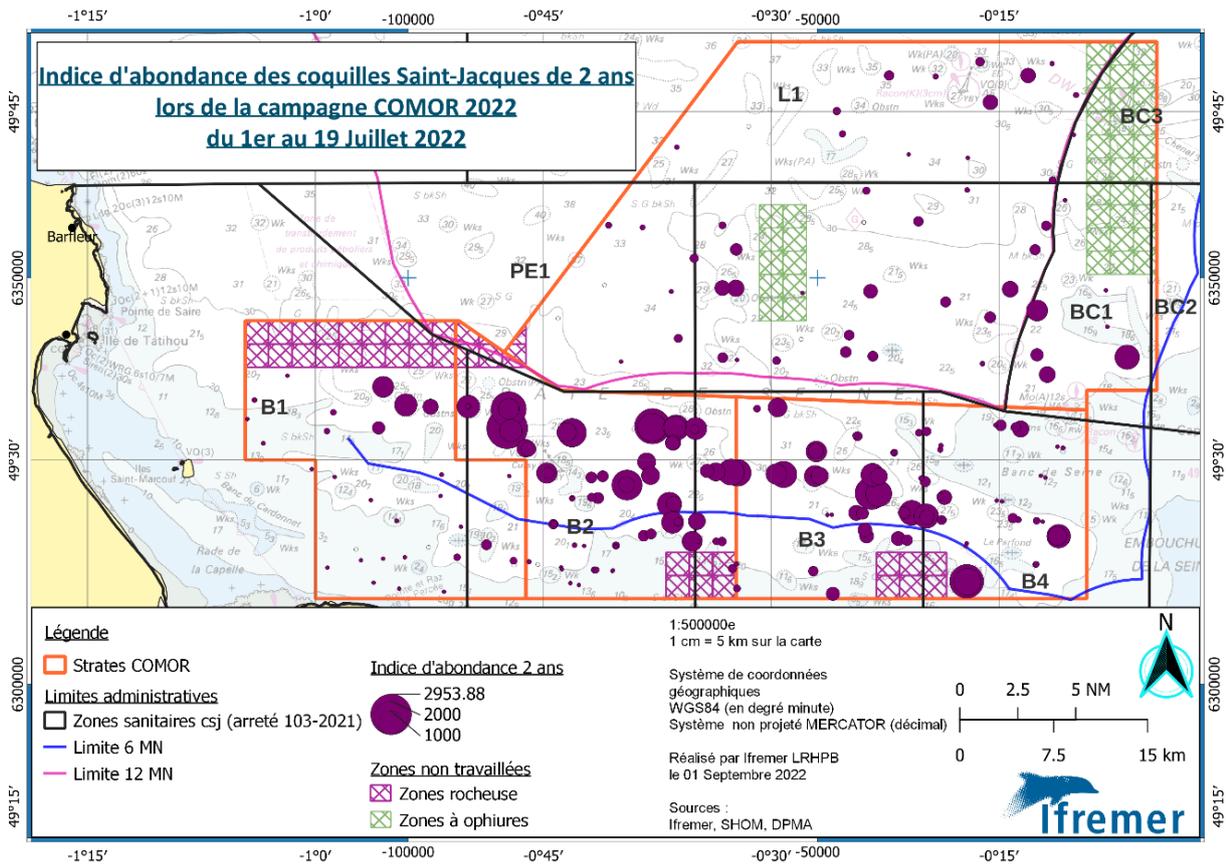


Figure 2.4.2.5.5 : Répartition des coquilles Saint-Jacques d'âge 2 (recrutement) en baie de Seine en juillet 2022.

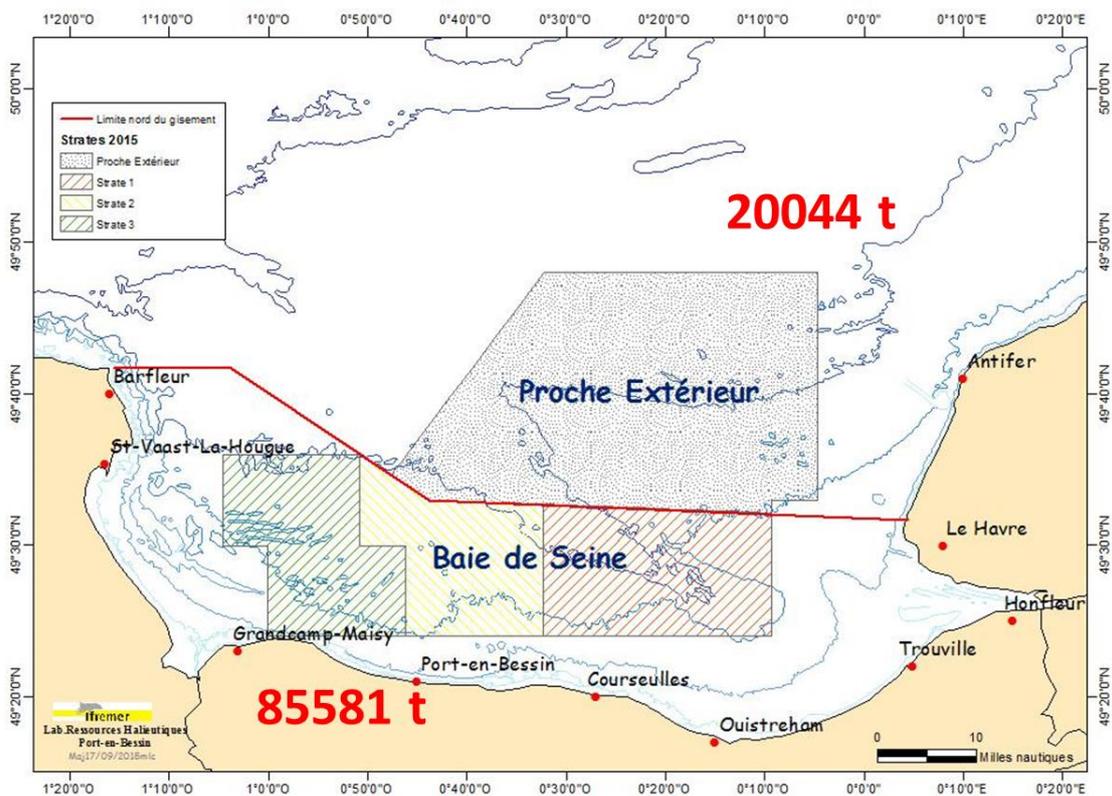


Figure 2.4.2.5.6 : Distribution géographique de la biomasse exploitable en baie de Seine en juillet 2021.

Pour la 8^{ème} année consécutive en baie de Seine, une cohorte 2021 (juvéniles de 1 an) à nouveau abondante, mais d'un niveau inférieur à celui des années précédentes. La répartition de ces

juvéniles sur le fond est très hétérogène en baie de Seine, l'essentiel de cette cohorte est fortement concentrée dans la partie Ouest (zone sanitaire BS1). Le pré-recrutement est faible à l'Extérieur de la baie de Seine, très inférieur à celui de la moyenne 2012-2021. Le recrutement de jeunes coquilles de 2 ans est excellent en baie de Seine, puisqu'il se situe au troisième plus haut niveau de la série historique. La taille moyenne des coquilles de 2 ans est globalement inférieure à celle observée les années précédentes. La totalité de la cohorte n'aura pas atteint la taille minimale de capture à l'ouverture de la saison de pêche en baie de Seine (fin novembre ou début décembre).

Une biomasse potentielle exploitable à nouveau en hausse (28%) par rapport à 2021, confirmant la bonne santé du stock. Cette biomasse totale estimée sur l'ensemble du gisement (20044 tonnes et 85581 tonnes respectivement à l'Extérieur et en baie de Seine) est la plus forte jamais observée en baie de Seine. Elle est de ce fait largement supérieure à la moyenne calculée sur les 10 dernières années (respectivement 12656 et 32331 tonnes). Le niveau du reliquat (coquilles adultes de 3 ans et plus ayant déjà subi au moins une année d'exploitation) est en valeur absolue en forte hausse par rapport à l'année précédente (en particulier en baie de Seine, grâce à la fermeture de la zone BS2 tout au long de la saison de pêche), qui était déjà l'année record. Le reliquat de pêche constitue 47% de la biomasse totale exploitable.

2.4.2.6 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 fonctionnement du CNPE de Flamanville. À cette fin, un certain nombre d'indicateurs sont élaborés à partir des données récoltées au cours de chaque campagne réalisée à bord d'un navire professionnel :

- répartition et abondance halieutique des crustacés d'intérêt commercial
- estimation directe du recrutement et de ses variations
- connaissances historiques sur les peuplements de crustacés (plus de 30 ans)
- données hydrologiques (température et salinité)
- dynamique de la population de homard dans le cantonnement 2003-2016 (CMR).

La création en 2000 d'un cantonnement de 1,2 km² pour préserver une fraction du stock de homard a induit un changement dans les captures et tout particulièrement dans celles réalisées à proximité du cap de Flamanville. Cette zone interdite à la pêche au casier fait, depuis cette date, partie intégrante du protocole d'échantillonnage des pêches expérimentales (Fig. 2.4.2.6.1).

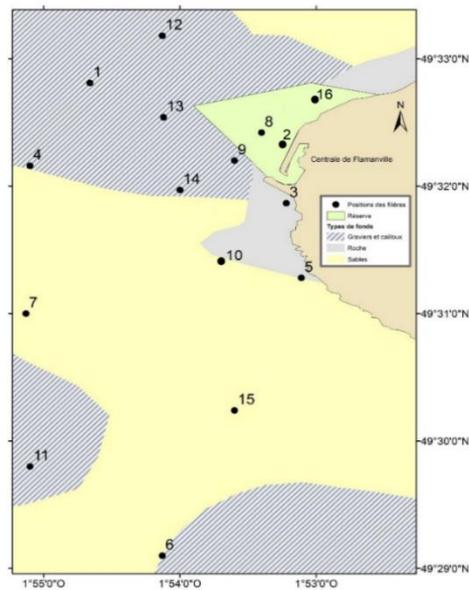


Figure 2.4.2.6.1. Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larsonneur) et localisation des points échantillonnés.

Cette mesure de gestion se traduit par une augmentation des rendements de pêche ce qui induit depuis qu'elle est mise en œuvre un biais dans la série historique des campagnes. Afin d'en évaluer l'impact sur la communauté des crustacés, un rapport d'expertise a été réalisé en 2021. En 2022, EDF a accepté qu'une publication scientifique soit produite à partir de ces résultats. Un document a été soumis à l'ICES Journal of Marine Science en fin d'année et sera publié en 2023.

En 2022, les échantillonnages ont été réalisés pendant quatre jours, les semaines 23 et 36 à bord du navire professionnel Bleiz Mor basé à Diélette. Depuis plusieurs années une forte diminution de l'abondance des tourteaux est observée alors que les captures d'araignées augmentent. Sur une période plus longue les CPUE associées au homard 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 2.4.2.6.2). La classe 87-96 qui a longtemps bénéficié des bons recrutements des années antérieures est stable depuis 3 ans, mais est inférieure à ce qui est généralement observé depuis 2008. Avec de abondances de 10 ind./100 casiers, elle constitue la partie exploitable la plus abondante de la population. Le faible nombre d'individus capturés dans la partie supérieure du spectre de taille montre une exploitation très importante du homard avec des CPUE très faibles. Parallèlement la classe inférieure, dont les individus commenceront à être recrutés par la pêche après leur mue estivale à partir du mois de septembre de l'année en cours, connaît aussi une diminution des abondances depuis 2015.

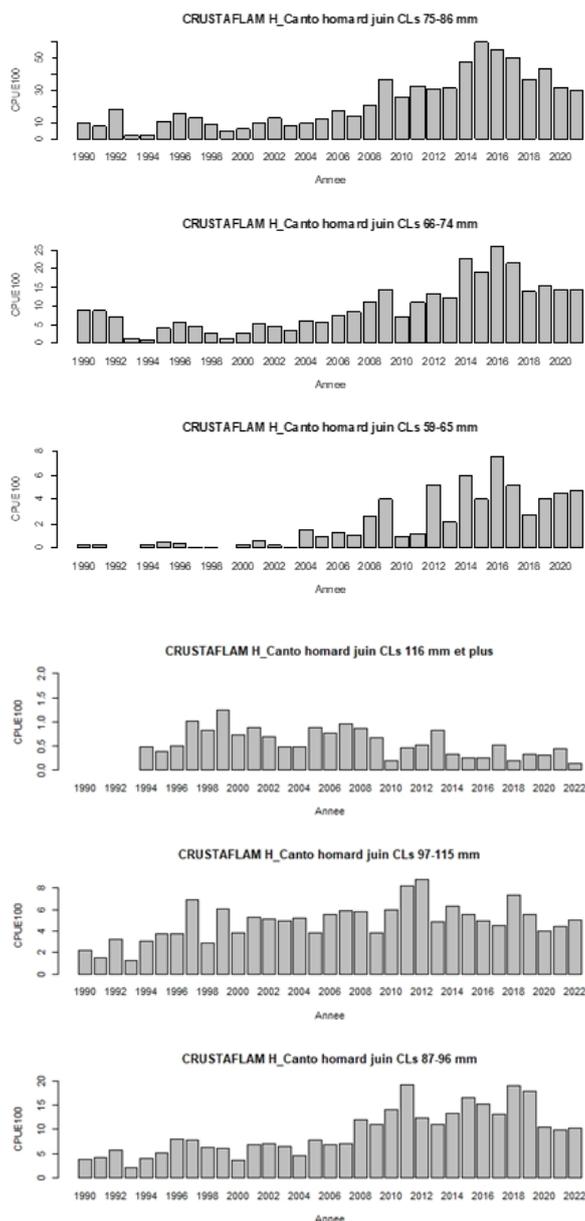


Figure 2.4.2.6.2 : Abondance des homards par classe de taille en dehors de la réserve depuis 1990.

L'analyse des données concernant la communauté des crustacés pour la période 1985-2022 a fait l'objet d'une synthèse intégrée dans le rapport de surveillance du CNPE de Flamanville dont la version définitive a été remise à EDF mi-mai 2023.

L'ensemble de la série historique a été reprise depuis 1985 et archivée dans la base de données des campagnes du SIH.

2.4.2.7 Campagne ZOOFLAM

Dans le cadre de la surveillance halieutique du CNPE de Flamanville, six campagnes sont réalisées entre fin juin et début septembre. Elles concernent le suivi des différents stades larvaires de l'araignée et du homard au niveau de quatre points de prélèvements. Les organismes sont collectés à l'aide d'un bongo double et d'un filet neuston.

En 2022 les 6 campagnes ont été effectuées du 21 juin au 2 septembre. En ce qui concerne l'araignée, les résultats mettent en avant une forte abondance de zoés au point 3 situé au large et valident la tendance à l'augmentation depuis une dizaine d'années pour ce stade. Pour le homard,

l'année 2022 confirme les faibles abondances maximales observées en ce même point et valide les très faibles densités enregistrées depuis 2016.

2.4.2.8 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 d'âge 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 dans pour sept espèces d'intérêt commercial qui puisse être en lien avec les 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 les invertébrés commerciaux et un autre spécifique pour la crevette grise.

En 2022, les échantillonnages ont été réalisés du 22 au 24 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 (Fig. 2.4.2.8.1), selon un plan d'échantillonnage stratifié et une durée de traîne standardisée. Les données de températures et salinité sont collectées dans la presque totalité des traits.



Figure 2.4.2.8.1 : Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Noursom.

Cette dernière année est caractérisée par une faible quantité de poissons plats capturés et tout particulièrement en ce qui concerne les juvéniles de sole (Fig. 2.4.2.8.2) dont les densités très faibles sont proches des minimas observés depuis 1987.

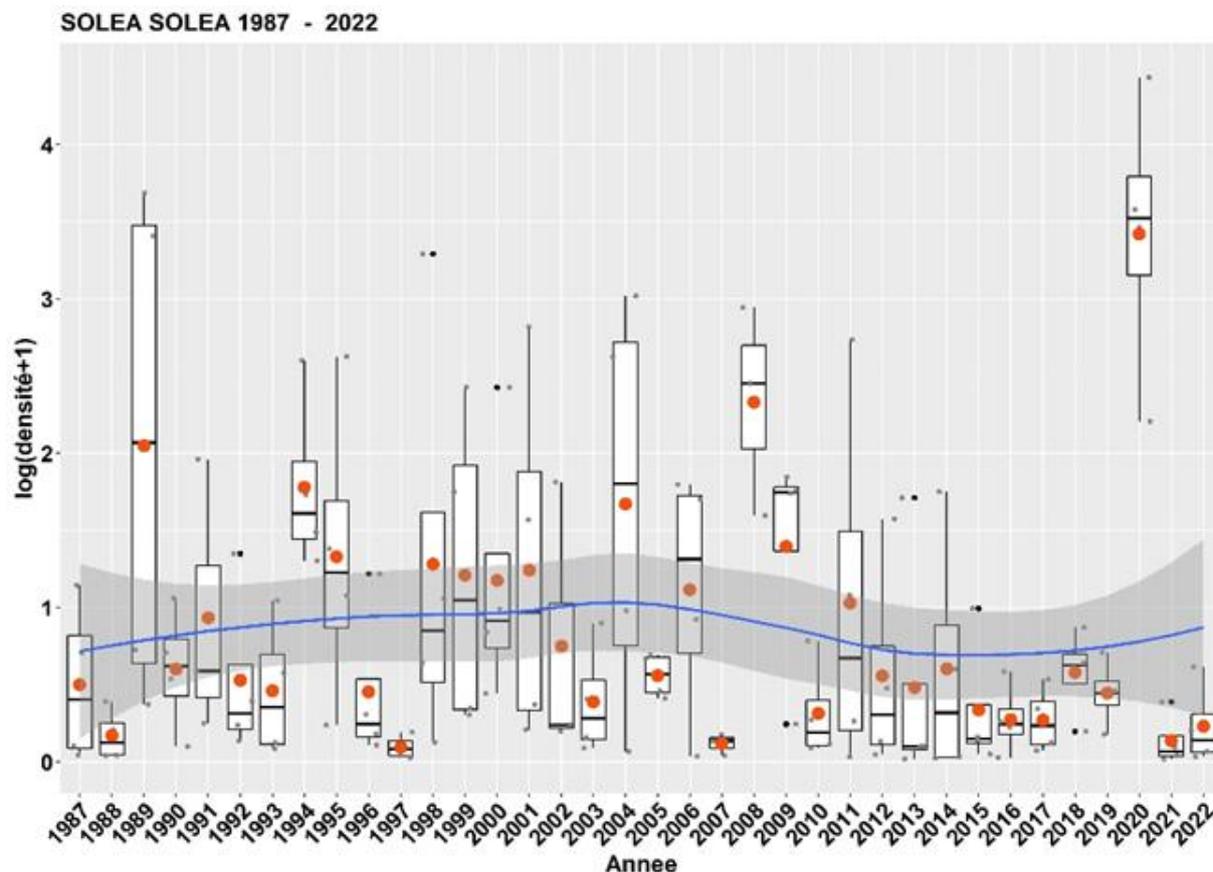


Figure 2.5.2.8.2. Densité annuelle (log transformé) de la sole par strate depuis 1987. Courbe de lissage en bleu.

La densité globale en crevettes grises observée en 2022 est particulièrement faible et bien en dessous de la moyenne pluriannuelle 1987-2022 (Figure 2.4.2.8.3).

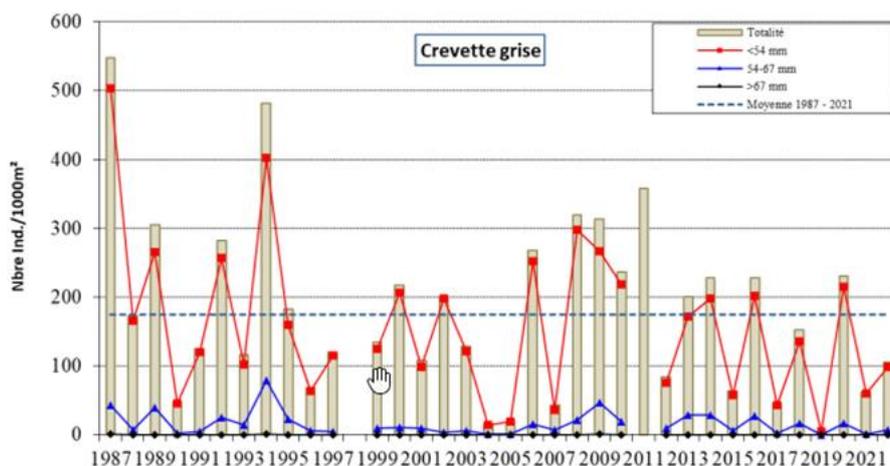


Figure 2.4.2.8.3. Densité de crevette grise (*Crangon crangon*) sur l'ensemble de la zone

Comme chaque année, la population est essentiellement représentée par des juvéniles de l'année capturés à l'intérieur de la baie et dont la taille est inférieure à 54 mm. Un rapport définitif a été rendu à EDF fin mai 2023.

Le laboratoire profite de cette campagne pour améliorer les connaissances sur les peuplements ichthyologiques 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 saisie sous Tutti et archivé depuis 2019 dans la base de données campagnes du SIH. L'archivage des données antérieures est toujours en cours.

2.4.2.9 Campagne NOURMANCHE (Estuaire de Seine, baie de Seine orientale, Baie du Mont Saint Miche, baies de Canche et d'Authie et baie des Veys)

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 NOURMANCHE regroupe depuis 2020 le suivi des nourriceries des baies de Canche et d'Authie et de la baie des Veys, échantillonnées alternativement à intervalle de 2 ans, et ceux de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de Seine d'une part et de la baie du Mont Saint Michel d'autre part, échantillonnés chaque année. La campagne se tient en septembre ; elle a été réalisée à bord du N/O Côtes de la Manche en 2022. Certaines zones de faible profondeur (estuaire de Seine, trains très côtières en baie de Seine et en baie du Mont-Saint Michel sont réalisées sur des navires professionnels en complément. Le protocole d'échantillonnage est standardisé à l'échelle nationale (Delaunay et Brind'Amour, 2018).

- L'engin d'échantillonnage majoritaire est le chalut à perche de 3 m de large (CP3) avec une maille de 10 mm de côté. Seuls les points d'échantillonnage situés dans la fosse nord de l'estuaire de Seine nécessite de recourir à un engin plus petit (chalut à perche de 2 m de large).
- A chaque trait, la température de l'eau (fond et surface), la salinité, la pression (i.e profondeur) et la concentration en oxygène sont enregistrés (sonde STP fixée sur le chalut ou sonde à main).
- Tous les espèces de poissons et céphalopodes, et les crustacés à valeur commerciale sont dénombrés, pesés et mesurés.
- L'épifaune benthique capturée par le chalut est également identifiée, dénombrée et pesée par espèce.

Pour chaque zone prospectée, un rapport de campagne et un rapport scientifique sont rédigés et mis à disposition des financeurs (i.e. Agences de l'Eau). Dans l'ordre, ce sont la baie de Seine, les baies de Canche-Authie et la baie du Mont-Saint-Michel qui ont été suivies (Tableau 2.4.2.9.1 :).

Zone	Début	Fin	Port de Départ	Port d'arrivée	Navire
Seine	01/09/22	04/09/22	Le Havre	Le Havre	Côtes de la manche
Seine	05/09/22	06/09/22	Honfleur	Honfleur	Petit bambino
Canche-Authie	14/09/22	16/09/22	Dieppe	Dieppe	Côtes de la manche
Mont-Saint-Michel	19/09/22	19/09/22	Saint-Malo	Saint-Malo	Louis fage
Mont-Saint-Michel	21/09/22	22/09/22	Granville	Granville	Côtes de la manche

Tableau 2.4.2.9.1 : Informations générales de la campagne NOURMANCHE 2022.

2.4.2.9.1 Estuaire de Seine et baie de Seine orientale

Le plan d'échantillonnage de la baie de Seine et de l'estuaire de Seine est fixe stratifié. Les strates sont construites pour prendre en compte la bathymétrie et la distance à l'estuaire. Au total, il y a 45 stations d'échantillonnage. En raison du passage sur le N/O « Côtes de la Manche », trois stations ont été dédoublés pour évaluer la différence générée par l'accessibilité réduite à certains points très côtiers. 48 traits ont donc été réalisés.

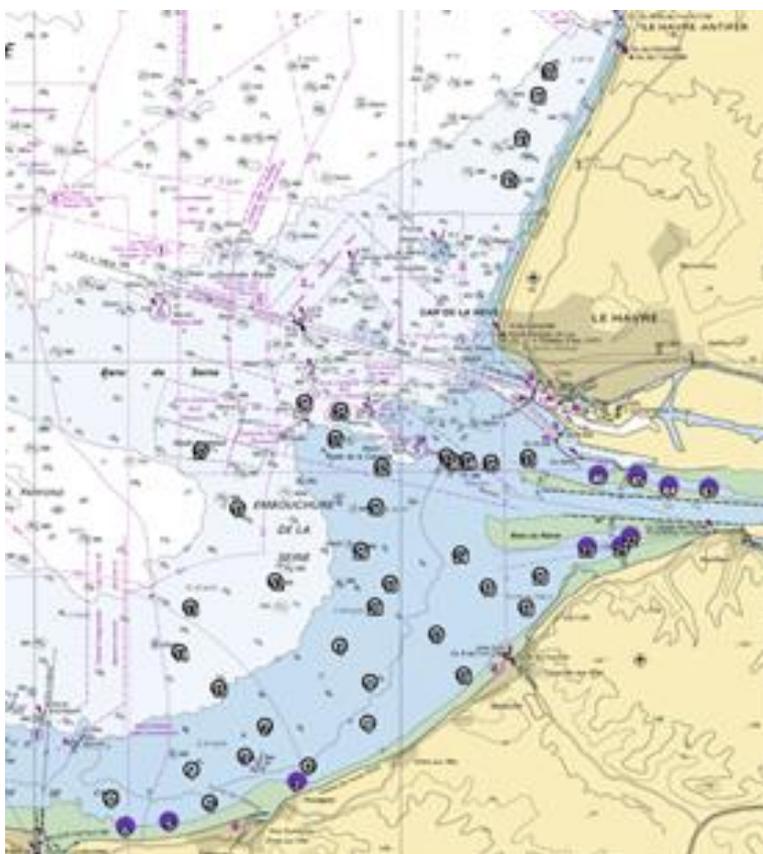


Figure 3.4.2.9.1.1 : Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Nourmanche (Estuaire de Seine et baie de Seine orientale).

2.4.2.9.2 Baie du Mont-Saint-Michel

Le secteur de la baie du Mont Saint Michel a été prospecté comme chaque année en fin d'été début d'automne. En 2022, les échantillonnages ont été réalisés la dernière semaine de septembre à l'aide de chaluts à perche, selon un plan d'échantillonnage stratifié (Fig. 2.4.2.9.1) et une distance de traîne standardisée. Les données de températures, oxygène dissous et salinité sont collectées à chaque trait.

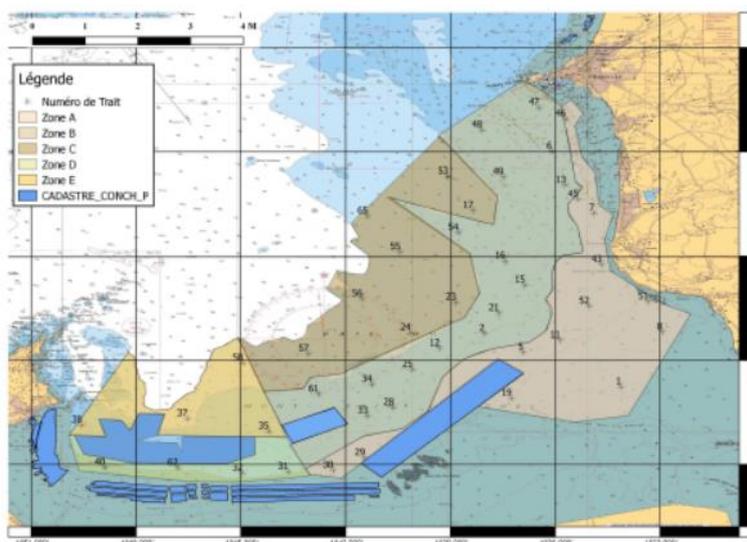


Figure 4.4.2.9.2.1 : Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Normandie (Baie du Mont-Saint-Michel).

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 2022, 36 traits ont été retenus pour permettre la réalisation de la campagne en trois jours sur le navire N/O Côte de la Manche et une journée sur le navire N/O Louis Fage. Les données sont saisies avec le logiciel Tutti et bancarisées dans la base de données des campagnes 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 du logiciel R. Certains sont déjà calculés en routine pour d'autres campagnes et rendus disponibles sur le site internet du SIH.

Au cours de la campagne 2022, 32 espèces de poissons ont été capturés. Le tacaud (*Trisopterus luscus*) est la première espèce (Figure 2.4.2.9.2) aussi bien en abondance qu'en biomasse. Elle fait partie des quatre premières espèces régulièrement capturées dans ce secteur où la communauté ichthyologique est représentée à plus de 92 % par la guildes des migrants saisonniers et marins. Les espèces résidentes représentées par les gobiidées et les hippocampes ne représente que 7.5% de la guildes écologique de la zone.

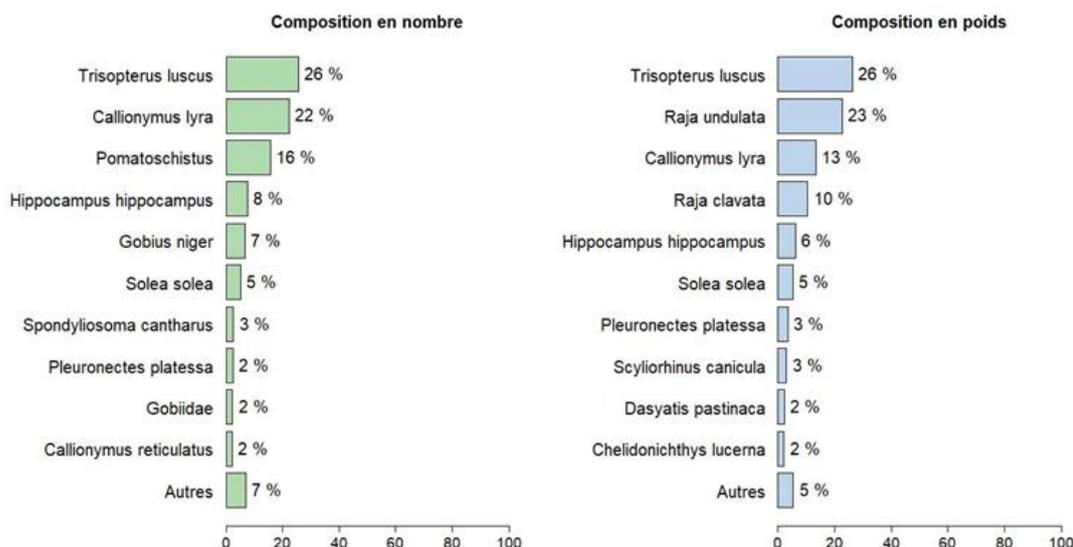


Figure 2.4.2.9.2. Composition taxinomique des poissons sur l'ensemble de la zone estimée en pourcentage de poids (kg/1000 m²) et de densité (ind./1000 m²).

La communauté benthique est principalement représentée par la crépidule (*Crepidula fornicata*) qui domine à plus de 62% en biomasse et 55% en abondance (Figure 6). On peut remarquer la présence régulière depuis 3 ans d'araignées dont le poids total représente 33% des captures.

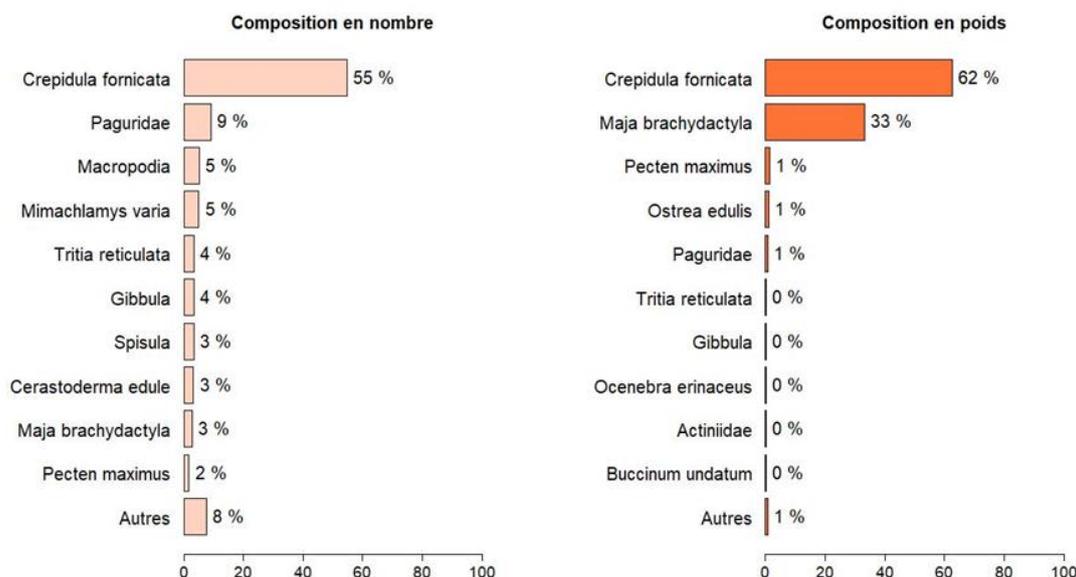


Figure 2.4.2.9.3 : Composition taxinomique des invertébrés benthiques estimée sur l'ensemble de la zone en pourcentage de poids (kg/1000 m²) et de densité (ind/1000 m²).

Un compte rendu de campagne 2022 a été 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 six premières années de prospection.

PARRAD S., VARENNE F., SCHLAICH I., VOGEL C. 2023. Rapport de fin de campagne de nourriceries côtières : NOURMANCHE 2022, RST RBE/HMMN/LRHPB/2023-04.

2.4.2.10 Campagne RESISTE

Dans le cadre du projet RESISTE, 2 campagnes annuelles de 3 jours ont été réalisées, au printemps et à l'automne, d'octobre 2020 à octobre 2022 dans et aux abords de l'ancienne concession d'extraction de granulats du Pilier, au large de l'île de Noirmoutier dans la baie de Bourgneuf. 20 stations fixes sont échantillonnées (Figure 5.4.2.10.1) avec un chalut de fond à panneaux de 20 m de code de dos (CP20) fourni par Genavir et déployé depuis le navire professionnel Déesses de l'Océan.

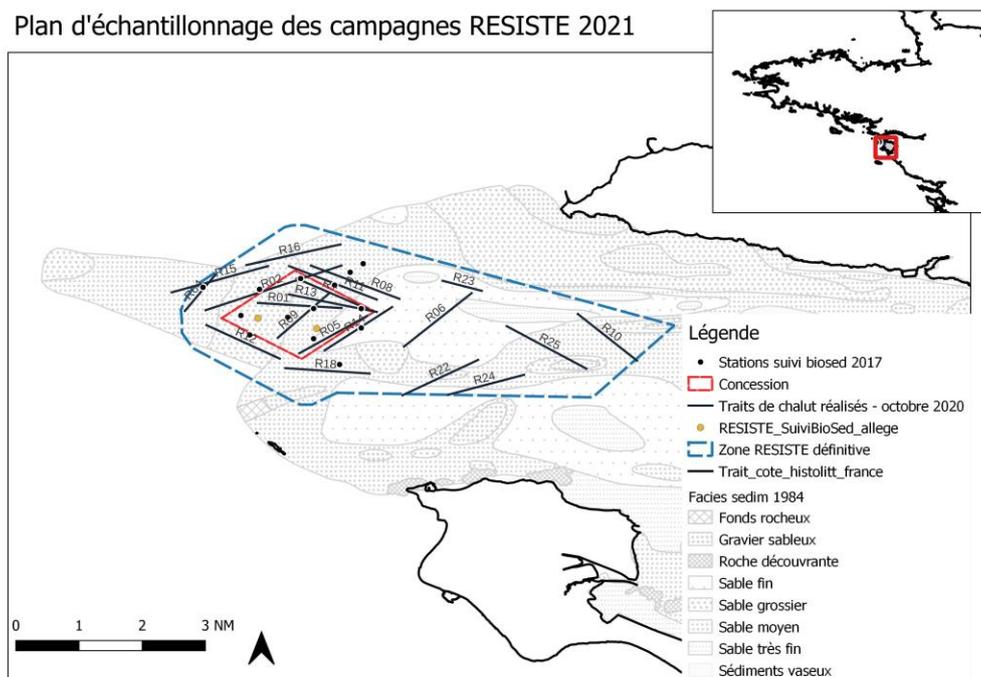


Figure 6.4.2.10.1: Plan d'échantillonnage des campagnes RESISTE réalisées en 2021.

2.4.2.11 Campagne HoloSPMTV

En 2021, une première campagne financée sur la convention-socle avec la DPMA et pilotée par Ifremer avait été réalisée. La campagne HoloSPMTV21 a démontré la faisabilité technique de l'estimation du stock d'holothuries (*C. frondosa*) par vidéo, en utilisant une caméra sous-marine remorquée et par comptage des holothuries sur les vidéos. Les traitements de données qui ont suivis la campagne ont également démontré la faisabilité technique d'automatiser l'analyse des vidéos sous-marine par utilisation de réseaux de neurones profonds (Deep-learning).

Deux reportages ont été réalisés par France TV info sur la campagne réalisée :

- <https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/saint-pierre-spm/une-technologie-de-pointe-pour-ameliorer-la-peche-au-concombre-de-mer-a-saint-pierre-et-miquelon-1008589.html>
- <https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/saint-pierre-spm/concombres-de-mer-l-ifremer-satisfaite-de-sa-mission-d-exploration-1015393.html>

La campagne HoloSPMTV22 avait pour objectif de reprendre le même plan d'échantillonnage et le même protocole d'échantillonnage que la campagne HoloSPMTV21 et de comparer les abondances de *C. frondosa* d'une année à l'autre.

La campagne s'est déroulée du 11 au 17 mai 2022 à bord du navire de pêche professionnel saint-pierrais Marcel Angie III préalablement à l'ouverture administrative de la pêche professionnelle au *C. frondosa* (Fig. Figure 7.4.2.11.1).



Figure 8.4.2.11.1: Marcel Angie III, navire professionnel de 19m affrété pour la campagne HoloSPMTV2022.

4 agents Ifremer ont participé à la campagne : Fanchon Varenne et Victor Martin-Baillet (HMMN/RHPB), Alexandre Orban (VSC Ifremer de Saint-Pierre et Miquelon) et Julien Simon (STH/LTP Lorient).

Au total 60 stations d'échantillonnage vidéo étaient programmées dans la zone du « tuyau », cette zone représente plus de 90% des captures réalisées. La carte 1 ci-dessous indique les positions initialement prévues des stations vidéo de la campagne 2022. Chaque carré statistique mesure 1 mille nautique par 1 mille nautique.

Parmi les 60 stations, 6 stations d'échantillonnage biologique étaient prévues.

14 stations d'échantillonnage vidéo étaient programmées dans la zone Miquelonnaise, dont 1 station avec échantillonnage biologique (Figure 9.4.2.11.2).

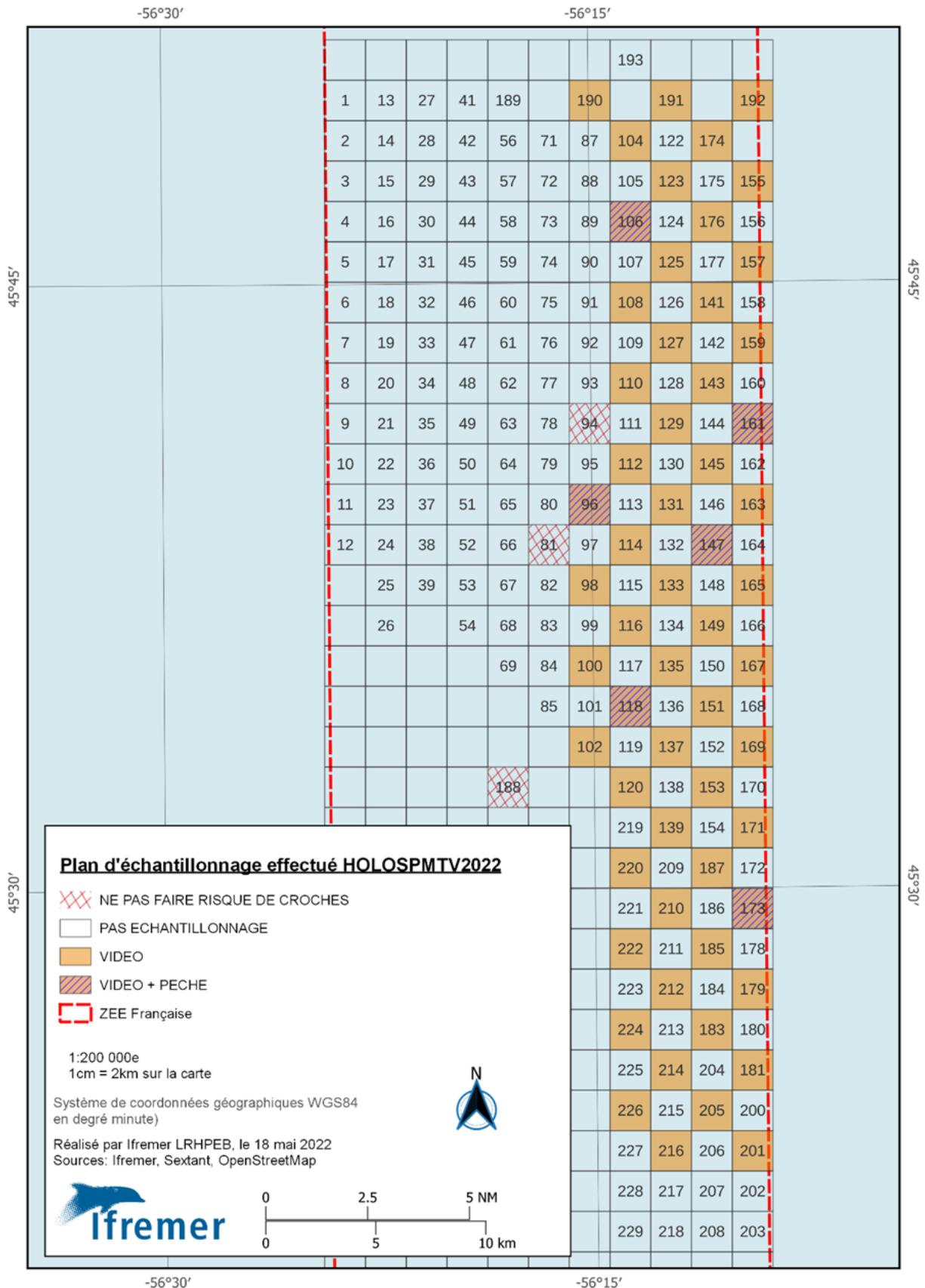


Figure 10.4.2.11.2 : Plan d'échantillonnage initial de la campagne HoloSPMTV2022.

Pour réaliser les vidéos au fond, on utilise la drague professionnelle à concombres de petite taille (2 mètres de largeur) déjà utilisée en 2021, équipée du matériel vidéo nécessaire (barre de

fixation, caméra GoPro Hero 7, caisson étanche, spots LED, batteries, câbles marinisés, sonde NKE) (Figure 11.4.2.11.3).



Figure 12.4.2.11.3: Drague à concombre modifiée.

Pour réaliser chacune des stations d'échantillonnage, la méthode d'échantillonnage vidéo utilisée par les différents instituts Européens pour ce genre de mission (notamment pour les évaluations de stocks de langoustines LanGolfTV et UWTV) a été adaptée. Chaque point d'échantillonnage correspondait à un transect de 500m à environ 1 nœud. Connaissant a priori le champ de vision horizontal de la caméra (1 mètre), une surface de 500m² au fond a ainsi été analysée pour chacun des points échantillonnés. La drague à concombres modifiée était laissée ouverte pour ne pas prélever d'espèces, à l'exception des 6 points retenus pour un double échantillonnage vidéo et recueil de matériel biologique (drague fermée et pêche remontée).

Au total 74 stations validées :

- 60 stations dans la zone du tuyau.
- 14 stations dans la zone Miquelonnaise.

Il faut souligner que la météo particulièrement clémente et l'absence d'avaries, nous ont permis de travailler tous les jours sans contrainte majeure.

Cette année encore, certaines stations échantillonnées ont été répertoriées comme « à risque d'avarie » du fait de la présence de blocs de roches volumineux. Ces stations « à risque » ne présentent pas de fortes densités d'holothuries, nous proposons donc de ne pas les échantillonner de nouveau les années futures (Figure 13.4.2.11.4).

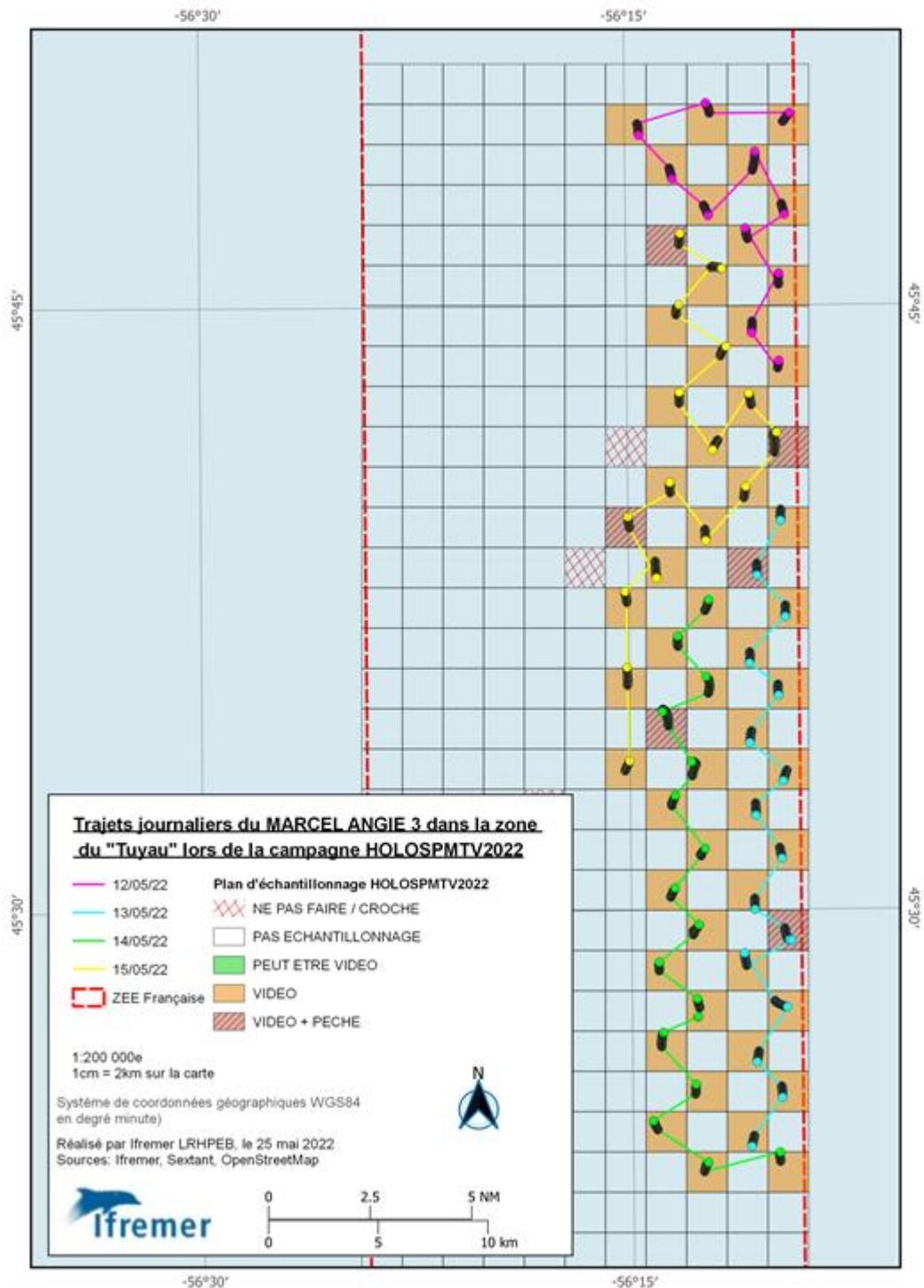


Figure 14.4.2.11.4 : Campagne HoloSPMTV2021, trajets journaliers.

Toutes les vidéos acquises lors de la campagne HoloSPMTV2022 ont été analysées manuellement lors de la mission. Pour chaque station échantillonnée (STN), les temps de début d'analyse et de fin ont été reportés (10 minutes sauf sous-échantillonnage). En se basant sur les poids moyens des individus juvéniles et adultes prélevés, les captures en poids ont été estimées pour chaque échantillonnage vidéo. Après traitement statistique des données brutes, les densités observées par m² lors de la campagne 2022 sont présentées en (Figure 15.4.2.11.5).

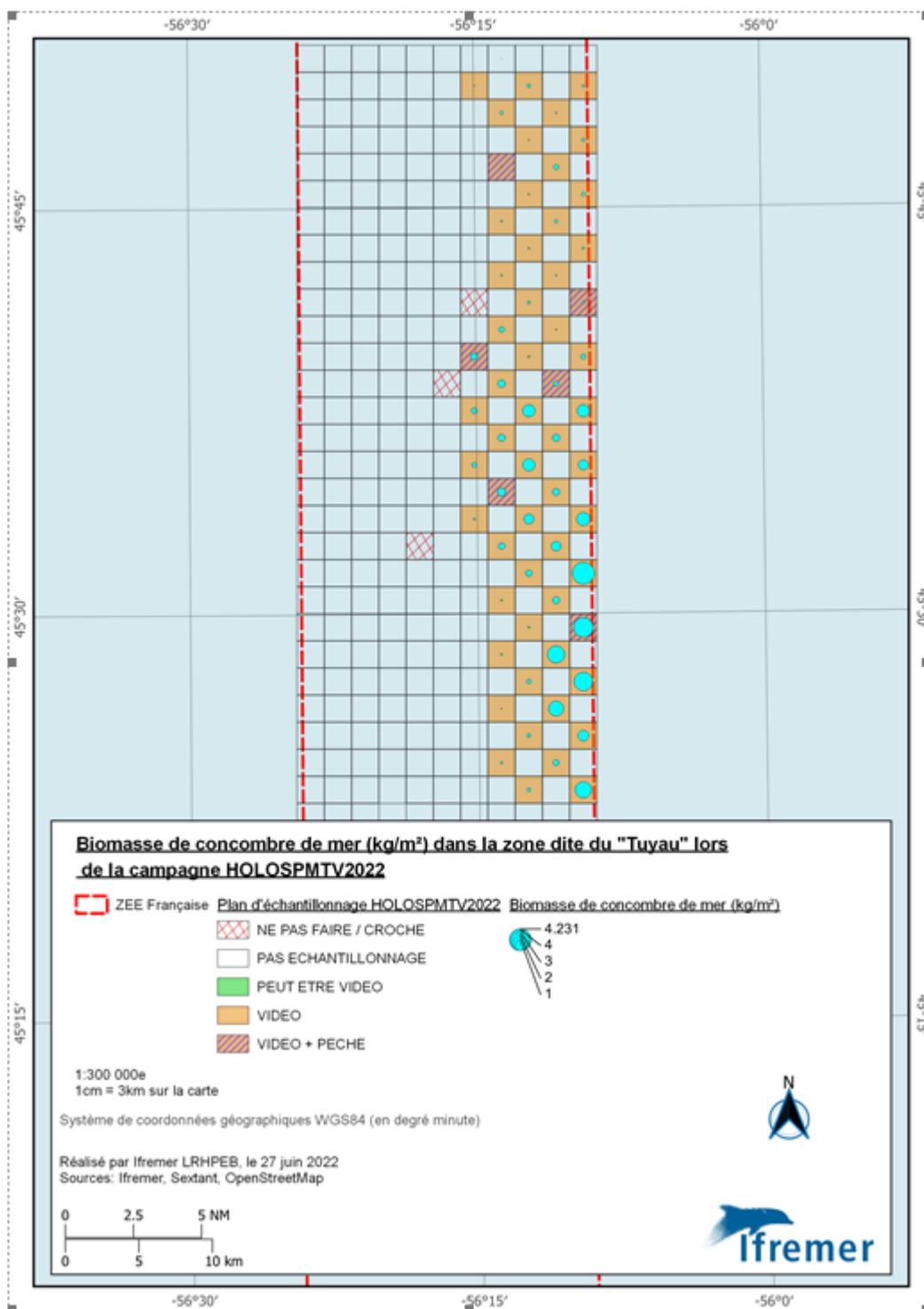


Figure 16.4.2.11.5 : Densités observées sur les stations validées.

Grâce aux données acquises en 2021 puis en 2022 qui ont été annotées à l'IFREMER de Lorient pour entraîner des réseaux de neurones à détecter les holothuries mais également les autres espèces présentes sur les vidéos (coquille, étoile *Asteria rubens*, crabe Hyas, oursin...), le réseau de neurones est capable de distinguer les holothuries adultes, phase pré-adulte et juvéniles. Le choix d'annoter selon trois classes d'âge a été pris pour pouvoir utiliser des modèles de dynamique de populations structurés en âge. Le choix du nombre de classes d'âge (trois : juvéniles, pré-adulte et adulte) a été un compromis entre simplicité de distinction des différentes classes et finesse de l'information des classes d'âges. Avoir 2 classes d'âges nous semblait trop

peu précis au regard de la qualité des images acquises et des différentes tailles visibles à l'œil nu, en revanche avoir 4 ou 5 classes d'âges nous semblait compliqué à annoter.

Après plusieurs semaines d'annotations et d'apprentissages, le réseau de neurones artificiel parvient à détecter les holothuries et à distinguer les 3 classes d'âge (Fig. 17.4.2.11.6).

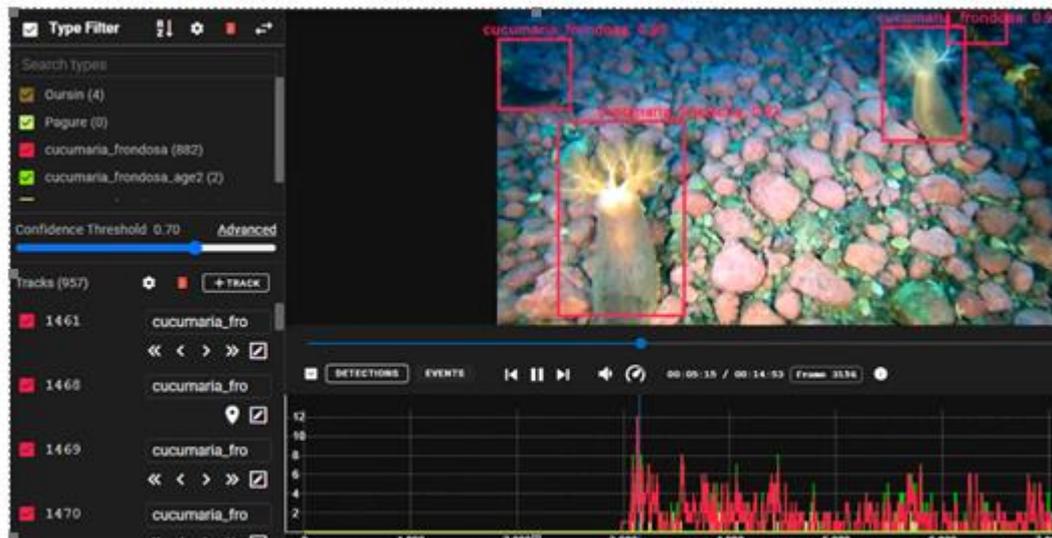


Figure 18.4.2.11.6 : exemple de détection par faible densité issu du réseau de neurones.

Cette deuxième campagne a montré la faisabilité technique et la répétabilité de l'estimation de l'abondance d'holothuries (*Cucumaria frondosa*) de la ZEE de Saint-Pierre-et-Miquelon en utilisant un système vidéo sur un navire professionnel (Marcel Angie III).

Des images de très bonne qualité ont pu être obtenues par l'usage du système vidéo et des éclairages performants; ce qui nous a permis de les analyser à la fois manuellement et automatiquement. Tous les points échantillonnés ont été analysés à la fois par les scientifiques et l'intelligence artificielle ce qui a permis de montrer la fiabilité de l'intelligence artificielle.

2.4.3 Plateaux techniques

2.4.3.1 Pôle National de Sclérochronologie

En 2022, l'équipe du Pôle de Sclérochronologie était composée de 2 cadres et 5 techniciens. Dans le cadre du suivi européen des stocks halieutiques, plus de 30 000 pièces calcifiées (écailles, otolithes et *illicium*) provenant de 31 espèces ont été traitées.

Le projet ACCOBIOM visait à améliorer la compréhension des stocks halieutiques dans les régions ultrapériphériques en vue d'une intégration progressive au Plan de Travail National dès 2024. Des données d'âge étaient nécessaires et ont été obtenues grâce à un CDD soutenu par le personnel permanent. Plus de 7000 pièces calcifiées (de deux à trois pièces par échantillon) ont été traitées, permettant d'obtenir près de 3500 estimations d'âge pour des espèces peu documentées dans la littérature scientifique. Une recherche bibliographique approfondie et des tests ont été réalisés sur 90 espèces, aboutissant à la validation d'un modèle de croissance pour 11 espèces, grâce aux contributions d'autres projets comme IPERDMX.

D'autres projets et collaborations ont également été menés, notamment le projet ICIOPOP qui évalue les effets des contaminants sur les populations de poissons en Méditerranée. Des échantillons de pièces calcifiées de sardines et de daurades ont été analysés en collaboration avec des partenaires en France et en Tunisie.

De plus, des formations ont été dispensées à des partenaires nationaux et internationaux, avec notamment l'accueil de stagiaires en 2022.

L'équipe a participé à plusieurs groupes de travail, dont la "Virtual International Sclerochronology Conference" en septembre 2022, le groupe de travail du CIEM sur les données biologiques au niveau européen (WGBIOP) en octobre 2022, le WKARHOM4 pour l'estimation de l'âge du chinchard et le groupe WGS MART pour le développement du logiciel Smartdots utilisé au pôle de Sclérochronologie, en particulier lors des ateliers sur l'estimation d'âge.

En 2022, les travaux menés au Pôle de Sclérochronologie ont donné lieu à 12 publications techniques et scientifiques, ce qui a contribué à la valorisation des résultats obtenus au cours de cette année.

2.4.3.2 Pôle de Taxonomie et D'Ecologie du zooplancton

Le pôle de Taxonomie et d'Ecologie 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, Carolina Giraldo et un professeur spécialisé en écologie marine, Philippe Koubbi (détachement Sorbonne Université) et deux agents TA (Valérie Lefebvre et Josselin Caboche). En Septembre 2022, Vincent Cornille a été recruté en tant que technicien spécialisé en zooplancton pour renforcer à 50% de son temps les effectifs TA sur cette thématique. 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). Il a également une expertise en histologie et collabore avec l'équipe du pôle dans le suivi de la condition des larves de poissons en Manche et Mer du Nord.

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), EDF (campagnes IGA à Gravelines, Penly, Flamanville) 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 (2018-2022) 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, a été soutenue en Avril 2022. Une manip d'expérimentation dans le cadre du post-doctorat de Lola Toomey (CPER MARCO) a eu lieu dans les locaux de Nausicaa pour étudier l'impact de la température dans les stades embryonnaires chez le hareng et devrait donner lieu à une publication courant 2023.

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) et de la CCAMLR.

2.4.3.3 Plateforme Réseaux Trophiques Marins

L'activité de la plateforme Réseaux Trophiques en 2022 a été marquée par la fin du projet PATROFLU (2020-2022) ainsi que du contrat en alternance de son étudiante de M2 en soutien au projet (fin du contrat de Sarah Werquin en juillet 2022).

Le projet ParaNZ permettant la réalisation d'une analyse des relations entre poissons et parasite via une analyse isotopique des composés spécifiques dans le cadre d'une collaboration avec la Nouvelle Zélande financé par la Royal Society of New Zélande a été annulé.

Dans le cadre du programme de collecte de données de la DCF, l'équipe permanente de la plateforme Réseau Trophiques a reçu durant 1 an le soutien technique d'un CDD jusqu'avril 2022 (financement DCF). Le premier échantillonnage de poissons en vue de leur inclusion dans le programme de collecte de données et de l'analyse des contenus stomacaux a eu lieu durant IBTS 2022 (523 Merlans prélevés) dans la perspective que ces échantillons pourraient être analysés en 2023, sous réserve de la décision des RCG.

La plateforme est intervenue dans la préparation des échantillons de muscles et de zooplanctons sur filtre en soutien à la thèse de Carolin Neven et dans le cadre du projet FORESEA. Mais aussi en soutien aux manipulations dans le cadre d'un Post doctorat (Lola Toomey) et en vue de l'analyse de l'alimentation du hareng des Downs pendant sa période de reproduction (analyses prévu en 2023 avec proposition d'un sujet de stage de BUT).

3 Résultats obtenus au cours de l'année N

3.1 THEME 1: INDIVIDUS, POPULATIONS ET NICHE ECOLOGIQUE

Le Thème 1 "Individus, populations et niche écologique" est organisé en quatre 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, (Axe 3) les niches écologiques, et (Axe 4) les sources de variation et les applications des marqueurs biologiques des populations de poissons. Les aspects abordés dans ces quatre axes sont traités aux échelles individuelles et populationnelles.

En 2022, l'unité HMMN s'est investie dans les quatre axes sous la forme de projets de recherche (dont 1 thèse et 1 post-doctorante) qui ont été soutenus par l'acquisition d'une quantité importante de données venant en appui à ces travaux (section 3.1.5) et le tout complété par une implication non négligeable dans une expertise nationale ou internationale (section 3.1.6).

Dans l'axe 1, les recherches menées visaient à étudier les effets environnementaux sur les stades larvaires des poissons en utilisant des approches expérimentales et les mesures biologiques, biochimiques, et histologiques pour suivre la condition des larves sous les différentes conditions de réchauffement et d'acidification.

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. Les résultats ont aussi montré que les larves de hareng ont le potentiel de s'adapter au réchauffement et à l'acidification, ce qui a des implications pour la croissance et la survie de ces larves. 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, qui a été soutenue en 2022. Une post-doctorante, Lola Toomey, a développé ces résultats en 2022 par une étude expérimentale sur les effets de la température et parentaux sur le développement des œufs et larves de hareng, dans le cadre du projet MARCO, en utilisant des données isotopiques, biologiques, physiologiques, et expérimentales.

Dans l'axe 2, les paramètres biologiques incluant l'âge, la croissance, la forme et la symétrie des otolithes ont été étudiés pour l'anguille européenne dans les estuaires de la Manche orientale, et la carpe commune dans trois rivières en Irak. Ces résultats ont fait l'objet de deux publications. Pour l'anguille européenne, il s'agissait d'estimer les paramètres d'âge, de croissance et de la taille en comparaison avec les caractéristiques des habitats locaux et de l'abondance. Il a en particulier été montré des abondances plus élevées dans les petits estuaires. Pour la carpe commune, il s'agissait de déterminer l'âge, la croissance et la forme des otolithes, ce qui a révélé une différence ontogénique de ces paramètres entre les rivières. Dans le cadre du projet MATO ("Maturité objective des poissons par l'histologie quantitative" : projet FFP finançant la thèse de C. Sauger), l'estimation et l'évolution des phases de maturité de 3 espèces de poissons sont à l'étude.

Dans l'axe 3, les paramètres et changements environnementaux des niches écologiques ont été étudiées dans les zones MMN, subtropicales et subantarctiques de l'Océan Austral. Les données d'abondance des communautés zooplanctoniques autour du Centre Nucléaire de Production

Electrique de Gravelines ont été étudiées sur 43 ans en lien avec les conditions environnementales, comme la température, qui a augmenté, et la concentration de chl-a, qui a diminué, durant la période étudiée. Parmi les 3 groupes fonctionnels de copépodes identifiés, le groupe printemps-été a été le plus impacté au cours du temps, avec des abondances qui ont diminué, mais l'abondance du groupe été-automne a augmenté. Au niveau de l'océan Indien, l'écorégionalisation de la zone pélagique subantarctique a été analysée, déterminée, cartographiée, et rapporté durant un atelier de la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR). Ces rapports sont soit sur la régionalisation abiotique avec la définition de régions physiques et biogéochimiques, soit sur l'étude des assemblages planctoniques, ou de poissons mésopélagiques.

Finalement, dans l'axe 4, les paramètres biologiques et les pièces calcifiées des 131 espèces de poissons ont été prélevés pour les analyses de la forme, de la microchimie et de la croissance. Autour de l'île de la Réunion, deux études ont mis à jour les paramètres biologiques de la taille et de la croissance pour la gestion des stocks les plus importants pour la pêche locale, la première étude sur les cinq principales espèces exploitées de mérus, et la deuxième sur les relations taille-poids de 123 espèces de poissons à partir de plus de 10 000 individus. Pour la mer Méditerranée, la structure du stock de merlu européen, une espèce surexploitée, a été élucidée par la forme et la chimie élémentaire des otolithes. En utilisant ces deux techniques ensemble, cette étude a identifié trois stocks de merlu dans la Méditerranée. Avec un regard sur le passé et le présent, les vertèbres de morues australes de Chili ont été analysées pour la croissance, l'âge, et la saison de la pêche. Les résultats ont montré que la taille à l'âge était significativement plus importante dans les échantillons archéologiques que dans la collection de référence moderne, et que les activités de pêche se sont déroulées 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 a montré une tendance à capturer des juvéniles de morue pendant la saison chaude.

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

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

Étude de l'impact du changement global sur le développement et la survie du hareng (*Clupea harengus*) : une approche multi-stress

Impact of global change on the development and survival of Atlantic herring (*Clupea harengus*): a multi-stressors approach

Soutenance de la thèse de Léa Joly (12 Avril 2022) :

Les rapides modifications environnementales constituent une menace pour les organismes côtiers. Les poissons, en particulier, ont évolué physiologiquement pour vivre dans une gamme spécifique de variations environnementales, et la survie en dehors y est compromise. La recherche sur la façon dont la physiologie et l'écologie des poissons réagiront face aux perturbations environnementales est donc essentielle. La phase larvaire est une période de forte mortalité qui est en partie à l'origine des fluctuations naturelles des populations de poissons. Cette variabilité est le résultat de processus trophodynamiques et physiques complexes qui pourraient être perturbés par le changement global. Comprendre comment les changements climatiques affecteront les premiers stades de vie est donc une première étape cruciale pour anticiper le devenir des stocks de poissons commerciaux. Alors que le changement global englobe les modifications de plusieurs paramètres abiotiques, les études expérimentales se sont

principalement concentrées sur l'effet de facteurs de stress uniques. Il est donc nécessaire d'étudier l'effet combiné des changements de plusieurs facteurs environnementaux sur les larves et de placer ces études dans un cadre trophique. L'objectif de cette thèse était d'évaluer le potentiel des larves de hareng (*Clupea harengus*) à faire face à des conditions environnementales changeantes. Cependant certaines connaissances sur le développement du hareng étaient encore limitées. J'ai donc étudié et caractérisé le développement du système digestif à l'aide de mesures histologiques et enzymatiques. Les transitions entre le stade pré-flexion et flexion et la fin du stade post-flexion ont été identifiées comme des périodes énergétiquement éprouvantes. Elles sont donc critiques, et les larves pourraient être dramatiquement affectées par des conditions environnementales sous-optimales. Puis, j'ai étudié l'effet du réchauffement, de l'acidification et de changements dans la qualité alimentaire sur les larves. Elles ont été élevées dans différents scénarios et le potentiel de survie des larves a été évalué en utilisant plusieurs mesures à différents niveaux d'organisation biologique pour identifier la présence de potentiels mécanismes compensatoires. Plus précisément, j'ai étudié la croissance et le développement tout au long du stade larvaire, ainsi que les différences physiologiques au stade de la flexion. J'ai complété ce travail en me concentrant sur les larves les plus âgées, et j'ai comparé leur état histologique et lipidique, l'intégrité de leurs organes et leur composition biochimique. Le taux de croissance est resté constant dans tous les scénarios, mais le taux de développement (transition vers le stade larvaire suivant) a été accéléré sous une température élevée et une acidification. Il en résulte des individus plus petits pour un même stade de développement, à la fin de la période larvaire, dans les conditions environnementales futures. La majorité des mesures physiologiques ont été peu affectées par le réchauffement, l'acidification et la qualité de la nourriture, révélant un fort potentiel d'acclimatation chez les larves de hareng. Néanmoins, les analyses montrent que le réchauffement et l'acidification constituent un environnement stressant pour les individus, puisqu'au niveau moléculaire, une stimulation importante des gènes impliqués dans la production de Heat Shock Protein a été mesurée. Au niveau biochimique, les profils d'acides gras révèlent également une réponse anti-inflammatoire potentielle. Cela signifie que les larves sont capables de faire face aux modifications environnementales, mais non sans coûts énergétiques. Comme la disponibilité et la dépense énergétique sont beaucoup plus complexes dans l'environnement naturel et que des périodes critiques ont été identifiées, le taux de survie des larves pourrait être affecté négativement, compromettant le recrutement et la durabilité du stock de hareng.



Figure 3.1.1.1. Larves d'hareng.

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

3.1.2.1 Age, croissance et mortalité

Abondance et croissance des anguilles européennes (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) dans de petits habitats estuariens de la Manche orientale

Denis J., Mahé K., Amara R. (2022). Abundance and Growth of the European Eels (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) in Small Estuarine Habitats from the Eastern English Channel. *Fishes*, 7(5), 213 (18p.).

L'abondance et la croissance de l'anguille européenne de 6 petits estuaires du nord de la France pendant leur phase de croissance ont été examinées afin d'explorer les variations en fonction des caractéristiques de l'habitat local. Les relations longueur-poids et les modèles de croissance ajustés aux longueurs individuelles rétro calculées pour chaque âge ont été utilisés pour comparer la croissance. Des abondances plus élevées ont été observées dans les petits estuaires (2,4 à 10,5 ind. filets verveux 24 h⁻¹). La longueur des anguilles était comprise entre 215 et 924 mm et l'âge entre 4 et 21 ans. Il n'y avait pas de différence significative dans la longueur ou l'âge des anguilles, sauf dans l'estuaire de la Liane où les individus étaient plus grands. Les relations longueur-poids ont montré une croissance isométrique ou allométrique positive dans la plupart des estuaires. Les modèles de croissance de Gompertz, qui correspondent le mieux à la croissance, n'ont pas montré de différences significatives entre les estuaires, sauf pour les anguilles femelles des estuaires de la Liane et de la Somme où l'indice de performance de la croissance était plus élevé. Le taux de croissance annuel estimé variait de 2,7 à 115,0 mm-an⁻¹ pour les femelles et de 4,4 à 90,5 mm-an⁻¹ pour les mâles. La présente étude montre que les anguilles des 6 estuaires avaient des CPUE et des taux de croissance similaires à ceux précédemment rapportés dans des habitats plus vastes. Ces résultats renforcent l'idée que les petits estuaires sont des habitats importants qui contribuent de manière significative à la population d'anguilles et jouent donc un rôle essentiel dans les stratégies de conservation de l'anguille européenne.

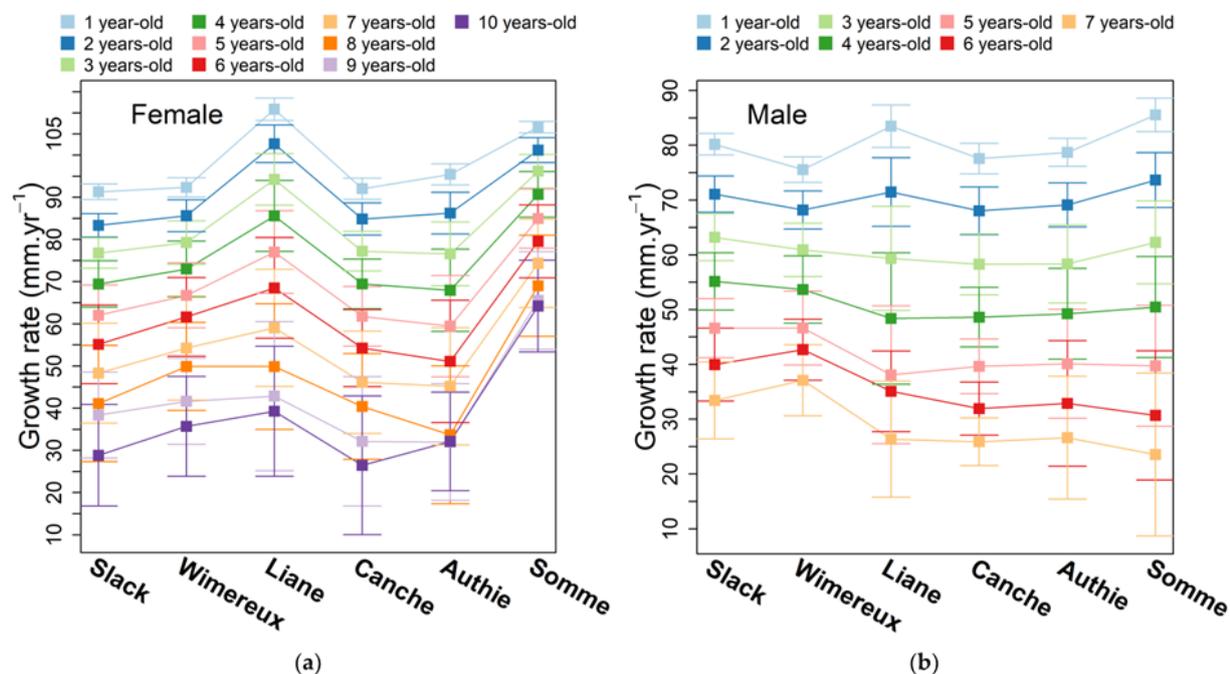


Figure 3.1.2.1. Incréments de croissance annuels (mm-an⁻¹) ± écart-type pour les anguilles femelles âgées de 1 à 10 ans (a) et les anguilles mâles âgées de 1 à 7 ans (b) collectées dans les six estuaires français de Manche Est.

Asymétrie fluctuante dans les otolithes de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) (*Cyprinus carpio*) prélevés dans 3 localités des rivières irakiennes liée à des facteurs environnementaux

Jawad L., Mahé K. (2022). Fluctuating Asymmetry in *Asteriscii* Otoliths of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Collected from Three Localities in Iraqi Rivers Linked to Environmental Factors. *Fishes*, 7(2), 91 (11p.).

Les otolithes, structures calcifiées situées dans les oreilles internes, sont utilisés pour estimer l'âge des poissons et leur forme est un outil efficace d'identification des stocks de poissons. Les otolithes sont donc très importants pour la gestion et l'évaluation des stocks commerciaux. Cependant, la plupart des études ont utilisé des otolithes gauches ou droits, choisis arbitrairement sans évaluation de la différence entre ces otolithes. Dans cette étude, les otolithes *asteriscii* de 263 carpes communes (*Cyprinus carpio*) ont été échantillonnés dans trois rivières irakiennes afin de tester l'asymétrie potentielle et l'effet géographique sur la croissance des otolithes à partir de trois mesures (longueur, largeur et poids), et sur la forme à partir de deux indices de forme (ellipticité et facteur de forme). Parmi toutes les caractéristiques des otolithes d'*asteriscii*, il y avait une asymétrie fluctuante significative entre la longueur du poisson et chaque descripteur d'otolithe. Pour une même longueur de poisson, la taille et/ou la forme des otolithes pouvaient être différentes entre deux individus et/ou entre les otolithes *asteriscii* gauche et droit d'un même individu. En outre, la relation entre la longueur du poisson et la forme/la croissance des otolithes dépendait de manière significative de la zone géographique étudiée (c'est-à-dire et plus particulièrement des effets environnementaux tels que la température et le pH de l'eau). Enfin, les relations entre la longueur du poisson et les indices de forme de l'otolithe ont montré que l'otolithe évolue vers une forme elliptique au cours de la vie du poisson. Pour utiliser la forme de l'otolithe, il est essentiel de prendre en compte le stade de développement des individus pour intégrer l'effet ontogénique. Nos résultats soulignent l'importance de vérifier l'asymétrie potentielle des otolithes, en particulier pour les otolithes *asteriscii* avant leur utilisation dans la recherche halieutique.

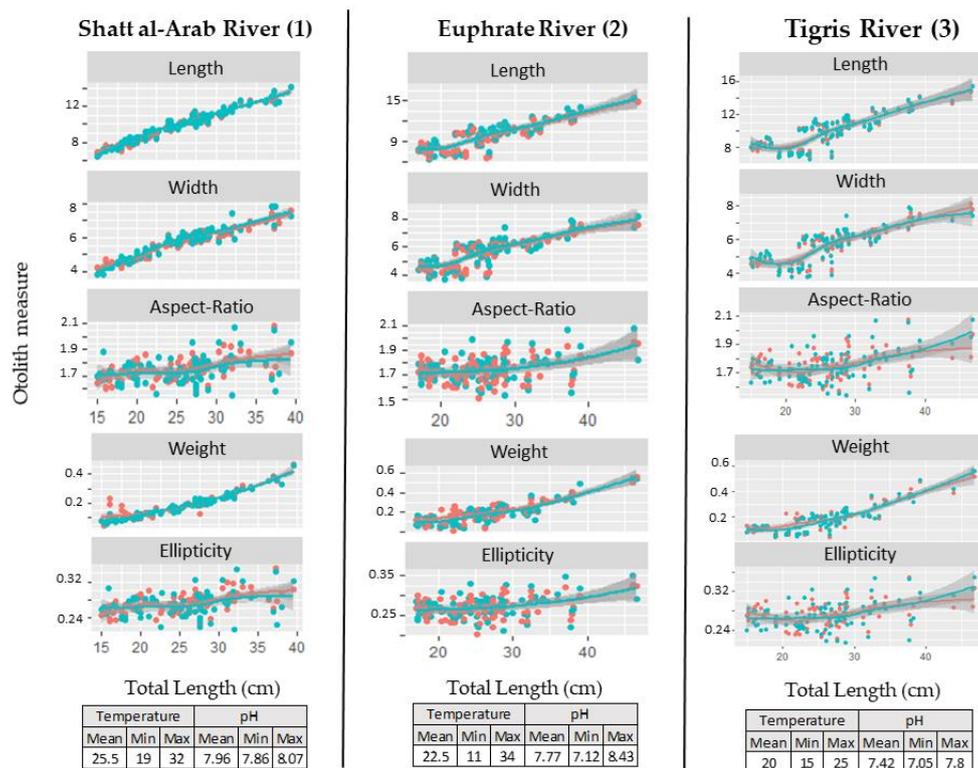


Figure 3.1.2.2. Relations entre la longueur du poisson et les caractéristiques morphologiques de l'otolithe *asteriscii* (points rouges et ligne = otolithe gauche, et points verts et ligne = otolithe droit) selon le côté de la tête de *Cyprinus carpio* pour chaque rivière irakienne (pour chaque rivière, les données environnementales sont présentées).

3.1.2.2 Maturité sexuelle

Dans le cadre du projet MATO (“Maturité objective des poissons par l'histologie quantitative”, financement FFP de la thèse de Carine Sauger), plusieurs résultats ont été obtenus. Une vidéo de présentant les tenants et aboutissants du projet a été publiée sur Youtube (<https://youtu.be/MsTllk13Rbo>) dans le cadre de l’action Early Career Scientists du CIEM. Un protocole pour les lectures utilisant la stéréologie sur des lames histologiques d’ovaires de poissons, pour la détermination de la phase de maturité sexuelle des poissons, a été rédigé (<https://doi.org/10.13155/75173>). Suite à ce document, une première version d’un lexique décrivant les structures cellulaires trouvées dans les ovaires de rouget-barbet de roche (*Mullus surmuletus*) a été confectionnée (<https://doi.org/10.13155/75174>). Deux articles ont été publiés et 3 sont en cours de finalisation.

L’utilisation de l’histologie quantitative pour la détermination de la maturité sexuelle chez un individu est une méthode plus précise que la méthode visuelle, mais chronophage. Autre que le traitement des échantillons, la lecture d’une seule lame histologique d’ovaire peut prendre 15 à 30 minutes, voire jusqu’à une heure pour un agent sans expérience. Afin d’accélérer cette étape de lecture, nous avons cherché à utiliser la méthode de Deep learning pour automatiser l’apprentissage de connaissances de données explicites en prenant en contre un apprentissage statistique supervisé que l’on applique à la reconnaissance d’images de cellules de la lignée germinale retrouvés dans les ovaires de cardines franche (*Lepidorhombus whiffiagonis*). Ces premiers résultats ont été présentés lors du World Fisheries Congress qui a eu lieu en septembre 2021 à Adélaïde (Australie) : https://youtu.be/f_f7Az43_O4

Liens entre paramètres environnementaux sur les stocks de Rougets-barbet de roche (*Mullus surmuletus*)

Une étude préliminaire ayant pour but de vérifier s’il était possible d’utiliser les paramètres biologiques d’individus d’un stock exploité afin d’évaluer les fonctions de l’écosystème côtier au travers de sa dynamique de population, a été présentée au colloque ILICO / EVOLECO en Novembre 2021. Pour cela, nous avons pris en compte la variation de trois paramètres environnementaux en fonction des années, en Manche est (27.7d) et dans le Golfe de Gascogne (27.8) (Figure 1a), avec l’effort de pêche (en jours) des navires pêchant du rouget barbet de roche (eff), la production primaire (pp) et la température de surface de l’eau (sst). Par la suite, les paramètres biologiques ont permis le calcul de la L50 (taille à laquelle 50% de la population a atteint une maturité sexuelle), cela pour chaque année et pour les deux zones côtières. Un « random forest regression model » a par la suite été effectué en couplant la L50 avec nos 3 paramètres environnementaux. L’importance des variables (diminution de la précision quand la variable est exclue du modèle) montre qu’en Manche est l’effort de pêche à le plus de poids dans le modèle, suivi de la température de surfaces, alors que dans le Golfe de Gascogne la température de surface a le plus de poids dans le modèle, suivi de l’effort de pêche. Le modèle a permis de sortir la Figure 1b, avec la L50 calculée (L50 rouge) et la L50 prédite par le modèle (L50pre bleu). Les deux courbes se suivent, avec en Manche est une L50 allant de 140 à 160mm de 2008 à 2010, suivie d’une augmentation atteignant 290-350mm en 2019-2020. Dans le Golfe de Gascogne, la L50 est aux alentours de 150-160mm de 2008 à 2015, et augmente à 210-220mm en 2020.

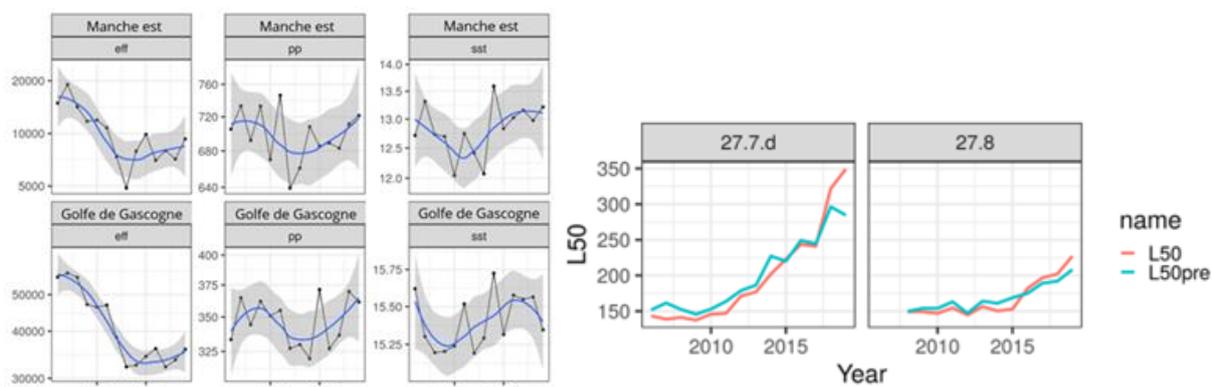


Figure 1: Gauche: Moyennes annuelles de l'effort de pêche en jours (eff), la production primaire (pp) et la température de surface (°C), sur les années (2008-2020). Droite: L50 (mm) en fonction des années, avec L50 (rouge) la L50 calculée avec les données BARGE0 et la L50pre (bleu) la L50 prédite par le modèle.

Suite à cette première étude, un stage de master 2 intitulé “Comparaison des méthodes de détermination de la maturité sexuelle - Etude du lien entre l’environnement, l’exploitation et la maturité sexuelle du rouget barbet de roche femelle (*Mullus surmuletus*, Linnaeus, 1758)” (projet ACOST) a été effectué par Valentine Martin. Durant ce stage, afin de vérifier la précision des lectures visuelles, l’étude quantitative du contenu histologique des gonades a été réalisée. La comparaison des deux méthodes (visuelle et histologique) sur les femelles de rouget barbet de roche des stocks du golfe de Gascogne (15 individus) et de la Manche-Mer du Nord (15 individus) entre 2021 et 2022 a montré une homogénéité des structures cellulaires inter et intra ovaires. De plus, sur les 29 individus classés en B (phase de maturité sexuelle dite “en développement”) et 1 en F (Anormal), 17 ont été reclassés en A (individus sexuellement immatures) et 13 en B. En complément, les données biologiques historiques (BARGE0) ont été utilisées afin d’étudier l’évolution historique de la taille à maturité pour les femelles de ces deux stocks. Ces données ont permis de calculer la longueur pour laquelle 50% de la population est mature sexuellement (L50) (Figure 2a). L’évolution temporelle de ce paramètre a été quantifiée et les liens entre la maturité sexuelle, l’environnement et l’exploitation halieutique ont été explorés pour les deux stocks de 2006 à 2021 (Figure 2b). Ces analyses démontrent que la méthode de l’identification de la phase de maturité par l’histologie quantitative est plus précise que la méthode visuelle et que la répartition des structures cellulaires est homogène au sein des gonades. En particulier, il apparaît que le nombre de femelles en développement sexuel est surestimé. Enfin, cette étude avance le fait que l’influence de l’exploitation halieutique et de l’environnement sur la L50 diffère selon le stock considéré : la taille à maturité des femelles du rouget est liée négativement aux paramètres résumant l’exploitation halieutique dans le stock sud, tandis qu’elle serait associée positivement avec les températures hivernales et négativement avec les concentrations hivernales en chlorophylle-a dans le stock sud.

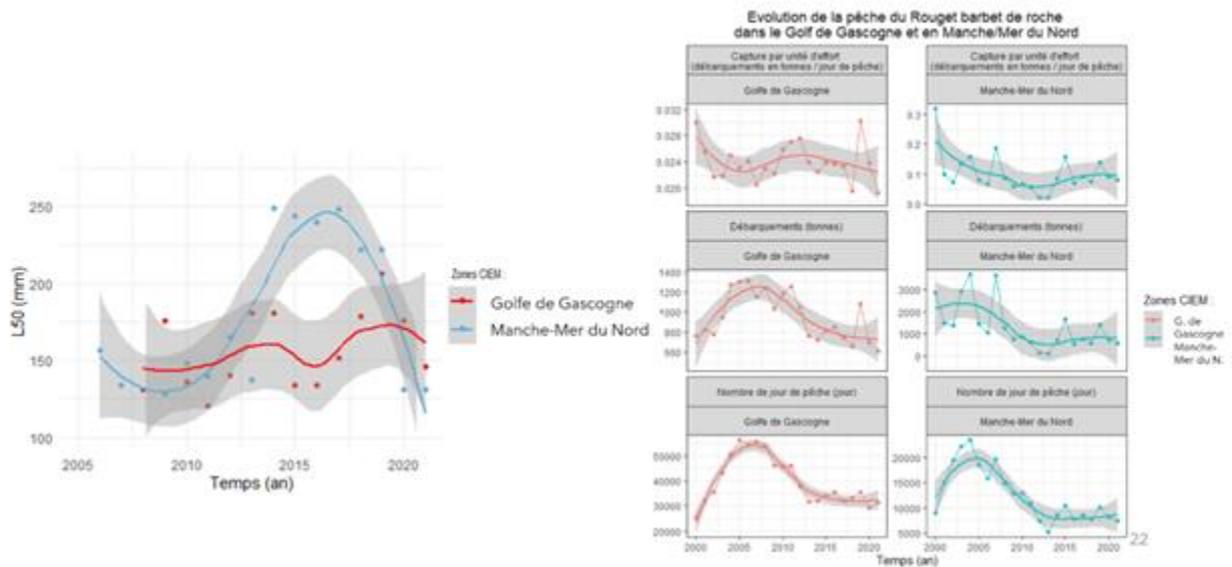


Figure 2 : a) Séries temporelle des valeurs de L50 (filtrées et complétées) (avec courbes de régression polynomiale et intervalles de confiance à 95%) dans le golfe de Gascogne et en Manche-Mer du Nord entre 2000 et 2020. b) Séries temporelle des captures par unité d’effort (débarquements en tonnes par jour de pêche), des débarquements (en tonnes) et du nombre de jour de pêche (jour) par année pour le rouget barbet de roche dans le golfe de Gascogne et en Manche-Mer du Nord entre 2000 et 2020 (avec courbe de régression polynomiale et intervalles de confiance à 95%)

Vulgarisation scientifique associée aux actions « Maturité »

Lors du colloque de l’AFH (Association Française d’Halieutique) qui s’est tenu à Brest fin Juin 2022, un atelier sur la maturité a été mis en place. Cet atelier a permis de présenter en détail les méthodologies utilisées pour la détermination de la phase de maturité sexuelle chez les poissons, via la méthode de détermination visuelle ou par l’histologie quantitative.

Participation à l’accueil d’une classe de 4^{ème} (Programme Cordées de la Réussite) à la station de Port-en-Bessin, avec le matin dissections de plies par les élèves pour une découverte de la morphologie des poissons plats et détermination de la maturité visuellement avec les fiches de Anna Le Meleder.

3.1.3 Niches écologiques

3.1.3.1 Evolution de la phénologie de zooplancton avec le changement climatique

Analyse temporelle long terme des variations d’abondance et de phénologie zooplanctonique en réponse aux conditions environnementales (Projet DS-AMII FORESEA)

Mémoire de stage de M2 Amélie Potignon (Institut Agro, Spécialisation Ressources et écosystèmes aquatiques). Encadrants : Lefebvre, S. (UMR LOG), Marchal, P. (HMMN), Delegrange, A. (UMR LOG).

Dans le contexte actuel de changement climatique global, il est important d’étudier les changements environnementaux et leurs effets sur les communautés zooplanctoniques qui sont le lien central entre la base du réseau alimentaire et les niveaux trophiques supérieurs. Dans les écosystèmes marins tempérés, des changements d’abondances et/ou de phénologie des espèces sont attendus en lien avec l’augmentation des températures annuelles avec par exemple, des

apparitions plus précoces des espèces printanières et plus tardives des espèces automnales. La surveillance écologique et halieutique réalisée autour du Centre Nucléaire de production Electrique de Gravelines (département du Nord, 59) a permis la production de 43 ans de données (depuis 1978) sur les conditions environnementales de la zone et sur les espèces de zooplancton présentes. Sur la période, la température a augmenté et la concentration en Chla a diminué. Trois groupes fonctionnels de copépodes ont été identifiés à partir d'une analyse de niche (OMI). Le groupe printemps-été a été le plus impacté au cours du temps, avec des abondances qui ont diminué en liens avec l'augmentation de température et/ou la baisse de la disponibilité en nourriture. Comme attendue, l'apparition de ces espèces est plus précoce mais leurs occurrences s'étalent plus dans le temps. Une interaction entre la température et la disponibilité en nourriture est suspectée pour expliquer ces patrons. Le groupe automne-hiver a montré des tendances comparables à ce premier groupe (étalement des occurrences) mais avec une augmentation de son abondance au cours du temps. Le groupe été-automne a été relativement insensible à la variabilité environnementale. Les changements de phénologie et les d'abondances pourraient, à long terme, mener à des mismatches avec les autres compartiments de la chaîne trophique, ce qui reste à étudier.

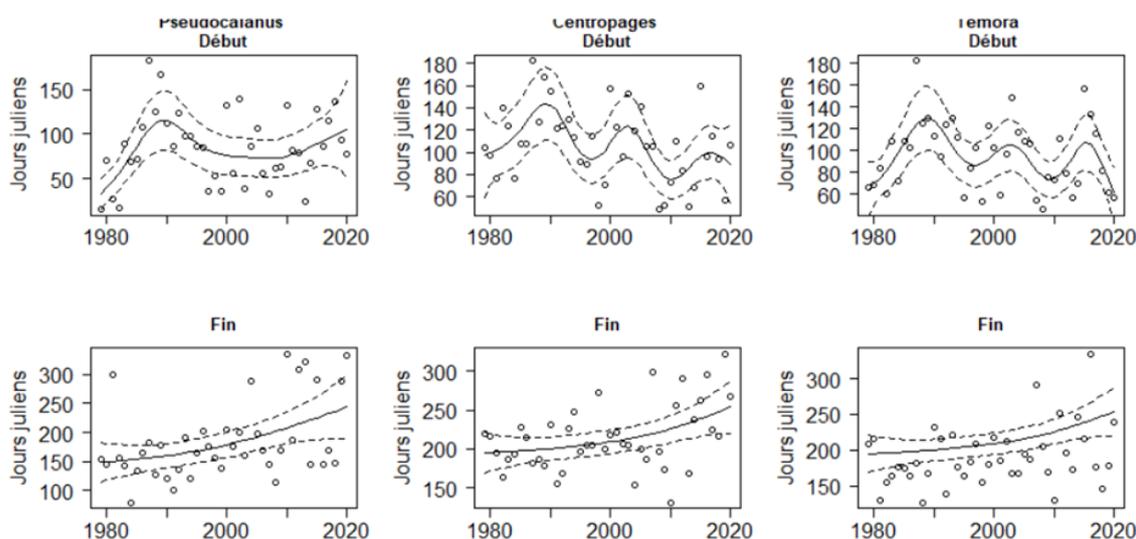


Figure 3.1.2.1. Evolution des indices phénologiques (début et fin du pic d'abondance) des espèces zooplanctoniques du groupe printemps-été : *Pseudocalanus*, *Centropages*, *Temora*.

3.1.3.2 Ecorégionalisation de la zone pélagique dans l'océan Indien subantarctique et subtropical

Makhado, A.B., Huggett, J.A., Swadling, K.M., Koubbi, P., Cotté, C., Lea, M.A., and workshop participants, 2022. Online sub-Antarctic workshop on pelagic regionalisation – 1 June 2022. CCAMLR-WG-EMM-2022/10.

Makhado, A.B., Lowther, A., Koubbi, P., Ansorge, I., Brooks, C., Cotté, C., Crawford, R., Dzulisa, S., d'Ovidio, F., Fawcett, S., Freeman, D., Grant, S., Huggett, J., Hindell, M., Hulley, P.A., Kirkman, S., Lamont, T., Lombard, M., Masothla, M.J., Lea, M.-A., Oosthuizen, W.C., Orgeret, F., Reisinger, R., Samaai, T., Sergi, S., Swadling, K.M., Somhlaba, S., Van de Putte, A., Von de Meden, C., Yemane, D., 2019. Atelier d'experts sur la planification spatiale pélagique pour la région subantarctique orientale (Domaines 4, 5 et 6). SC-CAMLR-38/BG/29.

Merland et al., 2023. Regionalisation of the physical and biogeochemical environment in the subantarctic region. CCAMLR- WG-EMM-2023 18.

En 2019, l'atelier d'experts sur l'écorégionalisation pélagique pour la région subantarctique visait à établir un programme de travail pour la régionalisation pélagique abiotique et biotique (Makhado et al., 2019). L'accent a été mis sur la compréhension de la distribution du plancton, des poissons mésopélagiques et des prédateurs supérieurs à des fins de conservation. L'atelier de 2019 a mis en évidence l'importance des principales zones frontales en tant que moteurs de la régionalisation dans la partie septentrionale de l'océan Austral. L'atelier de 2019 avait identifié six groupes d'actions pour développer un plan de recherche pour la région d'étude (Figure 3.1.3.2). La région se concentre sur les régions subantarctiques de l'océan Indien et les régions subtropicales environnantes :

1. Ecorégionalisation,
2. Connectivité entre les écorégions,
3. Prévision des tendances dans les écorégions,
4. Variabilité à long terme et à court terme,
5. La dimension humaine,
6. Éducation et sensibilisation.

Au sein d'HMMN, P. Koubbi, C. Merland, M. Thellier et V. Djian ont travaillé sur l'action 1 concernant la zone subtropicale indienne et subantarctique autour des Terres Australes et Antarctiques Françaises. Nous avons également organisé un séminaire international en ligne en juin 2022 (Makhado et al., 2022). Durant 2022, nous avons également obtenu des financements de l'Office Français pour la Biodiversité pour organiser un atelier international à Paris en 2023.

Les travaux de 2022 ont été valorisés sous la forme de rapports soumis à la CCAMLR en 2023. Ces rapports sont soit sur la régionalisation abiotique avec la définition de régions physiques et biogéochimiques (Merland et al., 2023 et Djian et al., 2023a) soit sur l'étude des assemblages planctoniques (Koubbi et al., 2023a et Djian et al., 2023b) ou de poissons mésopélagiques (Koubbi et al., 2023b)

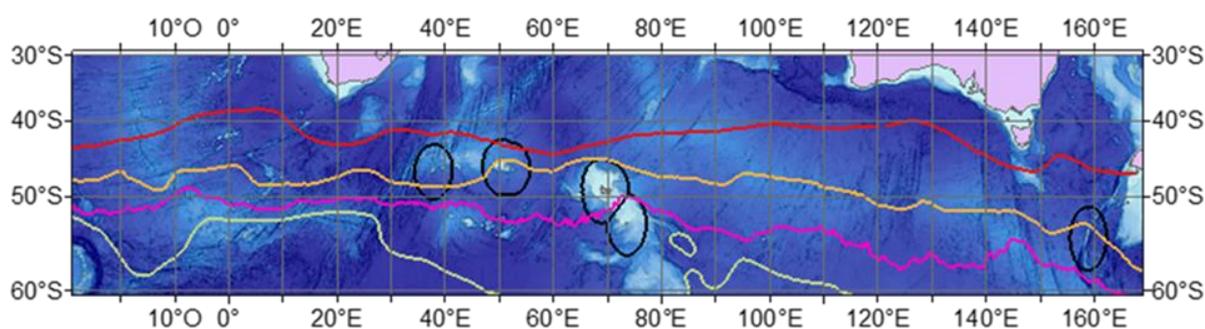


Figure 3.1.3.2. Zone d'étude pour la régionalisation pélagique subantarctique.

3.1.3.3 Définition des régions physiques et biogéochimiques

Régionalisation de l'environnement physique et biogéochimique dans la région subantarctique (Merland et al., 2023 - WG-EMM-2023 18).

Des régionalisations physiques ont déjà été effectuées à l'échelle mondiale pour définir des provinces biogéochimiques à partir de données de surface ou dans la zone mésopélagique. Cependant, ces régionalisations manquent souvent de séparations à une échelle plus fine car elles ne prennent pas toujours en compte les modèles régionaux tels que les effets insulaires ou les zones physiquement dynamiques. Notre étude vise à surmonter ces limitations en définissant des

régions biophysiques cohérentes dans le sud de l'océan Indien (20°W-160°E ; 30°S-60°S), en considérant la dynamique spatiale et temporelle des paramètres environnementaux. Pour ce faire, deux approches complémentaires ont été utilisées : l'une se concentrant sur les données environnementales de surface, et l'autre considérant leurs profils verticaux. La première méthode, basée sur des analyses multivariées, nous a permis de délimiter des régions latitudinales grâce aux gradients de température et de concentration en oxygène existants et a révélé des structures à plus fine échelle telles que des régions de forte turbulence ou des zones productives. La deuxième approche a utilisé des analyses fonctionnelles et a fourni une subdivision supplémentaire dans la zone subtropicale qui était dirigée par le domaine mésopélagique. Cette subdivision résulte des différences de température et sépare longitudinalement la région subtropicale avec des eaux plus chaudes trouvées dans la zone occidentale, probablement transportées depuis des latitudes plus basses par le courant de retour des Aiguilles (Figure 3.1.3.3).

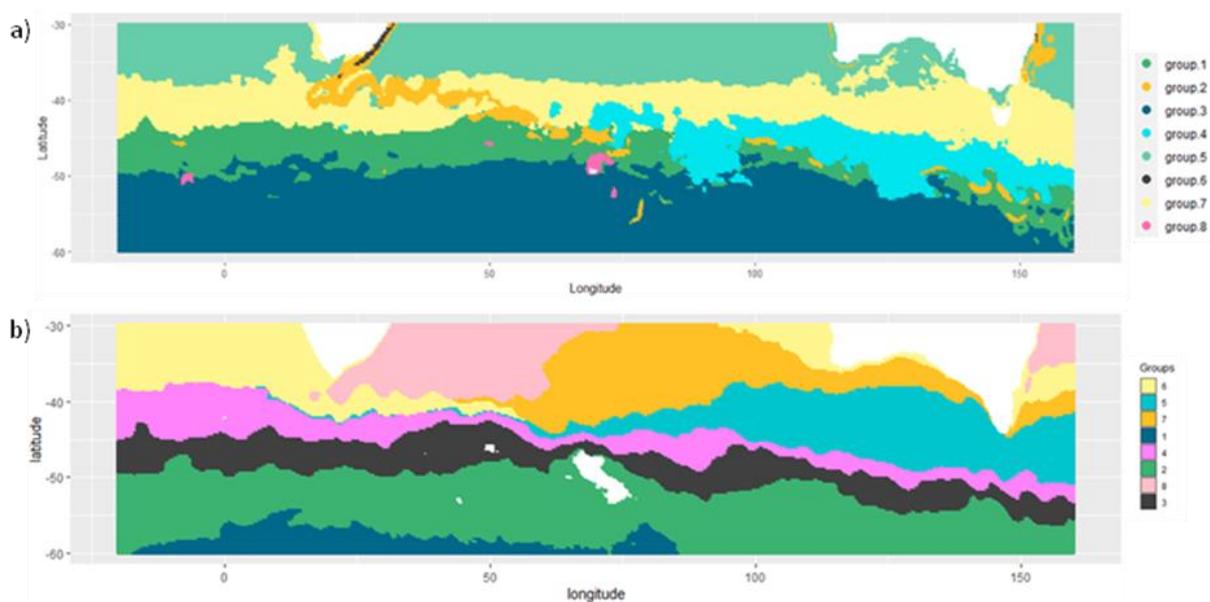


Figure 3.1.3.3. Cartographie des régions à partir de groupes de grilles cellulaires obtenus en ayant a) une dynamique spatio-temporelle similaire des paramètres environnementaux de surface (analyses multivariées) et b) des profils verticaux similaires de température, salinité et concentration en oxygène en incorporant à la fois les zones épipélagiques et mésopélagiques (analyses fonctionnelles).

Régionalisation hydrologique de Crozet à Kerguelen et au sud de l'océan Indien subtropical

Djian et al., 2023a. Hydrologic regionalisation from Crozet to Kerguelen and subtropical Southern Indian Ocean. CCAMLR- WG-EMM-2023 17.

Les TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises) sont situées à la jonction de l'Océan Indien Sud et de l'Océan Austral, une zone de contrastes environnementaux due à la rencontre des eaux chaudes et salées subtropicales et des eaux froides polaires. Les structures frontales générées par le courant circumpolaire antarctique divisent ces océans en plusieurs zones hydrologiques. Plusieurs régionalisations ont été réalisées au cours des dernières décennies, mais uniquement sur les zones épipélagiques ou mésopélagiques séparément, sans prendre en compte les deux en même temps. Les zones frontales ayant une forte influence sur les conditions environnementales et la distribution de la biodiversité, il est important de pouvoir identifier leur distribution spatiale et leurs limites. L'objectif de cette étude était d'identifier les différentes zones hydrologiques dans le secteur indien de l'océan Austral et dans le sud de l'océan Indien à partir de données en libre accès. Les profils de température et de salinité de la surface à 1000 m de

profondeur ont été extraits des ré analyses des données Copernicus entre 2010 et 2020. Une ACP fonctionnelle (fPCA) a été appliquée à ces données pour prendre en compte l'ensemble de la colonne d'eau, suivie d'un regroupement par k-means pour identifier les régions ayant un profil hydrologique commun. Nous avons également calculé la moyenne et l'écart-type de la valeur du cluster pour chaque cellule géographique afin d'identifier les régions hydrologiques les plus stables. Chaque région hydrologique identifiée a ensuite été reliée aux données environnementales de l'ensemble de la zone d'étude afin de la caractériser. Nous avons pu identifier 7 régions hydrologiques : 4 dans le sud de l'océan Indien et 3 dans l'océan Austral (Figure 3.1.3.4). Les régions divisant l'océan Austral coïncident fortement avec les zones frontales identifiées lors de précédents travaux de régionalisation sur l'océan Austral et sont fortement associées aux fronts subantarctique et polaire. Inversement, les régions divisant le sud de l'océan Indien s'expliquent par des différences de salinité, en particulier en profondeur, associées à l'action du courant sud-équatorial.

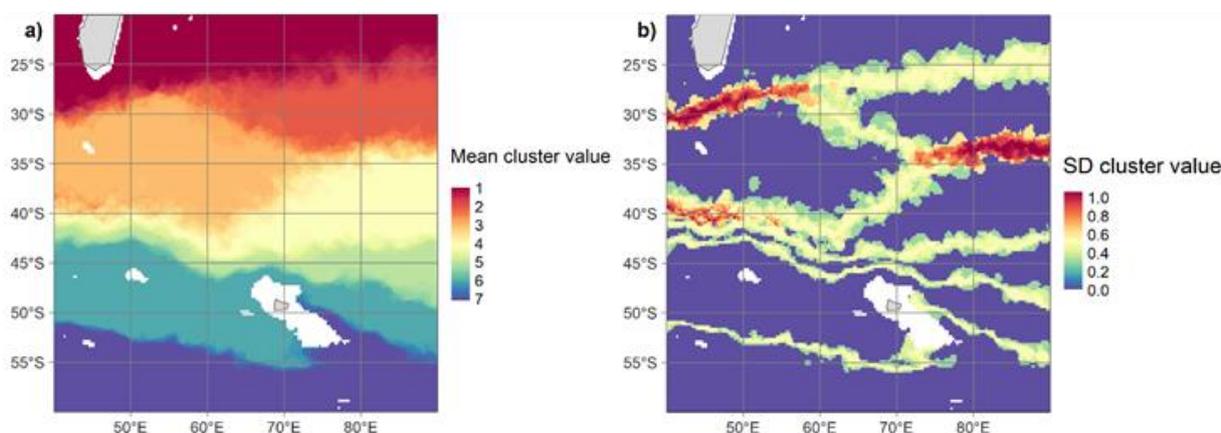


Figure 3.1.3.4. Cartographie a) de la moyenne et b) de l'écart-type de la valeur des groupes hydrologiques pour chaque cellule entre 2010 et 2020 identifiée par fPCA.

3.1.3.4 Atlas du zooplancton du Subantarctique Indien et dans le sud de l'océan Indien

Analyses préliminaires pour un atlas du macrozooplancton du Subantarctique Indien et dans le sud de l'océan Indien.

Koubbi et al., 2023a. Preliminary steps for an atlas of macrozooplankton in the subantarctic Indian and in the South Indian Ocean. CCAMLR- WG-EMM-2023 16.

Ce rapport est le fruit d'un travail préliminaire visant à explorer la présence d'espèces planctoniques dans la zone comprise entre 20°W et 160°E et entre 30 et 60°S. Les données ont été obtenues à partir de bases de données internationales et d'expéditions récentes, et une analyse a été réalisée pour identifier les assemblages d'espèces en utilisant une approche de réseau biogéographique. Les résultats montrent le nombre d'enregistrements et de mailles avec la présence des principaux taxons macrozooplanctoniques, en se concentrant sur les euphausiacés (Figure 3.1.3.4.1), les amphipodes et les salpes. L'influence de la méthode d'échantillonnage (Continuous Plankton Recorder ou filets) peut expliquer certains schémas de richesse spécifique. La même préoccupation s'applique à certains secteurs offshore, car certains d'entre eux ont été fortement échantillonnés à l'aide du CPR, tandis que d'autres autour des îles ou dans la région subtropicale de l'Indien ont été échantillonnés à l'aide de filets. Des recherches supplémentaires

et un nettoyage des données seront nécessaires avant de passer à l'étape suivante, qui consiste à modéliser les habitats potentiels des espèces clés de l'écosystème pélagique.

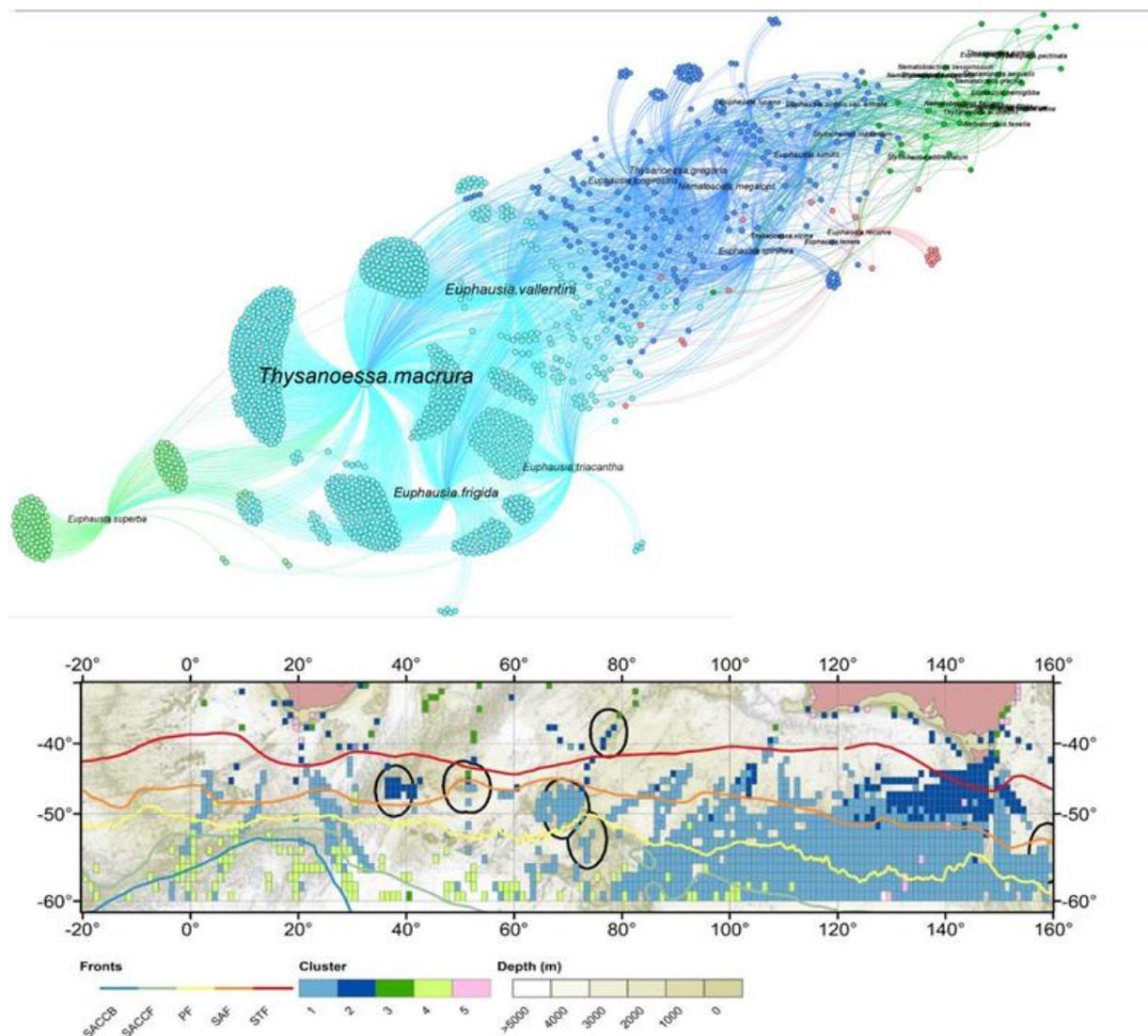


Figure 3.1.3.4.1. Groupes d'espèces et d'échantillons issus de l'analyse du réseau biogéographique basée sur la présence d'euphausiacés (figure du haut) et carte des assemblages d'espèces d'euphausiacés issus de l'analyse du réseau biogéographique (figure du bas).

Macrozooplancton de Crozet à Kerguelen et du subtropical de l'océan Indien

Djian et al., 2023b. Macrozooplankton from Crozet to Kerguelen and subtropical Southern Indian Ocean (Djian et al.). CCAMLR- WG-EMM-2023 21.

Le plancton du sud de l'océan Indien et du secteur indien de l'océan Austral joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes. Il est une proie importante pour plusieurs espèces de prédateurs supérieurs et constitue un lien entre le phytoplancton et le sommet des réseaux trophiques. Il est donc important de pouvoir identifier les assemblages d'espèces associés aux caractéristiques océanographiques de certaines zones afin de pouvoir prédire leurs changements et leur impact sur les écosystèmes. L'objectif de cette étude était de décrire la diversité et la biogéographie du macrozooplancton en fonction des différentes zones océanographiques entre le sud de l'océan Indien et le secteur nord de l'océan Indien de l'océan Austral. L'analyse factorielle des correspondances et la méthode des réseaux biogéographiques basées sur les données

d'abondance, obtenues par identification des espèces collectées lors des campagnes du programme français 2017-2019, ont permis de mettre en évidence une forte séparation biogéographique dans la zone Subantarctique comme observé ci-dessous pour les euphausiacés (Figure 3.1.3.4.2). Une séparation entre la zone antarctique et la zone frontale polaire a mis en évidence le rôle des îles subantarctiques dans la biogéographie du plancton austral, tandis que les différences d'assemblages dans le sud de l'océan Indien semblent indiquer une influence du courant de retour des Aiguilles.

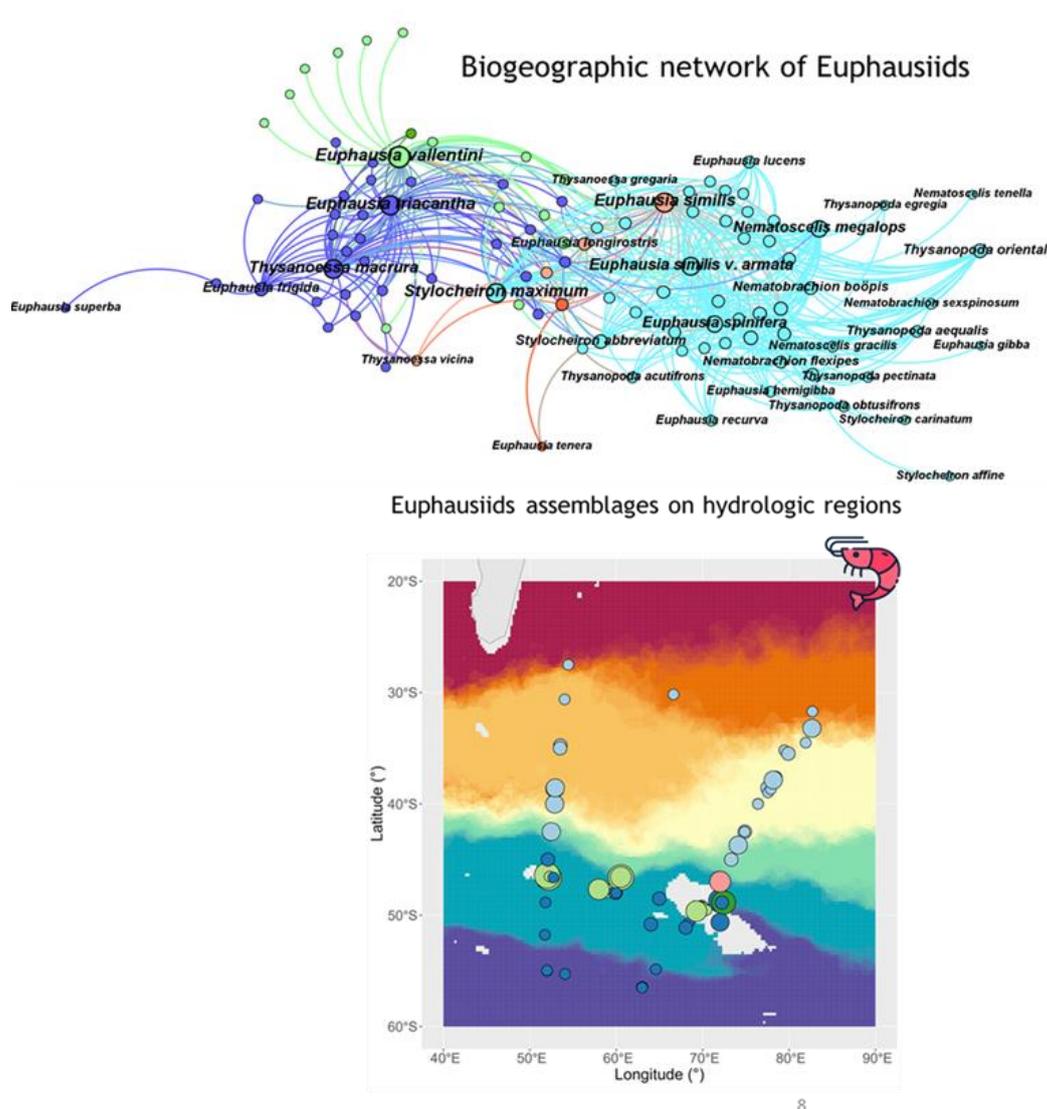


Figure 3.1.3.4.2. Analyse du réseau biogéographique sur les abondances d'Euphausiacés des campagnes françaises 2017-2019 pour déterminer les assemblages d'espèces (figure du haut). Carte des assemblages entre La Réunion, Crozet, Kerguelen et les îles Saint-Paul et Amsterdam (figure du bas).

3.1.3.5 Atlas des poissons mésopélagiques

Atlas des poissons mésopélagiques de l'océan Indien subantarctique et de l'océan Indien sud

Koubbi et al., 2023b. Atlas of mesopelagic fish in the subantarctic Indian and in the South Indian Ocean. CCAMLR- WG-EMM-2023 20.

Le WG-EMM-2023 20 présente de nouveaux résultats sur les populations de poissons mésopélagiques provenant d'études menées de Crozet à Kerguelen et dans l'Océan Indien subtropical. La faune mésopélagique joue un rôle crucial dans le réseau trophique de l'écosystème

marin. L'étude intègre à la fois les espèces subtropicales et celles de l'océan Austral. Les études menées de 2017 à 2019 ont révélé la présence de 141 espèces, les Myctophidés représentant 61% des abondances observées. Les Stomiiformes, comprenant les familles Gonostomatidae, Phosichthyidae, Sternoptychidae et Stomiidae, se sont classés en deuxième position en termes d'abondance (Figure 3.1.3.5.1). Les schémas de distribution de ces familles de poissons présentent une variabilité dans la zone d'étude.

Les myctophidés ont présenté des abondances élevées dans l'océan Austral, avec des taches concentrées dans la zone subantarctique entre les archipels de Crozet et de Kerguelen, ainsi que dans la partie orientale du plateau de Kerguelen. Les Stomiiformes, d'autre part, ont montré une plus grande dominance dans le sud de l'océan Indien, avec des différences notables entre les régions occidentales et orientales de la zone d'étude.

L'objectif de la recherche était également d'étudier la richesse des espèces (Figure 3.1.3.5.2) et la distribution géographique des espèces de poissons mésopélagiques et d'évaluer leur alignement avec les provinces biogéographiques établies de 20°W à 160°E et de 30 à 60°S. Les résultats des études 2017-2019 seront combinés avec des bases de données internationales pour générer un atlas des myctophidés. Celui-ci constituera les données de base pour les futures études sur les conséquences du changement climatique, qui est important dans la zone subantarctique. Les distributions mondiales de ces espèces seront ensuite utilisées pour établir des modèles d'habitats potentiels et affiner la biogéographie des espèces.

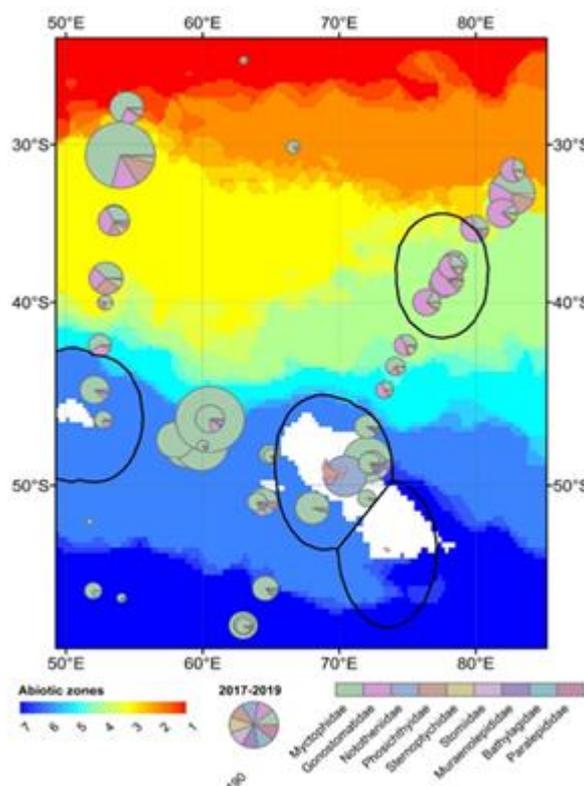


Figure 3.1.3.5.1. Proportion des principales familles de poissons collectées par l'IKMT au cours des missions REPCCOAI. La taille du symbole est proportionnelle à l'abondance totale des poissons collectés dans toutes les familles. Les régions abiotiques définies selon la moyenne des trois années (2017, 2018 et 2019) sont représentées. Elles ont été décrites par Djian et al. (2023).

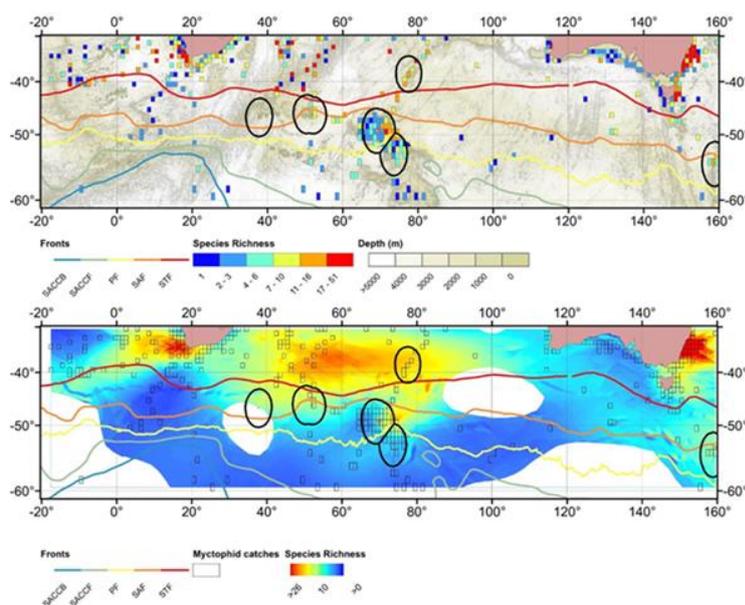


Figure 3.1.3.5.2. Richesse spécifique des myctophidés dans la zone d'étude (figure du haut) et carte interpolée de celle-ci. L'interpolation a été réalisée par co-krigeage avec la richesse en espèces et les régions hydrologiques de Merland et al. (2023). Les zones présentant les plus grandes incertitudes dans l'interpolation ont été colorées en blanc sur la carte. Les cellules de la grille dans lesquelles les myctophidés ont été capturés sont indiquées.

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

3.1.4.1 Applications

Biologie des mérous (famille des Epinephelidae) exploités autour de l'île de la Réunion (Océan Indien)

Mahé K., Gentil C., Brisset B., Evano H., Lepetit C., Boymond-Morales R., Telliez S., Dussuel A., Rungassamy T., Elleboode R., MacKenzie K., Roos D. (2022). Biology of exploited groupers (Epinephelidae family) around La Réunion Island (Indian Ocean). *Frontiers In Marine Science*, 9, 935285 (15p.).

Les mérous (famille des Epinephelidae) sont des espèces démersales qui constituent une ressource vulnérable en raison de l'augmentation de la pression de pêche autour de l'île de la Réunion. Cinq espèces de mérous figurent parmi les principales espèces exploitées par les pêcheries commerciales et récréatives autour de La Réunion : le mérou oriflamme (*Epinephelus fasciatus* ; Forsskål 1775), le mérou zébré (*Epinephelus radiatus* ; Day, 1868), la vieille dorée (*Cephalopholis aurantia*, Valenciennes, 1828), le croissant queue blanche (*Variola albimarginata* ; Baissac 1953) et le croissant queue jaune (*Variola louti* ; Fabricius 1775). De 2014 à 2021, un total de 482 individus a été capturé. Les relations entre la longueur du corps et le poids ont montré une relation significative entre la longueur totale et le poids total pour toutes les espèces. Parmi les 5 espèces de mérous, un dimorphisme sexuel significatif n'a été observé que pour *E. fasciatus*. Plusieurs tests ont permis d'identifier l'otolithe entier comme la meilleure méthode pour déterminer l'âge des mérous. Alors que le modèle de von Bertalanffy sans contrainte s'ajuste très bien aux données de quatre espèces (*C. aurantia*, *E. radiatus* ; *V. albimarginata* et *V. louti*), le modèle de Gompertz a donné le meilleur ajustement pour les données de vieillissement d'*E. fasciatus*. Les paramètres de ces modèles de croissance ont donné la longueur asymptotique TL_{∞} (de 28,9 cm pour *C. aurantia* à 76,6 cm pour *V. louti*), et le taux de croissance K (de 0,16 pour *V. albimarginata* à 0,40 pour *E. fasciatus*) pour chaque espèce. Par conséquent, l'indice de performance de croissance pour ces espèces de mérous variait de 2,40 à 3,09. Sur la base de l'observation des gonades, la longueur à la première maturité sexuelle des femelles variait de 14 à 18 cm pour *C. aurantia*, *E. fasciatus* et *V. albimarginata*, à 32 cm pour *E. radiatus* et 34 cm pour *V. louti*. L'âge correspondant à la première maturité sexuelle par espèce allait de 1,67 à 6,65 ans. L'intensité de la reproduction a montré que la reproduction atteignait son maximum pendant une période de trois mois chaque année. Trois espèces (*C. aurantia* ; *E. fasciatus* et *V. louti*) se reproduisent

principalement en été, entre décembre et mars, tandis que *E. radiatus* et *V. albimarginata* présentent un pic de reproduction entre avril et juillet. Les paramètres biologiques mis à jour pour ces 5 espèces constituent une contribution inestimable à l'évaluation et à la gestion futures de ces importantes espèces commerciales.

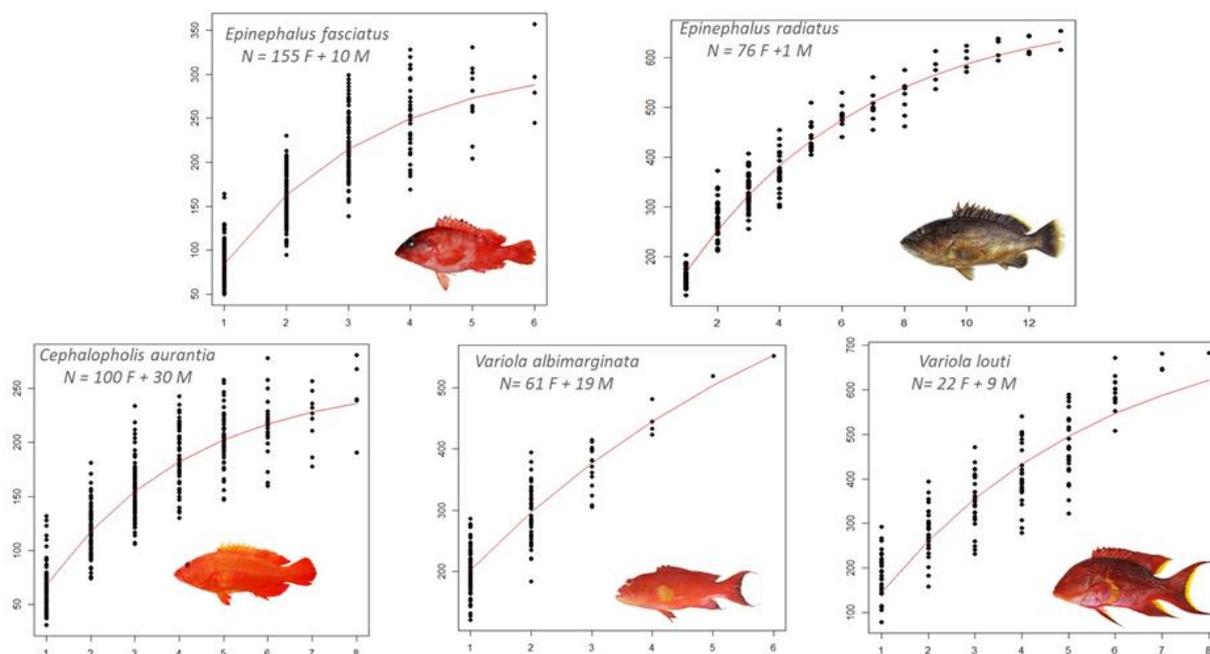


Figure 3.1.4.1. Courbe de croissance des espèces de mérus autour de l'île de La Réunion ajustée aux longueurs individuelles rétro-calculées pour chaque âge pour tous les individus. Le nombre de spécimens est présenté avec les femelles (F) et les mâles (M).

Structure du stock de merlu européen (*Merluccius merluccius*) en Méditerranée évaluée par la forme et la microchimie des otolithes

Morales-Nin B., Pérez-Mayol S., MacKenzie K., Catalán Ignacio A., Palmer M., Kersaudy T., Mahé K. (2022). European hake (*Merluccius merluccius*) stock structure in the Mediterranean as assessed by otolith shape and microchemistry. *Fisheries Research*, 254, 106419 (10p.).

Le merlu européen *Merluccius merluccius* est la troisième espèce la plus importante pour les pêcheries de l'Atlantique Nord-Est et de la Méditerranée. Le merlu européen est considéré comme surexploité en Méditerranée, et une gestion prudente est donc conseillée. Le merlu méditerranéen est bien différencié du merlu atlantique, mais la structure des sous-populations en Méditerranée et la manière dont cette structure pourrait être traduite en stocks (unités de gestion opérationnelles) restent un sujet difficile à cerner. La forme et la chimie des otolithes (concentration d'éléments traces) ont été systématiquement utilisées pour distinguer les stocks de poissons. Notre objectif était donc d'évaluer la capacité de discrimination (assignation des poissons à la bonne unité géographique) de la forme et de la microchimie des otolithes à deux échelles géographiques en Méditerranée : (1) les sous-zones géographiques officielles (GSA), et (2) trois unités plus grandes précédemment suggérées par les marqueurs génétiques (c'est-à-dire la Méditerranée occidentale, l'Adriatique avec la Méditerranée centrale, et la Méditerranée orientale). Deux analyses complémentaires ont été réalisées car la forme est plus facile à analyser que la chimie. Tout d'abord, un grand échantillon de merlus juvéniles ($n = 1656$) provenant de 40 sous-unités GSA en Méditerranée a été utilisé pour l'analyse de la forme. Deuxièmement, un sous-échantillon de ces poissons ($n = 154$) provenant de 10 GSA a été analysé à la fois pour la forme des otolithes et la microchimie. Indépendamment du type de données (forme et/ou chimie) et de l'échelle géographique (GSAs par rapport aux 3 unités), les différences entre les unités étaient toujours statistiquement significatives. Toutefois, compte tenu de la grande variabilité intra-unité, la capacité de discrimination était toujours faible, mais meilleure à l'échelle GSA, et encore meilleure lorsque la forme et la microchimie étaient combinées. En

outre, les méthodes de regroupement non supervisées (le nombre et les limites des unités sont déterminés par les données et non définis a priori comme ci-dessus) n'ont pas permis de trouver une structure optimale. Dans l'ensemble, ces résultats sont pleinement compatibles avec l'hypothèse d'un gradient continu, au sein duquel des unités spatiales discrètes ne peuvent être reconnues en toute sécurité.

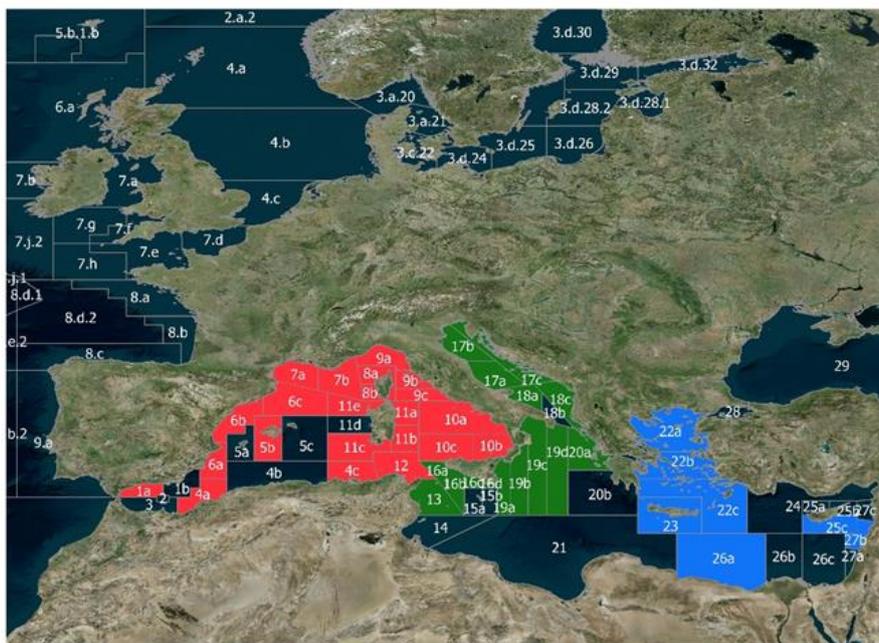


Figure 3.1.4.2 : Identification des 3 unités de stocks de merlus en Méditerranée à partir de la forme et de la chimie des otolithes.

Variation des relations entre longueurs et poids appliquées à 123 espèces de poissons observées à l'île de la Réunion (océan Indien)

Roos D., Taconet J., Gentil C., Brisset B., Evano H., Aumond Y., Huet J., Lepetit C., Boymond-Morales R., Rungassamy T., Elleboode R., Mahé K. (2022). Variation of the relationships between lengths and weights applied to 123 fish species observed at Réunion Island (Indian Ocean). *African Journal Of Marine Science*, 44(2), 171-180.

Les relations longueur-poids de 123 espèces de poissons (122 Actinopterygii et 1 Elasmobranchii) ont été étudiées à partir de 10 218 individus capturés autour de l'île de la Réunion entre 2000 et 2021. Toutes les espèces, à l'exception de 4 d'entre elles dont le nombre d'individus est très faible et la gamme de longueur limitée, ont montré une relation significative entre la longueur totale et le poids total. Pour 52 espèces, les données montrent que le corps s'allonge (i.e. $b < 3.0$) au cours de la vie, tandis que pour 63 espèces, les individus deviennent plus épais (i.e. $b > 3.0$) ; seules 4 espèces ont une valeur de b égale à 3.0, ce qui signifie une croissance isométrique. Sur les 72 espèces pour lesquelles l'observation macroscopique a permis d'identifier le sexe, le dimorphisme sexuel n'a été observé que pour 9 espèces (12,5 %), avec une différence significative entre les pentes des relations longueur-poids. Les effets temporels ont également été étudiés, en utilisant la composante annuelle du temps de capture pour 75 espèces et la composante saisonnière pour 73 espèces. Un effet temporel était significatif pour 27 espèces (36,0 %) lorsque l'année d'échantillonnage était prise en compte, et pour 14 espèces (19,2 %) lorsque le trimestre d'échantillonnage (saison) était pris en compte. Enfin, parmi 120 espèces testées, la relation entre la longueur totale et la longueur standard est significative, et parmi 114 espèces, la relation entre le poids total et le poids éviscéré est significative.

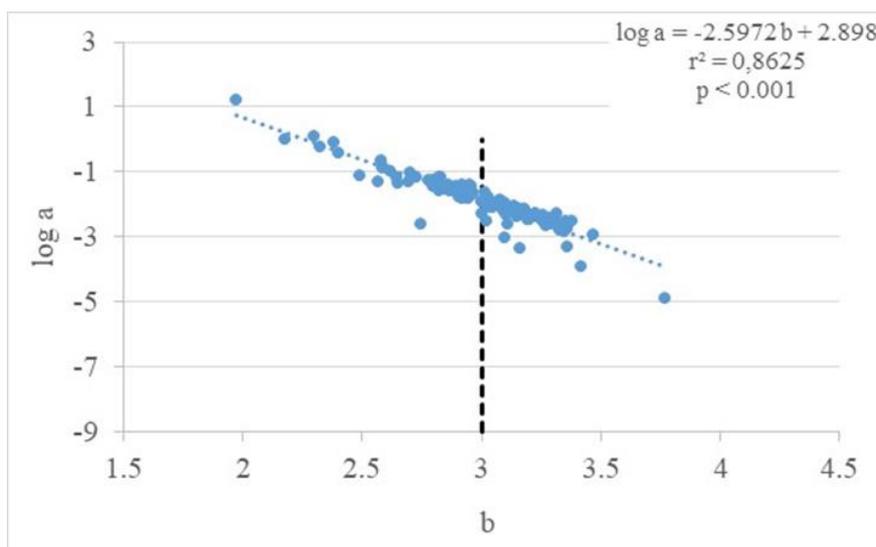


Figure 3.1.4.3. Représentation graphique des relations longueur-poids ($\log a$ vs b) chez 123 espèces de poissons marins échantillonnés à l'île de la Réunion, dans l'ouest de l'océan Indien, entre 2000 et 2021. La ligne verticale en pointillés marque $b = 3$, ce qui indique une croissance isométrique.

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

Torres J., Mahé K., Dufour J.-L., Bearez P., San Roman M. (2022). 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. *Journal Of Island & Coastal Archaeology*, 17(1), 1-20.

Des analyses sclérochronologiques de vertèbres de morues australes (*Salilota australis*) ont été réalisées pour être utilisées en tant qu'indicateur du calendrier saisonnier des activités de pêche sur un site archéologique de l'Holocène moyen (6500 ans BP) et 3 sites archéologiques 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 de spécimens modernes capturés mensuellement pendant un an. Les résultats ont montré que la taille à l'âge était significativement plus importante dans les échantillons archéologiques que dans la collection de référence moderne. Nos résultats indiquent que les activités de pêche se sont déroulées 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 a montré une tendance à capturer des têtards de morue pendant la saison chaude.

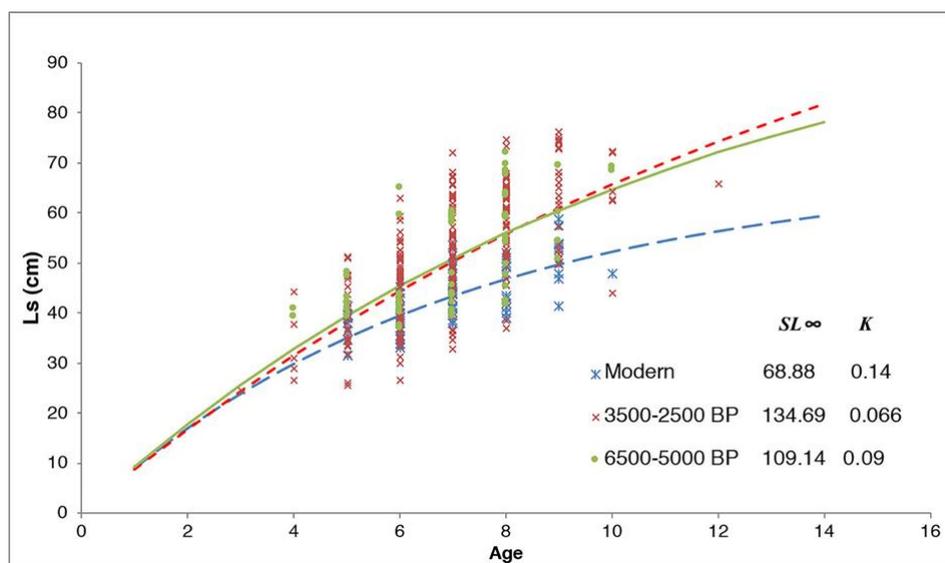


Figure : Modèle de croissance de Von Bertalanffy des populations d'individus modernes et archéologiques de la morue australe (échantillon moderne n=69, échantillon datant de 2500 à 3500 ans n=108, échantillon datant de 5000 à 6500 ans n=40).

3.1.5 Observations en appui aux travaux de recherche

3.1.5.1 Croissance

L'unité HMMN surveille la croissance dans deux zones géographiques distinctes : la mer du Nord (zone IV) et la Manche (zone VII). Plusieurs types de données sont recueillis, incluant la taille (avec une précision de ± 1 cm), le poids (avec une précision de ± 1 g) et l'âge des poissons. L'estimation de l'âge est principalement obtenue en analysant les otolithes, des pièces calcifiées situées dans l'oreille des poissons. La relation entre la taille et l'âge, ainsi que la relation entre le poids et l'âge, sont utilisées pour déterminer la croissance. Cependant, pour les raies, seules les relations entre la taille et le poids sont suivies. Cela est dû au fait que les raies sont souvent des espèces protégées et estimer leur âge nécessiterait de sacrifier les individus.

En ce qui concerne les trois principales espèces commerciales de poissons, un total de 2905 données taille/âge ont été collectées, dépassant l'objectif européen de 2310 établi, ce qui représente une réalisation de 125% par rapport aux objectifs fixés.

Tableau 3.1.5.1.1. 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 cible	Zone (s) de pêche	Nombre d'échantillons planifié	Nombre d'échantillons réalisé	Pourcentage de réalisation
<i>Merlangius merlangus</i>	3a, 4, 7d	250	291	116
<i>Mullus surmuletus</i>	4, 7d	60	107	178
<i>Pleuronectes platessa</i>	4, 7d	650	1022	157
<i>Solea solea</i>	7d	850	1021	120
<i>Solea solea</i>	7e	500	509	102

3.1.5.2 Maturité sexuelle

L'unité HMMN suit également la maturité sexuelle dans les mêmes deux zones géographiques. Pour les principales espèces commerciales, en plus de l'âge, des données sur le sexe et le stade de maturité sexuelle sont collectées.

Le bilan concernant les principales espèces commerciales indique qu'un total de 5341 données de maturité sexuelle ont été collectées. Cela dépasse l'objectif européen fixé à 4500, ce qui représente un taux de réalisation de 118%. Les données recueillies en 2022 pour l'analyse de la maturité sexuelle des principaux stocks de la Manche et de la mer du Nord sont résumées dans le tableau.3.1.5.2.1.

Tableau 3.1.5.2.1. 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 cible	Zone (s) de pêche	Paramètre biologique collecté	Nombre d'échantillons planifié	Nombre d'échantillons réalisé	Pourcentage de réalisation
<i>Merlangius merlangus</i>	3a, 4, 7d	Maturity	250	292	117
<i>Merlangius merlangus</i>	3a, 4, 7d	Sex	250	293	117
<i>Pleuronectes platessa</i>	4, 7d	Maturity	650	728	112
<i>Pleuronectes platessa</i>	4, 7d	Sex	650	1032	159
<i>Solea solea</i>	7d	Maturity	850	917	108
<i>Solea solea</i>	7d	Sex	850	1051	124
<i>Solea solea</i>	7e	Maturity	500	514	103
<i>Solea solea</i>	7e	Sex	500	514	103

Dans le cadre du SIH des démarches d'harmonisation de la prise de données de la maturité sexuelle des espèces retrouvées lors des campagnes halieutiques ont été effectuées. Lors des campagnes halieutiques (CGFS, EVHOE, IBTS), des photos de gonades de différentes espèces ont été prises. C'est photos ayant été prises dans le but de mettre en place une base de données d'images des organes de reproduction mâles et femelles des espèces importantes retrouvées lors des campagnes en mer. Dans un souci de reproductibilité de la prise de données de qualité, un protocole a été mis en place pour la prise des photos (ENG_P.pdf (Im-anna.github.io)). Suite à ce travail, des fiches pour la détermination visuelle des phases de maturité ont été réalisées et publiées (index.knit (Im-anna.github.io)).

3.1.5.3 Age

Le Pôle National de Sclérochronologie, situé au sein de l'unité HMMN, se charge d'estimer l'âge des principales espèces commerciales en recevant des pièces calcifiées provenant des laboratoires de ressources halieutiques de l'Ifremer. Cette initiative s'inscrit dans le suivi des stocks.

Au cours de cette année, le Pôle National de Sclérochronologie a traité un total de 31 926 pièces calcifiées, dont 19 651 appartenant à 28 espèces. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du Plan de Travail National et ont couvert trois zones géographiques majeures : la mer Méditerranée, l'océan Atlantique Nord et la Manche, ainsi que la mer du Nord.

Tableau 3.1.4.3. Nombre d'estimation d'âge par le pôle de sclérochronologie selon la zone géographique considérée dans le cadre des objectifs fixés par le Plan de Travail National.

Zones de collecte	Nombre de pièces calcifiées traitées dans le cadre du Plan de Travail National
Manche Mer du Nord	4068
Mer Méditerranée	2362
Océan Atlantique Nord	13221
Total	19651

3.1.5.4 Identification des œufs et larves de poissons

L'unité HMNN a en charge l'analyse d'échantillons collectés pendant la campagne IBTS dans le cadre de la DC-MAP et hors DC-MAP et du projet IGA. Le Tableau 3.1.1.4.4.1 fait le bilan du nombre d'échantillons analysés en 2022 selon les différents projets.

Tableau 3.1.5.4.1 Bilan du nombre d'échantillons d'ichtyoplancton prévus/analysés par l'unité HMMN au sein du Pôle Zooplancton en 2022 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	106	106
EDF	IGA	Sole, sprat, sardine, limande, larves de crevette grises, homard et araignée de mer	120	120
Hors contrat	WGSINS	Toutes espèces (œufs)	106	0
Hors contrat	Réseau SRN	Toutes espèces	38	38
Hors contrat	WGALES	Toutes espèces (larves)	106	106

3.1.5.5 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.

3.1.6 Contribution aux avis/expertise

3.1.6.1 Expertise internationale

Tableau 3.1.5.1. Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2022 dans le cadre du Thème 1.

Lieu	Instance	Intitulé	Personnel présent de l'unité HMMN
Virtuel et présentiel Copenhague (Danemark)	CIEM	Ecosystem Observation Steering Group (EOSG)	J. Vigneau (chair)
Galway (Irlande)	CIEM	Workshop on Unavoidable Survey Effort Reduction (WKUSER2)	J. Vigneau
virtuel	ICES	International Bottom Trawl Survey Working Group (IBTSWG)	Arnaud Auber, C. Giraldo, R. Girardin, P Cresson
virtuel	ICES	WGBIOP	K. Mahé
virtuel	ICES	SIMWG	K. Mahé
Lisbonne	ICES / IPMA	4th Workshop on Age Reading of horse mackerel, Mediterranean horse mackerel and blue jack mackerel	S Telliez / G Bled Defruit
Lysekil (Suède)	ICES	Working group International Bottom Trawl Survey	A Auber / C Giraldo / R Girardin / P Cresson
Boulogne sur mer	ICES	Working Group on Atlantic Fish Larvae and Eggs Surveys (WGALES) du 17-21 Octobre	C Giraldo, C Loots, P Marchal, L Toomey, C Neven
virtuel	ICES	Working Group on Surveys on Ichthyoplankton in the North Sea and adjacent Seas (WGSINS) du 29 Nov au 1 Dec	C Giraldo, C Loots

3.1.6.2 Expertise nationale : IGA (Impact des Grands Aménagements)

Dans le cadre du respect des exigences des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets des effluents liquides et gazeux dans l'environnement pour l'exploitation des CNPE (Centre Nucléaire de Production d'Electricité) de Blayais, Flamanville, Gravelines, Paluel et Penly, EDF

a confié à l’Ifremer la responsabilité du suivi écologique de l’évolution du milieu récepteur pour les domaines pélagique, 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 2023. Suite à cette réunion, les différentes versions des rapports définitifs de l’année 2022 ont été transmises à EDF courant mai.

M'ZARIL, M. ROPERT, E. ANTAJAN, T. HERNÁNDEZ FARIÑAS, C. LOOTS, J. CABOCHE, C. ROLLET, A. FOVEAU, I. SCHLAICH.(2023). Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville : Année 2022. RST/ODE/UL/LERN-23-01. Conv. EDF C3499C0490. 210 p.

SCHLAICH, I., E. ANTAJAN, S. FRANÇOISE, C. LOOTS, L. M'ZARI, F. MAHEUX, M. ROPERT, B. SIMON, J. CABOCHE (2023). Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de PENLY : Année 2022. RST/RBE/HMMN/LRHPEB/23-01. Conv. EDF C3499C0490. 193 p.

3.2 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, que chaque axe comprend des travaux basés sur 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 à l’échelle d’organisations plus élevées (assemblage, communauté, écosystèmes). Enfin, le troisième axe vise à appréhender la composante spatiotemporelle des mécanismes à l’œuvre à ces échelles d’organisations. Les approches utilisant les outils d’écologie fonctionnelle prennent toute leur place dans cet axe.

Pour 2021, les travaux de l’axe 1 ont poursuivi l’application des traceurs trophiques intégrés (isotopes stables, contenus stomacaux acides gras et compositions élémentaires) à la détermination de la niche trophique de mammifères marins en zone polaire et à la compréhension des flux de matière établis entre hôtes et parasites. Les travaux sur la relation entre le merlan et les nématodes parasites qu’il héberge sont fortement liés à l’alimentation et à la consommation d’euphausiacés (3.2.1.1). De la même manière, l’analyse isotopique et élémentaire d’un requin de Nouvelle-Zélande et d’une balane qui le parasite montre une hyperspécialisation du parasite, et des flux de matière différents en fonction des besoins différents de chaque tissu du parasite. Le rôle des lipides, notamment pour préparer l’oogenèse semble crucial (3.2.1.2).

Le deuxième axe poursuit de son côté les travaux sur les réseaux trophiques dans les communautés marines, aussi bien en utilisant des approches empiriques et de modélisation. Cet axe comprend également des travaux méthodologiques visant à mieux appréhender le cadre d'application des outils isotopiques. Deux travaux empiriques ont porté sur des écosystèmes arctiques, au Canada et en Norvège pour comprendre l'effet de la fonte des glaces sur le fonctionnement trophique de ces communautés. Le travail mené sur la zone européenne a examiné les niches trophiques des mammifères marins dans l'Arctique européen en utilisant les compositions en isotopes stables du carbone et de l'azote et des acides gras alimentaires de cétacés, pinnipèdes et d'ours polaire (3.2.2.1). Les résultats montrent des séparations claires entre espèces, qui reflètent des spécialisations alimentaires sur les ressources pélagiques (baleines) ou benthiques (morses). Pour les ours polaires, le profil est un intermédiaire entre celui des baleines et des morses. Ce cloisonnement et cette faible redondance pourrait avoir un impact fort en cas de modification des ressources. Le travail mené au Canada a de son côté testé l'efficacité d'un modèle Ecopath with Ecosim à reconstruire la structure trophique de ces communautés, en comparant les estimations de niveau trophique du modèle aux valeurs calculées à partir des rapports isotopiques (3.2.2.2). Cette approche est une spécialité de l'unité HMMN, vu qu'elle a déjà été appliquée à la Manche, avec le modèle EEC-OSMOSE (Travers-Trolet et al., 2019). Dans ce cas également, elle montre l'efficacité du modèle à reproduire les structures trophiques empiriques, vu que les deux méthodes produisent des niveaux trophiques très corrélés, même si le niveau de reproductibilité dépend aussi de la robustesse des données trophiques disponibles et utilisées pour construire le modèle. Enfin, cet axe comprend aussi des travaux méthodologiques visant à mieux appréhender le cadre d'application des outils isotopiques. Les modèles de mélange isotopiques sont un outil classiquement utilisé, mais dont l'usage se base sur la notion d'équilibre isotopique entre proies et prédateurs, ce qui n'est réalisé qu'en milieu contrôlé, et jamais en conditions réelles. La mise en place d'un modèle de mélange dynamique, intégrant la variabilité isotopique des sources qui permet d'estimer les erreurs liées à l'application d'un outil statique à une situation dynamique (2.2.2.3). Les résultats montrent notamment que la version statique des modèles, la plus largement utilisée par la communauté, et qui ne tient pas compte du fait que l'intégration isotopique de l'alimentation est un mécanisme dynamique.

Enfin, les travaux menés dans l'axe 3 en 2021 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, et notamment le lien entre traits fonctionnels et vulnérabilité des espèces. Au travers d'une approche couplant données empiriques issues de la campagne IBTS et modélisation *in silico*, les travaux ont confirmé la grande vulnérabilité des communautés de poissons dans cette zone, la robustesse de l'indicateur développé, et son caractère opérationnel pour des décideurs (3.2.3.1).

Les travaux sur la rareté fonctionnelle et le lien avec la vulnérabilité se sont également poursuivis. Les résultats obtenus en 2022 montrent que les critères pris en compte pour la définition des statuts IUCN peuvent être insuffisants. 38% des espèces « menacées d'extinction » au sens de l'IUCN sont également considérées comme fonctionnellement rares. Ces travaux suggèrent donc d'inclure la rareté fonctionnelle comme un élément supplémentaire à prendre en compte pour définir le statut IUCN des espèces (2.2.3.2).

3.2.1 Mécanismes de variation de la niche trophique

3.2.1.1 Rôle des parasites dans le fonctionnement des écosystèmes marins – Collaboration avec l'ANSES

Werquin S, Cresson P, Bourgau O, Cure C, Cordier R, Kersaudy T, Schaal G, Gay M. 2022. Relations hôtes-parasites entre le merlan et deux Anisakidae en mer du Nord. 8èmes rencontre de l'Ichtyologie en France, Paris 14 au 18 Mars.

Werquin S. 2022. Relation Hôtes-Parasites entre le merlan et deux Anisakidae parasites en mer du Nord. Stage de Master 2 FOGEM, Université de Lille, co encadrement P. Cresson (HMMN) et M. Gay (ANSES)

Les parasites ont des rôles méconnus et sous-étudiés dans le fonctionnement, la structure et la stabilité des écosystèmes. Les effets physiologiques des infestations parasitaires sur un individu peuvent se répercuter sur une population et probablement sur une communauté. Les parasites peuvent modifier ou utiliser la structure d'un réseau trophique pour poursuivre leur cycle biologique. Les facteurs favorisant la distribution des parasites dans une population ou dans un hôte sont seulement supposés et les relations avec le régime alimentaire de leurs hôtes sont peu étudiées.

Anisakis et *Contracaecum*, deux genres de nématodes de la famille des Anisakidae ont été dénombrés dans les tissus de merlans (*Merlangius merlangus*) pêchés dans cinq sous-zones au sud de la Mer du Nord et en Manche. Les plus hauts niveaux d'infestations ont été détectés à l'ouest de la Mer du Nord. L'analyse des contenus stomacaux montre que cette zone est la seule où les merlans avaient consommé des euphausiacés (Fig. 3.2.1.1). Ces résultats supposent une proximité géographique avec les hôtes intermédiaires et finaux de ces parasites. Les intensités de parasites sont plus importantes pour les merlans de plus de 250 mm, en lien avec une accumulation au cours du temps ou la consommation de proies plus infestées. Au sein des merlans, *Anisakis* a été observé dans les viscères et le muscle, tandis que *Contracaecum* a seulement été observé dans les viscères, notamment le foie. Il est possible que chaque genre de parasites ait différentes adaptations, peut-être des spécialisations, aux tissus de leur hôte.

Ces résultats montrent la complexité et la multiplicité des paramètres régissant les interactions entre poissons et parasites et la nécessité de récolter des données sur les niveaux parasitaires des espèces hôtes et le mode de vie des parasites pour mieux comprendre leur distribution résultant de transmissions trophiques.

Ces travaux ont été menés au travers de différents projets, financés notamment au travers du CPER MARCO et des financements de la SFR Campus de la Mer, de la Direction Scientifique (Projet Politique de Site PATROFLU). Sarah Werquin a bénéficié d'une bourse de M2 en alternance. Il se poursuivront par le dépôt d'une demande de thèse via l'appel conjoint Ifremer/ANSES, et aussi à l'EUR IFSEA.

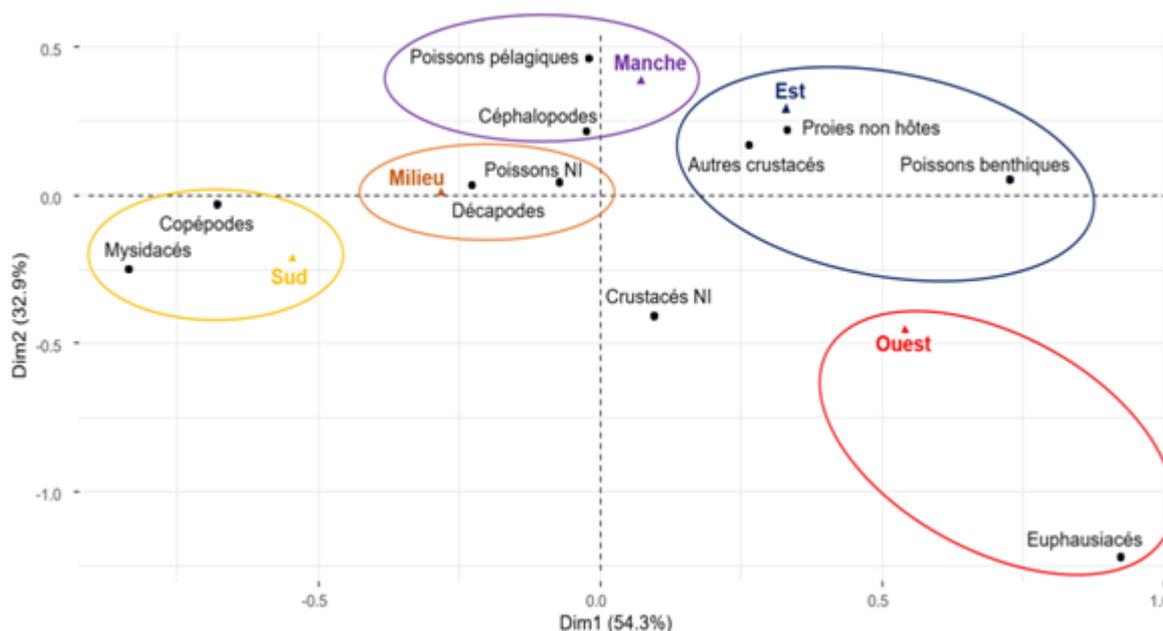


Figure. 3.2.1.1 : Analyse factorielle des correspondances réalisées sur l'occurrence des proies dans les estomacs des merlans. La zone de l'ouest de la mer du Nord (en rouge) est la seule zone dans laquelle on retrouve des proies dans les estomacs des merlans. C'est aussi la zone dans laquelle la prévalence d'*Anisakis* est la plus élevée.

3.2.1.2 Utilisation des isotopes stables pour élucider les interactions trophiques entre une balane parasite et un requin profond

Sabadel AJM, Cresson P, Finucci B, Bennet J. 2022. Unravelling the trophic interaction between a parasitic barnacle (*Anelasma squalicola*) and its host Southern lanternshark (*Etmopterus granulosus*) using stable isotopes. *Parasitology*. <https://doi.org/10.1017/S0031182022001299>

La balane parasite *Anelasma squalicola* est un organisme dont l'acquisition du parasitisme s'est accompagné d'une évolution trophique. La plupart des balanes libres sont des filtreurs, alors que cette espèce s'alimente sur son hôte, exclusivement des requins profonds de la famille des Etmopteridae et Pentanchidae. Les mécanismes spécifiques à cette alimentation ne sont pas connus. L'analyse des rapports isotopique et élémentaire du carbone, de l'azote et du soufre de plusieurs tissus des parasites et des hôtes a permis de mieux caractériser la relation établie entre hôte et parasite. Comme la plupart des parasites, *A. squalicola* est riche en lipides, et ses différents tissus ont des profils isotopiques variables. L'analyse a notamment mis en évidence que l'installation du parasite se fait au travers de « racines » (rootlets) qui se mélangent avec les tissus de l'hôte et qui permettent au parasite d'y puiser les ressources dont il a besoin. A travers ce système, les protéines sont redirigées vers la structure externe du parasite, alors que les lipides sont utilisés pour la maintenance et la synthèse des œufs. Les besoins nutritifs d'*A. squalicola* varient par ailleurs au cours de la vie du parasite, très riche en protéines aux premiers stades de développement, puis riches en lipides ensuite, lorsque l'individu a atteint sa taille définitive.

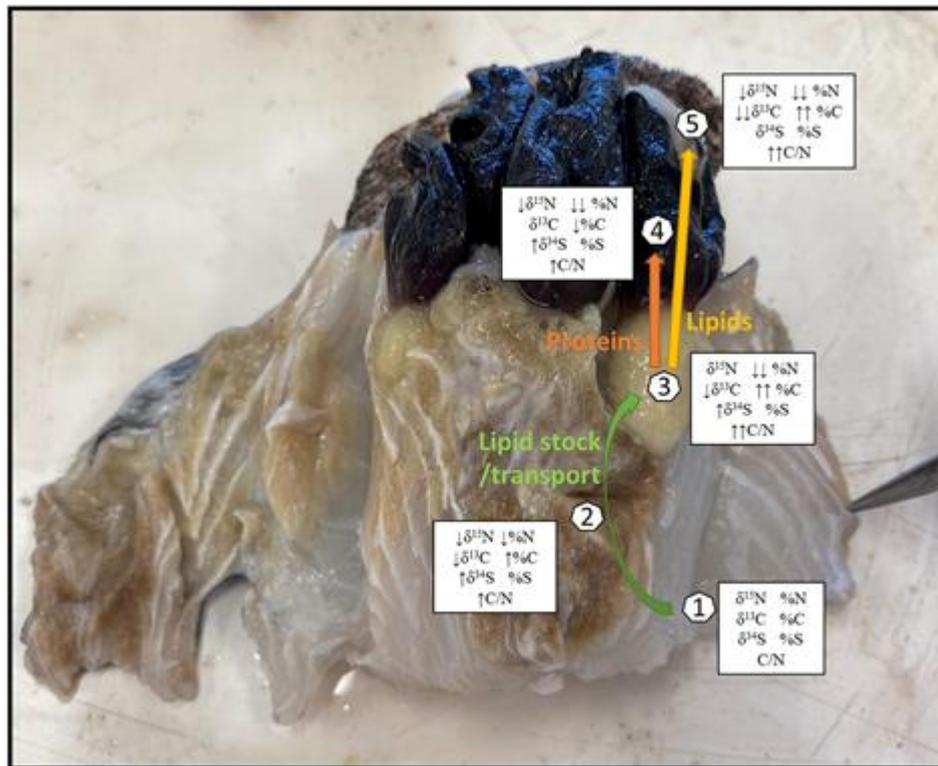


Figure. 3.2.1.2. Proposition d'explication des mécanismes physiologiques d'alimentation de la balane. (1) Muscle « sain » du requin, (2) muscle « non sain » ou les tissus de la balane et du requin se mélangent, (3) une des racines de la balane, (4) le tissu externe de la balane et (5) les œufs. Les flèches représentent les transferts globaux depuis l'hôte vers la balane, partagés ensuite entre un flux de protéines vers la structure externe (flèche verte) et un flux de lipides vers les œufs (flèche jaune).

3.2.2 Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités

3.2.2.1 Niche des mammifères marins de l'arctique européen

MacKenzie KM, Lydersen C, Haug T, Routti H, Aars J, Andvik CM, Borgå K, Fisk AT, Meier S, Biuw M, Lowther AD, Lindstrøm U, Kovacs KM. 2022. Niches of marine mammals in the European Arctic. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108661>

L'Arctique se réchauffe rapidement, ce qui entraîne des pertes de glace de mer et des modifications de l'écosystème. Les animaux les plus vulnérables aux changements du réseau alimentaire de l'Arctique sont ceux qui vivent longtemps et grandissent lentement, comme les mammifères marins. Ils pourraient donc ne pas être en mesure de s'adapter assez rapidement pour répondre aux changements de leurs ressources. Pour déterminer l'étendue et les sources actuelles de ces ressources, nous avons examiné les niches isotopiques et trophiques des mammifères marins dans l'Arctique européen en utilisant les compositions en isotopes stables du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$) de la peau de 10 espèces : baleine bleue, rorqual commun, baleine à bosse, petit rorqual, cachalot, et baleine blanche, phoque barbu et phoque annelé, morse et ours polaire, ainsi que les acides gras alimentaires de l'ours polaire, du morse et de la plupart des espèces de baleines mentionnées ici. Les valeurs des isotopes stables ont montré une séparation claire des espèces en fonction du comportement trophique et des sources de carbone. Les phoques barbues, les morses et les baleines blanches avaient les plus petites niches isotopiques ; ces espèces sont toutes des résidentes de l'Extrême-Arctique et sont susceptibles d'être particulièrement vulnérables aux changements dans les écosystèmes de l'Arctique. Nous avons constaté une séparation nette entre les groupes d'acides gras alimentés par des sources pélagiques, benthiques et planctoniques/algues : les acides gras pélagiques chez toutes les baleines, les acides gras

benthiques chez les morses et les acides gras de copépodes/algues/dinoflagellés chez les ours polaires, mais certaines compositions des ours polaires s'approchant de celles des baleines et des morses. Il y a un fort cloisonnement des niches entre les espèces étudiées avec une redondance fonctionnelle minimale, ce qui pourrait avoir un impact sur la structure et la connectivité de l'écosystème Arctique si les populations de ces grands vecteurs de nutriments sont réduites ou perdues.

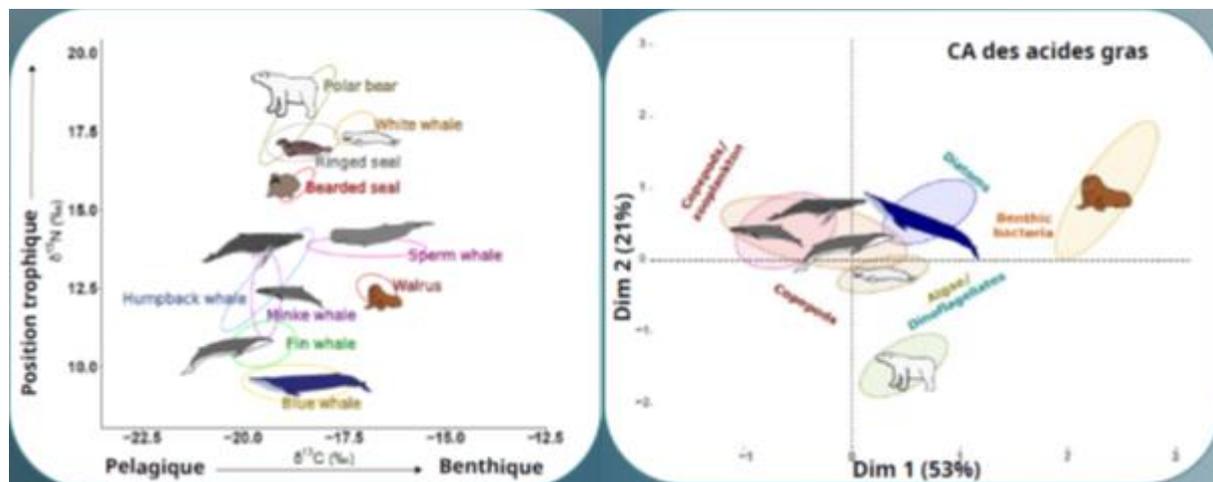


Figure 3.2.2.1. Evaluation des largeurs de niche des mammifères marins par les isotopes stables du C et du N (à gauche) et par les acides gras (analyse des correspondances, à droite).

3.2.2.2 Structure trophique du plateau de Beaufort canadien : évaluation d'une approche de modélisation de l'écosystème par comparaison avec la structure isotopique stable observée

Hoover C, Giraldo C, Ehrman A, Suchy KD., Macphee SA., Brewster JD, Reist JD., Power M, Swanson H, Loseto LL. 2022. The Canadian Beaufort Shelf trophic structure: evaluating an ecosystem modelling approach by comparison with observed stable isotopic structure. *Arctic Science*. <https://doi.org/10.1139/AS-2020-0035>.

Les effets du climat sur les voies trophiques marines dans le monde entier sont aggravés par la disparition de la glace de mer aux latitudes septentrionales. Pour l'Arctique, les informations actuelles décrivant les liens entre les réseaux alimentaires sont fragmentaires et il est nécessaire de disposer d'outils capables de décrire la structure trophique globale malgré des données limitées sur les espèces. Ici, nous avons testé la capacité d'un modèle écosystémique à masse équilibrée (Ecopath with Ecosim, EwE) à reconstruire la hiérarchie trophique de 31 groupes, des producteurs primaires aux ours polaires, sur le plateau continental canadien de la mer de Beaufort. Les estimations du niveau trophique (TL) d'EwE ont été comparées à celles dérivées de deux approches de modélisation des isotopes stables de l'azote (SI) (SI linéaire et à échelle) afin d'évaluer la précision d'EwE, en utilisant un ensemble de données de 642 observations $\delta^{15}\text{N}$ pour 282 taxons. Les TL de l'EwE étaient fortement et positivement liés à celles des deux modèles SI ($R^2 > 0,80$). L'EwE a donné de bons résultats (à 0,2 TL près) pour les groupes dont le régime alimentaire est relativement bien connu ou pour les taxons caractérisés par un nombre réduit de connexions trophiques (par exemple, les consommateurs primaires). Les performances étaient moins bonnes ($>0,5$ TL) pour les groupes d'espèces agrégés à des niveaux taxonomiques grossiers, pour ceux dont le régime alimentaire est mal documenté et pour les poissons anadromes. Les comparaisons avec les modèles SI suggèrent que l'approche à échelle peut surestimer la TL des prédateurs supérieurs si les informations spécifiques à l'écosystème ne sont pas prises en compte.

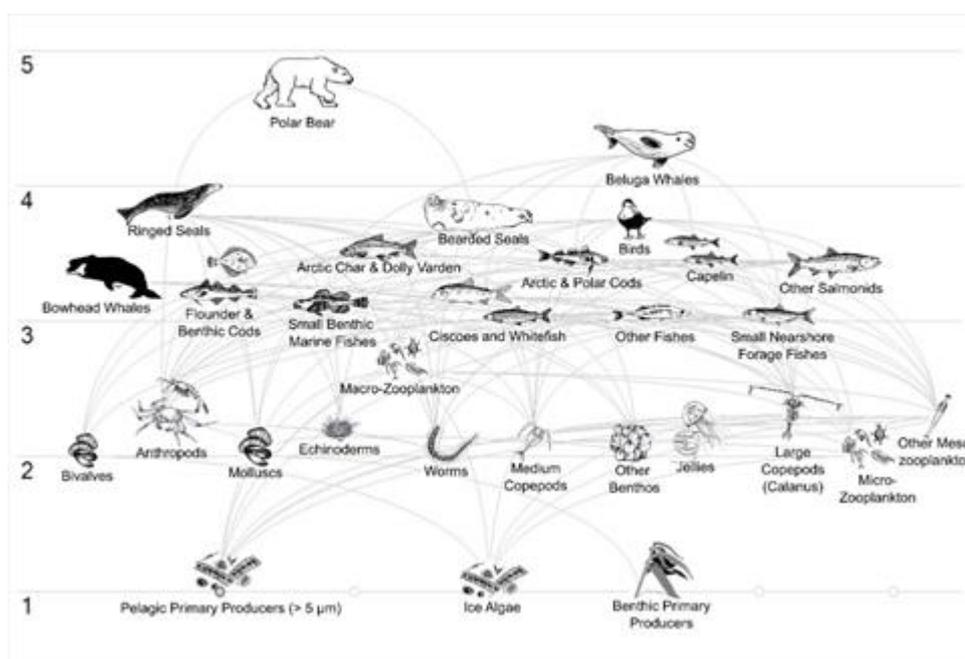


Figure 3.2.2.2. Structuration du réseau trophique en Mer de Beaufort. Niveaux trophiques et interactions entre espèces.

3.2.2.3 Inférences pour estimer le régime alimentaire du consommateur à l'aide d'isotopes stables : Perspectives d'un modèle de mélange dynamique

Ballutaud M, Travers-Trolet M, Marchal P, Dubois S, Giraldo C, Parnell AC., Nuche-Pascual MT, Lefebvre S. 2022. Inferences to estimate consumer's diet using stable isotopes: Insights from a dynamic mixing model. Plos One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263454>.

Les rapports isotopiques stables sont utilisés pour reconstituer le régime alimentaire des animaux en écologie trophique par le biais de modèles de mélange. Plusieurs hypothèses des modèles de mélange d'isotopes stables sont essentielles, à savoir un facteur de discrimination trophique constant et un équilibre isotopique entre le consommateur et son régime alimentaire. Le taux de renouvellement isotopique (λ et sa contrepartie la demi-vie) affecte la dynamique de l'incorporation isotopique pour un organisme et l'hypothèse de l'équilibre isotopique : λ implique un décalage temporel entre le régime alimentaire réellement assimilé et le régime alimentaire estimé par les modèles de mélange à l'échelle individuelle. Les études actuelles sur les modèles de mélange d'isotopes stables ne tiennent pas compte de ce décalage ni même de la dynamique des rapports isotopiques en général. Nous avons développé un cadre mécaniste utilisant un modèle de mélange dynamique (DMM) pour évaluer la contribution de λ à la dynamique de l'incorporation isotopique et pour estimer le biais induit par la négligence du décalage temporel dans la reconstruction du régime alimentaire dans les modèles de mélange statiques conventionnels (SMM). Le DMM inclut la dynamique isotopique des sources (dénotee δ_s), λ et la fréquence de changement de régime (ω). Les résultats ont montré un biais significatif généré par le SMM par rapport au DMM (jusqu'à 50% des différences). Ce biais peut être fortement réduit dans les SMM en moyennant les variations isotopiques des sources alimentaires sur une fenêtre temporelle égale à deux fois la demi-vie isotopique. Cependant, le biais persistera ($\sim 15\%$) pour des valeurs intermédiaires du rapport ω/λ . Les déductions générées à l'aide d'une étude de cas ont mis en évidence le fait que le DMM améliorerait les estimations du régime alimentaire des consommateurs, ce qui pourrait éviter les erreurs d'interprétation dans le fonctionnement des écosystèmes, l'analyse de la structure des réseaux alimentaires et les processus biologiques sous-jacents.

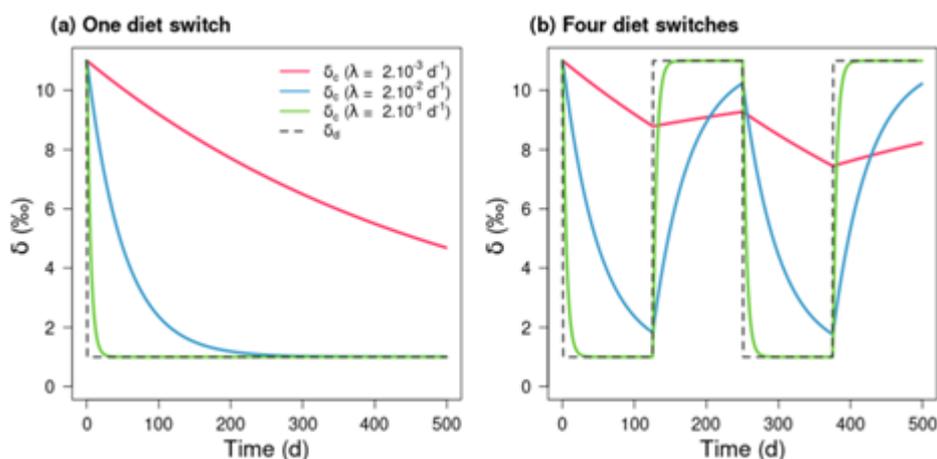


Figure 3.2.2.3. Valeurs isotopiques simulées du consommateur ($\delta_c(t)$) pendant 500 jours, pour des taux de renouvellement isotopique contrastés (λ lignes pleines) et en cas de régime variable ($\delta_d(t)$ ligne pointillée) résultant d'un (a) ou de quatre changements de régime (b) entre deux sources de nourriture ($\delta_s(a) = 0\%$; $\delta_s(b) = 10\%$).

3.2.3 Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson

3.2.3.1 Evaluer la vulnérabilité des communautés à partir des traits fonctionnels

Auber A, Waldock C, Maire A, Goberville E, Albouy C, Algar AC, McLean M, Brind'Amour A, Green AL, Tupper M, Vigliola L, Kaschner K, Kesner-Reyes K, Beger M, Tjiputra J, Toussaint A, Violle C, Mouquet N, Thuiller W, Mouillot D, 2022. A functional vulnerability framework for biodiversity conservation. *Nature Communications* 13, 4774. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32331-y>

Définir des stratégies de conservation appropriées dans un contexte où les menaces sont multiples est un objectif particulièrement difficile à atteindre, notamment en raison de la multiplicité des menaces et des réponses des espèces face à ces menaces. La sauvegarde des écosystèmes nécessite une quantification précise de la vulnérabilité, en particulier la perte potentielle de la diversité des traits fonctionnels des espèces. Cependant, l'ampleur des menaces et les réponses biologiques associées présentent toutes deux de grandes incertitudes. Dans cette étude, nous avons donc développé un cadre conceptuel permettant de quantifier la vulnérabilité fonctionnelle des assemblages d'espèces en intégrant ces sources d'incertitude. Pour ce faire, nous avons modélisé la réponse de communautés réelles et fictives (Figure 3.2.3.1a) face à un large éventail de menaces au travers de simulations *in silico* de perturbations (Figure 3.2.3.1b-c). Qu'il s'agisse du changement climatique, de changement d'usage des terres, de pollution ou de surexploitation des ressources, ces perturbations simulent les impacts d'un large éventail de menaces potentielles sur les communautés d'espèces. De plus, nous pouvons désormais estimer leur vulnérabilité en tenant compte des pressions inconnues, imprévisibles ou mal documentées, ce qui constitue une avancée majeure par rapport aux travaux précédents. Pour tester l'applicabilité de notre cadre à la fois dans le temps et dans l'espace, nous avons considéré trois études de cas contrastées : la dynamique temporelle passée de l'abondance des espèces dans les communautés de poissons de la mer du Nord, les occurrences actuelles de mammifères marins à l'échelle mondiale, et les projections des communautés de poissons de récifs à l'échelle mondiale en fonction du climat futur.

Pour le cas d'étude Mer du Nord, nous avons utilisé les données d'abondance de la campagne NS-IBTSQ1 (International Bottom Trawl Survey ; Figure 3.2.3.1d), en combinaison avec huit traits fonctionnels : l'âge à la maturité, la longueur asymptotique, la fécondité, la taille de la progéniture, l'habitat (position dans la colonne d'eau), le niveau trophique, le mode d'alimentation

et le type de ponte (soins parentaux). Nous avons constaté l'existence une très forte vulnérabilité fonctionnelle au sein des communautés de poissons en mer du Nord, qui a ensuite diminué significativement au cours des quatre dernières décennies, passant de 92 à 86% (Figure 3.2.3.1e). Ces tendances sont en accord avec la littérature et le fait qu'au cours de la même période, la pression de pêche en mer du Nord a elle aussi diminué. L'étude a également révélé que, quel que soit le nombre d'itérations effectuées, l'indice de vulnérabilité est resté pratiquement inchangé, ce qui indique une grande robustesse de l'évaluation de la vulnérabilité fonctionnelle.

Alors que les États se sont engagés à créer des zones protégées sur au moins 30 % de leurs territoires terrestres et maritimes d'ici 2030, cet outil devrait aider les décideurs à définir les priorités de gestion et à orienter les efforts de protection là où ils sont le plus nécessaires. Cette étude se démarque des précédentes car elle permet de guider les efforts de protection même si nos connaissances des relations traits-environnement et des régimes de perturbation sont inconnus, imprévisibles ou mal documentés. Ce travail a été réalisé dans le cadre des projets MAESTRO et FREE, deux projets financés par la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) au sein de son Centre de synthèse et d'analyse de la biodiversité (Cesab), France Filière Pêche (FFP) pour MAESTRO, et Électricité De France (EDF) pour FREE. Cette étude a fait l'objet d'une publication.

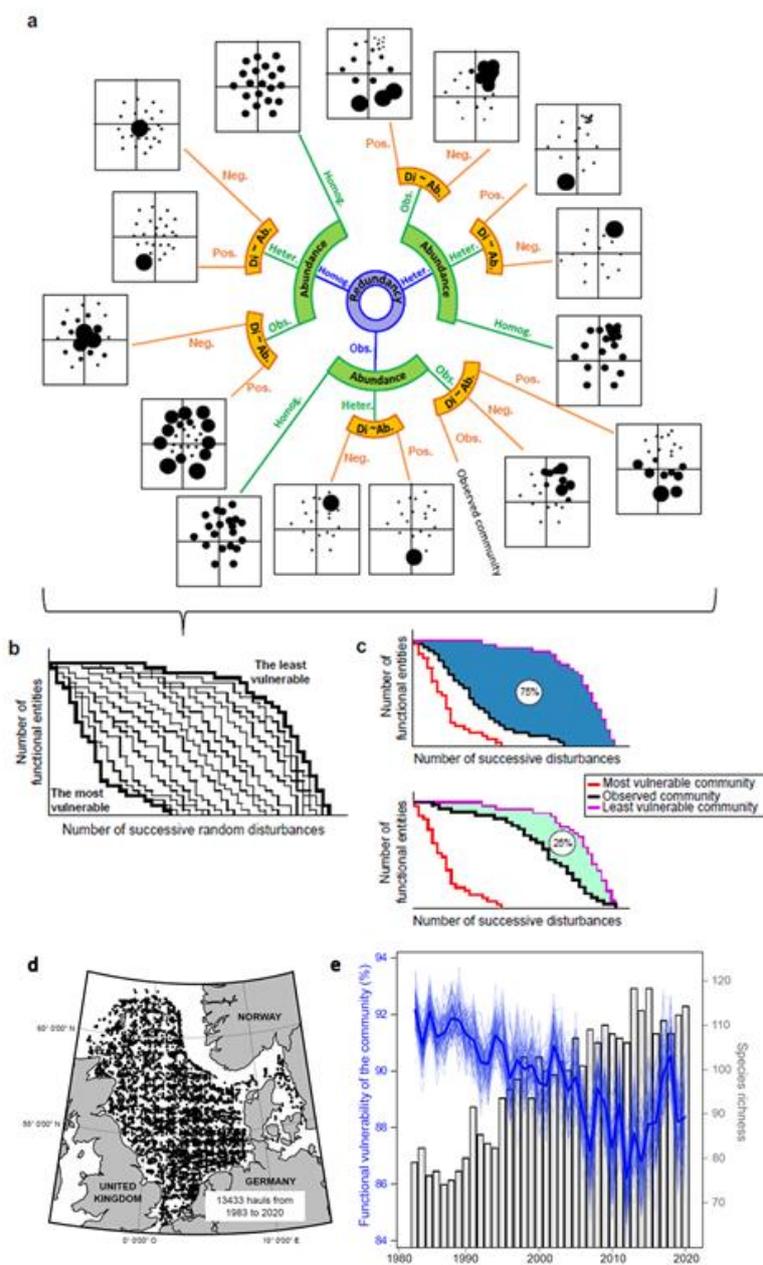


Figure 3.2.3.1. Représentation conceptuelle de l'approche de vulnérabilité fonctionnelle et application au cas d'étude de la Mer du Nord. a. Espaces fonctionnels des communautés virtuelles créées à partir de la communauté observée. La taille de chaque point (c'est-à-dire de chaque espèce) est proportionnelle à l'abondance (Ab.). Le cercle bleu sépare les communautés virtuelles en trois catégories principales selon la distribution de la redondance fonctionnelle : hétérogène (Heter.), homogène (Homog.), observée (Obs.). Les segments de cercle verts et oranges subdivisent les communautés virtuelles en fonction de la distribution de l'abondance des espèces (hétérogène, homogène, observée) et du signe positif (Pos.) ou négatif (Neg.) de la relation entre la rareté fonctionnelle (Di.) et l'abondance, respectivement. b. Figure conceptuelle montrant les courbes de raréfaction de la communauté cible observée et de ses communautés virtuelles associées. c. Exemples de courbes de raréfaction de deux communautés contrastées en fonction de leur vulnérabilité fonctionnelle (25 et 75%). Les courbes rouge et violette correspondent respectivement à la courbe de raréfaction de la communauté la plus vulnérable et à celle de la communauté la moins vulnérable. La courbe noire correspond à la courbe de raréfaction de la communauté observée. d. Répartition spatiale des points d'échantillonnage lors de la campagne de suivi halieutique en mer du Nord (NS-IBTS Q1) de 1983 à 2020 (chaque point représente un point de chalutage de 30 minutes). e. Dynamique temporelle de la vulnérabilité fonctionnelle des poissons et de la richesse en espèces dans la mer du Nord de 1983 à 2020. La ligne bleue foncé représente la vulnérabilité fonctionnelle moyenne et les lignes bleu clair correspondent à chacune des 99 itérations.

3.2.3.2 Rareté fonctionnelle des communautés de poissons du Nord-est Atlantique

Coulon N, Lindegren M, Goberville E, Toussaint A, Receveur A, Auber A. 2023. Threatened fish species in the Northeast Atlantic are functionally rare. *Global Ecology and Biogeography* 00:1-19. <https://doi.org/10.1111/geb.13731>

Les critères utilisés pour définir les statuts de la liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) sont essentiellement basés sur des paramètres démographiques des espèces, mais ils n'intègrent pas les caractéristiques bioécologiques de ces dernières (c'est à dire leurs traits) ni leur rôle dans les écosystèmes. Par conséquent, les mesures de protection actuelles basées sur l'UICN peuvent ne pas être suffisantes pour préserver le fonctionnement et les services des écosystèmes. Certaines espèces peuvent présenter une combinaison singulière de caractéristiques associées à des fonctions uniques. Ces espèces fonctionnellement distinctes sont de plus en plus reconnues comme un élément clé de la biodiversité car elles sont, par définition, fonctionnellement irremplaçables. L'objectif de cette étude est de déterminer si les espèces menacées sont également rares d'un point de vue fonctionnel et d'identifier les caractéristiques qui déterminent le risque d'extinction. En utilisant des informations nouvellement compilées sur les traits de 425 espèces de poissons marins dans les eaux européennes, et plus de 30 ans d'études scientifiques au chalut de fond, nous avons estimé la rareté fonctionnelle et la restriction spatiale de chaque espèce que nous avons ensuite comparé avec leur statut de conservation UICN. Dans les mers continentales européennes, 38 % des espèces menacées d'extinction (9 espèces sur 24) ont été identifiées comme faisant partie des plus distinctes sur le plan fonctionnel. En cartographiant le risque d'extinction dans l'espace multidimensionnel des traits, nous avons montré que les espèces présentant le plus grand risque d'extinction sont celle ayant les plus longues durées de vie et les niveaux trophiques les plus élevés. Nous avons également identifié que les espèces les plus fonctionnellement distinctes sont celles qui présentent les répartitions spatiales les moins étendues et ont les abondances les plus faibles (<1% de l'abondance moyenne relative des espèces communes). Etant donné la forte proportion d'espèces menacées à être fonctionnellement distinctes, cette étude a montré que la prise en compte des traits fonctionnels, et en particulier leur rareté, devraient devenir une étape indispensable dans l'élaboration des plans de gestion pour la conservation de la biodiversité.

Ce travail a été réalisé dans le cadre des projets MAESTRO, FREE et FISHGLOB, trois projets financés par la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) au sein de son Centre de synthèse et d'analyse de la biodiversité (Cesab), avec comme co-financeurs France Filière Pêche (FFP) pour MAESTRO, Électricité de France (EDF) pour FREE et Canadian Institute of Ecology and Evolution pour FISHGLOB.

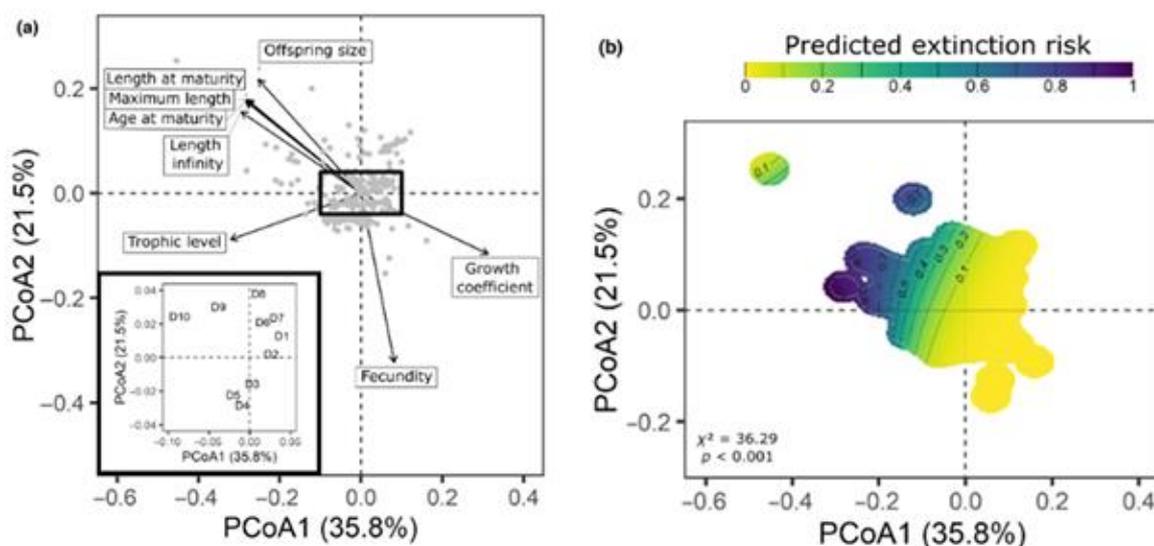


Figure 3.2.3.2. Classement des espèces le long des deux premiers axes de l'analyse des coordonnées principales (PCoA) appliquée sur les traits des espèces de poissons marins de l'Atlantique Nord-Est. a. Les annotations de D1 (cad espèces les plus fonctionnellement communes) à D10 (espèces les plus fonctionnellement distinctes se réfèrent aux centroïdes de chaque groupe fonctionnel. b. Risque d'extinction dans l'espace des traits. Le gradient de couleur représente la probabilité que les espèces soient classées comme menacées d'extinction selon le modèle additif généralisé (GAM), en utilisant la position des espèces dans l'espace fonctionnel comme prédicteurs. Les tons jaunes indiquent un faible risque d'extinction. Les tons violets indiquent un risque élevé d'extinction.

3.2.4 Observations en appui aux travaux de recherche

Le travail technique réalisé par la plateforme en 2022 se répartit sur deux axes, la dissection et la préparation d'échantillons de merlan et la réalisation d'analyses de contenus stomacaux :

1. 518 poissons ont été disséqués, selon la répartition suivante :
 - 328 merlans, inclus à la fois dans les projets relatifs à l'écologie parasitaire et dans l'analyse des contenus stomacaux ;
 - 180 harengs, collectés dans le cadre du projet COKTAIL (postdoctorat de Lola Toomey), afin d'évaluer les liens entre stades de maturité sexuelle et activité de reprise de l'alimentation du hareng des Downs. Au point de vue trophique, ces échantillons donneront lieu à une analyse de l'alimentation des poissons couplant analyse visuelle classique des estomacs, et analyse innovante au zooscan.
 - 5 rougets, issus d'une collecte opportuniste sur IBTS, suite à l'observation d'œufs de hareng dans des estomacs. Les estomacs de ces poissons seront analysés au zooscan, en plus d'une analyse des rapports isotopiques, pour comprendre le rôle trophique des œufs de hareng, au moment de la saison de ponte
 - 5 bars de grande taille (35-65 cm) collectés de manière opportuniste sur CGFS, afin de compléter un manque de données sur cette espèce, notamment pour ce qui concerne la relation entre la taille des prédateurs et de leurs proies. Cette relation, qui joue un rôle clé dans la calibration des modèles écosystémiques, est largement forcée par les valeurs extrêmes. Il est donc important d'avoir des analyses sur des poissons de grande taille.
2. 250 analyses de contenus stomacaux ont été réalisées, essentiellement des merlans, dans le cadre des projets liés à l'écologie parasitaire, avec notamment un soutien au master de Sarah Werquin, et également dans le cadre de l'analyse des contenus stomacaux de la DCF. Les estomacs des 5 bars de grande taille collectés lors de CGFS ont également été analysés, avec un effort certain porté à la mesure des différentes proies observées.

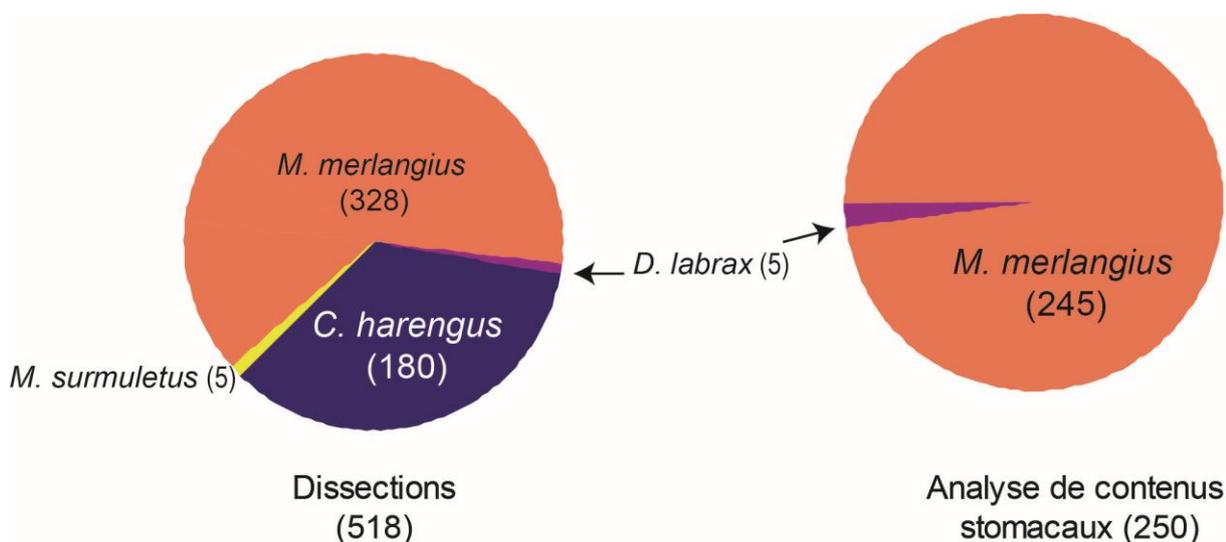


Figure 3.2.4 : Répartition des travaux en soutien aux activités de recherche menées au sein de la Plateforme Réseaux Trophiques.

3.2.5 Contribution aux avis/expertise

3.2.5.1 Expertise internationale

Tableau 3.2.5.1.1. Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2022 dans le cadre du Thème 2.

Lieu	Instance	Intitulé	Personnel présent de l'unité HMMN
Bonn (Allemagne)	IPBES	The ninth session of the Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES 9) was held in Bonn, Germany, from 3 to 9 July 2022.	G. Halouani
Witwatersrand (South Africa)	IPBES	IPBES workshop to catalyse further development of scenarios including using the Nature Futures Framework.	G. Halouani
virtuel	RCG NANSEA	Réunion des membres de l'ISSG contenus stomacaux	P. Cresson (co-chair du sous groupe)
virtuel	RCG NANSEA	Technical meeting du RCG NANSEA	P. Cresson (co-chair du sous groupe Contenus stomacaux)
Virtuel	CIEM/ICES	WGOWDF (Working Group on Offshore Windfarms Development and Fisheries)	C. Vogel

3.2.5.2 Expertise nationale

3.2.5.2.1 Granulats

Révision du protocole halieutique de référence

La révision du protocole halieutique de référence pour la réalisation des états initiaux, états de référence et pour les suivis environnementaux des sites d'extraction de granulats marins a été lancée en 2019 en collaboration entre l'Ifremer, l'Etat et les industriels, et s'est poursuivie en 2022. L'édition de la version finale est décalée à 2023 en raison de certains désaccords persistants entre les parties prenantes et demandant un surplus de travail avant arbitrage. La version finale du protocole devra permettre aux experts de conserver leur indépendance lors de demande d'avis et/ou d'expertise.

Autres

L'équipe a également participé aux Conseils Scientifiques et aux Instances de Suivi et de Concertation des concessions d'extraction de granulats marins situées sur la façade Manche-Mer du Nord.

3.2.5.3 Energies Marines Renouvelables (EMR)

L'équipe du RHPEB est impliquée dans la cellule nationale de l'expertise sur les EMR, volet halieutique. Elle participe aux actions relevant de la politique nationale de l'Ifremer sur ces questions, pouvant être conventionnées entre l'Ifremer et le MTE et est membre du conseil scientifique de la façade maritime Manche-Mer du Nord.

Actions extraordinaires

En 2022, l'équipe RHPEB a participé à un important travail d'analyse des différents protocoles des suivis des impacts des champs éoliens suite à une saisine de la DGEC. Celui était coordonné par la direction générale :

Carlier Antoine, Desroy Nicolas, Fabri-Ruiz Salome, Vogel Camille, Biseau Alain, Bacher Cedric, Ulrich Clara, Cuif Marion (2022). Analyse comparative des protocoles de réalisation des états de référence des suivis halieutiques et benthiques dans le cadre des autorisations des parcs éoliens en mer et de leurs raccordements. DGEC - Direction Générale de l'Energie et du Climat, Ministère de la Transition Energétique, Paris-La Défense, Ref. DG/2022.1675 - DGEC-SD3A-2022-0103 , 52p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00834/94594/>

Autres

Participations aux Conseils Scientifiques et aux Instances de Suivi et de Concertation des parcs EMR des AO1, 2 et 3 en Manche

L'équipe de RHPEB participe aux avis des Comités Scientifiques et Techniques des différents parcs EMR de la façade en participant aux réunions et/ou en travaillant sur les dossiers en amont des réunions. La représentation de l'Institut en réunion est répartie entre le RHPEB et le LERN pour ces différentes réunions.

3.3 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 premier axe.

Le premier résultat mis en avant dans l'axe 1 synthétise les travaux d'une post-doctorante réalisés dans le cadre du CPER MARCO sur l'évaluation de la sensibilité d'indicateurs écosystémiques à l'évolution de la pression de pêche. Certains des indicateurs de réseau écologique testés, notamment les flux totaux dans l'écosystème et l'organisation des flux, s'avèrent efficaces pour détecter les impacts de la pêche sur l'écosystème, bien que l'ensemble des indicateurs soit également sensible à la manière de représenter l'écosystème.

Les travaux du second axe portent sur l'impact du changement climatique mais aussi des stratégies de gestions sur la dynamique de l'écosystème et son exploitation. Une première étude de modélisation écosystémique analyse l'impact du changement climatique, de la pêche et de la mise en place de parc éolien sur le fonctionnement de l'écosystème de la baie de Seine via l'utilisation d'indicateur de réseau trophique (3.3.2.1). Enfin un état des lieux de la durabilité des pêches ainsi que des scénarios futurs à l'échelle globale sont établis dans le cadre des travaux de l'IPBES.

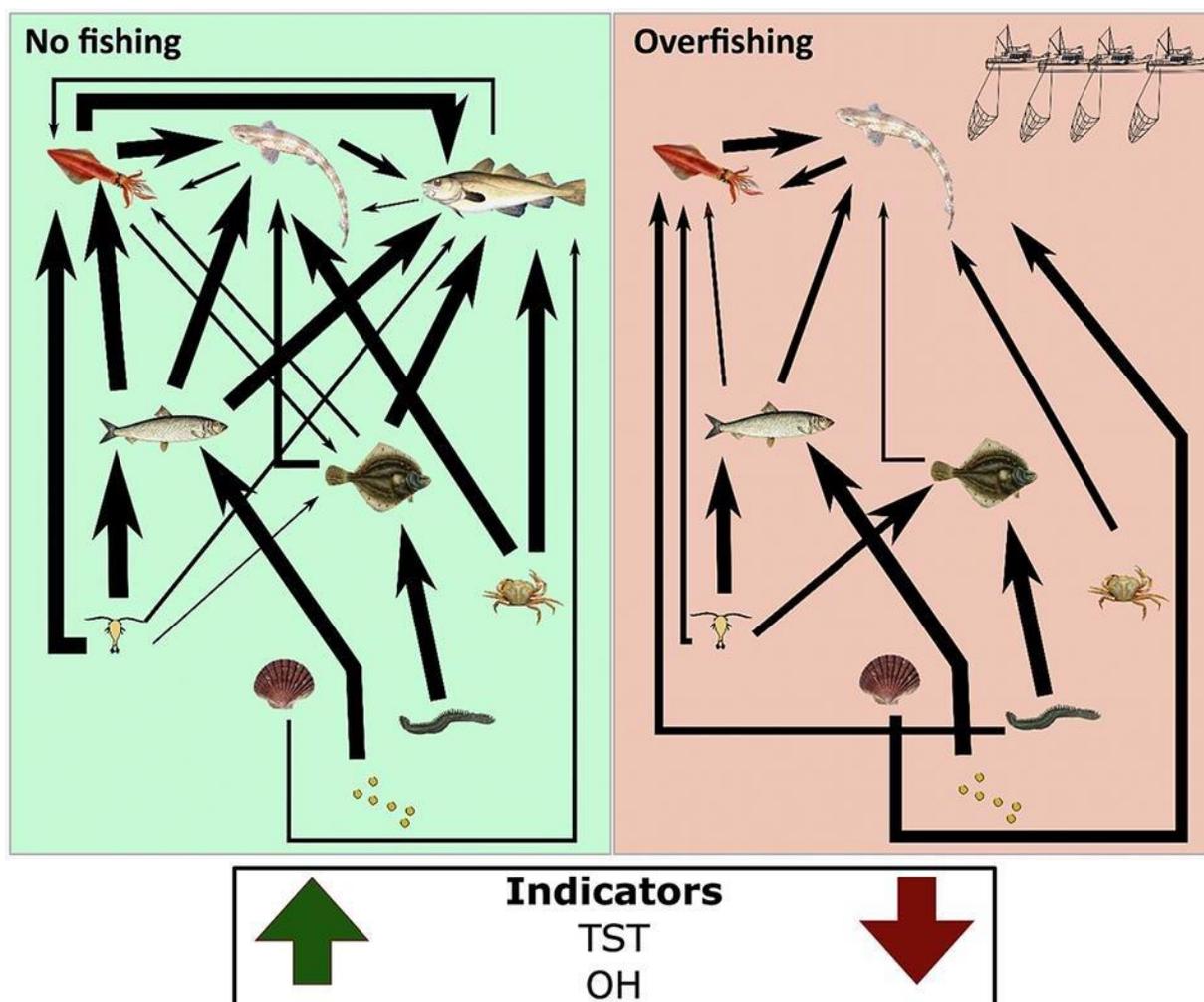
3.3.1 Outils et méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources

3.3.1.1 Quantification de la pression de pêche via l'utilisation d'indicateurs de réseau écologique issue de modèles écosystémiques.

Ito, M., Halouani, G., Cresson, P., Giraldo, C., Girardin, R., 2023. Detection of fishing pressure ecological network indicators derived from ecosystem models. *Ecological Indicators* 147, 110011. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110011>

Les écosystèmes marins sont exposés à de multiples pressions, dont principalement la pêche qui lorsqu'elle est mal gérée peut causer des dommages irréversibles sur l'ensemble du réseau trophique. Les modèles écosystémiques sont utilisés pour projeter l'impact de la pêche sur les stocks exploités et le réseau trophique marin. Ces impacts sont étudiés à travers l'utilisation de multiples indicateurs facilitants la compréhension des réponses de l'écosystème aux différentes pressions. Cette étude se concentre sur un groupe d'indicateurs écologiques dérivés de la théorie des réseaux qui quantifie les flux d'énergie au sein du réseau trophique. Ces indicateurs ont été calculés sur les sorties de deux modèles écosystémiques appliqués à la Manche Orientale (i.e. Atlantis et OSMOSE). L'objectif de ce travail est d'étudier comment différents indicateurs de réseaux écologiques répondent aux différents niveaux de pressions de pêche et d'évaluer leur robustesse face aux différences de structure des modèles et aux différentes stratégies de pêche. Un gradient de mortalité par pêches est testé sur deux modèles écosystémiques et une analyse de réseaux écologique est réalisée sur les sorties des modèles pour estimer les indicateurs de réseau. L'analyse montre que la réponse des indicateurs est fortement conditionnée par la structure du réseau trophique des modèles, bien que les hypothèses des modèles peuvent atténuer la réponse des indicateurs. Les indicateurs calculés à partir du modèle OSMOSE sont plus sensibles au changement de la pression de pêche que ceux issus du modèle Atlantis. Cependant une fois le réseau trophique d'Atlantis simplifié pour copier la structure du modèle OSMOSE, les indicateurs issus du modèle Atlantis simplifié deviennent plus sensibles aux changements d'intensité de la pression de pêche. Les indicateurs en lien avec la quantité de flux d'énergie et l'organisation des flux dans le réseau trophique sont sensibles à l'augmentation de la pression de pêche pour toutes les stratégies de pêche testées. Ces indicateurs suggèrent que l'augmentation de la mortalité par pêche compromet la mobilisation d'énergie par le réseau trophique et simplifie les interactions écologiques, ce qui a des implications sur la résilience des écosystèmes marins. De plus, ils

peuvent s'avérer adéquat pour évaluer la santé globale d'un écosystème et contribuer à l'amélioration de leur gestion.



The indicators show a decrease in the amount of energy circulation and simplification of ecological interactions in the food web. Thus, excessive fishing pressure has implications on the resilience of marine ecosystems.

Figure 3.3.1.1. Structuration de l'écosystème marin sous l'action de la pression de pêche : plus la pression de pêche augmente plus la structure de l'écosystème se simplifie, de même la quantité d'énergie mobilisée par l'écosystème diminue.

3.3.1.2 Projet SPADYN

Le projet SPADYN est cofinancé par France Filière Pêche et par la Région Normandie. Le porteur du projet est l'Université de Caen Normandie, l'Ifremer est partenaire (avec le CRPMEM Normandie). Il consiste à développer des outils de modélisation spatialisée applicables aux espèces à durée de vie courte (1 à 2 ans), qui ont l'ambition d'apporter une amélioration significative des diagnostics concernant la pression de pêche et les conditions d'une exploitation durable (surexploitation locale, conséquences des restrictions d'accès, qui ne peuvent être pris en compte avec les modèles à l'échelle de toute la Manche). Pour cela, la mise au point combinée d'indices d'abondance pertinents pour décrire les variations spatio-temporelles de ressources vivantes et l'analyse des forçages environnementaux qui conditionnent les flux migratoires est envisagée, le succès de la cohorte annuelle et définissent les habitats essentiels au cycle de l'espèce. Les conditions de milieu seront ainsi intégrées aux modèles de dynamique des populations qui tiendront compte des variations de capacité biotique et des effets de concentration

de la ressource pour fournir aux gestionnaires des indicateurs de la pression de pêche locale optimale.

Le projet a une durée de trois ans, correspondant à la durée d'une thèse de troisième cycle, cœur du projet. Un chercheur de l'Unité HMMN suit le projet, d'une part par son pilotage scientifique de la thésarde en cours, en lien avec un professeur de l'Université de Caen, et d'autre plus directement dans son implication à l'utilisation des données issues de SACROIS et leur correcte interprétation. Ce chercheur est également membre du Comité de Thèse de l'étudiante en charge du projet.

En 2022, une première approche sur des indices spatio-temporels standardisés, en s'appuyant sur l'outil VAST a été menée. Il est montré que les abondances de céphalopodes (essentiellement calmars) ont des variations spatio-temporelles marquées. Une proposition de modélisation de prédiction du recrutement est réalisée. Un article scientifique proposé à l'ICES Journal est en cours d'arbitrage. Un poster a été réalisé et a été présenté lors de la Conférence Scientifique Annuelle du CIEM 2023 (Septembre 2023, Bilbao, Espagne).

3.3.1.3 Projet MECANOR²

Le projet MECANOR² (Amélioration de la gestion des métiers du casier en Normandie et dans le Nord de la France), financé par le FEAMP mesure 28 et France Filière Pêche, est entré dans sa dernière année en 2022. Le projet est porté par le CRPM des Hauts-de-France, l'Ifremer, l'Université de Caen, le CRPM Normandie et le SMEL en sont partenaires.

Initialement, le projet a été élaboré suite à la raréfaction du stock de soles de Manche Est, et à la diminution du TAC de cette espèce ciblée par de nombreux navires, en particulier de Boulogne/mer. Un report de l'effort de pêche vers des espèces cibles non soumises à quotas européens, comme le bulot et les gros crustacés (homard, araignée, tourteau) a ainsi été observé, nécessitant la mise en place d'un système d'encadrement au niveau régional. Le projet visait donc à améliorer les connaissances sur les stocks de ces deux grands groupes d'espèces, de définir l'étendue des stocks concernés et de proposer une première évaluation de leur état. Pour cela, trois axes d'étude ont été privilégiés :

Le premier a consisté à réaliser un état de l'art relatif aux connaissances générales sur les pêcheries au casier sur la façade concernée et sur la biologie des principales espèces ciblées.

Le deuxième axe a consisté à l'acquisition de données nouvelles sur les espèces concernées, basée sur des embarquements en mer (observation des captures et de l'effort de pêche, biométrie et données sur la maturité et la gamétogénèse)

Le troisième axe reprend toutes les connaissances acquises et vise à une diffusion large de ces résultats, relatifs au bulot d'une part, et aux gros crustacés d'autre part.

L'évaluation des stocks a été menée en employant des modèles adaptés aux données limitées, dits modèles DLS (Data Limited Stock). Ces modèles sont dérivés de modèles de production classique, auxquels sont intégrés de manière variable des paramètres biologiques de l'espèce (taux de croissance, capacité limite du milieu, mortalité naturelle, relation de stock/recrutement), ainsi qu'une composante sur le niveau de mortalité par pêche. Par itérations successives, ces modèles bayésiens permettent d'ajuster la série de captures aux capacités d'accueil du milieu, et d'estimer des points de référence (MSY, B et F au MSY). Plusieurs modèles, chacun et pour les 3 zones identifiées dans le projet, plusieurs modèles (CMSY++, SPiCT et JABBA) et plusieurs sets de paramétrisation pour chaque modèle ont été testés.

A titre d'exemple, en Manche - Mer du Nord (zones CIEM VIIe, VIId, IVc), les captures de bulots des bateaux français s'élèvent à 12000 t en 2020. Cette valeur est relativement stable sur la période de 2000 à 2020, avec cependant deux minimums en 2000 et 2009 (8500 t et 8000 t) et des captures plus élevées en 2004 (14000 t) et entre 2015 et 2019 (valeur moyenne de 14500 t) (Figure 3.3.1.3.1).

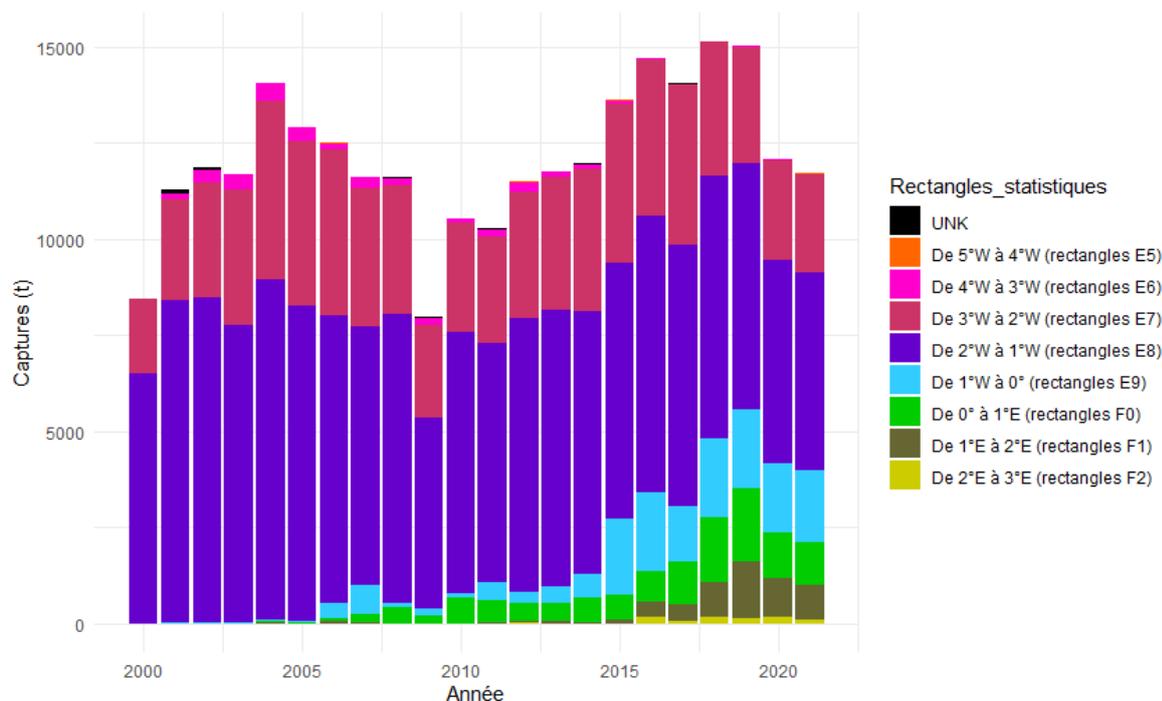


Figure 3.3.1.3.1. - Captures de bulot réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) en Manche entre 2000 et 2022 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS).

A l'échelle de la Manche Est - Mer du Nord, la valeur des captures augmente fortement sur la période considérée, de 1200 t en 2000 à 4900 t en 2020 (Fig. 3.3.1.3.2.).

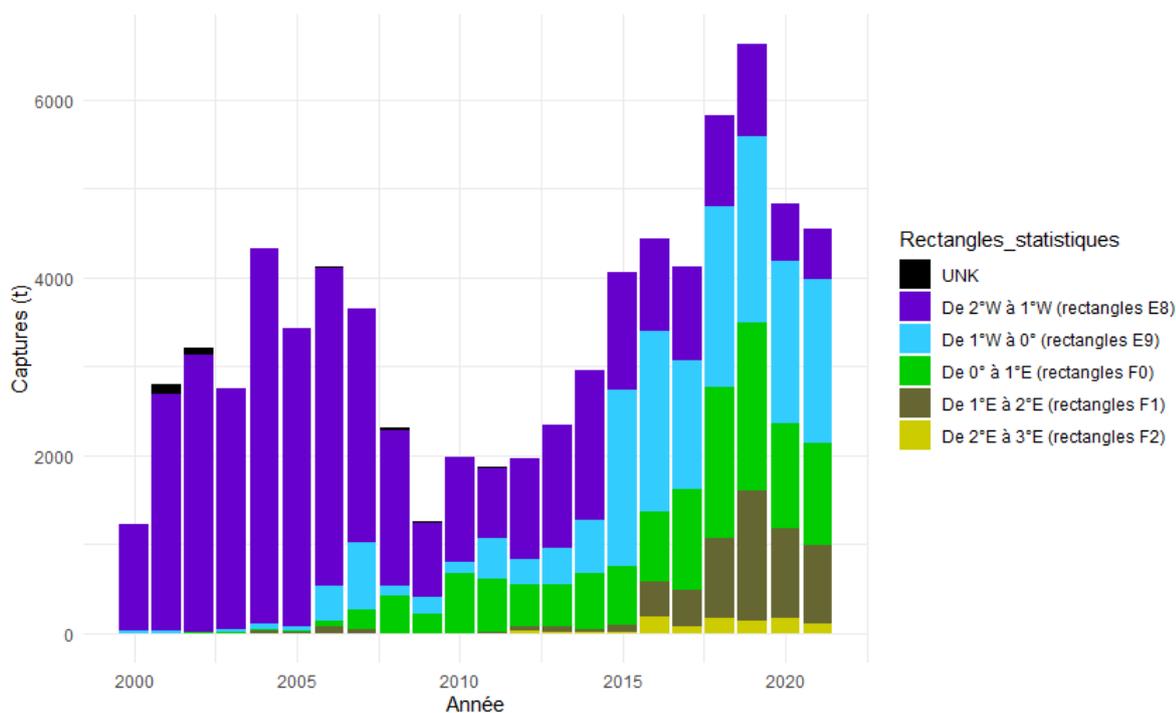


Figure 3.3.1.3.2. - Captures de bulot réalisées au casier à mollusques (FPO_MOL) en Manche Est - Mer du Nord entre 2000 et 2022 selon un gradient ouest-est en fonction des rectangles statistiques CIEM (données SACROIS).

La capture totale de bulot en Manche Est - Mer du Nord est dominée à 99% par la Baie de Seine en 2000, qui ne représente plus que 40% des captures en 2020, bien que la capture totale y ait augmenté entre 2010 et 2020. Cette baisse, proportionnellement parlant, s'explique par l'émergence des pêcheries orientales en 2008 pour la Seine Maritime et en 2016 pour les Hauts-de-France, qui représentent 24% (Seine Maritime) et 14% (Hauts de France) des captures en 2020 (Figure 3.3.1.3.3.).

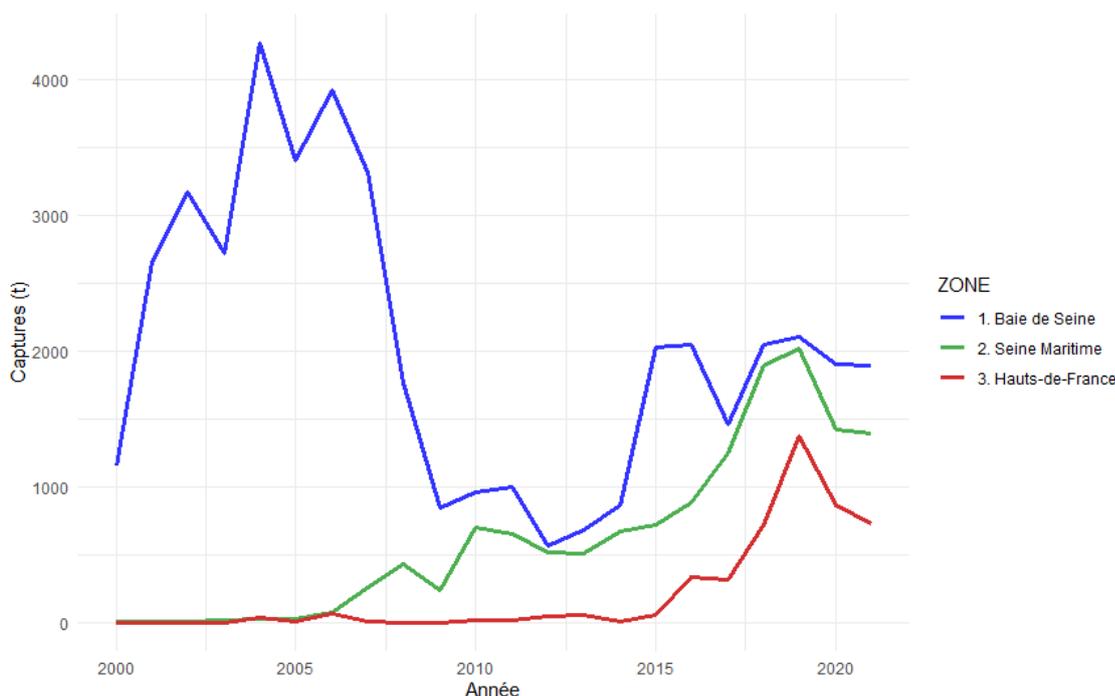


Figure 3.3.1.3.3. - Variation des captures de bulot en tonnes de 2000 à 2021 pour les trois zones d'intérêt, Baie de Seine (bleu), Seine Maritime (vert) et Hauts de France (rouge), données SACROIS.

La pêche du bulot se déroule toute l'année, et présente une coupure à la fin de l'été (Fig. 3.3.1.3.4.).

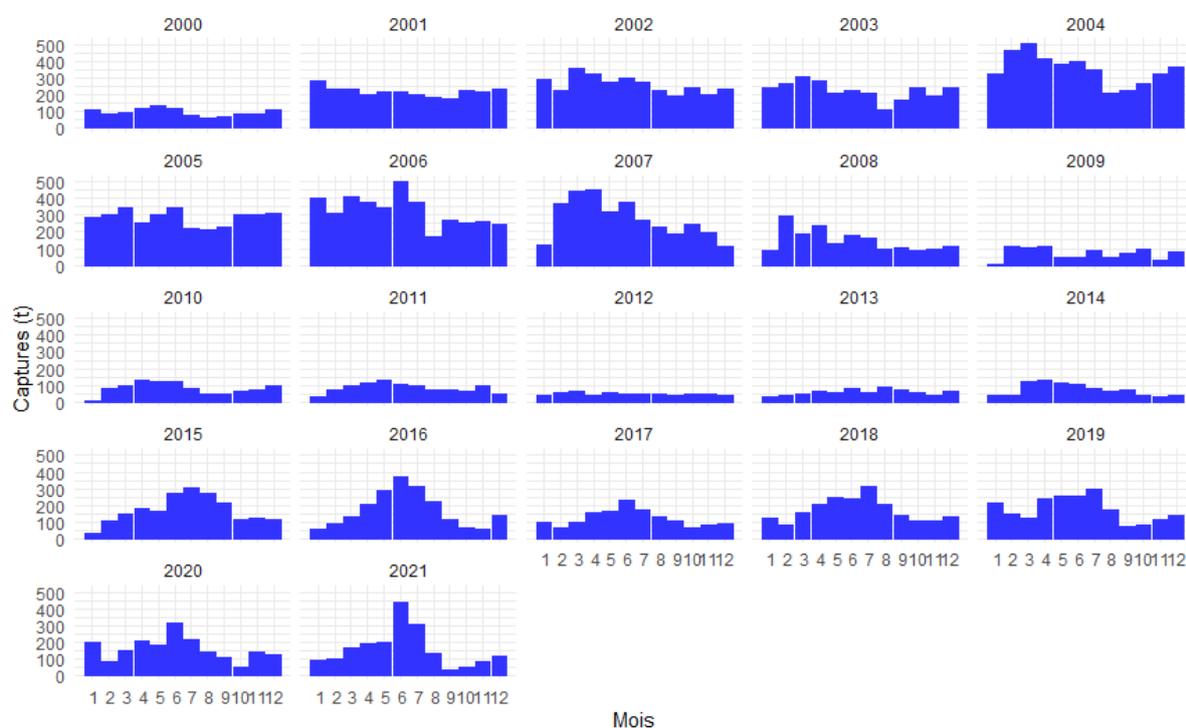


Figure 3.3.1.3.4. - Captures mensuelles de bulot en tonnes en Baie de Seine entre 2000 et 2021.

Le détail des résultats de chacun des modèles de production sont disponibles dans le rapport final du projet MECANOR² que l'on peut trouver sur Archimer. Des problèmes de convergences ont mené à l'exclusion de certains runs de JABBA. D'autres part, certains des runs de SPiCT présentent des problèmes de résidus, ils n'ont pas été exclus des récapitulatifs mais doivent cependant être considérés avec précaution. Du fait d'une plus grande multiplicité de modèles CMSY testés que de modèles SPiCT et JABBA les médianes estimées sont fortement influencées par les sorties de CMSY.

En Baie de Seine, la biomasse relative de bulot est estimée inférieure à la biomasse au rendement durable, avec une valeur médiane de 0.75 BMSY. A cette biomasse relative correspond une mortalité de pêche relative très légèrement inférieure à 1 FMSY. En Seine Maritime et dans les Hauts de France la médiane des biomasses relatives est supérieure à 1.25 BMSY. En Seine Maritime la mortalité de pêche relative est inférieure à 0.75 FMSY, tandis que dans les Haut de France celle-ci dépasse 1.25 FMSY (Fig. 3.3.1.3.5.).

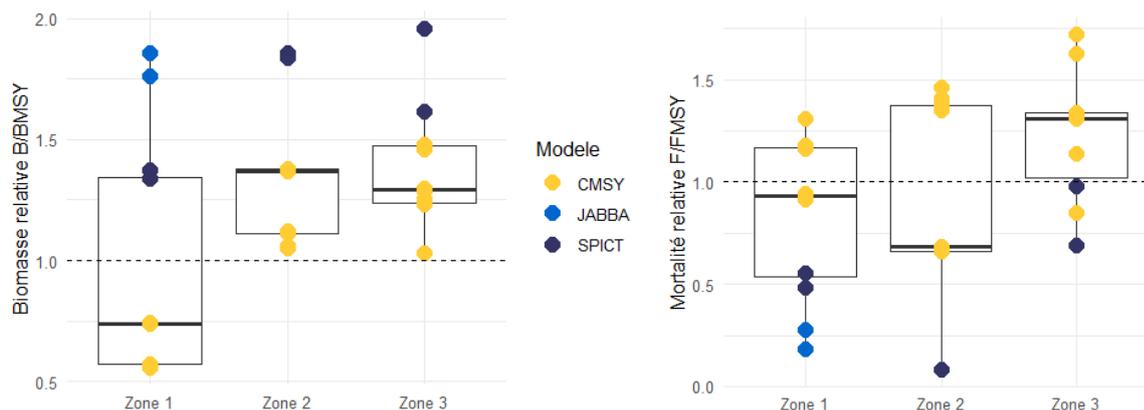


Figure 3.3.1.3.5. - Résultats de la sélection de modèle de production. La biomasse relative par zone à gauche (B/B_{MSY} , biomasse en 2020 divisée par la biomasse estimée au rendement durable) et la mortalité relative par zone à droite (F/F_{MSY} , mortalité de pêche en 2020 divisée par la mortalité de pêche estimée au rendement durable). L'une et l'autre pour les trois modèles CMSY (jaune), JABBA (bleu clair) et SPiCT (bleu marine).

Les Kobe plot retraçant l'évolution de ces 2 indicateurs B/B_{MSY} et F/F_{MSY} dans les 3 zones considérées (exemple pour la baie de Seine en Fig. 3.3.1.3.6.) montrent cependant des résultats plus nuancés.

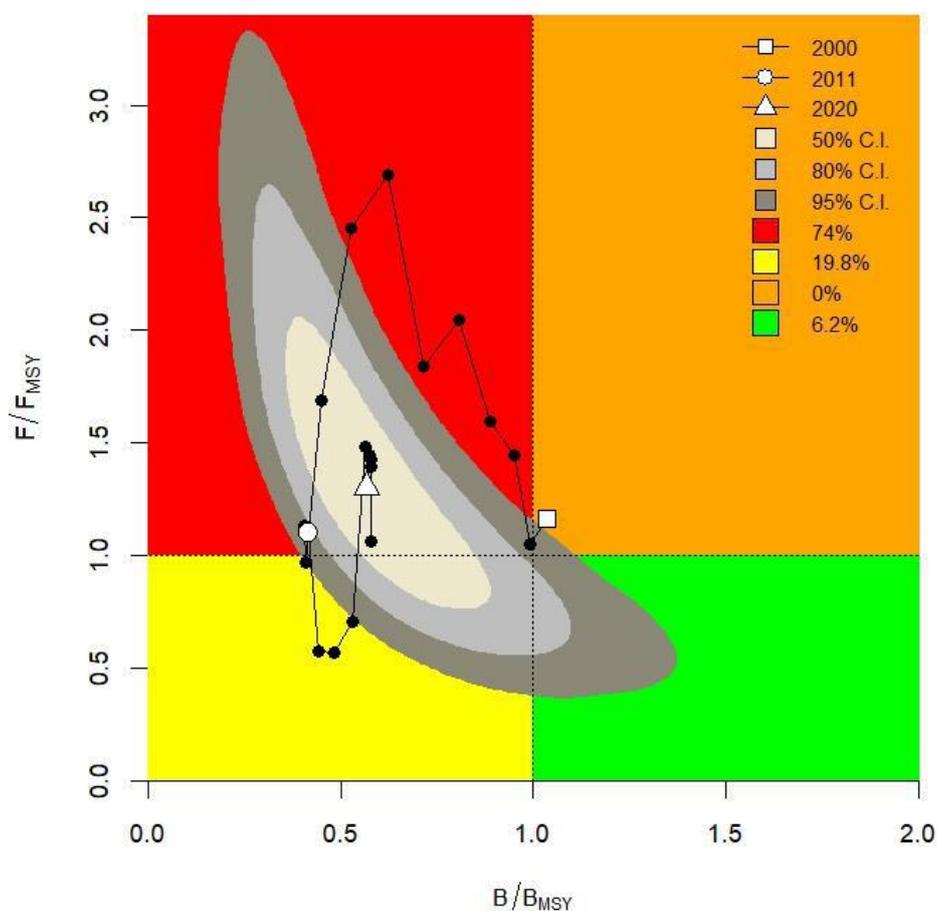


Figure 3.3.1.3.6. - Exemple de Kobe plot retraçant l'exploitation du bulot dans la zone Baie de Seine entre 2000 et 2020.

En Baie de Seine, les niveaux de biomasse relative et de mortalité par pêche sur les dernières années sont stables. Cependant, les niveaux de biomasse sont faibles par rapport à la biomasse estimée au RMD, et les niveaux de mortalité médians estimés par l'ensemble des modèles sont égaux à la mortalité par pêche au RMD. En Seine Maritime, la tendance de la biomasse relative sur les dernières années est à la baisse, tandis que la mortalité par pêche relative augmente. Le stock est toujours situé dans la zone verte du graphique, et n'est donc pas considéré en surexploitation. En Hauts-de-France, la mortalité par pêche relative a fortement augmenté sur les 5 dernières années, et dépasse 1 en 2020. Les niveaux de biomasse ont quant à eux baissé et atteignent 1 en 2020. Le stock est placé dans la zone orange d'alerte, car les niveaux de mortalité par pêche relative sont élevés. Il n'est pas considéré en surexploitation pour l'instant.

3.3.2 Évaluation de stratégies/scénarios de gestion dans un contexte de changement global

3.3.2.1 Analyse spatialisée des réseaux écologiques pour une gestion écosystémique: effets du changement climatique, les énergies marines renouvelables et la pêche sur le fonctionnement de l'écosystème dans la baie de Seine

Nogues, Q., Araignous, E., Bourdaud, P., Halouani, G., Raoux, A., Foucher, É., Loc'h, F.L., Loew-Turbout, F., Ben Rais Lasram, F., Dauvin, J.-C., Niquil, N., 2022. Spatialized ecological network analysis for ecosystem-based management: effects of climate change, marine renewable energy, and fishing on ecosystem functioning in the Bay of Seine. *ICES Journal of Marine Science* 79, 1098–1112. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac026>

Les outils intégratifs spatialisés permettant d'étudier une multitude de facteurs écologiques sont nécessaires pour mettre en œuvre une gestion écosystémique et une planification spatiale de l'espace marin. Nous avons donc développé un outil pour analyser les effets directs et indirects des activités anthropiques sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème de Baie de Seine. Un modèle spatialisé a été mis en place évaluer les effets de différentes pressions anthropiques à savoir le changement climatique, l'installation d'un parc éolien offshore et la pêche à travers l'analyse des indicateurs de réseaux écologiques. L'objectif de cette analyse est d'avoir une vision holistique et spatialisée de l'effet de ces différentes pressions sur le l'écosystème de Baie de Seine. L'analyse des résultats des différents scénarios a montré que le changement climatique avait provoqué une modification des flux sur toute la zone d'étude alors que les modifications dus à l'installation d'un parc éolien sont restées très localisées. L'étude de la modification des flux dans le réseau trophique a permis de distinguer les zones les plus vulnérables aux pressions anthropiques et qui nécessitent une attention particulière pour les gestionnaires. Ce cas d'étude a permis d'illustrer comment les indicateurs de réseaux écologiques peuvent être utilisés pour avoir une vision plus transversale et intégrée des effets des activités humaines sur un écosystème fortement anthropisé.

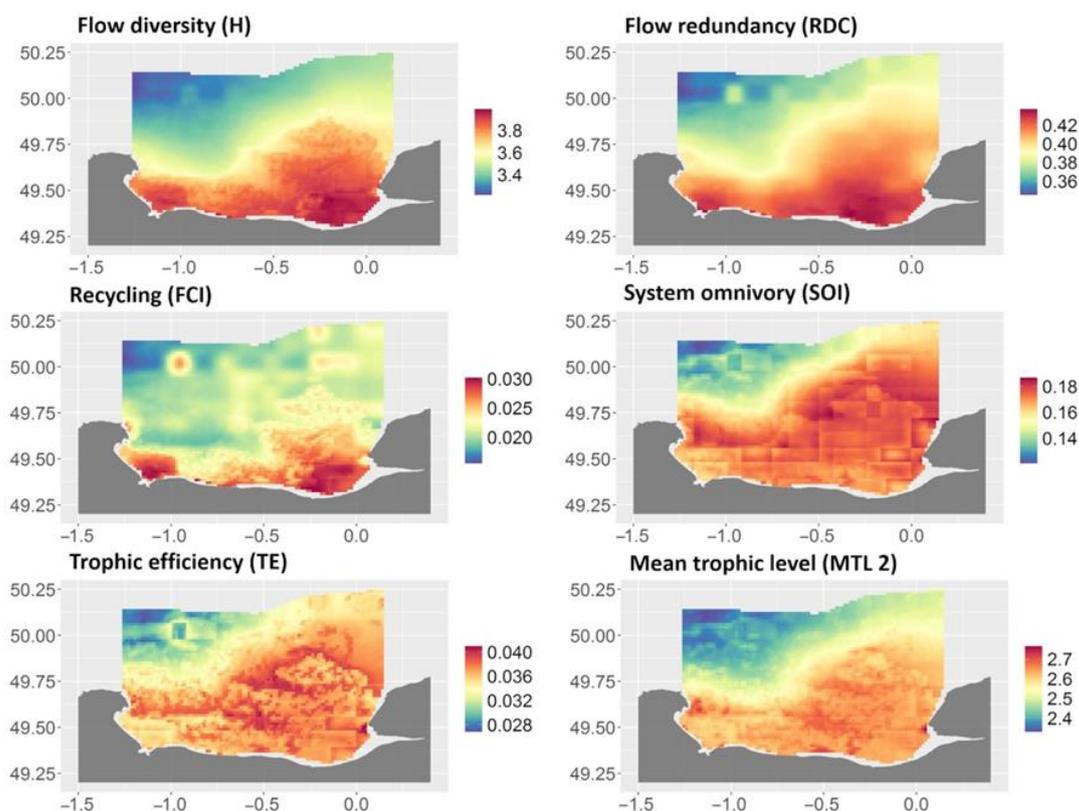


Figure 3.3.2.1. Cartes de différents indicateurs de réseaux écologique en Baie de Seine (scénario de référence).

3.3.2.2 IPBES Chapitre 5. Scénarios futurs de l'utilisation durable des espèces sauvages

Gasalla, M. A., Tittensor, D. P., Kok, K., Archer, E., Borokini, I., Halouani, G., Matias, D.M., Mbiba, M., Milner-Gulland, E.J., Pacheco, P., Fabricius, C. and Kieling, D. (2022). Chapter 5: Future scenarios of sustainable use of wild species. In: Thematic Assessment Report on the Sustainable Use of Wild Species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Fromentin, J.M., Emery, M., Donaldson, J., Danner, M.C., Hallosserie, A., and Kieling, D. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6451922>

L'évolution du développement économique, de la croissance démographique, des valeurs et demandes sociétales, ainsi que les changements environnementaux et climatiques, font de l'utilisation durable des espèces sauvages soit un processus difficile et dynamique. Une gestion adaptative est donc nécessaire pour s'assurer que cette utilisation des espèces soit durable, une telle gestion bénéficiera de l'utilisation des scénarios. La synthèse des scénarios futures de la pêche à partir de la littérature scientifique a révélé que :

La production devrait se maintenir à des niveaux élevés, la demande et la consommation mondiales de poisson devraient augmenter. Le changement climatique aura un impact sur le potentiel de capture et la sécurité alimentaire de certaines communautés dépendant de la pêche (exp. certaines communautés des régions tropicales). Les risques climatiques sont susceptibles de constituer des menaces pour la santé nutritionnelle des populations et avoir des impacts socio-économiques et environnementaux dans le monde entier. Les pêcheries des pays du Sud seront particulièrement vulnérables à ces menaces. Des mesures de gestion efficaces, telles que des règles de contrôle des captures et des plans de reconstitution, peuvent également contribuer à atténuer certains effets du changement climatique. Il est aussi probable que la pêche à petite échelle jouera un rôle important dans les pays du Sud. Concernant la demande, elle sera également influencée par l'équilibre de la production alimentaire mondiale entre l'agriculture, l'aquaculture et la pêche.

Practice	Use category	20-years global trends		Comments	Chapter section
		use	sustainable use		
	Food Feed			Corresponds to large scale fisheries with intensive management, data rich	3.3.1.2
				Corresponds to large scale fisheries with weak management, data limited	3.3.1.2
				Corresponds to small-scale fisheries, based on a range of sources	3.3.1.5.1
	Medicine Hygiene			Based on stock status and total weight of products	3.3.1.4.2
	Recreation			Data limited	3.3.1.5.3

 WELL ESTABLISHED	  STRONGLY OR SLIGHTLY INCREASING
 ESTABLISHED BUT INCOMPLETE	  STRONGLY OR SLIGHTLY DECREASING
 UNRESOLVED	 STABLE
 INCONCLUSIVE	 HIGH VARIABILITY IN TRENDS

Figure 3.3.2.2. Tendances globales de l'utilisation et de l'utilisation durable des espèces sauvages à partir de 2000 jusqu'à aujourd'hui.

3.3.3 Observations en appui aux travaux de recherche et l'appui à la politique publique

3.3.3.1 Enquêtes d'activité des navires

En 2022, 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 2021. 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 27 % par enquêtes directes (Tabl. 3.3.3.1.1).

Tableau 3.3.3.1.1. Bilan 2022 des enquêtes « activités » portant sur l'année 2022.

Quartier Maritime	Nb de navire inscrit au FPC	Nb de calendrier complets	Nb d'enquêtes directes
Dunkerque	8	8	2
Boulogne Sur Mer	112	112	34
Dieppe	90	88	54
Fécamp	25	25	14
Le Havre	24	24	13
Caen	206	205	59
Cherbourg	260	260	17
TOTAL	725	722	193

3.3.3.2 Enquêtes économiques

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

En 2022, l'unité HMMN a été chargée d'enquêter 171 navires (Tabl. 3.3.3.2.1). Au total, 48 navires (28 %) ont participé à l'enquête économique portant sur l'année 2021.

Tableau 3.3.3.2.1. Bilan 2022 des enquêtes économiques portant sur l'année 2021.

Quartier Maritime	Echantillonnage théorique	Enquêté	Refus, injoignable ou non enquêtable	% d'atteinte d'objectif minimum
Dunkerque	3	0	3	0
Boulogne-sur-Mer	16	2	14	13
Dieppe	29	15	14	52
Fécamp	3	0	3	0
Le Havre	7	2	5	29
Caen	31	5	26	16
Cherbourg	63	22	41	35
Saint Malo	19	2	17	11
TOTAL	171	48	123	28

3.3.4 Contribution aux avis/expertise

3.3.4.1 Expertise internationale

Le Tableau 3.3.4.1.1 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 2022 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 ». En 2022, des agents de l'unité ont assuré la présidence du groupe d'évaluation des stocks de Manche mer du Nord (WGNSSK).

Tableau 3.3.4.1.1 Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2022 dans le cadre du Thème 3.

Lieu	Instance	Intitulé	Personnel présent de l'unité HMMN
virtuel	ICES	Herring Assessment Working Group for the Area South of 62°N (HAWG) 9-12 mai + 18 mai 2022	P Marchal
virtuel	ICES	Workshop on Research Roadmap for Channel and Celtic Seas sprat (WKRRCSS) 12-14 sept 2022	P Marchal
virtuel	Groupe technique UE-RU-Norvège	Ad hoc technical group for a long term management plan applicable to North Sea herring (6-8 avril 2022)	P Marchal
virtuel	Groupe technique UE-RU-Norvège	Ad hoc technical group for a long term management plan applicable to North Sea herring (29 avril 2022)	P Marchal
virtuel	ICES	Annual Meeting of ICES Expert Group Chairs (WGCHAIRS) 24-27 janvier 2022	R Girardin, J. Vigneau
virtuel	ICES	Benchmark Workshop for fish stocks in the North Sea and Celtic Sea (WKNCS) 28 janv + 7-11 février 2022	R Girardin
Copenhague (Danemark)	ICES	Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK) 20-29 avril 2022	R Girardin, G Halouani
virtuel	ICES	Advice Drafting Group for North Sea stocks (ADGNS) 30 mai au 3 juin 2022	R Girardin
virtuel	ICES	Inter-Benchmark Protocol of sole in the Eastern English Channel stock (IBPsol7d) 13-14 juin 2022	R Girardin
virtuel	ICES	WGNSSK rédaction de l'avis du stock de la sole 7d 5-6 sept 2022	R Girardin
virtuel	ICES	Benchmark Workshop on the development of MSY advice for category 3 stocks using Surplus Production Model in Continuous Time (WKMSYSPICT 2) 7-8 sept + 11-13 oct 2022	R Girardin

virtuel	ICES	Advice Drafting Group for Widely Distributed Stocks (ADGWIDE) 13 sept 2022	R Girardin
virtuel	ICES	WGSSK Nephrops 14-15 sept 2022	R Girardin
virtuel	ICES	Fisheries Resources Steering Group (FRSG) meeting 20 sept 2022	R Girardin
virtuel	ICES	WGSSK Norway pout 21 + 27 sept 2022	R Girardin
virtuel	ICES	Norway pout Advice Drafting Group (ADGPOUT) 29-30 sept 2022	R Girardin
virtuel	ICES	Advice Drafting Group for spring reopening of advice (ADGReopening) 26 oct 2023	R Girardin
virtuel	ICES	EU/UK special request on whiting stocks 14 nov 2023	R Girardin
virtuel	ICES	EU/UK request for review of ICES advice provided in 2018 on the contribution of TACs to fisheries management and stock conservation (TACMAN) 15 + 18 nov2023	R Girardin
virtuel	ICES	Benchmark workshop on Northern Shelf cod stocks (WKBCOD) 22-24 nov + 9 déc 2023	R Girardin
virtuel	ICES	Advice Drafting Group for TACMAN special request 8 déc 2023	R Girardin
virtuel	CCAMLR	Comité Scientifique et Commission	P Koubbi
virtuel	UE	D3/D4 Assessment guidance	E. Foucher
virtuel	ICES	WGScallops (ToR A)	E. Foucher
virtuel	ICES	WGScallops	E. Foucher
virtuel	UE/STECF	EWG2203 on Non Quota Species	E. Foucher
virtuel	ICES	WKD3Lists2	E. Foucher
Saint-Pierre	Collectivité de St-Pierre et Miquelon	Congrès international des Sciences Aquatiques	E. Foucher
St-Jean de Terre-Neuve (Canada)	Accord Franco-Canadien de pêche au titre de St-Pierre et Miquelon	Plan de restauration du stock de morue du banc St-Pierre (sous-division 3Ps de l'OPANO)	J. Vigneau
Virtuel	Accord Franco-Canadien de pêche au titre de St-Pierre et Miquelon	Evaluation du stock de flétan de l'Atlantique du plateau néo-Ecossais et Sud des Grands Bancs (Divisions 3NOPs4VWX5Zc de l'OPANO)	J. Vigneau
Virtuel	CSTEP	Expert Working Group on Evaluation of work plans for data collection and data transmission issues (EWG-22-18)	J. Vigneau
Virtuel	CSTEP	Expert Working Group on Evaluation of the 2021 Annual Reports for data collection and	J. Vigneau

		data transmission issues from 2021 (STECF-22-07)	
--	--	--	--

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

Le Tableau 3.3.4.2.1. 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 3.3.4.2.1. Liste des stocks de Manche – mer du Nord suivis par l'Unité HMMN en 2022. 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 2022, B est la biomasse estimée pour 2022 (B₂₀₂₂). 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 2022, F est la mortalité pour 2021 (F₂₀₂₁). Extrait de : <https://w3z.ifremer.fr/ederu/Diagnostics-Avis/Diagnostics-et-Avis-CIEM/Diagnostics-et-Avis-CIEM-2022>.

Cases F/F _{pa} , F/F _{msy} , B/B _{pa} , B/MSY_Btrigger:	
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-Btrigger est coloriée en violet  ; et pour les stocks de catégorie 3-6, la case correspondante à Bpa est colorée 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 <u>ET</u> pas de point de référence (l'éventuelle coloration reflète une forte présomption)	
'proxy' indique que ce stock a été classifié au regard de MSYproxies	
Information sur la case F/Fplan :	
Lorsque qu'un plan de gestion existe ou que la fourchette autour de Fmsy a été définie :	
	F non conforme au plan / supérieure à la valeur haute de la fourchette autour de Fmsy
	F conforme au plan / dans la fourchette ou inférieure à la valeur basse de la fourchette autour de Fmsy
	F supérieure à la valeur haute de la fourchette autour de Fmsy mais plan non considéré
	F inférieure à la valeur basse de la fourchette autour de Fmsy 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	B/B _{pa}	F/F _{pa}	F/F _{msy}	F/F _{plan} (ou pa buffer pour cat 3-6 : « x »)	B/MSY-Brigger
Mer de Barents – Pêcheur du plateau						
Morue (1,2)	En bon état	1.92	1.08	1.08		1.92
Eglefin (1,2)	Surpêché	2.51	0.94	1.26		2.51
Lieu noir (1,2)	En bon état	3.39	0.32	?Ref?		?Ref?
Mer du Nord – Pêcheur du plateau						
Sole (4)	Surpêché et dégradé	0.98	0.67	1.00	?	0.98
Plie (4)	En bon état	1.96	0.44	0.53	?	1.96
Turbot (4)	En bon état	2.09	0.41	0.97		1.37
Limande (3a,4)	En bon état	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy
Flet (3a,4)	Non surpêché	?Ref?	?Ref?	proxy		?
Lieu jaune (3a,4)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie radiée (2,3a,4)	Effondré	?B?Ref?	?F?Ref?	?		?
Raie fleurie (3a,4)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Pocheteaux gris (3a,4)	Effondré		?F?Ref?	?	-	?
Mer du Nord – Manche Est - Pêcheur pélagique						
Hareng (3a,4,7d)	En bon état	1.30	0.64	0.64		1.01
Chinchard (3a,4bc,7d)	Surpêché (et dégradé)	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy		?
Mer du Nord + Ouest Ecosse – Pêcheur du plateau						
Lieu noir (3a,4,6)	Surpêché et dégradé	0.88	0.68	1.07	?	0.88
Eglefin (3a,4,6)	En bon état	2.17	0.88	0.88	?	2.17
Cardine (4a,6a)	En bon état	2.88	?Ref?	0.52	?	2.88
Baudroies (3a,4,6)	Surpêché	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy
Raie lisse (4a,6)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Mer du Nord + Manche Est – Pêcheur du plateau						
Morue (3a,4,7d)	Effondré	0.55	0.51	0.89	?	0.55
Merlan (4,7d)	En bon état	1.90	0.34	0.41	?	1.57
Bar (4bc,7a,7d-h)	Reconstituable	0.86	0.55	0.65	?	0.86
Rouget barbet (3a,4,7d)	Surpêché (et dégradé)	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy		?
Limande sole (3a,4,7d)	En bon état	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy
Balai (3a,4,7d)	Surpêché et dégradé	0.81	1.04	1.97		0.81
Grondin gris (3a,4,7d)	Non dégradé	?Ref?	F?Ref?	?		proxy
Petite roussette (3a,4,7d)	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 – Pêcheur du plateau						
Barbue (3a,4,7de)	Surpêché	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy

Stock	Statut	B/Bpa	F/Fpa	F/Fmsy	F/Fplan (ou pa buffer pour cat 3-6 : « x »)	B/MSY-Btrigger
Manche Est – Pêcheurie côtière (et du plateau)						
Sole (7d)	Reconstituable	0.80	0.69	0.96	?	0.80
Plie (7d)	Surpêché	1.11	0.78	1.19	?	1.11
Manche – Pêcheurie côtière (et du plateau)						
Raie méele (7de)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie brunette (7de)	En bon état	?Ref?	?Ref?	0.081		3.54
Manche Ouest – Pêcheurie côtière (et du plateau)						
Sole (7e)	En bon état	1.94	0.74	1.00	?	1.94
Plie (7e)	Surpêché	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy
Raie lisse (7e)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie bouclée (7e)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Ouest Ecosse – Pêcheurie du plateau						
Morue (6a)	Effondré	0.16	1.44	2.50		0.16
Merlan (6a)	En bon état	1.14	0.33	0.33		1.14
Raie bouclée (6)	Surpêché	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy
Ouest Ecosse – Pêcheurie de la pente continentale						
Grenadier (5b,6,7,12b)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Lingue bleue (5b,6,7)	En bon état	1.27	0.47	0.47		1.27
Sabre (NEA)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Lingue franche (3a,4a,6-9,12,14)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Brosme (NEA)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Phycis (NEA)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Grande Argentine (5b-6a)	En bon état	1.07	0.56	0.77		1.07
Grande Argentine (1,2,3a,4)	Non surpêché	?B?Ref?	?Ref?	proxy	x	?
Hoplosthète (NEA)	Effondré	?B?Ref?	?F?Ref?	?		?
Beryx (NEA)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Ouest Ecosse – Mer Celtique - Pêcheurie du plateau						
Lieu jaune (6,7)	Non surpêché	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy		?
Grande roussette (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Petite roussette (6,7a-c,e-j)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Chien espagnol (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie douce (6,7bj)	En bon état	?Ref?	?Ref?	proxy		proxy
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-i)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?
Autres raies (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?

3.3.4.3 Expertise nationale

L'Unité a participé en 2022 à 16 réunions sollicitées par l'administration et les professionnels (Tableau 3.3.4.3.1). L'Unité HMMN y participe dans le cadre de commissions concernant la gestion de la bande côtière, le métier de fileyeur, ou les pêcheries ciblant des ressources partagées (e.g., raies, 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.

Tableau 3.3.4.3.1. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec les organisations professionnelles en 2022.

Date	Lieu	Organisateur	Intitulé
17/01/2022	virtuel	DGAMPA	GdT Raies (P Marchal, M Amelot, R Girardin, E Foucher)
18/01/2022	virtuel	CNPMEM	GT Bulots (E Foucher)
25/01/2022	Bayeux	CRPMEM Normandie	Commission CSJ : pêche en plongée (E Foucher)
03/02/2022	virtuel	MSC	Débat sur la pêche durable (R Girardin)
27/02/2022	Bayeux	CRPMEM Normandie	Commission CSJ (E Foucher)
21/03/2022	virtuel	CNPMEM	GT Bulots (E Foucher)
21/03/2022	virtuel	CNPMEM	Atelier Gestion du Rouget Barbet (R Girardin)
24/03/2022	Paris	CNPMEM	Commission de Manche Mer du Nord (P Marchal)
28/03/2022	Paris	CNPMEM	Commission coquillages de pêche (E Foucher)
07/07/2022	Boulogne-sur-Mer	FROM Nord	Point sur l'évaluation CIEM du stock de Lieu noir de mer du Nord (R Girardin)
30/08/2022	virtuel	CRPMEM Hauts-de-France	Commission CSJ (E Foucher)
06/09/2022	Le Havre	CNPMEM	Commission Inter Régionale CSJ (E Foucher)
02/11/2022	Paris	CNPMEM	Commission coquillages de pêche (E Foucher)
10/11/2022	Boulogne-sur-Mer	FROM Nord	Point sur l'avis CIEM du stock de Lieu noir de mer du Nord (R Girardin)
22/11/2022	virtuel	CNPMEM	Commission de Manche Mer du Nord (R Girardin)

3.3.4.4 Avis rendus par l’Ifremer impliquant du personnel HMMN

7 avis/expertises ont été produits par l’unité HMMN en 2022, référencés dans Archimer. Les Principaux auteurs des avis/expertises de l’unité HMMN en 2022 sont Foucher Eric (4), Vigneau Joel (2), Vogel Camille (1) et Dubroca Laurent (1). Les Commanditaires de ces avis demandés sont : Direction Interrégionale de la Mer Manche Mer-du-Nord ; Direction Générale de l’Energie et du Climat, Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l’Aquaculture, Direction de l’Eau et de la Biodiversité, La Défense...

4 Perspectives de l'année N+1

4.1 Mouvements de personnel

4.1.1 Personnel permanent

Le professeur P. Koubbi, accueilli à Boulogne sur mer, devrait retourner à Sorbonne Université en 2023 (dernière année de la convention d'accueil).

4.1.2 Doctorants et post-doctorants

Il y aura en 2023, 5 doctorants au sein de l'Unité HMMN dès le début de l'année, dont 3 à Boulogne sur mer (Nicolas ANDRIALOVANIRINA, Caroline NEVEN, Yansong HUANG) et 2 à Port en Bessin (Carine SAUGER, Camille VOGEL) qui seront complétés par 2 en plus fin 2023 à Boulogne-sur-Mer, soit un total de 7 fin 2023. L'équipe HMMN encadrera enfin deux post-doctorants à Boulogne-sur-Mer.

4.1.3 Etudiants en contrat d'apprentissage

Il y aura en 2023 un étudiant en contrat d'apprentissage qui commencera à Boulogne-sur-Mer.

4.1.4 Personnel en CDD

2 CDDs seront recrutés dans le cadre de la *Convention Halieutique* conduiront les enquêtes d'activité et les enquêtes économiques sur les sites de Boulogne et Port-en-Bessin courant 2023. Un autre CDD sur la convention Granulats devrait être recruté en 2023 à Port en Bessin.

4.2 Politiques de site

4.2.1 Hauts de France

La SFR (Fédération de Recherche) Campus de la Mer 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 2023 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).

Depuis 2022, l'unité participe à l'École universitaire de recherche transdisciplinaire pour les sciences marines, l'halieutique et les produits de la mer (Transdisciplinary graduate school for marine, Fisheries and SEAfood sciences, IFSEA) mis en place en 2021 et pour 10 ans dans le cadre des PIA4 de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Le laboratoire RHBL sera l'un des 8 laboratoires rattachés à cette école universitaire.

4.2.2 Normandie

La SFR (Fédération de Recherche) MerLiN (Mer-Littoral Normand) s'adosse sur une structuration pluridisciplinaire de la recherche sur la mer et le littoral. La biologie (i.e. physiologie, éthologie, écologie), la géographie, la géomorphologie, la physique, les sciences des matériaux, les sciences humaines sont les disciplines mises en relation pour interagir en synergie afin de mener des actions communes et intégrées au sein de cette fédération autour de la Région Normandie. La SFR repose sur une structuration d'équipes de recherche rattachées à 4 unités de recherche académique (BOREA, ETHOS, IDEES, LUSAC), à deux laboratoires Ifremer (LERN, RHPB de l'unité HMMN), à une école d'ingénieur (ESITC Caen), au Conservatoire des Arts et Métiers (CNAM, Intechmer) à un centre de recherche (CREC). Ces structures sont associées à 2 structures technologiques régionales le LABEO et le SMEL.

Cette SFR vise à consolider une dynamique de recherche au travers de la mise en place de projets collaboratifs structurés, en créant un partenariat actif avec des industriels et des institutionnels. La Structure Fédérative doit permettre de répondre de manière collective à des appels à projets transdisciplinaires régionaux, nationaux et internationaux, dans le cadre de la recherche académique, et d'offrir des compétences d'innovations technologiques à destination des centres de transfert de technologie. Elle a pour objectif de développer en région une recherche académique de qualité pour renforcer notre visibilité nationale et internationale et donc l'attractivité du territoire normand. Elle vise également à asseoir les formations par la recherche en Normandie. Cette fédération aura pour mission l'animation scientifique autour de la mer et du littoral : organisation de colloques, d'écoles thématiques et de journées scientifiques.

La Fédération doit permettre une recherche pluridisciplinaire et transdisciplinaire autour des 3 thèmes suivants. Dans chaque thème l'appui aux filières professionnelles est un aspect fort des travaux.

- Thème I : Le Systémique : Gestion et Risques des écosystèmes côtiers face aux pressions naturelles et anthropiques
- Thème III : L'Organisme : Du gène à l'environnement, de l'acclimatation à l'adaptation (physiologie, écophysiologie, infectiologie et éthologie)
- Thème III: Les Energies et Infrastructures Marines: Innovation, impacts environnementaux et acceptabilité sociale ».

4.3 Participation à la Conférence Halieutique Grand public 2023

Joël Vigneau, chercheur de l'unité a participé à la Conférence Halieutique Grand public 2022 organisé par l'Ifremer. Cette 5^{ème} édition a été organisée dans un format 100% digitale pour des raisons d'organisation et de budget. Ce fut un succès ! 35 journalistes étaient présents contre une vingtaine d'ordinaire. A J+19, le nombre de retombées Presse et RS dépasse ceux des éditions précédentes. Côté web et réseaux sociaux, les formats numériques et le livestream ont rencontré un beau succès.

4.4 Projets de recherche acceptés et démarrants en 2022

4.4.1 Projet EUR IFSEA

Ce projet est une École universitaire de recherche transdisciplinaire pour les sciences marines, l'halieutique et les produits de la mer (Transdisciplinary graduate school for marine, Fisheries and SEAfood sciences, IFSEA) mis en place en 2021 qui fait appel à des équipes de l'ULCO, de l'Université d'Artois, du CNRS, de l'IFREMER (laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne sur mer et laboratoire Environnement Ressources de Boulogne sur mer) et de l'ANSES. Cette graduate school regroupe ainsi 8 laboratoires dans les Hauts de France, et pour 10 ans dans le cadre des PIA4 de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Le projet IFSEA vise à créer une École Universitaire de Recherche de renommée internationale consacrée à toute la filière des produits de la mer. L'objectif est de former les futures générations de chercheurs et de professionnels pour relever les défis environnementaux, sociétaux et économiques de la filière des produits de la mer. Ce projet bénéficie d'une position stratégique unique à Boulogne-sur-Mer (1er port de pêche français et 1er centre européen de transformation des produits de la mer), et profite de la présence de laboratoires de haut niveau rattachés à des universités (ULCO, Université d'Artois) et à des organismes de recherche (CNRS, IFREMER, ANSES). IFSEA fédère les forces de recherche et des partenaires socio-économiques locaux au sein d'un programme unique, dans une approche transdisciplinaire.

Il s'articule autour de 4 thèmes de recherche et de formation complémentaires couvrant l'ensemble de la filière des produits de la mer : (1) les écosystèmes marins, de la biodiversité à la durabilité des ressources vivantes, (2) la sécurité et de la qualité des produits de la mer, (3) ingénierie de la chaîne d'approvisionnement et le commerce international, et (4) la gouvernance et les politiques d'aménagement côtier.

L'implication forte de l'Unité HMMN renforce ces liens avec les autres organismes ou universités des Hauts de France et sa place dans la formation des étudiants de la Région des Hauts de France à travers des cours et des encadrements de doctorants ou masters.

4.4.2 Projet CARPARC

Ce projet Carparc (Caractérisation de l'écosystème planctonique au sein du Parc Marin des Estuaires Picard) sera de début 2022 à mi-2024. Il est porté par Christophe Loots (RHBL) en lien avec le LER de Boulogne sur mer et subventionné par l'OFB. Ce projet est né d'une sollicitation par le parc marin et d'un intérêt par l'Ifremer de Boulogne pour une étude synoptique de l'habitat planctonique pendant la saison printanière en Manche orientale au sein du parc marin. Pour le laboratoire halieutique, ce projet est en cohérence avec sa spécialité développée sur l'étude de l'ichtyoplancton et des zones de frayères et de dérive larvaire. Le projet permettra de mettre en action et valoriser les compétences disponibles au laboratoire sur cette thématique et viendra combler un manque cruel de connaissances sur ces zones au printemps qui est la saison la plus importante pour beaucoup d'espèces d'intérêt halieutique. Pour le Laboratoire Environnement et Ressources de Boulogne, ce projet s'inscrit pleinement dans la stratégie de développement d'un Observatoire Intégré (en lien avec les projets S3 EUROHAB et JERICO S3, l'IR ILICO (Phytobs et Coast-HF)) et permet une valorisation des données et des produits développés pour la Surveillance et l'observation comme pour sa Recherche. Ce projet apparaît également comme une contribution forte à l'acquisition de connaissances complémentaires nécessaires à la validation des évaluations environnementales de type DCE/DCSMM/OSPAR. L'objectif de ce projet est donc de réaliser au printemps une étude spatialisée sur l'ensemble du PNEPMO de l'habitat planctonique en incluant à la fois les conditions hydrologiques, le phytoplancton, le

mésozooplancton et l'ichtyoplancton. Ceci se fera au travers d'une campagne océanographique au printemps 2023 à bord d'un navire côtier type « Côtes de la Manche ».

4.4.3 Projet Guyalso

Les zones côtières et estuariennes sont connues pour leur biodiversité, leur productivité ainsi que leur rôle de nourricerie pour le développement des nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés, y compris des espèces d'intérêt halieutique. Ces zones de transition entre le milieu terrestre et le milieu marin incluent des espèces spécifiquement adaptées à ces écosystèmes, mais également d'autres qui profitent temporairement de ces habitats. Les services écosystémiques qu'ils fournissent aux sociétés humaines font que ces systèmes sont considérés comme étant parmi les plus importants de la planète.

De nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés passent une partie de leur cycle de vie dans des zones nourricières spécifiques avant de migrer vers de nouveaux habitats pour leur phase adulte. Ces habitats particuliers fournissent protection et nourriture à des phases cruciales du cycle de vie de ces organismes (larves, juvéniles). Certaines espèces sont strictement dépendantes de certains habitats mais d'autres peuvent être plus opportunistes et utilisent une plus large variété de zones côtières pour leur développement.

Ce projet vise à identifier et évaluer l'importance des habitats nourriciers côtiers de la Guyane (estuaire, chenaux des mangroves et zone côtière) pour différentes espèces d'intérêt halieutique. Ces habitats sont de plus en plus soumis à des pressions anthropiques. Dans ce contexte, la compréhension des interactions écologiques interspécifiques en général, et des interactions trophiques en particulier, est cruciale. En effet, les réseaux trophiques forment des canevas complexes liant entre elles toutes les espèces vivant dans un système donné et, de ce fait, sont à même de permettre la propagation de perturbations liées aux activités humaines vers d'autres compartiments écosystémiques. La perte d'habitat liée aux aménagements côtiers actuellement en cours pourrait ainsi représenter une menace pour le maintien du cycle de vie de certaines espèces exploitées. Ce projet répond à des besoins d'intérêt public en couplant les connaissances du terrain de l'unité ultramarine de Guyane avec les expertises en analyses isotopiques des équipes de Métropole.

Cette étude a donc comme objectif de décrire la structure et le fonctionnement du réseau trophique incluant les premiers stades de vie des poissons et crevettes à intérêt commercial dans le but de clarifier l'importance des habitats nourriciers pour ces espèces. Afin de répondre à cette problématique générale, nous aborderons les questions suivantes :

- Quelle est la nourriture principale pour les juvéniles de poissons et crevettes ?
- Quelles sont les effets des interactions entre les groupes fonctionnels pour les espèces exploitées ?
- Comment les habitats sont-ils liés entre eux ?

Pour ce faire, une approche basée sur l'application conjointe des compositions en isotopes stables du carbone, de l'azote et du soufre sera appliquée pour la première fois sur ces communautés au sein de ces habitats afin d'étudier le fonctionnement du réseau trophique et de comparer les niches isotopiques, habituellement considérées comme des indicateurs de la niche trophique. L'approche isotopique permettra de poursuivre et valider les travaux actuels sur les habitats nourriciers de la Guyane répondant aux demandes locales de gestion des stocks halieutiques et de conservation des écosystèmes côtiers à mangrove ;

4.4.4 Projet SPOCC

Le projet SPOCC (SPONDYLIOSOMA CANTHARUS IN THE CHANNEL) cible l'amélioration des connaissances sur la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*) en Manche. Il est monté en collaboration avec l'Organisation de Producteurs Normands, porteur du projet. Il s'agit d'un projet d'une année visant à améliorer les connaissances sur la dorade grise ou grislet, espèce d'importance pour les pêcheurs normands. Il prévoit l'embauche d'un CDD de 12 mois (par l'OPN) qui sera accueilli physiquement au laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin, et encadré par 2 chercheurs du laboratoire. Ce projet est soumis à l'AAP FEAMPA Innovation porté par la Région Normandie.

Le projet est organisé en 2 parties, la première sur l'évaluation du stock de dorade grise de Manche, la seconde sur les phases de maturité de la dorade grise.

Partie 1 : Contribution à une meilleure connaissance du stock de dorade grise en Manche, et de son état

Définition et description des zones d'importance pour l'espèce, avec un focus sur les zones d'accouplement, de ponte (frayères) et de regroupement de juvéniles (nourriceries). Pour ce faire, un état des lieux bibliographique exhaustif sera réalisé afin de compiler toutes les connaissances scientifiques disponibles sur l'espèce : écologie et biologie, statut de conservation, distribution connue ;

Travail d'analyses descriptives des données disponibles : effort de pêche, volumes des captures et des débarquements par taille (calibres commerciaux) /âge (otolithes) (données VMS, campagnes IFREMER...) pour mettre en évidence les zones d'importance évoquées plus haut, nécessaires au CIEM pour le suivi d'une espèce (abondance des reproducteurs, taux d'exploitation). Récupération des données belges et anglaises du projet Fish&Intel, visant à identifier et protéger les habitats utilisés par une sélection d'espèces halieutiques d'importance dans la région Manche dont la dorade grise, en déployant un réseau de télémétrie acoustique. Cette analyse descriptive sera basée sur l'utilisation de modèles applicables aux stocks à données limitées et cherchera à approcher les points de référence du stock (proxi), notamment ceux relatifs au Blim et FMSY.

Cette partie sera menée à l'échelle nationale, sur l'ensemble des captures françaises, afin de déterminer, dans la mesure du possible, si la population de dorade grise exploitée en Manche fait partie d'un stock unique en Atlantique Nord-Ouest (zone CIEM 7) ou à des unités de stocks indépendantes plus réduites (divisions CIEM 7d et 7e).

Partie 2 : Evaluation des phases de maturité de la dorade grise : Cette partie vise à déterminer l'adaptabilité de l'espèce à son environnement. Il s'agira notamment de cerner l'évolution de la taille de maturité sexuelle liée aux forçages anthropiques et/ou climatiques.

Cette étape comprendra les tâches suivantes : étude histologique de la maturation et mise en place d'une grille de lecture visuelle, identification de la taille de maturité sexuelle et corrélation avec les pressions anthropiques (pêche) et naturelles (réchauffement climatique).

4.5 Moyens d'observation

4.5.1 Cellule d'appels à données 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.

4.5.2 Plateaux techniques

4.5.2.1 Pôle National de Sclérochronologie

En 2022, différents projets de recherche se terminant comme Med-Unit et IPERDMX, l'année 2023 permettra de valoriser leurs résultats à travers des publications. De plus, de nouvelles acquisitions de données seront réalisées pour comparer les analyses de forme classiquement développées en 2D par rapport à l'approche 3D permettant à terme de savoir si l'analyse de forme 2D des otolithes est suffisamment représentative de la forme totale en 3D. Plusieurs travaux utilisant des jeux de données historiques de taille importante seront analysés par des méthodes de classification faisant appel à l'intelligence artificielle pour développer des approches d'estimation d'âge automatique. Enfin, des projets de recherche seront consacrés à l'analyse microchimique des otolithes.

4.5.2.2 Pôle de Taxonomie et d'Ecologie du Zooplancton

L'année 2023 sera consacrée à la valorisation par des publications des activités initiées en 2022. Il s'agira plus précisément de deux publications dans le cadre du projet COKTAIL et de la thèse de Léa Joly (soutenue en Avril 2022) sur les effets des scénarios climatiques sur les réserves lipidiques et l'expression des gènes liés au stress. Les expériences sur l'effet maternel et la température sur le développement embryonnaire chez le hareng devraient être consolidées par des analyses par traits et des indicateurs morphométriques en vue d'une publication courant 2023 suite au postdoc de Lola Toomey. La modélisation sur la variabilité des interactions trophiques et des transferts énergétiques au sein du plancton (projet MURPHY) devrait faire l'objet d'une publication. Dans le cadre du projet FORESEA des analyses d'acides gras et d'isotopes pour évaluer le transfert trophique du zooplancton vers les petits pélagiques vont se poursuivre et devraient également donner lieu à la soumission d'un article sur les effets bottom-up et la qualité des sardines.

Une salle expérimentale accueillie au sein de Nausicaa a été débuté en 2022 et devrait être opérationnelle en 2024 pour pouvoir tester différentes conditions d'élevage des premiers stades de vie de différentes espèces permettant d'évaluer par exemple les effets du changement climatiques ou d'autres facteurs sur la croissance et l'état de santé de ces stades de vie.

4.5.2.3 Plateforme trophique

L'activité de la plateforme Réseaux Trophiques en 2023 sera marquée par la poursuite des travaux sur l'écologie trophique du hareng des Downs, au travers du recrutement d'une stagiaire de BUT. Elle travaillera sur l'analyse de ces estomacs, selon la méthode classique mais également par analyse d'image au zooscan. Des analyses isotopiques et/ou d'acides gras des espèces planctoniques se poursuivront pour mieux comprendre l'influence du plancton sur la survie des larves de poissons. Il s'agira notamment de préparer des échantillons collectés lors de radiales SRN, des prélèvements sur la campagne IBTS (étude de K. MacKenzie et C. Giraldo sur

la prédation du plancton gélatineux sur les premiers stades de vie des poissons), et des prélèvements fait dans le cadre du projet PONCHO sur les adultes de hareng (soumis pour évaluation à FPP). Les échantillonnages de poissons en vue de l'analyse de leurs contenus stomacaux dans le cadre de la DCF initié en 2022 aura également lieu durant IBTS 2023. Conformément au protocole d'échantillonnage tournant, cela concernera la morue et le chinchard.

4.5.2.4 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 2023. 2023 verra également la poursuite des campagnes nourriceries menées dans le cadre de la DCSMM : NOURMANCHE (nouvelle campagne intégrée couvrant les baies de Canche et d'Authie, la Baie de Seine, la Baie des Veys et la baie du Mont Saint Michel) ou du programme IGA : NOURSOM (Baie de Somme).

4.6 Avis et expertises

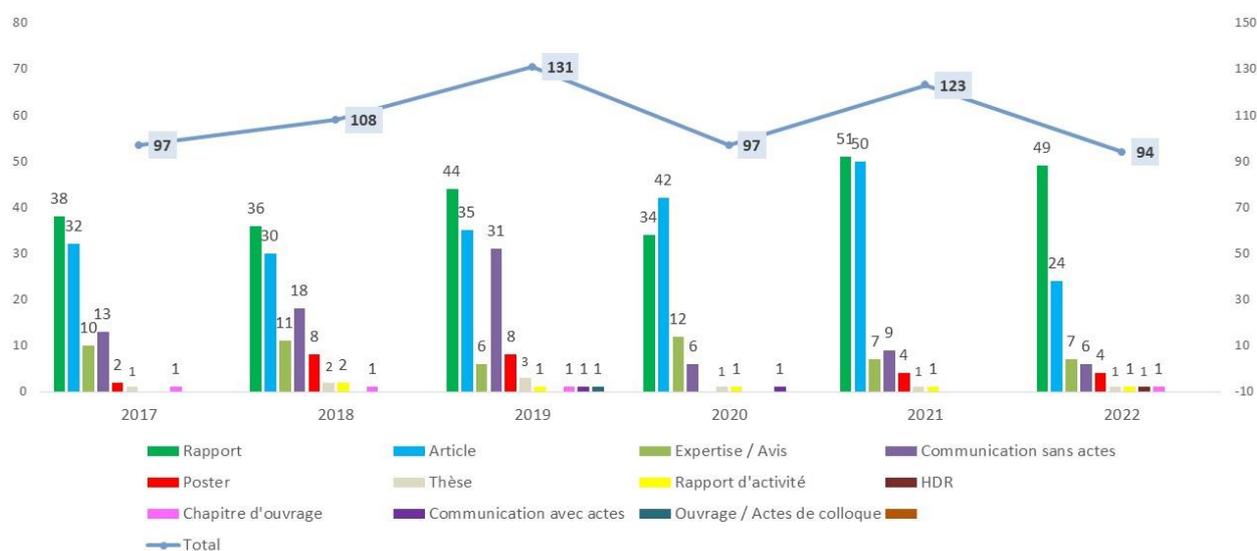
Les avis et expertises rendus par l'équipe HMMN concerneront en 2023 comme au cours des années précédentes le suivi halieutique des pêcheries dans le cadre de la *Convention Halieutique*, qu'il s'agisse de participation (parfois en qualité de président) de Groupes de Travail internationaux (ONU, CIEM, 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*). L'équipe HMMN répondra également aux demandes contractuelles d'expertise portant sur le suivi halieutique d'extraction de granulats marins (*Code Minier*), 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 continuera à augmenter substantiellement en 2023, et qu'une organisation doit être mise en place pour permettre d'y répondre au mieux.

4.7 Innovation

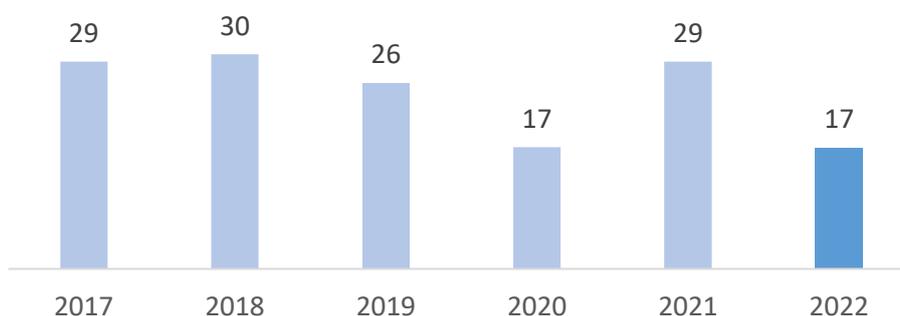
Les activités de l'équipe HMMN sont centrées sur l'écologie marine et halieutique, de sorte que la contribution de l'UR à l'innovation se traduit plutôt par le développement de nouvelles méthodologies et d'approches écosystémiques que par la création de services et produits technologiques en lien avec 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.

5 Annexe 1: Production scientifique et technologique

Evolution annuelle des principaux types de documents du HMMN entre 2017 et 2022 :



Evolution des publications dans des revues à comité de lecture de l'unité HMMN (2017-2022) :



17 publications sont référencées dans Archimer, issues du Web of Science pour l'unité HMMN en 2022.

Types de documents	Nb
Articles	16
Data papers	1

Les publications:

A 26-year time series of mortality and growth of the Pacific oyster *C. gigas* recorded along French coasts

Date publication: 2022

Auteurs: Mazaleyrat,- Anna; Normand,- Julien; Dubroca,- Laurent; Fleury,- Elodie;

Affiliations Courtes: GROUP NORMANDIE UNIV FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; UNIV CAEN FR;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41597-022-01511-2>

Source complète: Scientific Data JUN 2022 Volume 9 Issue 1

A functional vulnerability framework for biodiversity conservation

Date publication: 2022

Auteurs: Auber,- Arnaud; Waldock,- Conor; Maire,- Anthony; Goberville,- Eric; Albouy,- Camille; Algar,- Adam c; Mclean,- Matthew; Brind'amour,- Anik; Green,- Alison I; Tupper,- Mark; Vigliola,- Laurent; Kaschner,- Kristin; Kesner-reyes,- Kathleen; Beger,- Maria; Tjiputra,- Jerry; Toussaint,- Aurèle; Violle,- Cyrille; Mouquet,- Nicolas; Thuiller,- Wilfried; Mouillot,- David;

Affiliations Courtes: CESAB FRB FR; EAWAG CH; EDF FR; ETH ZURICH CH; GROUP COMUE UNIV GRENOBLE ALPES FR; GROUP LANGUEDOC ROUSSILLON UNIV FR; GROUP SORBONNE UNIV FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; IRD FR; MNHN FR; UNIV BERN CH; UNIV DALHOUSIE CA; UNIV FREIBURG DE; UNIV GRENOBLE FR; UNIV KING SAUD SA; UNIV LEEDS GB; UNIV MONTPELLIER FR; UNIV PORTSMOUTH GB; UNIV QUEENSLAND AU; UNIV SCI TECH KAUST SA; UNIV TARTU EE; WSL CH;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-022-32331-y>

Source complète: Nature Communications SEP 2022 Volume 13 Issue 1

Abundance and Growth of the European Eels (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758) in Small Estuarine Habitats from the Eastern English Channel

Date publication: 2022

Auteurs: Denis,- Jeremy; Mahé,- Kélig; Amara,- Rachid;

Affiliations Courtes: GROUP COMUE LILLE NORD FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; UNIV LITTORAL COTE OPALE FR;

DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/fishes7050213>

Source complète: Fishes OCT 2022 Volume 7 Issue 5

Biology of exploited groupers (Epinephelidae family) around La Réunion Island (Indian Ocean)

Date publication: 2022

Auteurs: Mahé,- Kélig; Gentil,- Claire; Brisset,- Blandine; Evano,- Hugues; Lepetit,- Camille; Boymond-Morales,- Romane; Telliez,- Solène; Dussuel,- Antoine; Rungassamy,- Tévamie; Elleboode,- Romain; MacKenzie,- Kirsteen; Roos,- David;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; RESERVE MARINE RE;

DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmars.2022.935285>

Source complète: Frontiers In Marine Science OCT 2022 Volume 9

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

Date publication: 2022

Auteurs: Torres,- Jimena; Mahé,- Kélig; Dufour,- Jean-louis; Bearez,- Philippe; San roman,- M;

Affiliations Courtes: GROUP SORBONNE UNIV FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; MNHN FR; UNIV MAGALLANES CL;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15564894.2020.1755393>

Source complète: Journal Of Island & Coastal Archaeology JAN 2022 Volume 17 Issue 1 (pp 1-20)

Estimating Bycatch From Non-representative Samples (II): A Case Study of Pair Trawlers and Common Dolphins in the Bay of Biscay

Date publication: 2022

Auteurs: Rouby,- Etienne; Dubroca,- Laurent; Cloâtre,- Thomas; Demanèche,- Sebastien; Genu,- Mathieu; Macleod,- Kelly; Peltier,- Hélène; Ridoux,- Vincent; Authier,- Matthieu;

Affiliations Courtes: CNRS FR; GROUP COMUE AQUITAINE FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; UNIV LA ROCHELLE FR;

DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmars.2021.795942>

Source complète: Frontiers In Marine Science JAN 2022 Volume 8

European hake (*Merluccius merluccius*) stock structure in the Mediterranean as assessed by otolith shape and microchemistry

Date publication: 2022

Auteurs: Morales-Nin,- Beatriz; Pérez-Mayol,- Sílvia; MacKenzie,- Kirsteen; Catalán,- Ignacio A; Palmer,- Miquel; Kersaudy,- Thibaut; Mahé,- Kélig;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; IMEDEA ES;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106419>

Source complète: Fisheries Research OCT 2022 Volume 254

Fluctuating Asymmetry in Asteriscii Otoliths of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Collected from Three Localities in Iraqi Rivers Linked to Environmental Factors

Date publication: 2022

Auteurs: Jawad,- Laith; Mahé,- Kélig;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR;

DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/fishes7020091>

Source complète: Fishes APR 2022 Volume 7 Issue 2

Increasing numbers of killer whale individuals use fisheries as feeding opportunities within subantarctic populations

Date publication: 2022

Auteurs: Amelot,- Morgane; Plard,- Floriane; Guinet,- Christophe; Arnould,- John PY; Gasco,- Nicolas; Tixier,- Paul;

Affiliations Courtes: GROUP COMUE AQUITAINE FR; GROUP SORBONNE UNIV FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; IMARES WAGENINGEN NL; IRD FR; MNHN FR; UNIV DEAKIN AU; UNIV ICELAND IS; UNIV LA ROCHELLE FR;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2021.0328>

Source complète: Biology Letters FEB 2022 Volume 18 Issue 2

Inferences to estimate consumer's diet using stable isotopes: Insights from a dynamic mixing model

Date publication: 2022

Auteurs: Ballutaud,- Marine; Travers-Trolet,- Morgane; Marchal,- Paul; Dubois,- Stanislas; Giraldo,- Carolina; Parnell,- Andrew C; Nuche-Pascual,- M Teresa; Lefebvre,- Sebastien;

Affiliations Courtes: GROUP COMUE LILLE NORD FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; UNIV LILLE FR; UNIV MAYNOOTH IE;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0263454>

Source complète: Plos One FEB 2022 Volume 17 Issue 2

Niches of marine mammals in the European Arctic

Date publication: 2022

Auteurs: MacKenzie,- Kirsteen; Lydersen,- C; Haug,- T; Routti,- H; Aars,- J; Andvik,- CM; Borgå,- K; Fisk,- AT; Meier,- S; Biuw,- M; Lowther,- AD; Lindstrøm,- U; Kovacs,- KM;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; IMR NO; POLAR INST NO; UNIV OSLO NO; UNIV WINDSOR CA;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108661>

Source complète: Ecological Indicators MAR 2022 Volume 136

Photoperiod-driven rhythms reveal multi-decadal stability of phytoplankton communities in a highly fluctuating coastal environment

Date publication: 2022

Auteurs: Longobardi,- Lorenzo; Dubroca,- Laurent; Margiotta,- Francesca; Sarno,- Diana; Zingone,- Adriana;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; STN ZOOL DOHRN IT;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-07009-6>

Source complète: Scientific Reports MAR 2022 Volume 12 Issue 1

Reply to: A path forward for analysing the impacts of marine protected areas

Date publication: 2022

Auteurs: Sala,- Enric; Mayorga,- Juan; Bradley,- Darcy; Cabral,- Reniel B; Atwood,- Trisha B; Auber,- Arnaud; Cheung,- William; Costello,- Christopher; Ferretti,- Francesco; Friedlander,- Alan M; Gaines,- Steven D; Garilao,- Cristina; Goodell,- Whitney; Halpern,- Benjamin S; Hinson,- Audra; Kaschner,- Kristin; Kesner-Reyes,- Kathleen; Leprieur,- Fabien; Lubchenco,- Jane; McGowan,- Jennifer; Morgan,- Lance E; Mouillot,- David; Palacios-Abrantes,- Juliano; Possingham,- Hugh P; Rechberger,- Kristin D; Worm,- Boris;

Affiliations Courtes: GROUP LANGUEDOC ROUSSILLON UNIV FR; HMMN IFREMER; IFM GEOMAR DE; IFREMER FR; NAT GEOG SOC US; NATURE CONSERV US; UNIV OREGON US; UNIV

BRITISH COLUMBIA CA; UNIV CALIF SANTA BARBARA US; UNIV CALIF US; UNIV DALHOUSIE CA; UNIV FREIBURG DE; UNIV HAWAII US; UNIV JAMES COOK AU; UNIV MONTPELLIER FR; UNIV QUEENSLAND AU; UNIV UTAH US;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-022-04776-0>

Source complète: Nature JUN 2022 Volume 607 Issue 7917

Spatialized ecological network analysis for ecosystem-based management: effects of climate change, marine renewable energy, and fishing on ecosystem functioning in the Bay of Seine

Date publication: 2022

Auteurs: Nogues,- Quentin; Aраignous,- Emma; Bourdaud,- Pierre; Halouani,- Ghassen; Raoux,- Aurore; Foucher,- Eric; Le loch,- Francois; Loew-turbout,- Frédérique; Ben rais lasram,- Frida; Dauvin,- Jean-claude; Niquil,- Nathalie;

Affiliations Courtes: FRANCE ENERGIES MARINES FR; GROUP COMUE LILLE NORD FR; GROUP NORMANDIE UNIV FR; HMMN IFREMER; IFREMER FR; UNIV BREST FR; UNIV CAEN FR; UNIV LITTORAL COTE OPALE FR;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsac026>

Source complète: ICES Journal Of Marine Science MAY 2022 Volume 79 Issue 4 (pp 1098-1112)

The Canadian Beaufort Shelf trophic structure: evaluating an ecosystem modelling approach by comparison with observed stable isotopic structure

Date publication: 2022

Auteurs: Hoover,- Carie; Giraldo,- Carolina; Ehrman,- Ashley; Suchy,- Karyn D; Macphee,- Shannon A; Brewster,- Jasmine D; Reist,- Jim D; Power,- Michael; Swanson,- Heidi; Loseto,- Lisa L;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; MPO CA; UNIV MANITOBA CA; UNIV VICTORIA CA; UNIV WATERLOO CA;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/AS-2020-0035>

Source complète: Arctic Science MAR 2022 Volume 8 Issue 1 (pp 292-312)

Unravelling the trophic interaction between a parasitic barnacle (*Anelasma squalicola*) and its host Southern lanternshark (*Etmopterus granulosus*) using stable isotopes

Date publication: 2022

Auteurs: Sabadel,- A j m; Cresson,- Pierre; Finucci,- B; Bennett,- J;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; NIWA NZ; UNIV OTAGO NZ;

DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182022001299>

Source complète: Parasitology DEC 2022 Volume 149 Issue 14 (pp 1976-1984)

Variation of the relationships between lengths and weights applied to 123 fish species observed at Réunion Island (Indian Ocean)

Date publication: 2022

Auteurs: Roos,- David; Taconet,- Julien; Gentil,- Claire; Brisset,- Blandine; Evano,- Hugues; Aumond,- Yoann; Huet,- J; Lepetit,- Camille; Boymond-Morales,- Romane; Rungassamy,- Tévamie; Elleboode,- Romain; Mahé,- Kélig;

Affiliations Courtes: HMMN IFREMER; IFREMER FR; RESERVE MARINE RE;

DOI: <http://dx.doi.org/10.2989/1814232X.2022.2075936>

Source complète: African Journal Of Marine Science APR 2022 Volume 44 Issue 2 (pp 171-180)

17 publications ont été produites par l'unité HMMN en 2022, référencées dans le Web of Science et Archimer. La Répartition des 17 publications par revues, avec leur facteur d'impact et quartiles :

Titres	Nb publis	Facteur d'impact (2022)	Quartiles (2022)	Revue Open access
FRONTIERS IN MARINE SCIENCE	2	3,7	Q1	x
FISHES	2	2,3	Q2	x
ARCTIC SCIENCE	1	3,3	Q2, Q3	x
SCIENTIFIC DATA	1	9,8	Q1	x
SCIENTIFIC REPORTS	1	4,6	Q1, Q2	x
JOURNAL OF ISLAND & COASTAL ARCHAEOLOGY	1	1,7	Q1	
NATURE COMMUNICATIONS	1	16,6	Q1	x
PLOS ONE	1	3,752	Q1, Q2	x
PARASITOLOGY	1	2,4	Q2	
NATURE	1	64,8	Q1	
ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE	1	3,3	Q1	
FISHERIES RESEARCH	1	2,4	Q1, Q2	
ECOLOGICAL INDICATORS	1	6,9	Q1	x
BIOLOGY LETTERS	1	3,3	Q2	
AFRICAN JOURNAL OF MARINE SCIENCE	1	1,2	Q3, Q4	

Expertise/Avis(7)

Foucher Eric, Vigneau Joel, Goragner Herle (2022). **Avis de l'Ifremer sur l'état des stocks de coquilles Saint-Jacques et possibilité d'attribuer un quota supplémentaire à Pêcheurs du Nord.** Préfecture de Saint-Pierre et Miquelon, Ref. D2022/SAMP/114, 4p., 1p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00836/94820/>

Foucher Eric, Neaud-Masson Nadine (2022). **Avis de l'Ifremer sur le suivi sanitaire des pétoncles (*Aequipecten opercularis*) dans les eaux britanniques (îles anglo-normandes).** DIRM Manche Est - Mer du Nord - Direction Inter-Régionale de la Mer - Manche Est - Mer du Nord, Service Réglementation et Contrôle des Activités Maritimes, Unité Réglementation des Ressources Marines, Le Havre, Ref. CMMN/PEB/2022-07-19- 58/2022/SRCAM, 4p., 1p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00800/91198/>

Foucher Eric, Vigneau Joel, Biseau Alain, Goragner Herle (2022). **Avis de l'Ifremer sur le niveau recommandé pour le TAC 2022 de concombre de mer dans eaux de Saint-Pierre et Miquelon.** Préfecture de Saint-Pierre et Miquelon, Ref. D2021/SAMP/118, 6p., 2p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00836/94807/>

Foucher Eric, Vincent Benoit, Charrier Benedicte (2022). **Avis de l'Ifremer sur une modification des caractéristiques des dragues à coquilles Saint-Jacques dans les Pertuis Charentais.** DIRM SA - Direction Interrégionale de la Mer Sud Atlantique, Bordeaux, Ref. STL22-2753 EF/BC, 2p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00836/94806/>

Biseau Alain (2022). **Diagnostic 2021 sur les ressources halieutiques débarquées par la pêche française (métropolitaine).** Ifremer, Ref. RBE/EDERU/RS/2022/1, 40p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00773/88470/>

Carlier Antoine, Desroy Nicolas, Fabri-Ruiz Salome, Vogel Camille, Biseau Alain, Bacher Cedric, Ulrich Clara, Cuif Marion (2022). **Analyse comparative des protocoles de réalisation des états de référence des suivis halieutiques et benthiques dans le cadre des autorisations des parcs éoliens en mer et de leurs raccordements.** DGEC - Direction Générale de l'Energie et du Climat, Ministère de la Transition Énergétique, Paris-La Défense,

Ref. DG/2022.1675 - DGEC-SD3A-2022-0103, 52p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00834/94594/>

Demaneche Sebastien, Berthou Patrick, Begot Eric, Le Blond Samuel, Leblond Emilie, Authier Matthieu, Cloâtre Thomas, Dubroca Laurent (2022). **Analyse des données de captures accidentelles de petits cétacés dans le golfe de Gascogne en période hivernale et préparation de la campagne 2022-2023**. DGAMPA-DEB - Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture, Direction de l'Eau et de la Biodiversité, La Défense, Ref. DG 2022 – 1324 / P9-22-047 - Saisine DGAMPA-DEB du 17 aout 2022, 2p., 5p., 1p., 142p., 58p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00817/92863/>

6 Annexe 2: Implication dans la formation (par la recherche)

6.1 Formations données

Philippe KOUBBI : Professeur des Universités - Sorbonne Université. Responsable du Master mention Sciences de la Mer à Sorbonne Université. L'enseignement pour l'année 2021-2022 est de 234 h équivalent TD avec des enseignements en licence 1ère année, 2ième année et surtout en Master 1 et 2. Les enseignements sont en écologie et biogéographie marine, en conservation, en système d'informations géographiques.

Kélig MAHE : enseignement à l'ULCO Deust 2, M2 EMAH et, M2 QPAH M2 FOGEM (16h)

Pierre CRESSON : enseignement à l'ULCO M1 EMAH et Université de Lille M2 FOGEM (10h)

Ghassen HALOUANI : enseignement à l'ULCO M1 EMAH (6h)

Arnaud AUBER : enseignement à l'Université de Lille M2 FOGEM (3h)

Kirsteen MACKENZIE : enseignement à l'Université de Lille M2 FOGEM (3h)

Carolina GIRALDO : enseignement à l'ULCO M1 EMAH et Université de Lille M2 FOGEM (10h)

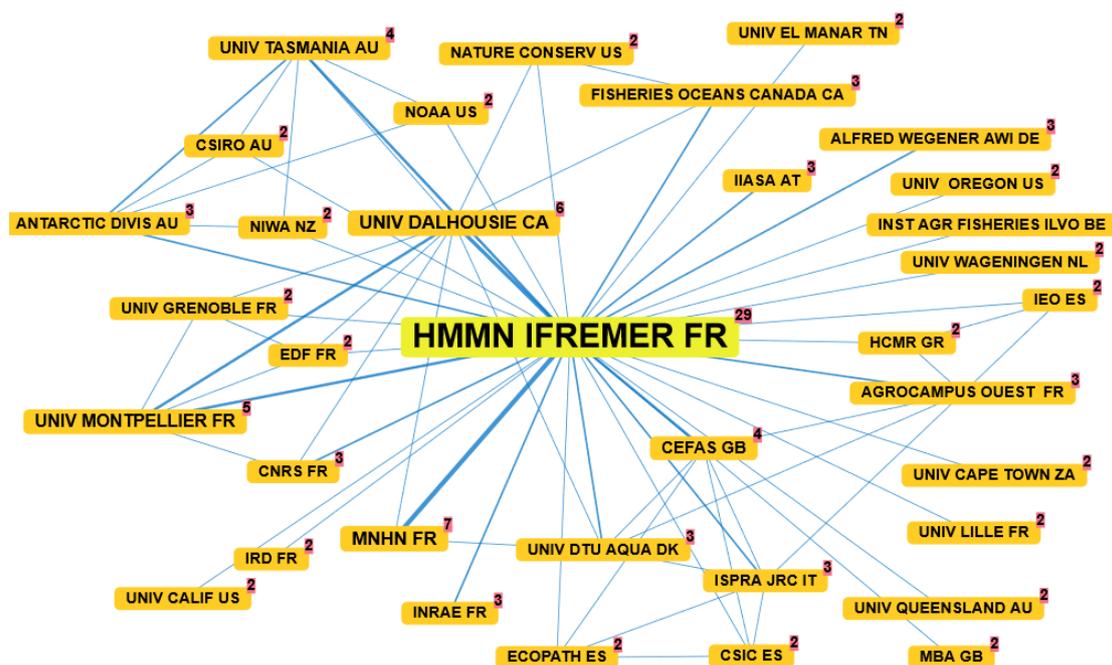
6.2 Participation à un jury de thèse ou HDR

Nom/Prénom	Rôle	Niveau	Université	Date de soutenance
Arnaud Auber	candidat	HDR	ULCO	13/12/2022
Paul Marchal	rapporteur	HDR	Univ Caen	28/11/2022
Pierre Cresson	Rapporteur (Comité de suivi)	Thèse	Univ Brest	Prévu en 2024
Paul Marchal	jury (co-directeur)	Thèse	Univ Lille	12/04/2022
Paul Marchal	jury (co-directeur)	Thèse	Univ Lille	06/12/2022
Paul Marchal	jury (co-directeur)	Thèse	Univ Lille	12/12/2022

7 Annexe 3: Partenariats

Les partenariats académiques de l'Unité HMMN sont résumés dans les figures ci-dessous (analyse des 29 publications répertoriées en 2021 dans le WoS).

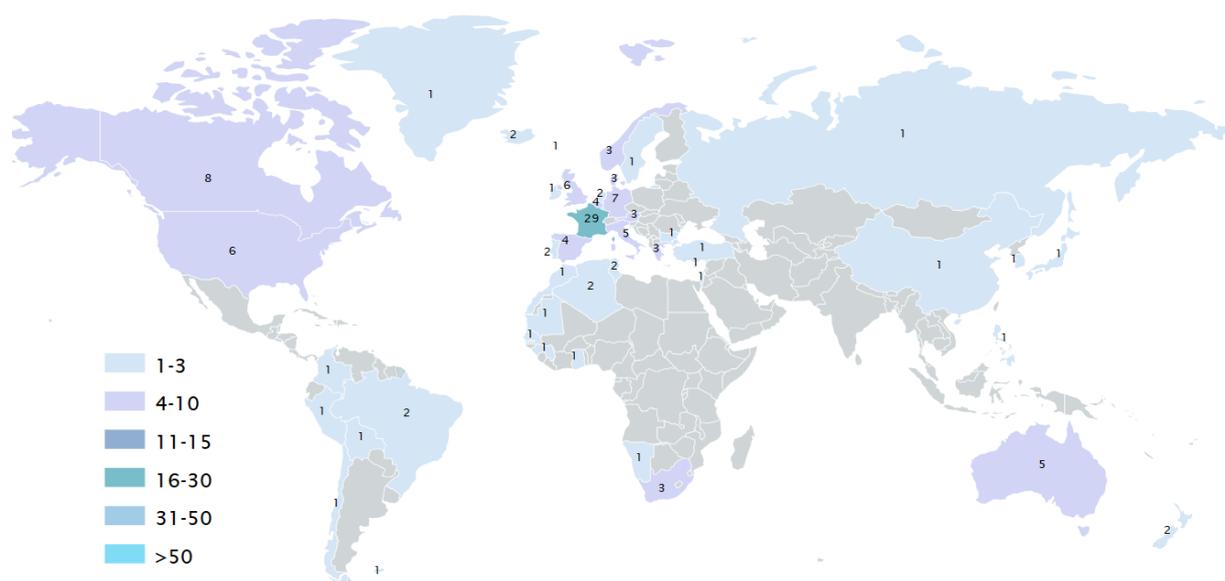
Principales collaborations de l'unité HMMN (au minimum 2 publications en commun. Source Archimer) :



Part globale des collaborations au niveau national, européen, international en 2022 (Source Archimer):

- 8 publications ne sont qu'en collaboration avec des organismes français (outre-mer compris) soit 27,6 %
- 15 publications sont en collaboration avec un pays européen (hors France) soit 52 %
- 16 avec un pays international (hors Europe), soit 55 %.

Pays représentés dans les affiliations des 29 publications (Source Archimer):



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), les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF), la réserve nationale naturelle des Terres Australes Françaises, le ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères.

8 Annexe 4: 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

Le Pr. Philippe Koubbi (Sorbonne Université) a participé en visioconférence au groupe de travail EMM (Ecosystem Monitoring Management) de la CCAMLR, au comité scientifique et à la commission de la CCAMLR comme expert sur les Aires Marines Protégées de l'océan Austral. Ces participations se sont faites au titre de la délégation française à la CCAMLR dirigée par le Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères.

Le Pr. Philippe Koubbi (Sorbonne Université) fait partie du comité français de l'environnement polaire et du conseil scientifique de la Réserve Nationale Naturelle des TAAF. A ce titre, il contribue aux évaluations des projets privés et publics sur l'environnement de l'Antarctique, de l'océan Austral et des TAAF. Il a contribué à l'évaluation du projet de décret modificatif portant sur l'extension de la Réserve Nationale Naturelle des TAAF en particulier sur la partie concernant St Paul et Amsterdam.

En 2021, au titre d'une convention entre les TAAF et l'IFREMER HMMN (Paul Marchal comme signataire de la convention), le Pr. Philippe Koubbi (Sorbonne Université), Camille Merland (CDD TAAF accueillie à HMMN), Marion Thellier (M2 Sorbonne Université - TAAF accueillie à HMMN) et Valentin Djian (M1 stagiaire IFREMER) ont travaillé sur le programme d'écorégionalisation pélagique en vue de l'extension de la réserve marine naturelle des îles St Paul et Amsterdam. Ils ont participé aux groupes de travail, ont fourni un rapport de leurs travaux aux TAAF et ont contribué au dossier final soumis par les TAAF.

En 2021, Joël Vigneau (HMMN/LRHPB) a été nommé président du groupe de pilotage pour l'observation des écosystèmes au CIEM (ICES/EOSG¹) pour une durée de trois ans. Ce groupe est chargé de guider et de soutenir les groupes d'experts qui coordonnent des campagnes à bord de navires scientifiques dans la région du CIEM. Les sujets abordés sont les suivants :

- L'évaluation et l'optimisation de la conception des campagnes pour répondre aux besoins des pays membres et soutenir les demandes des utilisateurs.
- Conception, planification et coordination des campagnes ciblant les œufs et les larves de poissons, des campagnes acoustiques et des campagnes aux chaluts.
- Identification et évaluation des nouvelles technologies d'observation et de suivi.

¹ <https://www.ices.dk/community/groups/Pages/EOSG.aspx>

- Conseils sur la conception, le déploiement et l'efficacité des méthodes et des engins d'échantillonnage et sur l'utilisation des données qui en résultent pour l'évaluation et les avis de gestion
- Estimation des paramètres du cycle de vie de la faune échantillonnée
- Développement du suivi pour répondre aux nouveaux besoins en matière de données, de science et d'avis de gestion, en mettant l'accent sur l'évaluation intégrée des écosystèmes et la gestion écosystémique.

De par ce nouveau rôle, Joël participe activement tout au long de l'année au comité scientifique (SCICOM) du CIEM.