





## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Moyens et effectifs.....</b>	<b>11</b>
2.1	Organisation de l'unité .....	11
2.2	Effectifs .....	14
2.2.1	Personnel permanent de l'unité HMMN .....	14
2.2.2	Personnel temporaire de l'unité HMMN.....	16
2.2.3	Accueil de personnels d'autres laboratoires et organismes.....	16
2.2.4	Accueil de doctorants en 2021 .....	16
2.2.5	Accueil de stagiaires en 2021 .....	17
2.3	Démarche Qualité ISO 9001.....	18
2.4	Sources de financement .....	21
2.5	Equipements, moyens matériels .....	21
2.5.1	Cellule CREDO.....	21
2.5.2	Les campagnes à la mer .....	22
2.5.2.1	Groupe de Travail CIEM WGIBTS .....	22
2.5.2.2	Développements informatiques.....	23
2.5.2.3	Campagne CGFS.....	24
2.5.2.4	Campagne IBTS .....	29
2.5.2.5	Campagne COMOR .....	31
2.5.2.6	Campagne CRUSTAFLAM.....	37
2.5.2.7	Campagne ZOOFLAM .....	39
2.5.2.8	Campagne NOURSOM.....	39
2.5.2.9	Campagne NOURMONT.....	41
2.5.2.10	Campagne NOURMANCHE (Estuaire de Seine, baie de Seine orientale, Baie du Mont Saint Miche, baies de Canche et d'Authie et baie des Veys) .....	43
2.5.2.11	Campagne NOURVEYS .....	44
2.5.2.12	Campagnes RESISTE .....	45
2.5.2.13	Campagne HoloSPMTV .....	46
2.5.3	Plateaux techniques .....	51
2.5.3.1	Pôle National de Sclérochronologie .....	51
2.5.3.2	Pôle de Taxinomie et D'Ecologie du zooplancton.....	52
2.5.3.3	Plateforme Réseaux Trophiques Marins .....	53
<b>3</b>	<b>Résultats obtenus au cours de l'année N.....</b>	<b>54</b>
3.1	THEME 1: INDIVIDUS, POPULATIONS ET NICHE ECOLOGIQUE .....	54

3.1.1	Variabilité spatio-temporelle des processus écologiques affectant les stades larvaires de poissons .....	55
3.1.1.1	Variabilité temporelle de condition des larves .....	55
3.1.1.2	Effet du changement climatique sur la survie des larves de poissons.....	56
3.1.2	Estimation et variation spatio-temporelle des traits d’histoire de vie des individus	58
3.1.2.1	Age, croissance et mortalité .....	58
3.1.3	Marqueurs biologiques des populations de poissons : sources de variation et applications .....	61
3.1.3.1	Applications .....	61
3.1.3.2	Observations.....	65
3.1.4	Les observations en appui aux travaux de recherche .....	67
3.1.4.1	Croissance .....	67
3.1.4.2	Maturité sexuelle .....	67
3.1.4.3	Age .....	68
3.1.4.4	Identification des œufs et larves de poissons .....	68
3.1.4.5	Développements informatiques en appui à l’archivage des paramètres biologiques .....	69
3.1.5	Contribution aux avis/expertise.....	70
3.1.5.1	Expertise internationale.....	70
3.1.5.2	Expertise nationale .....	70
3.2	THEME 2 : COMMUNAUTES, RESEAUX TROPHIQUES ET BIODIVERSITE	71
3.2.1	Mécanismes de variation de la niche trophique .....	73
3.2.1.1	Variation spatiale de l’importance trophique des habitats pour les juvéniles de poissons au sein de la baie de Seine .....	73
3.2.1.2	Condition corporelle et interactions trophiques du phoque du Groenland en Arctique en automne .....	74
3.2.1.3	Distribution des espèces mercurielle dans les tissus de différents poissons dans le golfe de Gascogne .....	75
3.2.1.4	Les poissons peuvent être de bons échantillonneurs du benthos en Manche	76
3.2.1.5	Rôle des parasites dans le fonctionnement des écosystèmes marins – Collaboration avec l’ANSES .....	77
3.2.2	Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités .....	78
3.2.2.1	Variabilité interannuelle du couplage benthopélagique dans les communautés de poissons en Manche.....	78
3.2.2.2	Influence de la production primaire et de la profondeur sur la structuration des assemblages en Mer Celtique.....	79
3.2.2.3	Caractérisation de la biodiversité pélagique pour le projet d’extension de la RNN de Saint Paul et Amsterdam des TAF.....	80

3.2.2.4	Projet RESISTE (fonds propres Ifremer) : Evaluation des capacités de résilience de l'écosystème suite à l'arrêt d'une pression anthropique donnée, l'extraction de granulats marins.....	82
3.2.2.5	Développement de l'application GranulatShiny .....	83
3.2.2.6	Estimation inférée du régime alimentaire d'un prédateur par l'analyse d'isotopes stables: apports d'un modèle de mélange dynamique (Projet ISIT-U).....	84
3.2.3	Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson.....	85
3.2.3.1	Dimensionnalité et structure de l'espace des traits des espèces.....	85
3.2.3.2	Distinguer la tropicalisation de la déboréalisation au sein des communautés	86
3.2.3.3	Rareté fonctionnelle des communautés de poissons du Nord-est Atlantique	87
3.2.3.4	Les poissons récifaux assurent des rôles écologiques universels à travers les océans	88
3.2.3.5	Protéger l'océan pour la biodiversité, l'alimentation et le climat .....	90
3.2.4	Les observations en appui aux travaux de recherche .....	91
3.2.5	Contribution aux avis/expertise.....	92
3.2.5.1	Expertise internationale.....	92
3.2.5.2	Expertise nationale .....	93
3.3	THEME3 : FLOTTILLES, EXPLOITATION ET SCENARIOS DE GESTION .....	94
3.3.1	Outils et méthodes d'évaluation et de diagnostic des ressources.....	95
3.3.2	Productivité des fronts océaniques à méso-échelle et opportunités de pêche locales dans les eaux européennes. ....	96
3.3.3	Evaluation de stratégies/scénarios de gestion dans un contexte de changement global	98
3.3.3.1	Productivité et changement des poissons et céphalopodes dans l'océan Austral	98
3.3.3.2	Les impacts des changements climatiques en Baie de Seine : Forçage d'un modèle trophique spatialisé avec les prédictions d'un modèle de niche .....	100
3.3.3.3	Quels sont les implications du changement des points de référence pour la durabilité de la pêche ?.....	101
3.3.3.4	Comparaison de mesures de gestion alternatives pour une meilleure application de l'obligation de débarquement en Manche orientale (Projet DiscardLess)	102
3.3.3.5	Ciblage et rejets d'espèces commerciales dans les pêcheries mixtes (Projet DiscardLess).....	103
3.3.4	Les observations en appui aux travaux de recherche et l'appui à la politique publique	104
3.3.4.1	Organisation des flux de données au niveau européen .....	104
3.3.4.2	Enquêtes d'activité des navires .....	106
3.3.4.3	Enquêtes économiques .....	107

3.3.5	Contribution aux avis/expertise.....	107
3.3.5.1	Expertise internationale.....	107
3.3.5.2	Pilotage scientifique du descripteur D3 de la DCSMM.....	110
3.3.5.3	Récapitulatif des diagnostics pour les stocks de Manche et mer du Nord ..	111
3.3.5.4	Expertise nationale .....	115
3.3.5.5	Avis rendus par l’Ifremer impliquant du personnel HMMN .....	117
<b>4</b>	<b>Perspectives de l’année N+1.....</b>	<b>118</b>
4.1	Mouvements de personnel.....	118
4.1.1	Personnel permanent .....	118
4.1.2	Doctorants et post-doctorants.....	118
4.1.3	Etudiants en contrat d’apprentissage.....	118
4.1.4	Personnel en CDD.....	118
4.2	Politiques de site.....	118
4.2.1	Hauts de France.....	118
4.2.2	Normandie.....	119
4.3	Projets de recherche.....	120
4.3.1	Projets acceptés et démarrant en 2021 .....	120
4.3.1.1	Projet MAESTRO .....	120
4.3.1.2	Projet SAR.....	120
4.3.1.3	Projet CARPARC.....	121
4.3.1.4	Projet IPREM .....	121
4.3.1.5	Projet CPER IDEAL 2021-2027 .....	122
4.3.1.6	Projet FORESEA2050 (AAP AMII de la DS).....	123
4.3.1.7	Projet ACCOBIOM (Contribution à la Convention AFD) .....	123
4.3.1.8	Projets en collaboration avec la Nouvelle Zélande, dans le cadre des travaux sur les parasites.....	123
4.4	Moyens d’observation .....	124
4.4.1	Cellule d’appels à données CREDO .....	124
4.4.2	Plateaux techniques .....	124
4.4.2.1	Pôle de sclérochronologie .....	124
4.4.2.2	Pôle de Taxinomie et d’Ecologie du Zooplancton .....	124
4.4.2.3	Plateforme trophique .....	125
4.4.2.4	Campagnes à la mer .....	125
4.5	Avis et expertises.....	126
4.6	Innovation.....	126
<b>5</b>	<b>Annexe 1: Production scientifique et technologique (2021) .....</b>	<b>127</b>

<b>6</b>	<b>Annexe 2: Implication dans la formation (par la recherche)</b> .....	<b>137</b>
6.1	Formations données .....	137
6.2	Participation à un jury de thèse ou HDR .....	137
<b>7</b>	<b>Annexe 3: Partenariats</b> .....	<b>138</b>
<b>8</b>	<b>Annexe 4: Fonctions de représentation assurées dans les instances régionales, nationales, européennes ou internationales</b> .....	<b>140</b>

## 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 2021 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 2021, 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,



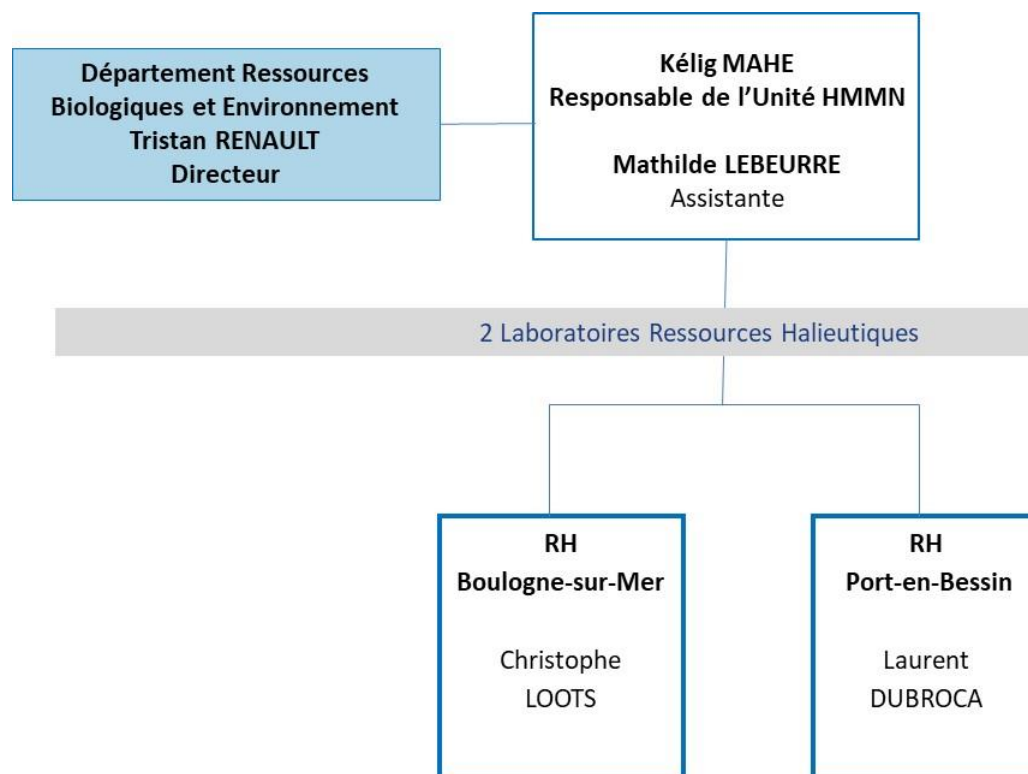




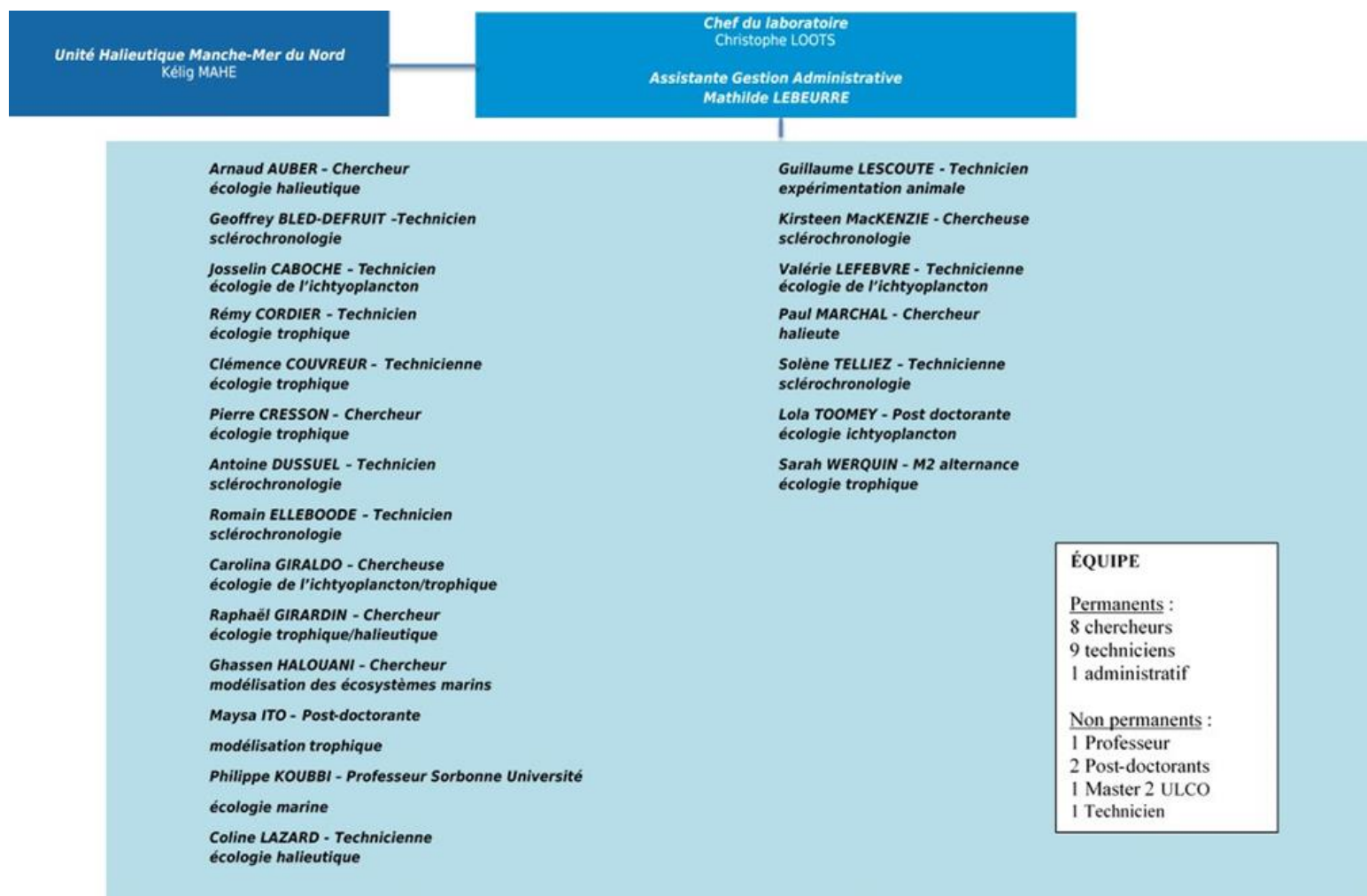
## 2 Moyens et effectifs

### 2.1 Organisation de l'unité

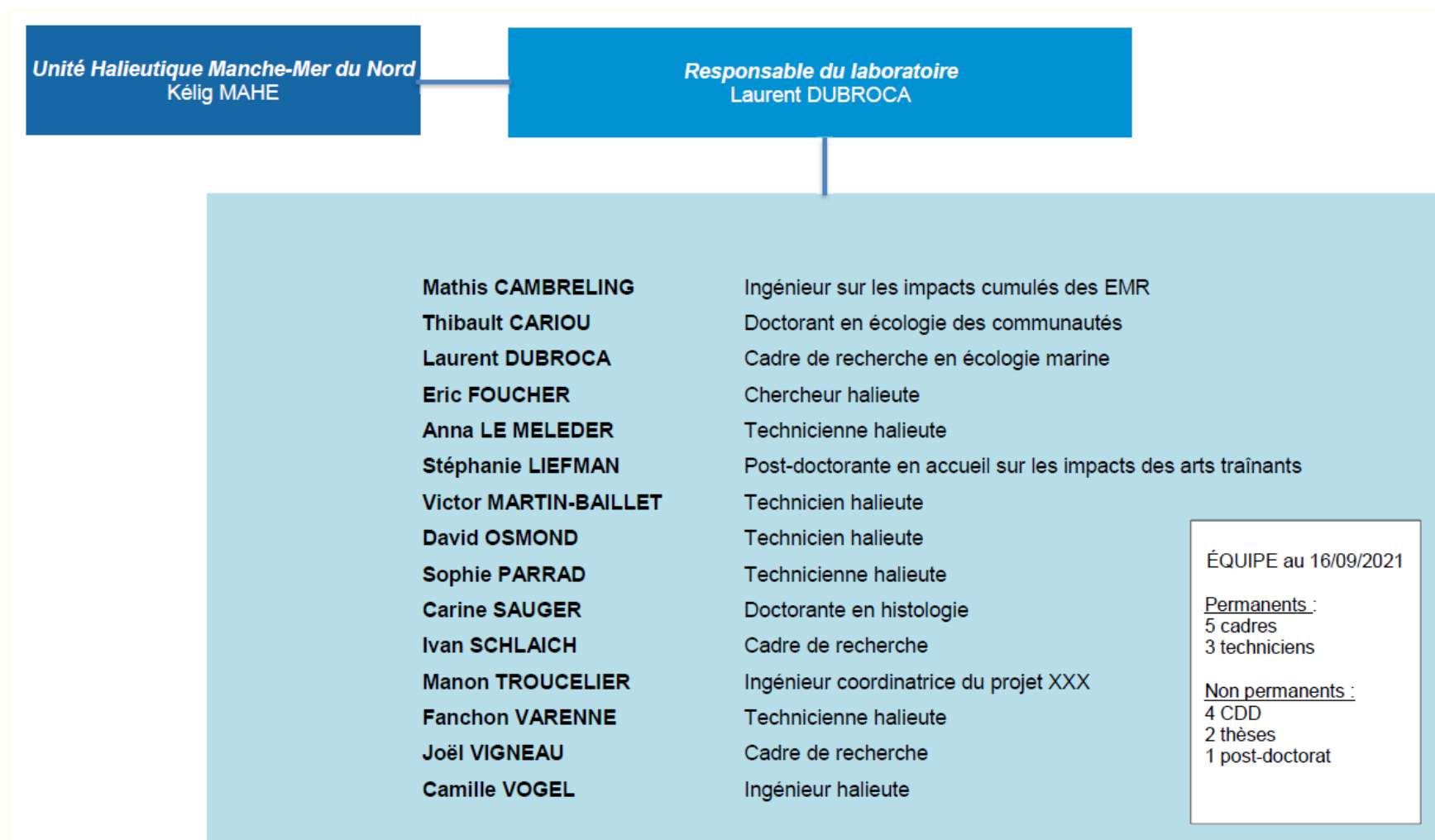
L'organigramme de l'Unité HMMN est présenté ci-dessous.



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 31/12/2021, l'unité était composée de 28 permanents et 19 non-permanents soit un total de 47 personnes. En 2021, 2 permanents sont sortis des effectifs et à l'inverse, 1 permanent est arrivé donc en 2021, l'unité HMMN a perdu 1 permanent par rapport à 2020.

Il est à noter qu'en 2021, les 2 chefs de laboratoire et le chef d'unité ont tous changés suite à la fin des mandats des personnes en poste.

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)	12 (dont 1 HDR)
- ingénieurs recherche et développement	4
Soutien à la recherche	
- ingénieur	
- technicien	12
- appui opérationnel	
Fonctions support	
- gestionnaire	
- direction	1
Personnel non permanent* (dont 0 % en UMR)	En ETP : 19
- CDD	6
- Contrats en alternance	1
- Doctorants (dont étrangers)	5 (dont 2 étrangers)
- Post-doctorants (dont étrangers)	2 (dont 1 étranger)
- Professeurs rattachés	1
- Personnel en accueil	4
- Chercheurs étrangers invités	0
- Intérimaire	1

\* présents au 31/12/2021

Tableau de l'évolution des effectifs.

Nom	date de départ	date d'arrivée	Raison du mouvement (retraite, MI, CSS, recrutement...)	catégorie	compétence(s)
COPPIN FRANCK	06/2021		Retraite	Ingénieur	Halieute
TRIBOUILLOY Karine	07/2021		Licenciement	Technicienne	Sclérochronologie
LESCOUTE Guillaume		11/2021	Recrutement (remplacement de K. Tribouilloy)	Technicien	Sclérochronologie

### 2.2.1 Personnel permanent de l'unité HMMN

Nom	Prénom	Service	Poste
-----	--------	---------	-------

AUBER	Arnaud	LRHB L	Chercheur en écologie/environnement
BLED- DEFRUIT	Geoffrey	LRHB L	Technicien spécialisé en sclérochronologie
CABOCHE	Josselin	LRHB L	Technicien spécialisé dans l'ichtyoplancton
CORDIER	Rémy	LRHB L	Technicien Réseaux Trophiques
CRESSON	Pierre	LRHB L	Chercheur en écologie/environnement
CURE	Clémence	LRHB L	Technicienne Réseaux Trophiques
DUBROCA	Laurent	LRHPB	Responsable du laboratoire LRHPB
DUSSUEL	Antoine	LRHB L	Technicien spécialisé en sclérochronologie
ELLEBOODE	Romain	LRHB L	Technicien spécialisé en sclérochronologie
FOUCHER	Eric	LRHPB	Chercheur en halieutique
GIRALDO	Carolina	LRHB L	Chercheuse en écologie/environnement
GIRARDIN	Raphael	LRHB L	Chercheur en écologie/environnement
HALOUANI	Ghassen	LRHB L	Chercheur en écologie/environnement
LAZARD	Coline	LRHB L	Technicienne halieute
LEBEURRE	Mathilde	LRHB L	Assistante du laboratoire LRHBL
LEFEBVRE	Valérie	LRHB L	Technicienne spécialisée dans l'ichtyoplancton
LESCOUTE	Guillaume	LRHB L	Technicien spécialisé en sclérochronologie
LOOTS	Christophe	LRHB L	Responsable du laboratoire LRHBL
MACKENZIE	Kirsteen	LRHB L	Chercheuse en écologie/environnement
MAHE	Kélig	LRHB L	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	LRHB L	Technicienne spécialisée en sclérochronologie
VARENNE	Fanchon	LRHPB	Technicienne halieute
VERIN	Yves	LRHB L	Ingénieur en halieutique
VIGNEAU	Joël	LRHPB	Ingénieur en halieutique
VOGEL	Camille	LRHPB	Ingénieure en halieutique

présents au 31/12/2021

### 2.2.2 Personnel temporaire de l'unité HMMN

Nom	Prénom	Service	Poste
WERQUIN	Sarah	LRHBL	Contrat de professionnalisation (M2)
AMELOT	Morgane	LRHPB	Ingénieure
TROUCELIER	Manon	LRHPB	Ingénieure
ITO	Maysa	LRHBL	Post-doctorante
TOOMEY	Lola	LRHBL	Post-Doctorante
KERSAUDY	Thibaut	LRHBL	Technicien
LESCOUTE	Guillaume	LRHBL	Technicien
CHARPAGNE	Léa	LRHBL	Technicienne
LE MELEDER	Anna	LRHPB	Technicienne

présents au 31/12/2021

### 2.2.3 Accueil de personnels d'autres laboratoires et organismes

Nom	Prénom	Service	Titre
MERLAND	Camille	LRHBL	Ingénieure CDD TAAF
KARAZIEWICZ	Stéphane	LRHBL	Intérimaire Chercheur écologie /environnement
LIEFMANN	Stéphane	LRHPB	Post doctorante de l'Organisation des Pêcheurs Normands (OPN)
KOUBBI	Philippe	LRHBL	Professeur à Sorbonne Université
ABDAOUI	Amel	LRHBL	Enseignant/Doctorant, Faculté de Monastir, Tunisie
HMILA	Wadji	LRHBL	Enseignant/Doctorant, Faculté de Monastir, Tunisie
THELLIER	Marion	LRHBL	Stagiaire Master 2 TAAF
ANDRIALOVANIRINA	Nicolas	LRHBL	Stagiaire Master 2 OP From Nord

présents au 31/12/2021

### 2.2.4 Accueil de doctorants en 2021

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 larves de hareng ( <i>Clupea harengus</i> ) : une approche expérimentale multi-stress	Directeur de thèse : Paul Marchal, RHBL Co-directeur : Carolina Giraldo, RHBL
MORELL	Alaia	LRHBL	Dynamiques éco-évolutives et scénarios de la biodiversité face	Directeur de thèse : Paul Marchal, RHBL



			au changement global en mer du Nord	Co-directeur : Bruno Ernande, 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), Christophe Loots (RHBL), Philippe Soudant (UMR LEMAR), Marie Vagner (UMR LEMAR), Sébastien LEFEBVRE (UMR LOG), Cédric Meunier (AWI)
CARIOU	Thibault	LRHPB	Des nourriceries de la baie de Seine aux populations exploitées : approche empirique et modélisation spatio-temporelle de leurs liens statistiques	Directeur de thèse : Nicolas Bez, IRD Co-directeur : Laurent Dubroca, RHPB
SAUGER	Carine	LRHPB	Maturité objective des poissons par l'histologie quantitative	Directrice de thèse : Kristell Kellner, Université de Caen Co-directeur : Laurent Dubroca, RHPB
VOGEL	Camille	LRHPB	Diagnostic de l'efficacité des politiques de planification spatiale maritime mises en œuvre en Manche-est en termes de fonctionnalités halieutiques dans le contexte de l'implantation d'une nouvelle activité, les EMR : Approche intégrée par la modélisation trophique des communautés	Directrice de thèse : Anik Brind'Amour, Ifremer ; co-directrice : Nathalie Niquil, Université Caen.
BALLUTAUD	Marine	Université de Lille	Exploration des incertitudes isotopiques en écologie au moyen d'une approche de modélisation trophique	Directeur de thèse : Sébastien Lefebvre, Université de Lille Co-directeur : Paul Marchal, RHBL

présents au 31/12/2021

### 2.2.5 Accueil de stagiaires en 2021

Nom	Prénom	Formation	Université/Ecole	Début	Fin	Sujet	Tuteur
DJIAN	Valentin	Master 1	Sorbonne Université	19/04	11/06	Assemblage des poissons stomiiformes dans le subtropical et subantarctique indien	C.LOOTS et P. KOUBBI

DUBOS	Thomas	Master 1	ULCO	19/04	25/06	Effet de la température de l'eau sur la forme des otolithes de Bar européen ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) au stade larvaire	K. MAHE
BOUTIN	Kévin	Master 2	ULCO	18/01	25/06	Variations interannuelles de la condition lipidique chez les larves de hareng en Manche Est	C.GIRALDO
COULON	Noémie	Master 2	Université Sorbonne	18/01	11/06	Functional rarity of the Northeast Atlantic coastal fish communities	A. AUBER
HAMONIAUX	Juliette	Master 2	Université Côte	18/01	17/06	Comparaison de mesures alternatives pour une meilleure application de l'Obligation de Débarquement en Manche Orientale	M. TRAVERS, P. BOURDAUD, P. MARCHAL, Y. VERMARD

### 2.3 Démarche Qualité ISO 9001

Le management de la qualité a pour but de créer de la valeur pour l'Ifremer par la satisfaction des besoins et des attentes de ses parties intéressées pertinentes (PIP). La confiance ainsi obtenue contribue aux performances durables de l'institut.

La pérennité et le succès de l'Ifremer dépendent aujourd'hui de sa capacité à mettre en œuvre son **projet d'institut** qui vise à affermir sa position comme acteur national et international de référence au service des océans et de la société.

Pour assurer la satisfaction de ses PIP, obtenir leur confiance et la conserver, les engagements de l'Ifremer, indiqués au niveau de sa politique qualité sont les suivants :

- Assurer l'écoute et la satisfaction de nos clients
- Respecter nos engagements envers eux (contrats, conventions, ...)
- Optimiser l'emploi de nos moyens expérimentaux et navals
- Améliorer nos résultats au niveau scientifique, technologique et fonctionnel

Le 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.

Pour rappel, les processus métiers suivants sont déployés sur le Centre Manche Mer du Nord :

- P3 : Programmer et conduire les projets de recherche
- P6 : Exploiter, maintenir et développer les moyens instrumentaux et maîtriser les appareils de mesure
- P7 : Observer l'environnement littoral et les ressources biologiques
- P9 : Produire des expertises et fournir des avis.

L'implication de chacun est un élément clé de l'efficacité et donc du succès de la démarche.

L'année 2021 a été rythmée par plusieurs temps forts, dans lesquels l'unité s'est mobilisée.

- Réunions qualité (format visio-conférence : 2h30)  
Rappels généraux démarche qualité, nouveautés processus, échanges sur les pratiques, remontées d'informations au pilotage des processus le cas échéant, préparation des audits :



- Organisation de rencontres sur site avec les scientifiques de l'unité : 24-25 novembre 2021. Le format « mini-audits » a permis de poursuivre le déploiement qualité en s'appuyant sur les activités de l'unité, avec la contribution des équipes :

- **Processus P6** : utilisation de l'outil LabCollector dans les activités du laboratoire RH/BL pour les besoins du P6 et les autres applications (équipements laboratoire, aquarium, échantillons campagnes).

- **Processus P7** : cas concret, avec déroulé des réseaux, de la collecte d'échantillons à la bancarisation. Discussion sur l'organisation du SIH et l'inclusion de ses différents modules dans le laboratoire RH/BL et le P7 afin de faire le lien avec les campagnes et différents pôles thématiques du labo. Organisation d'ateliers pour observer le devenir des échantillons collectés par pôle : campagnes, sclérochronologie, écologie trophique et halieutique, zooplancton.

- Autres contributions

- Processus P6

- Production de tutoriels pour l'utilisation de LabCollector. Initialement réalisés pour les besoins de l'unité, ils ont été validés par le pilotage du P6 et mis en ligne sur l'intranet qualité du processus, dans la rubrique Suivi des connaissances.
- Contribution à la rédaction d'un contenu pour positionner la future page LabCollector sur Planète IFREMER (projet maquette).

#### - Processus P9

- Participation à la revue de processus du 10 mai 2021.
- Proposition de créer un modèle de courrier pour l'archivage anonymisé dans Archimer. Le document est disponible sur l'intranet qualité du processus, dans la rubrique Documents de référence internes.

- **Sensibilisation des nouveaux arrivés**  
 7 mai – 26 août – 25 octobre – 04 novembre  
 En 2021, douze personnes accueillies dans les deux laboratoires de l'unité ont participé à l'une des sessions, d'une heure trente.  
 Les points suivants sont abordés :

Présentation des nouveaux arrivés et leurs activités	Information sur ce qu'est une démarche qualité et comment elle est mise en œuvre à l'institut	Savoir se situer dans cette organisation, connaître les dispositifs en place et comment s'impliquer
--	---	---

#### ➤ Audits ISO 9001 V2015

##### **Audits internes - Port-en-Bessin : 2-3 juin 2021**

Participation des responsables d'unité et laboratoires

**Processus P7**  
 Pilotage et déploiement  
 (HMMN/RH-PEB et LERN)

- Aucune non-conformité
- Points sensibles : activités HMMN non concernées
- Points forts : bonne connaissance générale du SMQ - Forte implication des deux départements scientifiques (ODE et RBE) dans le processus, via l'intégration des coordinateurs réseaux aux revues de processus

**Processus P9**  
 Pilotage et déploiement  
 (HMMN/RH-PEB et LERN)

- Aucune non-conformité, ni point sensible.
- Points forts : bonne connaissance générale du SMQ - Très bonne connaissance et application du SP1 du processus P9

## Audit externe de renouvellement - Boulogne : 4-5 octobre 2021

**Processus P3**  
Déploiement  
DAJF en soutien

- Aucune non-conformité, ni point sensible
- Points forts : critères de suivi des projets – Suivi budgétaire - Maîtrise pilotage projets – Structuration répertoires documentaires des projets.

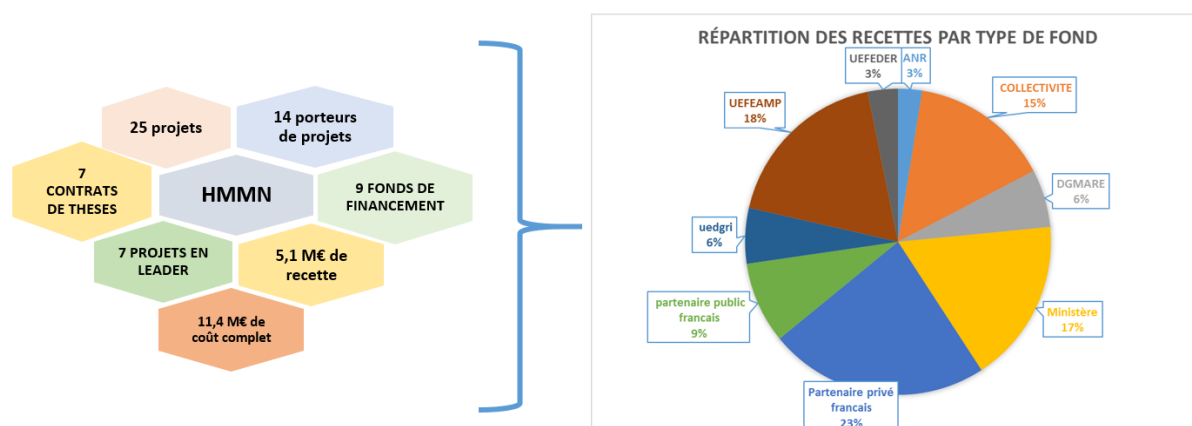
En soutien pour les audits  
des processus P6 et P9

Le plan prévisionnel des audits en 2022 est

- ✓ audits internes : équipe Boulogne-sur-Mer
- ✓ audits externes : équipe Port-en-Bessin

### 2.4 Sources de financement

Un bilan des sources de financement de 2015 à 2021 a été réalisé par E. Delpierre.



Il montre une répartition des financements provenant de 3 sources que sont les projets d'appui à la puissance publique (47%), les projets de recherche (32%) et les projets recherche et innovations (21%).

### 2.5 Equipements, moyens matériels

#### 2.5.1 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 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 2021, les appels à données ont pu être honorés, pour la plupart dans les temps impartis. A titre exceptionnel et pour combler des lacunes de personnel, en 2021 l'unité HMMN a pris en charge la révision de la série historique du marlin bleu pour la CICTA avec l'écriture d'un document scientifique explicitant comment la nouvelle série avait été recalculée et l'unité a aussi recruté une CDD de 4 mois pour un remplacement de congé maternité de la coordinatrice opérationnelle (en poste à HISSEO).

### 2.5.2 Les campagnes à la mer

L'unité HMMN joue un rôle moteur dans la planification et l'organisation des campagnes halieutiques, que ce soit dans le cadre national du SIH ou de la Commission Nationale de la Flotte Côtière (CNFC), ou dans le cadre international du Groupe de Travail du CIEM WGIBTS. L'Unité HMMN intervient en tant qu'animateur logistique des campagnes, et participe au soutien des responsables de campagnes dans l'analyse et le traitement de leurs données, à l'assistance à la maîtrise d'ouvrage dans la mise en place de logiciels centralisés, et aux développements et la maintenance d'outils de gestion et de restitutions. De plus, pour les campagnes qu'elle pilote, l'équipe de l'unité HMMN participe activement à la production d'indicateurs de communauté et de populations. En 2021, l'Unité HMMN a piloté de nombreuses campagnes récurrentes financées par l'EU-MAP (CGFS, IBTS), le FEAMP (COMOR), IGA (CRUSTAFLAM, ZOOFLAM, NOURMONT), 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.

#### 2.5.2.1 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 2020, en raison de la crise sanitaire liée à la COVID-19, la réunion s'est tenue par visioconférence, du 12 au 16 avril 2021. Le groupe de travail a réuni un total de 40 participants venant de 11 pays européens.

Comme les années précédentes, le rapport du groupe de travail (\*) synthétise les dernières campagnes réalisées en 2020 et début 2021 et présente un résumé des principaux résultats. Le groupe a également travaillé à la préparation des nouvelles campagnes pour la période 2021-

2022. Malgré les mesures COVID et le mauvais temps, la plupart des campagnes ont pu effectuer la majorité des opérations prévues. Un retard dans la soumission du formulaire de demande pour la campagne CGFS20 française a eu pour conséquence qu'aucune autorisation n'a été fournie pour le chalutage dans les eaux britanniques. Ainsi, seulement 70% des stations ont été réalisés. Des problèmes liés à l'obtention des autorisations britanniques ont également été rencontrés lors des autres campagnes. Par conséquent, l'IBTSWG s'est penché plus en détail sur la question des permis et a émis une recommandation auprès du CIEM pour traiter cette question.

Parmi les sujets abordés, les principaux étaient les suivants :

- les résultats relatifs aux essais en mer pour le développement d'un nouveau chalut ont été présentés ; ce sujet a été traité plus en détail lors d'un atelier organisé durant le dernier trimestre 2021 (WKFDN).
- des algorithmes spécifiques aux campagnes ont été développées pour combler le manque de données nécessaires au calcul de la surface chalutée et par conséquent à la pondération des indices d'abondances. Ce travail finalisé et synthétisé dans un « flexfile » pour l'Atlantique Nord-Est est disponible via DATRAS ([https://datras.ices.dk/Data\\_products/Download/Download\\_Data\\_public.aspx](https://datras.ices.dk/Data_products/Download/Download_Data_public.aspx)) et s'ajoute à celui de la mer du Nord. Ces fichiers « flexfiles » peuvent être utilisés pour produire des indices de la zone balayée. Le travail sur ce sujet sera poursuivi lors d'un atelier début juin (WKSAB).
- Présentation d'une synthèse des résultats concernant i) les captures réalisées lors de chalutages de durées inférieures aux durées standards (moins de 20 minutes) et ii) les captures relatives aux « traits zéro minutes » (cad traits permettant d'évaluer l'effet non désiré de la phase de filage et de virage sur l'estimation des captures).
- L'invitation des membres des groupes d'évaluation, WGNSSK et WGEF, a permis de discuter de différents sujets pertinents pour les différents groupes. Cette initiative a été bien accueillie et a permis de résoudre un problème de longue date, à savoir le manque de communication entre les groupes.
- Une communication a été réalisée par le RCG concernant le processus d'échantillonnage pour collecter de manière cohérente les informations sur le régime alimentaire d'un grand nombre d'espèces capturées par les campagnes IBTS.
- des sessions ouvertes dédiées à la présentation de résultats scientifiques ont permis d'avoir un aperçu de quelques travaux réalisés ou en cours de développement sur les campagnes: nouveaux outils d'observation (règles et logiciels) sur la campagne irlandaise ; analyse des facteurs environnementaux de limitation de la croissance en mer du Nord ; approches eDNA développées sur EVHOE ; analyse de la rareté fonctionnelle en mer du Nord ; évaluation du parasitisme et de la condition des églefins en mer du Nord.

Le rapport du groupe de travail est disponible à l'adresse suivante: <https://www.ices.dk/community/groups/Pages/IBTSWG.aspx>

#### 2.5.2.2 Développements informatiques

Dans le cadre du départ en retraite de Franck Coppin, qui était en charge des développements et de la maintenance d'outils de bancarisation et traitement de données, il a été mis en production d'autres outils de type web pour palier à son départ et à la maintenance des outils existants. Le cycle de la donnée des paramètres biologiques (sous module du SIH Obsbio) utilise à ce jour

QRCodeGenerator, Imagine, Allegro campagnes, Icy, Uploader, SMARTDOTS, IndividualParameterDataExtract. Cette liste comprend 5 nouvelles interfaces, fruit du travail de plus d'un an (documentation sur Archimer). L'ensemble de ces outils ont pour objectif une centralisation des données dans la base nationale de l'Ifremer appelée Harmonie pour faciliter la transversalité et l'homogénéisation des données et référentiels. Les demandes d'évolution sont enregistrées à ce jour dans l'outil Youtrack pour permettre à l'équipe informatique ISI de tracer et qualifier ces demandes d'évolution dans le cadre du SIH.

Une interface web sur la maturité sexuelle a aussi vu le jour pour faciliter la discrimination des stades de maturité sexuelle dans un contexte de mise en application de la grille SMSF sur le plan national.

Concernant les besoins d'outils de gestion hors SIH, HMMN s'est inscrit dans la démarche d'utiliser une instance Labcollector qui est une interface web de type LIMS (Laboratory Information Management System). Cette interface web déployée et maintenue par IRSI permet une gestion précise des données d'échantillons avec l'ensemble des interactions liées à ces échantillons dans un laboratoire (traçabilité, équipe archivage, cahier de laboratoire, produits, consommable projets...). Plus de 25 instances sont utilisées à ce jour à l'Ifremer dans différents laboratoires, cette interface s'intègre aux besoins du SI MORSE dans le cadre des obligations réglementaires sur les prélèvements biologiques. Des outils de contrôle et validations de la donnée sont en cours de développement. Les paramètres biologiques devraient profiter du projet Valparaiso–Obsbio fin 2022 pour fournir une interface web en R-shiny.

### 2.5.2.3 Campagne CGFS

Depuis 1989, la campagne CGFS est conduite tous les ans en octobre en Manche par le laboratoire HMMN afin de permettre la collecte au chalut de fond GOV (Grande Ouverture Verticale) de données scientifiques nécessaires à l'évaluation des stocks. Les données qui en sont issues (paramètres biologiques et biométriques, d'indices d'abondance en taille et/ou en âge) sont utilisées chaque année par les groupes de travail internationaux du CIEM, principalement WGNSSK (Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak), WGEF (Working Group on Elasmobranch Fishes) et WGCEPH (Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History), pour déterminer analytiquement l'état des stocks de la zone. La CGFS participe également à l'APP avec la collecte des données pour différents descripteurs DCSMM et constitue également un support considérable à de nombreux projet de recherche [Programme RECCRU, FORSEA, DEFIPEL, EMERTROPH, MEGASCOPE et DREAM (Devenir des Rejets de l'Air au fond de la Mer)], 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 CGFS 2021 s'est déroulée sur le N/O Thalassa du 16 septembre au 30 septembre pour la partie ouest de la Manche et du 2 au 18 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. Au cours de cette campagne, 50 traits de chalutage ont été réalisés au chalut de fond GOV 36/49 en Manche occidentale et 74 au chalut GOV 36/47 en Manche orientale dont 66 validés car le chalut a subi 4 avaries importantes, et en baie de Seine, nous avons colmaté 2 fois dans des zones à ophiures. Nous avons également dû annuler 2 stations du fait de la présence de matériel professionnel sur zone.



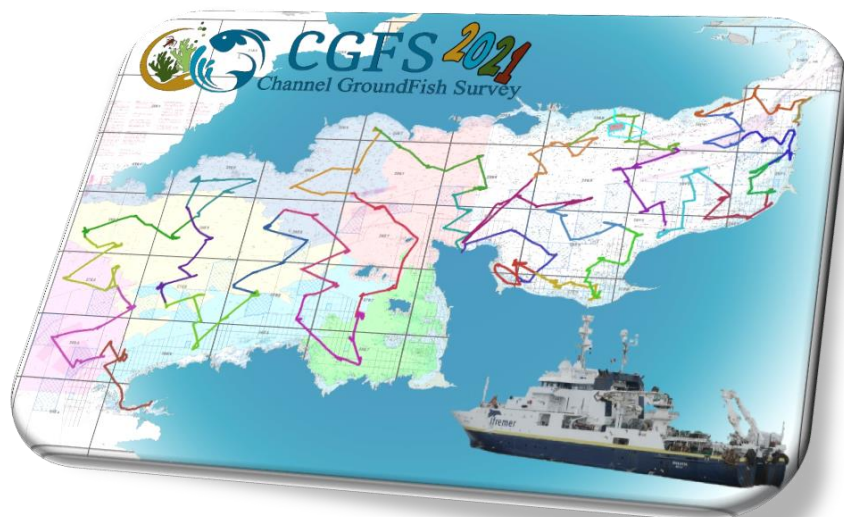


Figure 2.5.2.3.1. Parcours de la campagne CGFS 2021.

**Manche est** : L'abondance moyenne de poisson (au sens analytique du terme comprenant les céphalopodes et le benthos commercialisable tel que les crabes et certains bivalves) par trait est de 14579 individus et la biomasse moyenne s'élève à 432 kg par trait. Les espèces pélagiques telles que le chinchard (*Trachurus trachurus*) et le maquereau (*Scomber scombrus*) sont fortement dominantes en abondance, représentant respectivement 46% et 13% du nombre total d'individus capturés. Parmi les autres espèces, la sardine (*Sardina pilchardus*) est aussi très présente en abondance avec une dominance de 6 %. Les espèces démersales les plus abondantes sont le merlan (*Merlangius merlangus*) et la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*) avec respectivement seulement 1.7% et 1.03% de l'abondance globale. Concernant la dominance en poids, le maquereau et le chinchard représentent 62 % du poids total de poissons capturés cette année au cours de la CGFS 2021. Les espèces démersales ayant la plus forte dominance en poids, sont la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) et la raie bouclée (*Raja clavata*).

De manière générale la répartition géographique des abondances est bien corrélée à celle des biomasses. Les zones les plus importantes se situent principalement le long des côtes de Boulogne sur Mer à Dieppe, en baie de Seine et en baie de Rye côté anglais. On note également deux points au large de la baie de Seine, en limites des eaux anglaise, 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, on observe un décalage entre l'abondance et la biomasse dû à la capture d'individus de petite taille.

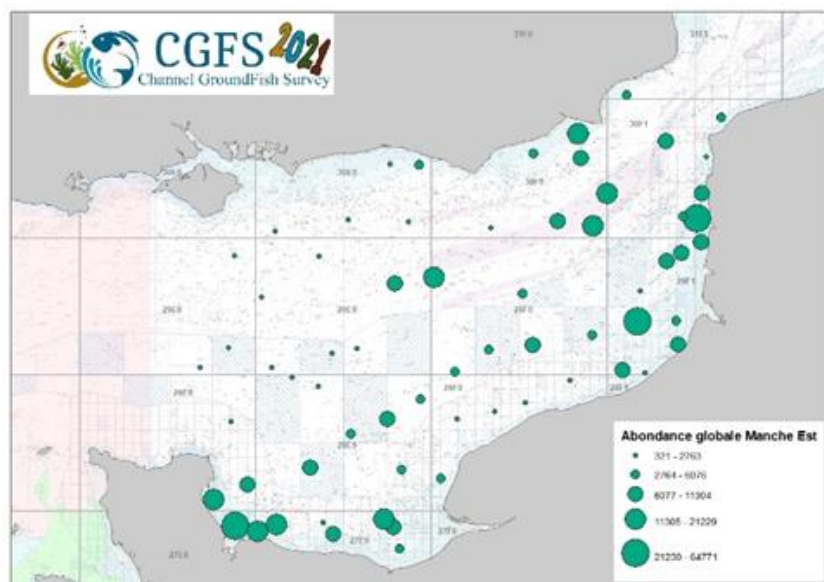


Figure 1.3.2. Abondance globale des poissons en Manche Est.

### Manche Ouest :

En 2021, l'abondance moyenne par trait en Manche ouest est de 17713 individus et la biomasse moyenne s'élève à 387 kg. Cette année, nous avons observé une abondance beaucoup plus élevée d'anchois (*Engraulis encrasicolus*) représentant 25% du nombre total d'individus capturés. Viennent ensuite, le sanglier (*Capros aper*) et le petit tacaud (*Trisopterus minutus*) représentant respectivement 18% et 16 % de la dominance en nombre. Le chinchard (*Trachurus trachurus*) a donc une plus faible dominance en nombre cette année et représente 15% du nombre d'individus total. Nous avons capturé assez peu de maquereau ce qui explique la valeur de 2%. Les espèces démersales ayant la plus forte dominance mis à part le petit tacaud, sont l'encornet veiné (*Loligo forbesii*) et le merlan (*Merlangius merlangus*) représentant chacun 2% du nombre total capturé.

Au niveau de la dominance en biomasse (Fig. 8b), on retrouve 2 espèces pélagiques, à savoir le chinchard (19.8%) et l'anchois (7%), mais aussi le sanglier (12%) et la sardine (*Sardina pilchardus*) (7%). Pour les espèces démersales, la biomasse est dominée par le petit tacaud (8%) puis apparaissent des espèces taille plus important comme le merlan (*Merlangius melangus*) (6%), la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) (3%), le saint-pierre (*Zeus faber*) (1.85%).

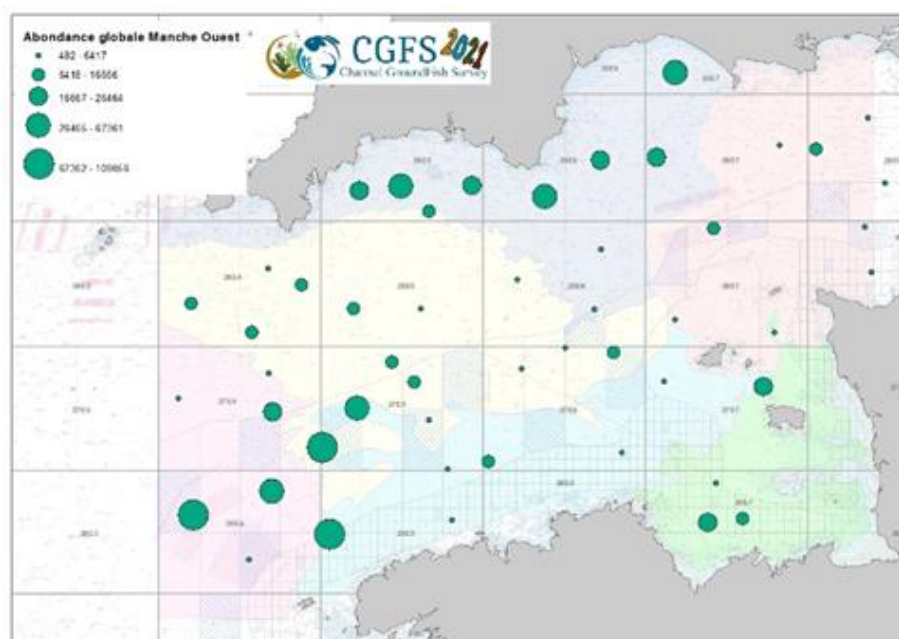


Figure 1.3.3. Abondance moyenne des poissons en Manche Ouest.

Bilan des prélèvements pour l'Hydrologie :

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Manta	20	19	Microplastiques DCSMM
WP2	71	142	Réseau trophique, Abondance zooplanctonique
Niskin à la surface	24 (+ 37 RECCRU)	21	Chlorophylle totale, MES, sels nutritifs, flore phytoplanctonique, Réseau trophique (isotopie)
SBE	68	76	Température, salinité, pH, Fluorescence, Par (irradiance), Oxygène, Turbidité, profondeur
MIK	40		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	50 + 8 essais racasseur	72 dont 6 invalides et 2 annulés	
Otolithes	885	1221	Fourniture d'indices d'abondance en âge
Mensuration	21165	25366	
APECS		273	245 Marquage de mustellus asterias, 6 Mustelus sp, 9 Raja clavata et 13 requins hà

ANSES		Prélèvement de sole, de bar et de leur proies	Evaluation des contaminant dans le réseaux trophique du bar et de la sole
IUEM	1000 petits tacauds 100 tacauds communs		Formation des étudiants
FORESEA - Sardines	140 sardines	115 sardines prélevées	Prélèvements de muscles de sardines
Manip FORESEA	18 espèces		Analyse diversité génétique (séquençage haut débit), multi-espèces
Manip Maturité		Prélèvements et photos	Coupe histologique pour la détermination des stades de maturité
DEFIPEL	2 échantillons	2 échantillons	
Prise de photos V.Badts	Scomber scombrus 150 R/V Trachurus trachurus 150 R/V Trisopterus luscus 50 R/V Sardina pilchardus 150 R/V		Fournir des images de références pour développer un algorithme de reconnaissance des taxons
Manip proies des phoques		Prélèvement en baie de seine et baie de Somme	

Acquisitions bathymétriques :

Appareil	Nombre		Utilisation
	Manche Ouest	Manche Est	
Sondeur ME70 et 2040	12	12	Développement des modèles physiques de description du fond

Observation MEGASCOPE :

Type d'observation	Nombre	
	Manche Ouest	Manche Est
Activité humaine	315	247
> Bouée de pêche	41	57
> Bateau	189	117
> Déchet	84	71
> Autre activité	1	2
Mammifère marin	47	5
Oiseau marin	732	1 736
Oiseau terrestre	17	120
Autres espèces de mégafaune (thonidés, élasmobranches...)	47	7
Individu mort (oiseau ou mammifère)	1	1
Autre	2	-

#### 2.5.2.4 Campagne IBTS

Le navire océanographie Thalassa II a quitté Boulogne-sur-Mer le 20 janvier 2021 pour démarrer l'échantillonnage en Mer du Nord (contrairement à la Manche habituellement), en commençant par les eaux néerlandaises et allemandes tout en attendant de recevoir l'autorisation de chalutage dans les eaux britanniques qui tardait à nous parvenir. Puis, à partir du 28 janvier, nous avons finalement été autorisés à poursuivre la mission dans les eaux anglaises. Au total, 46 traits de chalut et 88 stations MIK (œufs et larves) ont été effectués en mer du Nord. La Manche orientale a été couverte entre le 5 et le 8 février avec 10 traits de chaluts et 20 stations MIK. 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 2021 :

- Chalut de fond (GOV) : 56 stations dont 4 traits invalides
- Filet à larves (MIK) : 107 stations
- Stations hydrologiques et échantillonnage de zooplancton et phytoplancton: 58 stations.
- Observation des oiseaux et mammifères marins en Manche
- Enregistrement des données acoustiques
- Échantillons d'œufs : 213
- Les données environnementales de surface enregistrées en continu avec la FERRYBOX.

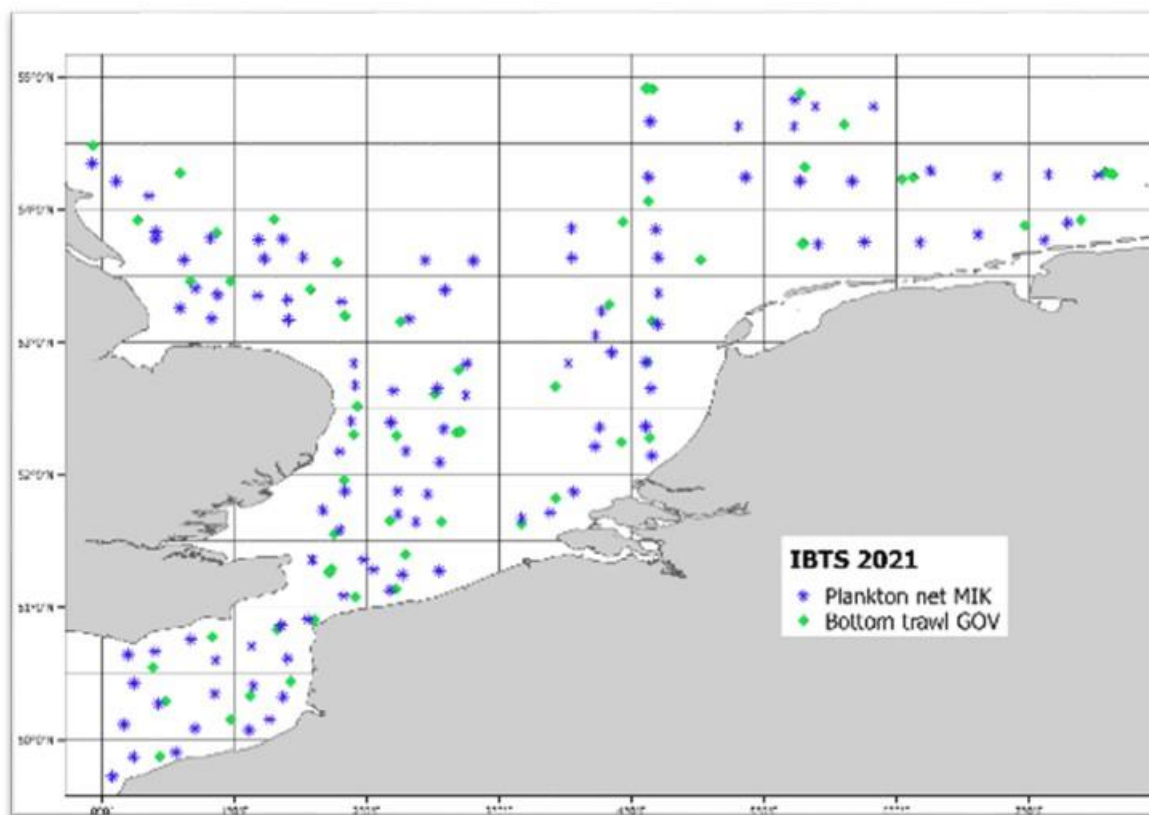


Figure 2.5.2.4.1: Zone échantillonnée par le N/O Thalassa II en 2021.

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®.

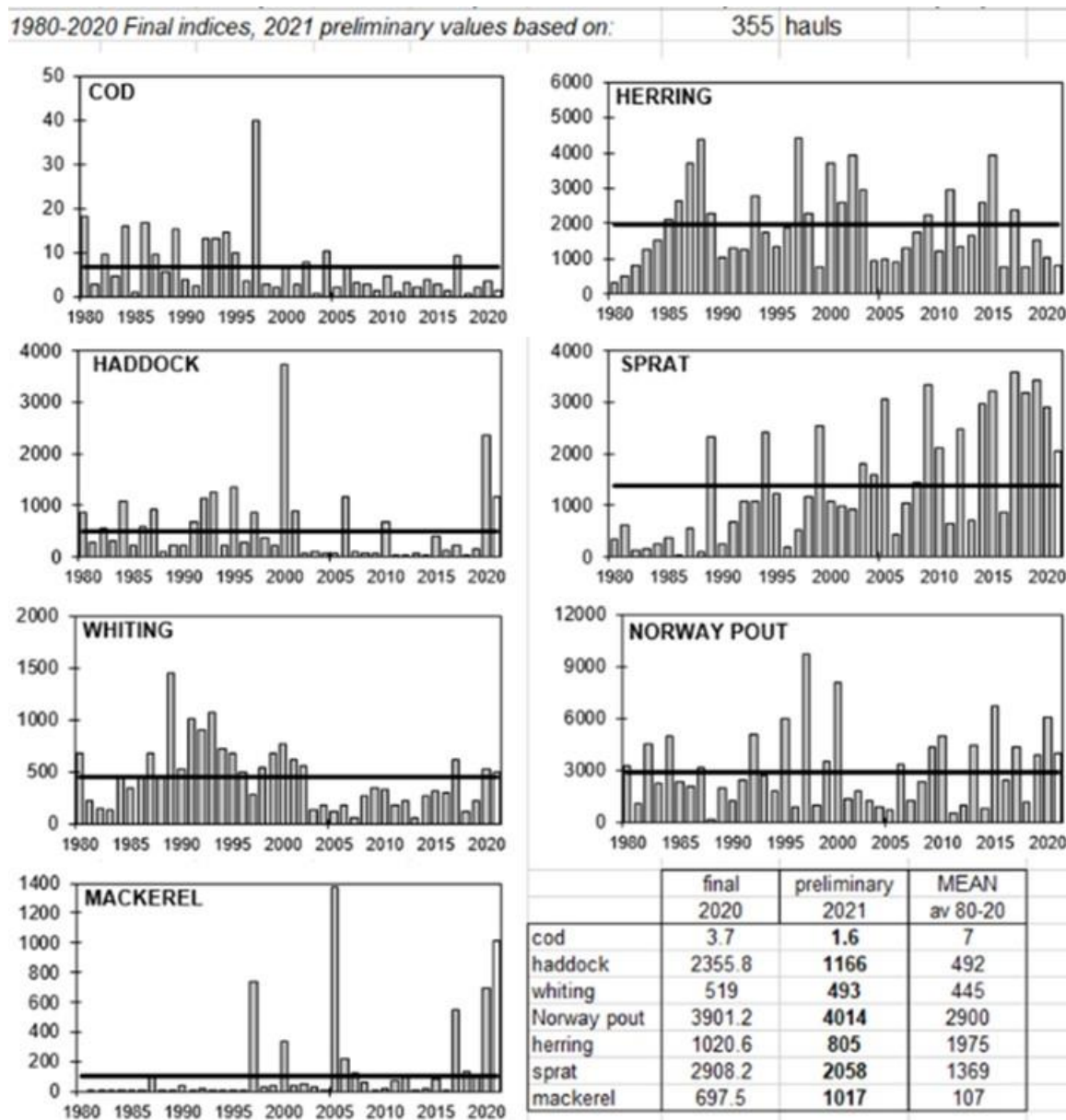


Figure 2.5.2.4.2 : Indices de recrutement (âge 1) calculés à partir des données des campagnes IBTS 2021. De 1980 à 2019 = indice final. Pour 2021 = indice préliminaire.

### 2.5.2.5 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 (Fig. 1), navire de la Flotte Océanographique Française (Fig. xxx.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 2.5.2.5.1 : Navire Océanographique Thalia.

En raison de la pandémie COVID-19, en 2020 toutes les campagnes de la Flotte Océanographique Française prévues entre le début du premier confinement (mi-mars 2020) et le 31 août 2020 avaient été annulées, dont la campagne COMOR2020 prévue initialement du 02 au 20 juillet 2020 sur le N/O Thalia. Une solution alternative avait été trouvée avec le CRPM Normandie, en affrétant pour 5 jours un navire professionnel de Dieppe, Le Tourville. La campagne COMOR2020 avait de ce fait été allégée, en se focalisant sur la baie de Seine *sensu stricto* a été prospectée (eaux territoriales situées à l'intérieur des 12 milles), et avec un plan d'échantillonnage restreint.

En 2021, les campagnes océanographiques françaises ont toutes repris, mais dans des configurations contraintes par les protocoles sanitaires en place, imposant un nombre plus faible d'embarquants scientifiques par rapport aux conditions normales. La campagne COMOR2021 a ainsi eu lieu aux dates habituelles des campagnes COMOR, du 3 au 21 juillet 2021, mais avec une équipe moins nombreuse qu'habituellement, ce qui a entraîné une limitation des travaux réalisés à bord.



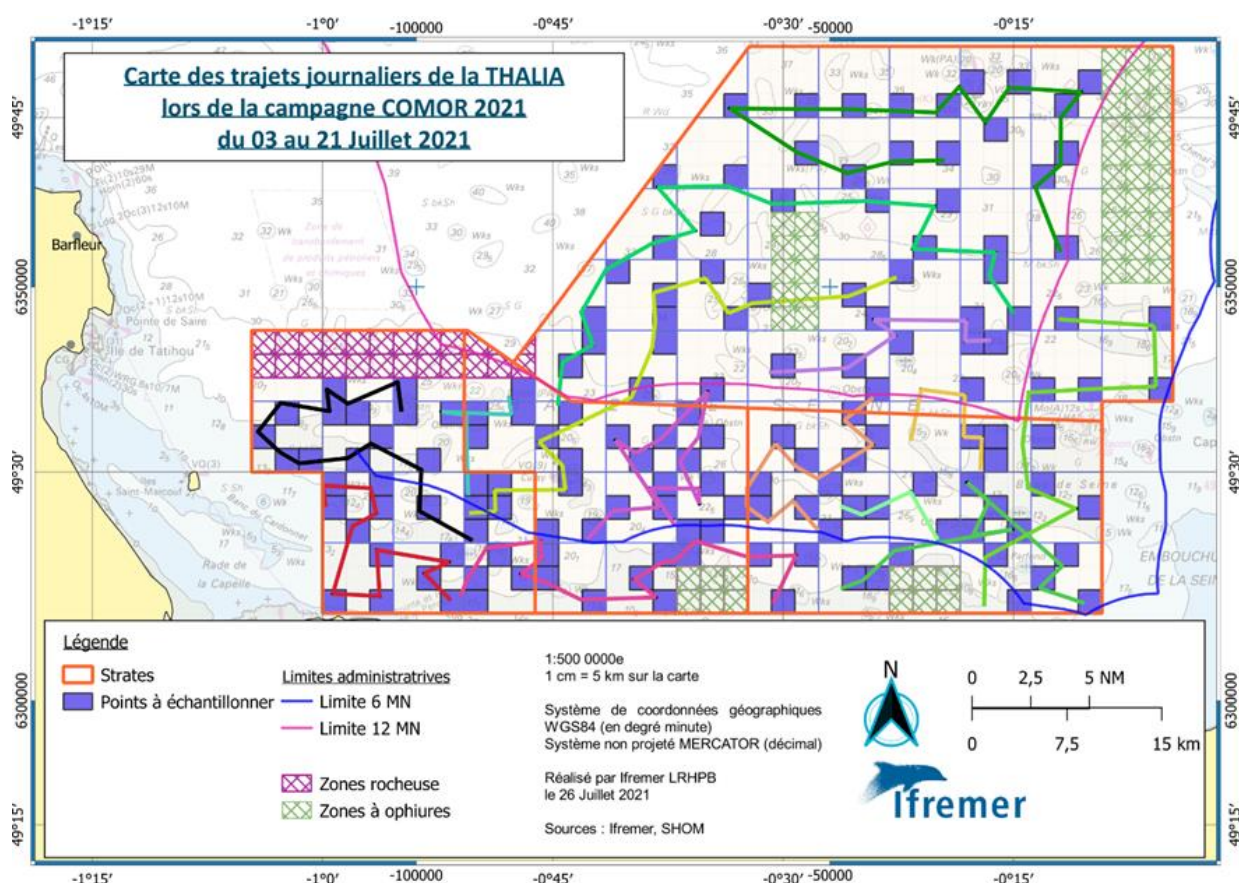


Figure 2.5.2.5.2 : Plan d'échantillonnage de COMOR2021 et traînes réalisées.

La campagne COMOR2021 a duré 15 jours de mer effectifs, avec des conditions météorologiques moyennes. Cette campagne a été marquée par un nombre importants d'avaries (essentiellement dues à l'usure des engins d'échantillonnage, qui seront entièrement révisés pour 2022), et surtout par la perte de la drague à petit maillage (50 mm) en fin de campagne (trait 140). Les points d'échantillonnage restants ont donc été effectués au cours des 2 derniers jours de campagne uniquement avec la drague à grand maillage.

Au total, 158 points d'échantillonnage ont été réalisés en baie de Seine et à l'extérieur de la baie de Seine (Fig xxx. 2), en respectant strictement le protocole d'échantillonnage. La couverture géographique de la zone est ainsi complète cette année.

Comme chaque année, nous avons procédé pour chaque trait au dénombrement et aux mensurations, par âge, de toutes les coquilles. La nature du fond prélevé est notée ainsi que son volume dans la drague. Par contre, en raison de l'équipe scientifique réduite en 2021, si l'ensemble des données relatives aux poissons commerciaux (biométrie, sexe, otolithes) a pu être collecté comme lors des campagnes habituelles, il n'a pas été possible de recueillir faute de temps les données concernant le macro benthos (détermination et dénombrement des espèces).

**La biomasse totale disponible potentielle en dehors de la baie de Seine** (lorsque l'ensemble de la cohorte 2019 sera arrivée à la taille minimale commerciale) **est estimée à 13645 tonnes**, en progression par rapport à 2017 (Tabl. 2.5.2.5.1 et Fig. 2.5.2.5.3). Elle se trouve majoritairement dans la partie de l'extérieur baie de Seine située au de la ligne Barfleur-Antifer (49°42N) avec 11335 tonnes, les 2310 tonnes restant sont au nord de cette ligne.

En raison du bon reliquat estimée en 2021, cette biomasse exploitable est constituée à 66% par des coquilles de 2 ans arrivant dans la pêcherie pour la première fois (9016 tonnes) et 34% de coquilles adultes d'âge supérieur à trois ans (ayant donc subi à minima une saison complète de pêche). La répartition par âge est ainsi un peu moins déséquilibrée qu'habituellement.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Biomasse (tonnes)	8788	29049	10486	4939	10779	15024	18783	7846	8873	11000	13645

Tableau 2.5.2.5.1 : Biomasse disponible dans le Proche Extérieur en juillet 2021.

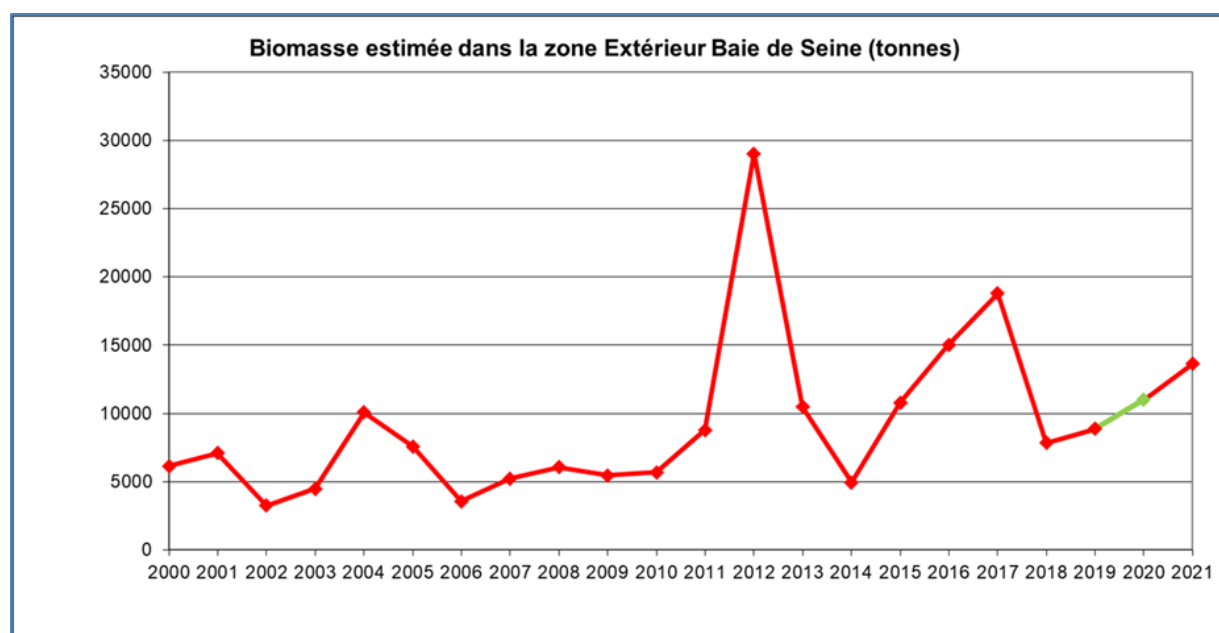


Figure 2.5.2.5.3: Biomasse exploitable disponible à l'extérieur de la Baie de Seine (Juillet 2021).

La **biomasse totale disponible en baie de Seine** (Tabl. 2.5.2.5.2 et Fig. 2.5.2.5.4) est estimée en 2021 à **67049 tonnes** (entre des valeurs minimale et maximale respectivement de 55690 t et 79928 t, pour un intervalle de confiance à 95%). La biomasse exploitable estimée en Baie de Seine atteint cette année la plus haute valeur observée sur la série historique, due à la conjonction d'une arrivée massive de coquilles de 2 ans cumulée avec le meilleur reliquat de pêche jamais observé. Elle dépasse ainsi le précédent record de 2018. Elle est 2,5 fois supérieure à la moyenne de la période 2010-2020 (27144 tonnes), et près de 9 fois plus élevée que la moyenne calculée entre 1998 et 2009 (7631 tonnes).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Biomasse (tonnes)	9989	17162	25389	16809	6027	14138	20334	48572	63581	23634	52949	67049

Tableau 2.5.2.5.2 : Biomasse disponible en Baie de Seine.

Le recrutement représente 70% de cette biomasse, le reliquat 30% (23% de coquilles de 3 ans et 7% de 4 ans et plus).

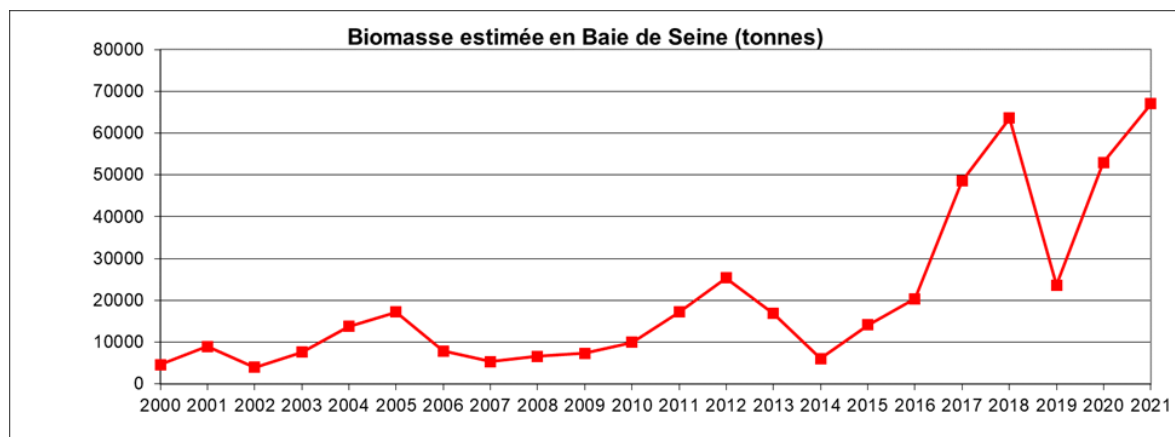


Figure 2.5.2.5.4 : Biomasse exploitable pour le gisement classé de la baie de Seine et pour l'extérieur de la baie de Seine de 2000 à 2021.

La répartition sur le fond de cette biomasse est relativement homogène entre les 3 zones de la baie de Seine (30083 t, 20417 t et 16548 t d'est en ouest), même si les zones les plus riches sont plutôt situées à l'est de la baie cette année (Fig. 2.5.2.5.5 et 2.5.2.5.6). 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 en 2018 et 2020, 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.

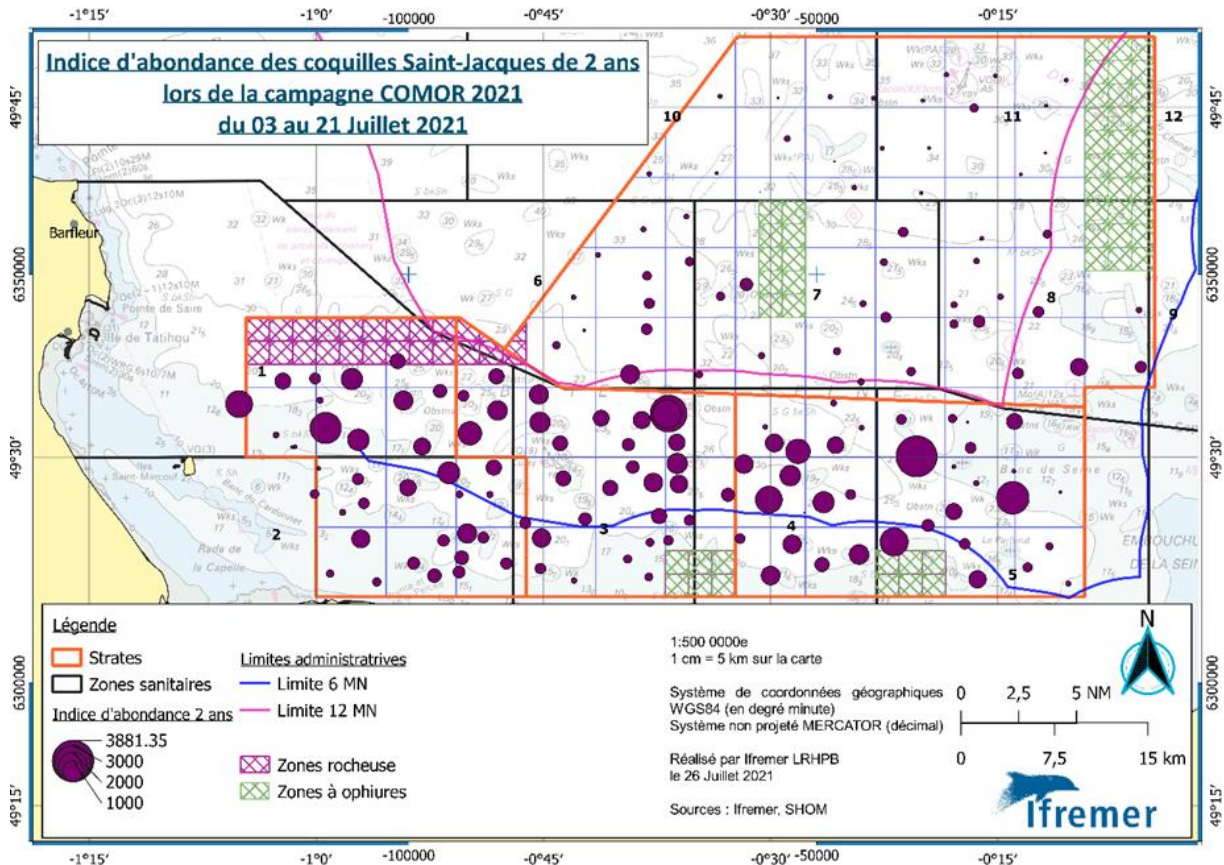


Figure 2.5.2.5.5 : Répartition des coquilles Saint-Jacques d'âge 2 (recrutement) en baie de Seine en juillet 2021.

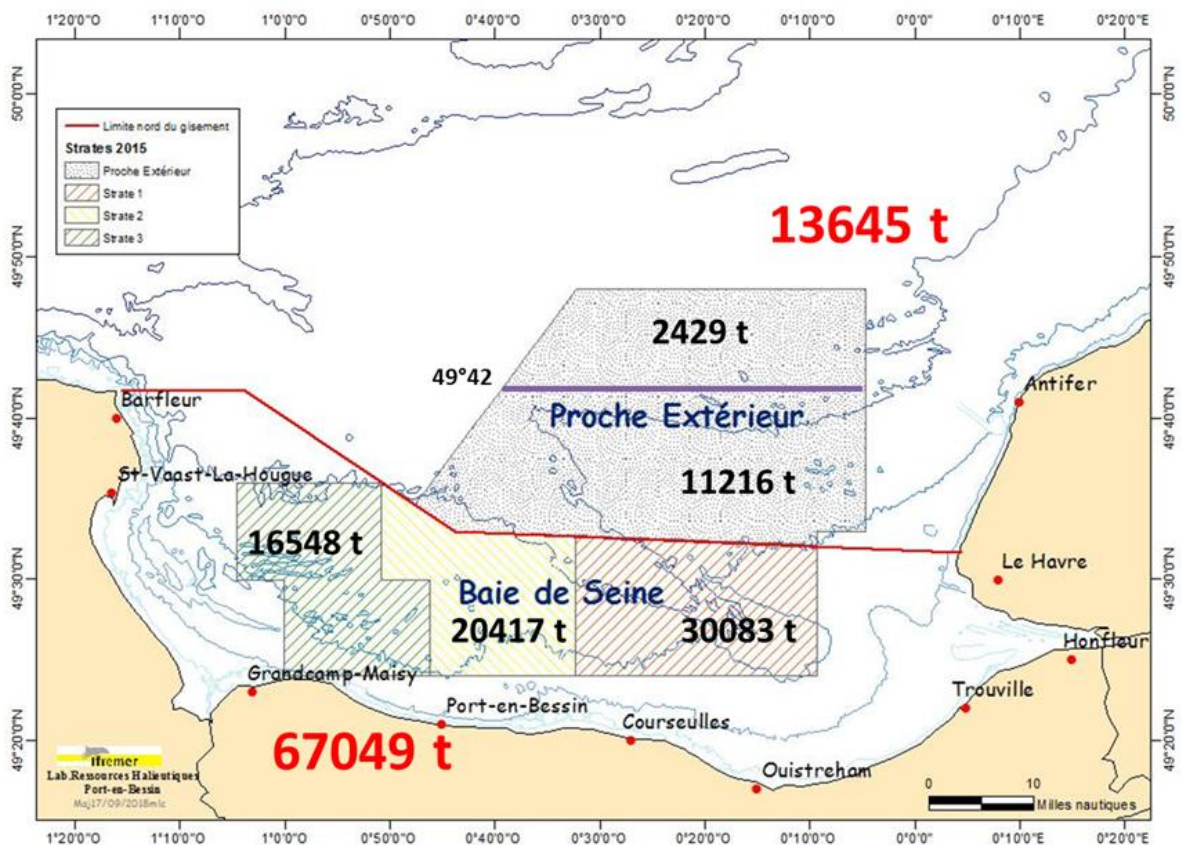


Figure 2.5.2.5.6 : Distribution géographique de la biomasse exploitable en baie de Seine en juillet 2021.

A l'issue de la campagne annuelle d'évaluation du stock de coquilles Saint-Jacques de la baie de Seine, le diagnostic 2021 de l'état du stock à l'extérieur de la baie de Seine indique :

1. Pour la septième année consécutive en baie de Seine, une cohorte 2020 (juvéniles de 1 an) à nouveau très abondante, présentant une répartition sur le fond relativement homogène en baie de Seine, même si les densités sont plus élevées dans la partie centrale. Le pré-recrutement est plus faible à l'Extérieur de la baie de Seine, toutefois il se situe à un niveau correct bien supérieur à celui de la moyenne 2010-2020.
2. Le recrutement de jeunes coquilles de 2 ans est excellent en baie de Seine, puisqu'il se situe au deuxième 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).
3. Une biomasse potentielle exploitable à nouveau en hausse (27%) par rapport à 2020, confirmant la bonne santé du stock. Cette biomasse totale estimée sur l'ensemble du gisement (13645 tonnes et 67049 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 11932 et 27144 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 3 tout au long de la saison de pêche). Le reliquat de pêche constitue 30% de la biomasse totale exploitable.

#### 2.5.2.6 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 km<sup>2</sup> pour préserver une fraction du stock de homard a induit un changement dans les captures et tout particulièrement dans celles réalisées à

proximité du cap de Flamanville. Cette zone interdite à la pêche au casier fait, depuis cette date, partie intégrante du protocole d'échantillonnage des pêches expérimentales (Fig.2.5.2.6.1).

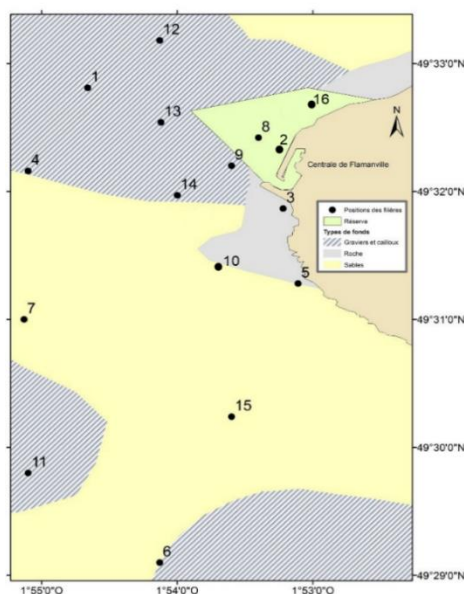


Figure 2.5.2.6.1. Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larsonneur) et localisation des points échantillonnés.

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 EDF a accepté qu'une publication scientifique soit produite à partir de ces données. Le document sera finalisé en 2022.

En 2021, les échantillonnages ont été réalisés pendant quatre jours, les semaines 24 et 37 à bord du navire professionnel Bleiz Mor basé à Diélette. Depuis dix ans les indices montrent que sur l'ensemble des points de prélèvement situés en dehors du cantonnement, la population est essentiellement composée de petits individus dont une grande partie du spectre de taille est majoritairement en dessous de la taille commerciale (Figure 2.5.2.6.22). Parallèlement, la classe 87-96 qui a longtemps bénéficié des bons recrutements des années antérieures baisse à nouveau en 2021 au point d'être le plus faible de ces 12 dernières années. Elle constitue la partie exploitable la plus abondante de la population et connaît une diminution des CPUE pour la troisième année consécutive. Le faible nombre d'individus capturés dans la partie supérieure du spectre de taille montre une exploitation importante du homard avec des CPUE inférieures à 1 individu pour 100 casiers. Parallèlement les classes inférieures connaissent aussi une diminution des abondances depuis 2015-2016 à l'image de la classe 75-86 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.

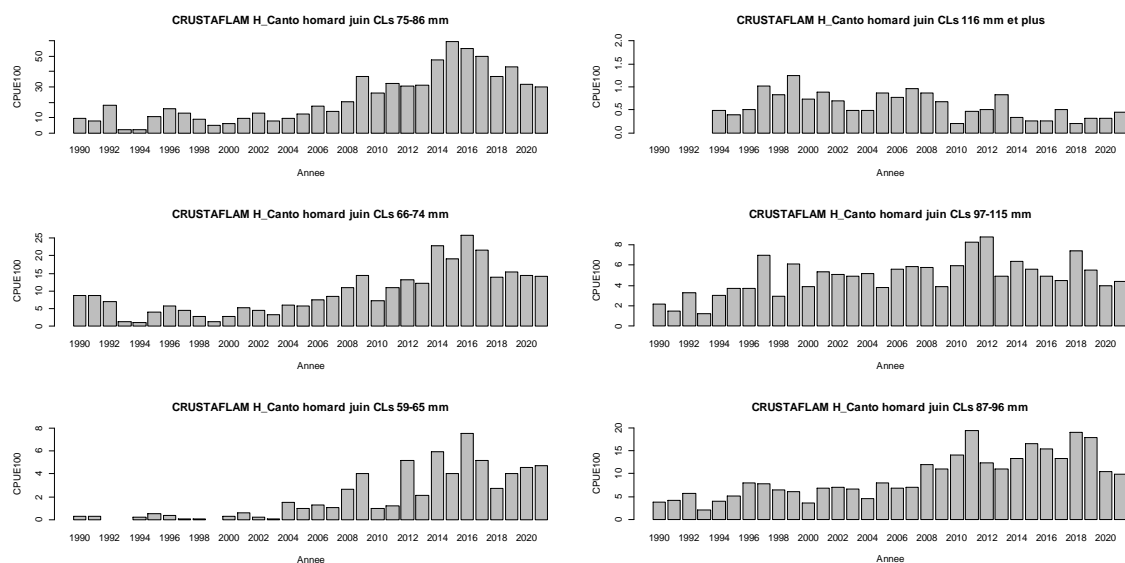


Figure 2.5.2.6.2 : Abondance des homards par classe de taille en dehors de la réserve depuis 1990.

En ce qui concerne le tourteau, les rendements ont régulièrement diminué depuis 2016. L'araignée est par contre très présente dans la zone et confirme à nouveau cette année que les densités sont plus importantes en septembre. C'est la seconde année consécutive que cela arrive depuis 30 ans.

L'analyse des données concernant la communauté des crustacés pour la période 1985-2020 a fait l'objet d'une synthèse intégrée dans le rapport de surveillance du CNPE de Flamanville dont la version définitive a été remise à EDF mi-mai 2022.

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

### 2.5.2.7 Campagne ZOOFLAM

Dans le cadre de la surveillance halieutique du CNPE de Flamanville, six campagnes sont réalisées tous les 15 jours à partir de la fin du mois de juin. 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 2021 les six campagnes ont été effectuées du 29 juin au 30 août. 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 2021 confirme les faibles abondances maximales observées en ce même point et valide les très faibles densités enregistrées depuis 2016.

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

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

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

En 2021, les échantillonnages ont été réalisés la dernière semaine d'août à l'aide de chaluts à perche (CP3) en dehors de la baie de Somme et de 2 m (CP2) à l'intérieur et à proximité immédiate de celle-ci (Figure 1.5.2.8.1), selon un plan d'échantillonnage stratifié et une durée de traîne standardisée. Les données de températures et salinité sont collectées à chaque trait.



Figure 2.5.2.8.1 : 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 (Figure ) dont les densités sont bien inférieures à la moyenne pluriannuelle.



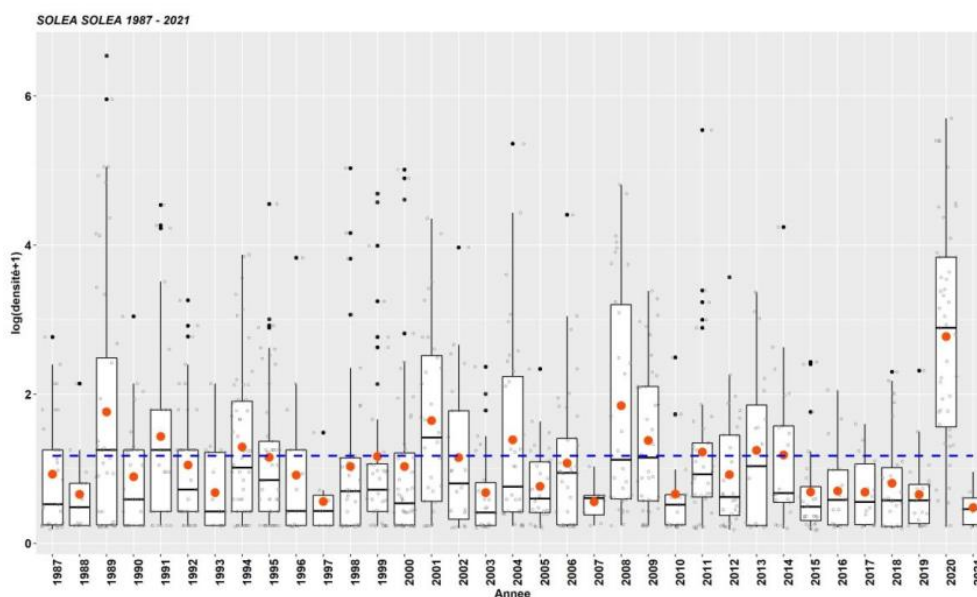


Figure 2.5.2.8.2 : Densité annuelle (log transformé) de la sole depuis 1987. La ligne bleue discontinue représente la moyenne interannuelle.

La densité globale en crevettes grises observée en 2021 (principalement dans la baie) est en baisse par rapport à 2020. De plus les abondances sont bien en dessous de la moyenne pluriannuelle 1987-2020. La population est essentiellement représentée par des individus dont la taille est inférieure à 54 mm.

Un rapport définitif sera rendu à EDF fin mai 2022.

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

L'ensemble des données collectées est archivé depuis 2019 dans la base de données campagnes du SIH.

### 2.5.2.9 Campagne NOURMONT

À cette fin, la seconde campagne Nourmont a été initialement programmée comme chaque année en fin, dans le secteur de la baie du Mont Saint Michel. En 2021, les échantillonnages ont été réalisés la dernière semaine de septembre à l'aide de chaluts à perche, selon un plan d'échantillonnage stratifié (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et une distance de traîne standardisée. Les données de températures, oxygène dissous et salinité sont collectées à chaque trait.

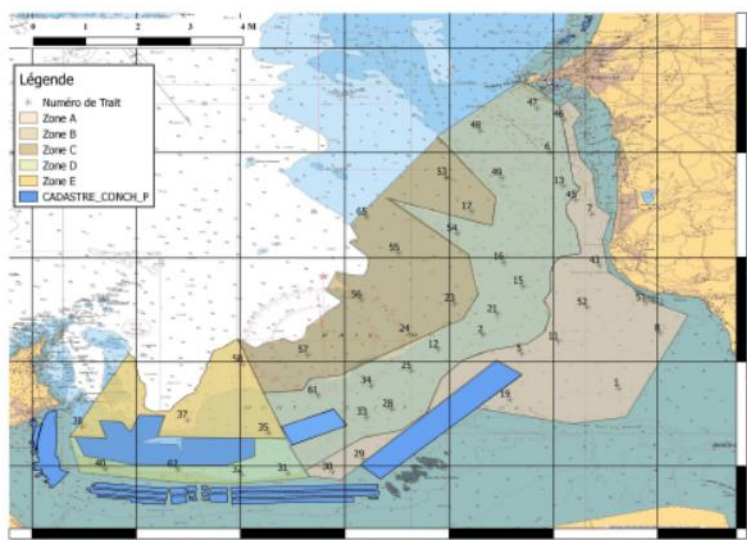


Figure 2.5.2.9.1 : Localisation des stations d'échantillonnage de la campagne Nourmont.

La zone couverte par la campagne se situe au sud d'une ligne reliant Granville à la pointe du Grouin. La partie prospectée s'étend de la limite basse de la zone intertidale à la sonde des 10 m. En 2021, 35 traits ont été retenus pour permettre la réalisation de la campagne en trois jours et couvrir de façon proportionnelle chacune des strates. Les données sont saisies avec le logiciel Tutti et bancarisées dans la base de données 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 VIVALDI ou 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 2021, 1939 poissons ont été mesurés sur les 2806 individus capturés. La sole commune (*Solea solea*), avec 766 individus identifiés, est la première espèce (Figure 2.5.2.9.2) 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 98 % par la guildes des migrants saisonniers et marins.

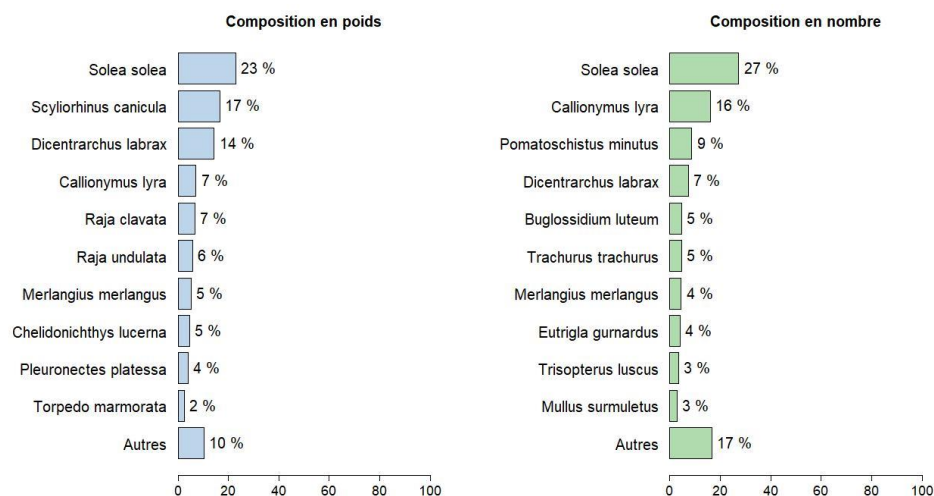


Figure 2.5.2.9.2 : Composition taxinomique des poissons sur l'ensemble de la zone estimée en pourcentage de poids (kg/1000 m<sup>2</sup>) et de densité (ind./1000 m<sup>2</sup>).

La communauté benthique est principalement représentée par la crépidule (*Crepidula fornicata*) qui domine à plus de 87% en biomasse et 90% en abondance (Figure 2.5.2.9.3).

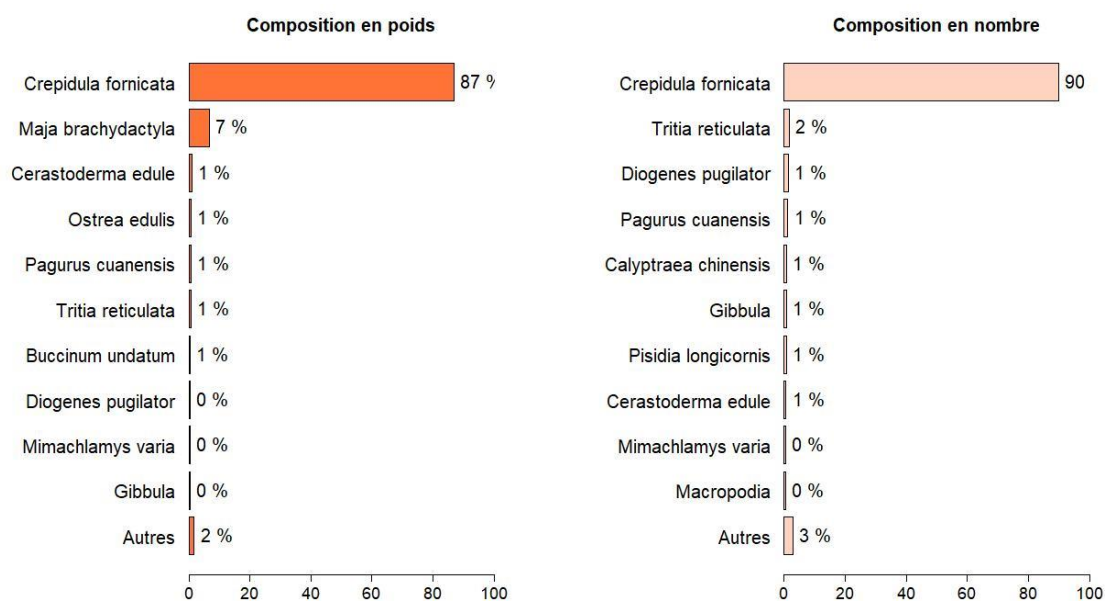


Figure 2.5.2.9.3 : Composition taxinomique des invertébrés benthiques estimée sur l'ensemble de la zone en pourcentage de poids (kg/1000 m<sup>2</sup>) et de densité (ind/1000 m<sup>2</sup>).

Un compte rendu de campagne 2021 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 cinq premières années de prospection. Il s'agit de poursuivre la série historique jusqu'en 2022 avant d'envisager sa continuité et sa périodicité au sein de la DCSMM avec un financement des agences de l'eau.

Schlaich Ivan, Varenne Fanchon, Delaunay Damien (2021). Rapport de campagne des nourriceries côtières. Campagnes Nourmont 2017-2020. RST RBE/HMMN/LRHPEB/21-09. <https://doi.org/10.13155/88162>

#### 2.5.2.10 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.

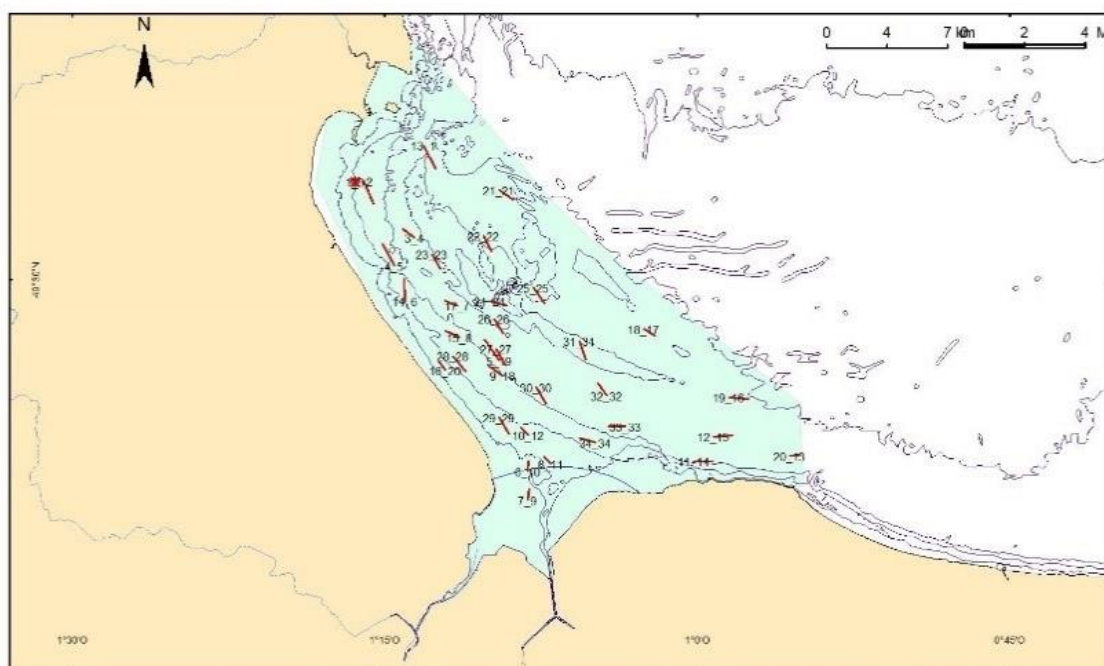
La campagne NOURMANCHE regroupe depuis 2020 le suivi des nourriceries des baies de Canche et d'Authie et de la baie des Veys, échantillonnées alternativement à intervalle de 2 ans, et ceux de la baie de Seine orientale et de l'estuaire de Seine d'une part et de la baie du Mont Saint Michel d'autre part, échantillonnés chaque année. La campagne se tient en septembre, sur des navires professionnels. 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).

#### 2.5.2.11 Campagne NOURVEYS

La baie des Veys est échantillonnée en partenariat avec l'OFB. 2020 constitue la 2eme année de mise en oeuvre du suivi de cette zone. 34 traines ont été réalisées (Figure 2.5.2.11.32.5.2.11.1). Pour les poissons (26 espèces identifiées en tout), le callionyme (*Callionymus lyra*), l'*Arnoglossus laterna* et l'hippocampe (*Hippocampus hippocampus*) sont les espèces les plus abondantes par ordre d'importance. En biomasse, le callionyme et la raie bouclée (*Raja clavata*) dominent les peuplements.



Carte des positions des opérations de pêche réalisées dans le cadre de la campagne Nourveys 2021

-  Opérations de pêche
-  Trait invalide
-  Sous-régions marines DCSMM
-  Zone d'étude
-  Situation de la zone d'étude
-  Isobathes
-  Principaux fleuves (Sandre)



Source(s) des données : Ifremer - SIH/Harmonie  
 Fonds de carte : OFB, Ifremer, IGN, SANDRE  
 Système de coordonnées : WGS / Pseudo Mercator (epsg 3857)  
 Réalisation : D. Delaunay - Ifremer - 16/03/2022  
 Financement : Ifremer, AE Seine-Normandie

Figure 2.5.2.11.3. Repartition des stations d'échantillonnage au chalut en baie de Veys

### 2.5.2.12 Campagnes RESISTE

Dans le cadre du projet RESISTE, 2 campagnes annuelles de 3 jours sont réalisées, au printemps et à l'automne, depuis octobre 2020 dans et aux abords de l'ancienne concession d'extraction de granulats du Pilier, au large de l'île de Noimoutier dans la baie de Bourgneuf. 20 stations fixes sont échantillonnées (Figure 4.5.2.12.1) 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.

L'objectif de ces campagnes est d'étudier la capacité de résilience du site, dont l'exploitation est arrivée à échéance en 2018, selon une approche écosystémique. De ce fait, d'autres campagnes à la mer sont réalisées de manière conjointe à bord des navires de la FCF pour suivre les volets sédimentaires et bio-sédimentaires. Les campagnes de 2021 se sont déroulées

normalement. Toutes les espèces halieutiques (poissons et crustacés) et de l'ichtyofaune ont été identifiées, dénombrées, pesées et mesurées. A chaque trait, un échantillon de benthos a été conservé pour un traitement ultérieur (i.e. identification, pesée par espèce, dénombrement). Certaines espèces au stade G0 et G1 ont également été collectées pour traitement ultérieur (i.e. isotopie, régime alimentaire).

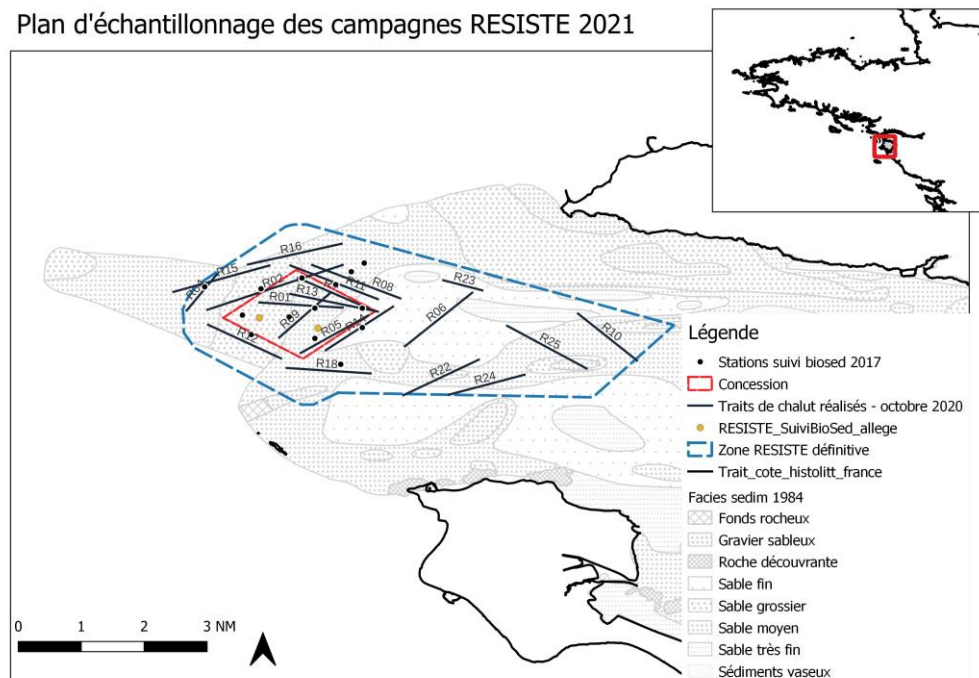


Figure 5.5.2.12.1: Plan d'échantillonnage des campagnes RESISTE réalisées en 2021.

### 2.5.2.13 Campagne HoloSPMTV

La campagne HoloSPMTV21, financé sur la convention-socle avec la DPMA et pilotée par Ifremer, a été menée dans les eaux de l'Archipel de Saint-Pierre et Miquelon en mai 2021. Son objectif principal était de démontrer la faisabilité technique de l'estimation du stock d'holothuries (*Cucumaria frondosa*) de la ZEE de St-Pierre et Miquelon, en utilisant une caméra sous-marine et par comptage des holothuries sur les vidéos. Le second objectif de cette campagne était de fournir les vidéos qui par la suite ont été utilisées au laboratoire STH/Technologie des Pêches de Lorient afin de démontrer la faisabilité d'automatiser l'analyse des vidéos sous-marines par utilisation de réseaux de neurones profonds.

La campagne s'est déroulée du 15 au 21 mai 2021 à bord du navire de pêche professionnelle saint-pierrais Marcel Angie III (Fig. Figure 6.5.2.13.1).



Figure 7.5.2.13.1: Marcel Angie III, navire professionnel de 19m affrété pour la campagne HoloSPMTV2021

4 agents Ifremer ont participé à la campagne : Fanchon Varennet et Victor Martin-Baillet (HMMN/RHPB), Herlé Goraguer (Délégué Ifremer de Saint-Pierre et Miquelon) et Julien Simon (STH/LTP Lorient). Au total, 80 stations vidéo étaient identifiées dans le plan d'échantillonnage initial, dont 10 stations avec échantillonnage biologique (Figure 8.5.2.13.2).

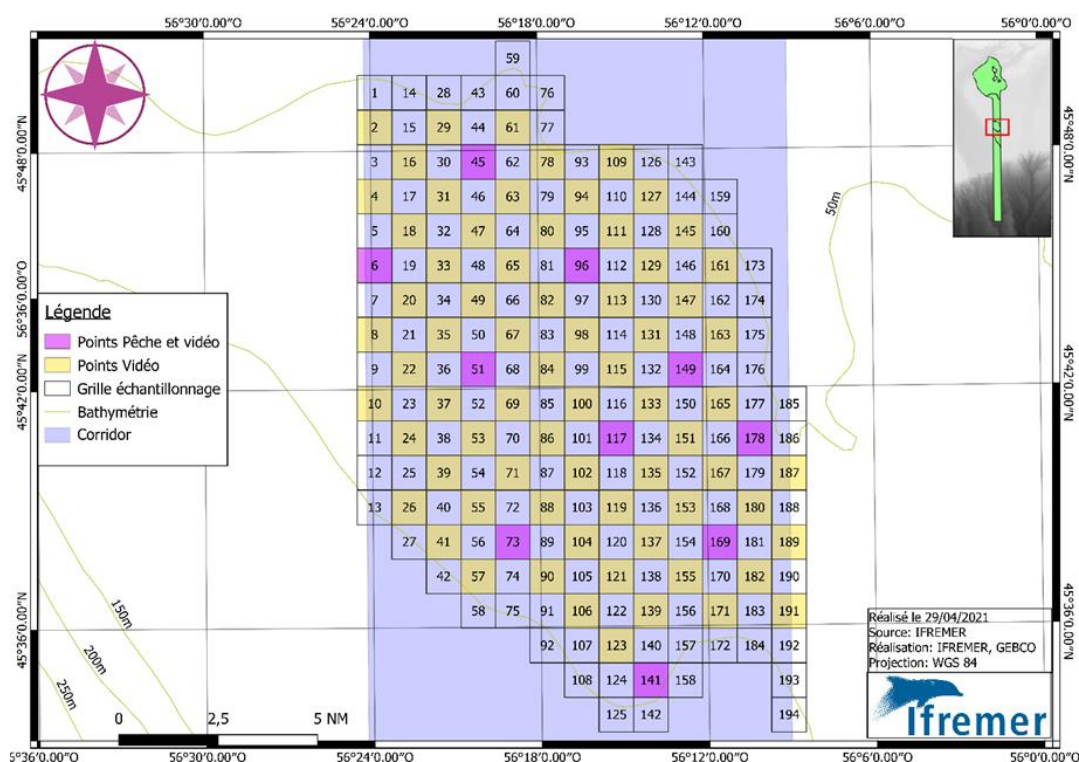


Figure 9.5.2.13.2 : Plan d'échantillonnage initial de la campagne HoloSPMTV2021.

Pour réaliser les vidéos au fond, l'utilisation d'un chalut à perche équipé de matériel vidéo développé dans le cadre du projet « GameOfTrawl » a dans un premier temps été retenue. Après des essais qui se sont révélés infructueux (fonds trop « durs » et accidentés), une drague professionnelle à concombres de petite taille (2 mètres de largeur) a finalement été retenue, et équipée du matériel vidéo nécessaire (barre de fixation, caméra GoPro Hero 7, caisson étanche, spots LED, batteries, câbles marinisés, sonde NKE) (Figure 10.5.2.13.3).



Figure 11.5.2.13.3: 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 500m<sup>2</sup> 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 10 points retenus pour un double échantillonnage vidéo et recueil de matériel biologique (drague fermée et pêche remontée).

Le plan d'échantillonnage ayant été établi en amont de la campagne à la station de Port-en-Bessin, certains points prévus se sont avérés impossibles à réaliser, en raison notamment de la nature des fonds (présence de nombreuses « croches » et blocs, Figure 12.5.2.13.4).



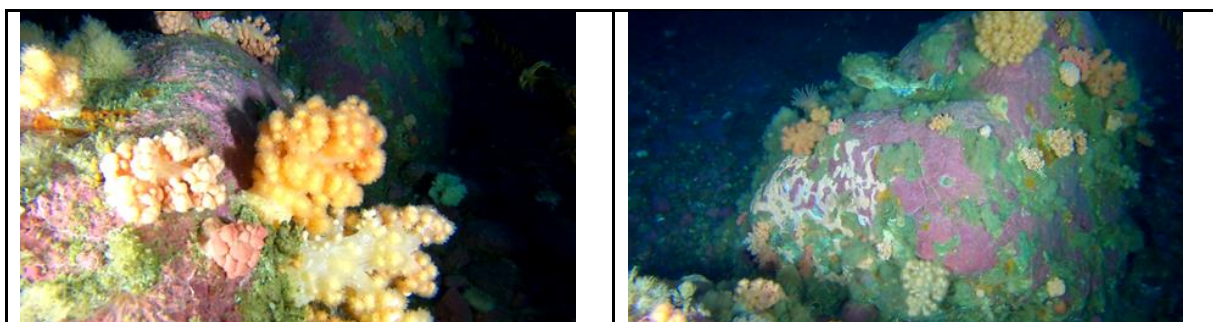


Figure 13.5.2.13.4 : Blocs de roche rencontré lors de la campagne HoloSPMTV2021.

Au final, 72 stations ont été réalisées dans la zone sud de la ZEE saint-pierraise (« Tuyau »), 10 stations dans la zone frontalière sud-ouest avec le Canada (zone de la « Boite à pétoncles ») et 3 stations dans la zone située à l’Ouest de l’île de Miquelon, soit au total 85 stations valides (Figure 14.5.2.13.5).

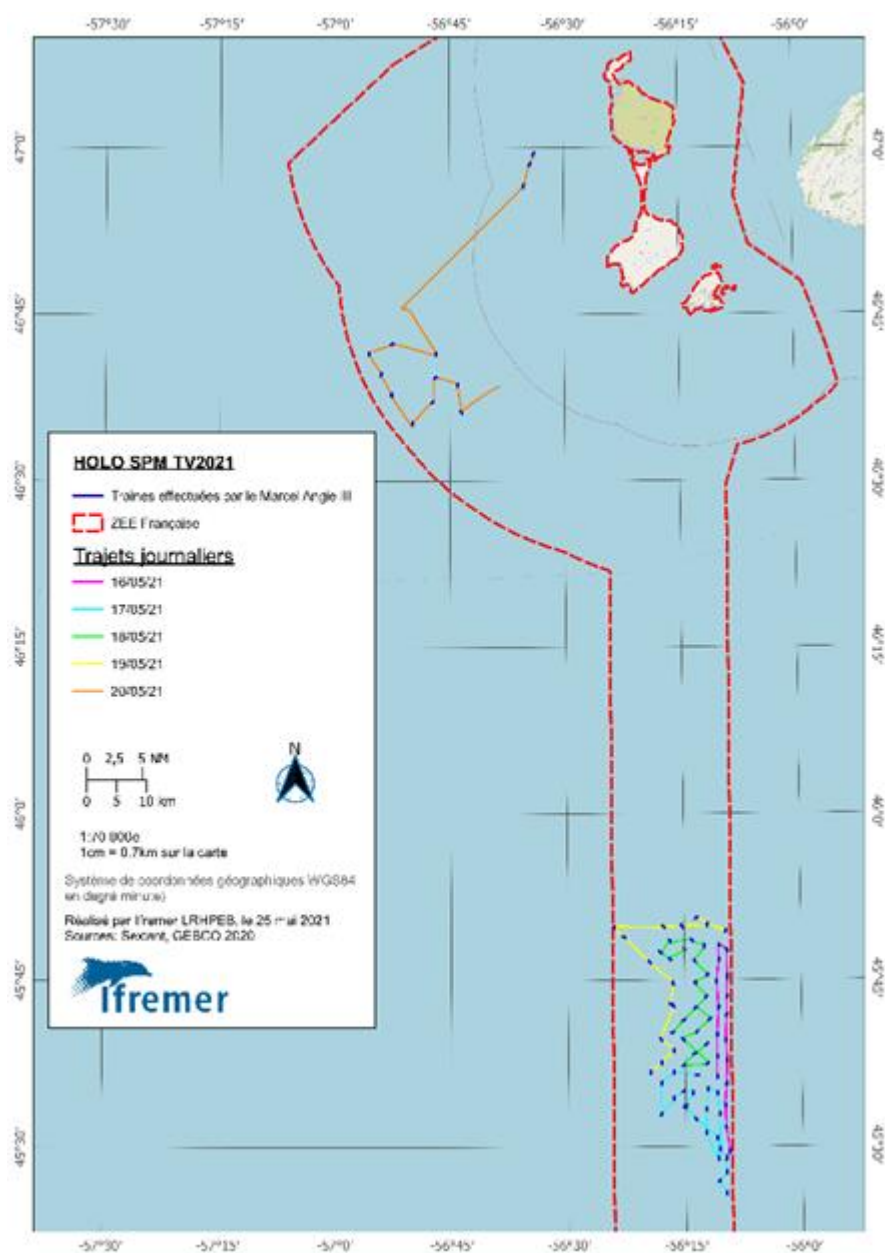


Figure 15.5.2.13.5 : Campagne HoloSPMTV2021, trajets journaliers.

## Premiers résultats de la campagne HoloSPMTV2021.

Toutes les vidéos acquises 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 m<sup>2</sup> lors de la campagne 2021 sont présentées en Figure 16.5.2.13.6.

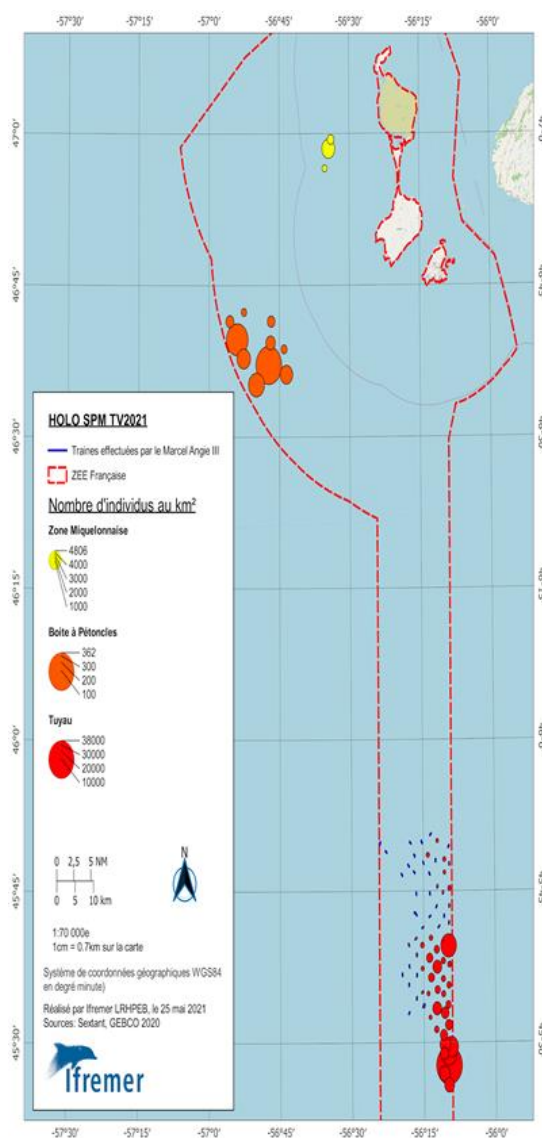


Figure 17.5.2.13.6 : Densités observées sur les stations validées.

Enfin, à la suite de la campagne, les données acquises ont été annotées en juin à la station de Lorient pour entraîner des réseaux de neurones à détecter les holothuries (avec une différenciation entre les adultes et les juvéniles) mais également les autres espèces présentes sur les vidéos (Scallop, Asteria Rubens, Hyas, Oursin...). Après plusieurs semaines d'annotations et d'apprentissages, le réseau de neurones parvient à détecter les holothuries et à distinguer les individus adultes des individus juvéniles (Fig. 18.5.2.13.7 et 19.5.2.13.8).



Figure 20.5.2.13.7 : exemple de détection par faible densité issu du réseau de neurones.

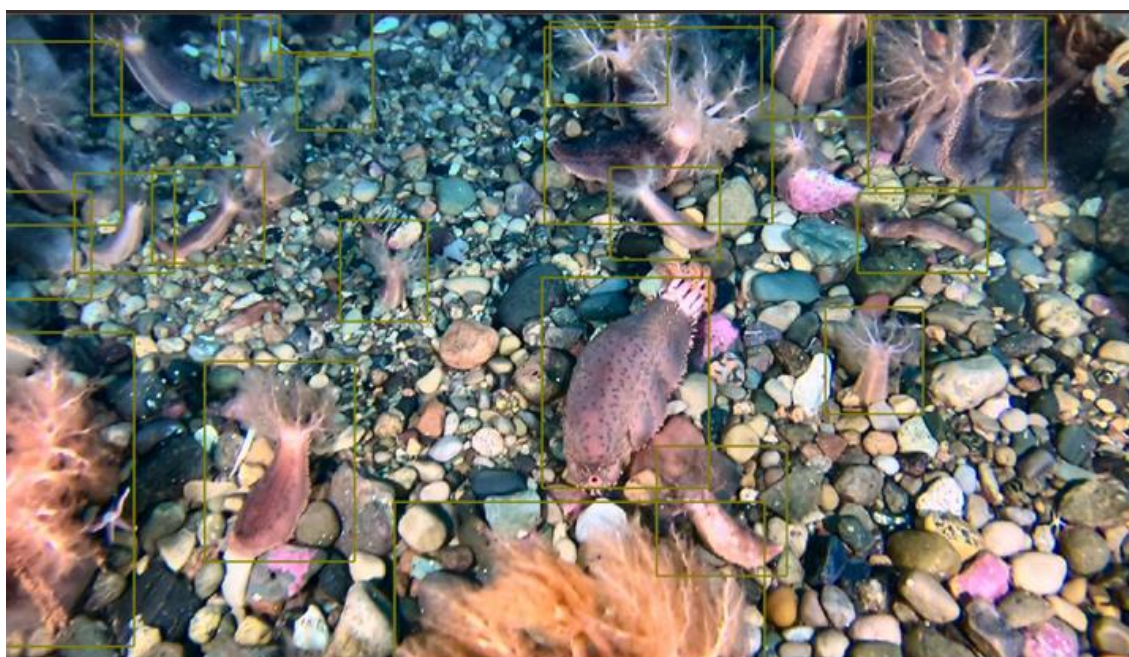


Figure 21.5.2.13.8 : exemple de détection par forte densité issu du réseau de neurones.

### 2.5.3 Plateaux techniques

#### 2.5.3.1 Pôle National de Sclérochronologie

En 2020, l'équipe du Pôle de sclérochronologie qui est constituée d'1 cadre et de 5 techniciens s'est renforcée avec le recrutement d'une chercheuse spécialisée en microchimie des pièces calcifiées. Plus de 30 000 pièces calcifiées (écailles, otolithes et illicium) de 31 espèces ont été traitées dans le cadre du suivi européen des stocks halieutiques. Cette équipe a participé comme chaque année au groupe de travail du CIEM qui structure les données biologiques au niveau européen (WGBIOP – Working Group on Working Group on Biological Parameters, Octobre 2021). De même, l'équipe a participé à 4 autres groupes, les trois premiers concernant l'estimation d'âge de l'anchois (WKARA3), du bar (WKARDL3) et du merlan bleu (WKARBLUE3), et le quatrième sur les outils pour discriminer les stocks halieutiques

(SIMWG-Stock Identification Methods Working Group, par correspondance). En 2021, l'équipe du Pôle de sclérochronologie a co-encadré 4 doctorants ou stagiaires qui ont travaillé sur des questions de croissance, de forme d'otolithes pour discriminer les stocks et l'évolution de la forme des otolithes selon les effets environnementaux testés en expérimentation animale. De plus, le pôle de sclérochronologie a participé à plusieurs projets de recherche avec en particulier le projet européen Med-UNITS concernant l'identification des stocks des principales espèces en mer Méditerranée, le projet IPERDMX ciblant les indicateurs populationnels et écosystémiques pour une gestion durable des ressources autour de l'île de La Réunion. Cette année 2021 aura été marquée par une implication forte du pôle de Sclérochronologie dans différents domaines ciblés essentiellement autour de l'analyse de forme 2D et 3D appliquée à l'identification de stocks et l'ageage automatique. La valorisation des travaux menés au pôle de Sclérochronologie s'est traduit en 2021 par 7 publications parues et 2 présentations dans des colloques internationaux.

#### 2.5.3.2 Pôle de Taxinomie et D'Écologie du zooplancton

Le pôle de Taxinomie et d'Écologie du Zooplancton est une plateforme technique située à Boulogne sur Mer, spécialisée dans l'étude du zooplancton et notamment de l'ichtyoplancton (œufs et larves de poissons). Il s'agit d'une plateforme transversale entre les Unités HMNN et UL (Unité Littoral dont dépend les laboratoires environnement et ressources (LER)) de l'Ifremer. Pour l'Unité HMNN, cinq permanents sont impliqués dans le pôle : deux cadres spécialisés en ichtyoplancton : Christophe Loots, Carolina Giraldo et un professeur spécialisé en écologie marine, Philippe Koubbi (détachement Sorbonne Université) et deux agents TA (Valérie Lefebvre et Josselin Caboche). Les trois chercheurs en ichtyoplancton étudient le déterminisme de la variabilité spatio-temporelle des zones fonctionnelles importantes pour les populations de poissons comme les frayères et les zones de dérive larvaire. La caractérisation au niveau individuel et spécifique de certains paramètres clés comme la nutrition, la condition, la croissance et la mortalité larvaires pour les principales espèces de poissons rencontrées en Manche-mer du Nord est également appréhendée afin de préciser l'influence de ces paramètres sur le recrutement. Philippe Koubbi est spécialisé sur la biorégionalisation des écosystèmes marins (en particulier le domaine pélagique) au niveau des Terres Australes et Antarctiques Françaises en milieu sub-tropical, sub-antarctique et antarctique (Saint-Paul et Amsterdam, Kerguelen, Crozet, et Terre Adélie).

Ces activités de recherche s'effectuent via des projets de recherche (CPER MARCO, projet Cocktail AWI – MARUM – IFREMER (AMI), projet politique de site MURPHY) et de surveillance écologique du milieu marin (projet IGA de EDF). Elles s'appuient sur des observations acquises dans le cadre des campagnes en Manche et mer du Nord déjà financées par la DC-MAP (IBTS, CGFS), 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, se poursuit. 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

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.

### 2.5.3.3 Plateforme Réseaux Trophiques Marins

En 2021, la plateforme Réseaux Trophiques a été marquée par des changements au niveau du personnel, avec le recrutement d'un CDD de 12 mois (Thibaut Kersaudy, entre avril 2021 et avril 2022), dans le cadre de la DCF, pour réaliser un test de faisabilité de l'analyse des contenus stomacaux, en vue de l'intégration des contenus stomacaux comme paramètres biologiques dans la DCF. Les travaux sur la relation trophique entre poissons et parasites ont également été concrétisés au travers du recrutement d'une étudiante de M2 en alternance, et au travers de dissections coordonnées avec l'ANSES, dans le cadre du projet PATROFLU. Ces deux projets ont porté sur les merlans collectés durant IBTS 2021, afin de maximiser le retour sur l'effort fourni pendant la campagne. La plateforme a également accueilli Remi Cordier, dont le recrutement pallie au départ de Margaux Denamiel. Cette période et 2022 ont été pour lui un temps d'adaptation à son nouveau travail, notamment pour ce qui concerne la dissection des poissons, et l'acquisition de l'expertise en identification des proies dans les estomacs, qu'il faudra poursuivre.

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

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

En 2021, l'unité HMMN s'est investie dans les trois axes sous la forme de projets de recherche (dont 1 thèse) qui ont été soutenus par l'acquisition d'une quantité importante de données venant en appui à ces travaux (section 2.1.4) et le tout complété par une implication non négligeable dans une expertise nationale ou internationale (section 2.1.5).

Dans l'axe 1, les recherches menées visaient à étudier les effets environnementaux sur les stades larvaires en utilisant à la fois des approches basées sur les abondances et sur l'estimation de la condition.

Dans la première approche, les stades des larves de sole commun printaniers entre l'année 1995 et l'année 2017 ont été comparés grâce à des techniques d'analyses multivariées et ont montré la diminution générale de condition, notamment pour les stades 2 et 5. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication en 2021. Enfin, dans le cadre du projet Cocktail, l'ontogénie et la maturation du système digestif chez le hareng des Downs ont été étudiées en combinant une approche enzymatique et histologique afin d'identifier, entre autres, les périodes critiques du développement. Ces résultats ont montré en particulier une variation des réserves énergétiques dans le foie au cours de l'ontogénie, ce qui a permis de mettre en évidence l'importance de cette mise en réserve pour la survie des larves dans le milieu naturel. Ces résultats ont de fortes implications pour les recherches futures sur la condition larvaire du hareng en lien avec le déterminisme et l'évaluation du recrutement. Ces résultats ont été obtenus dans le cadre de la thèse de Léa Joly et font l'objet d'une publication en 2021. En plus, une post-doctorante, Lola Toomey, est en cours d'étudier des effets de température dans les harengs larvaires, 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, le taux de mortalité et les relations allométriques ont été déterminées pour trois espèces distinctes, deux espèces de poissons : la dorade rayée dans le golfe de Tunis, et le cœlacanthe africain autour de l'Archipel des Comores, ainsi qu'une espèce de mollusque : la palourde dans le bassin d'Arcachon. Ces résultats ont tous fait l'objet de publications. Pour la dorade rayée, il s'agissait d'estimer les paramètres d'âge, de croissance et d'exploitation à partir d'individus capturés par la flotte de pêche artisanale. Il a en particulier été montré une incrémentation annuelle ainsi qu'une non sur-exploitation de la population. Pour le cœlacanthe, en utilisant la microscopie à lumière polarisée des incréments de croissance de l'écaille, il a été démontré qu'il peut vivre jusqu'à un siècle, avec une gestation d'environ 5 ans, la plus longue actuellement connue. Comme les requins des profondeurs au métabolisme réduit, le cœlacanthe a une croissance parmi les plus lentes pour sa taille. Pour la palourde japonaise, il s'agissait de déterminer la croissance à partir de coquilles marquées in situ à l'aide de calcéine, ce qui a révélé entre autre une périodicité des incréments liée à la marée ainsi que la faisabilité du marquage in situ.

Dans l'axe 3, six espèces de poissons ont été étudiées, le flet, la sole commune, la bogue, l'anguille de marais (un poisson d'eau douce), le poisson écureuil sabre, et la dirette de Parin. Une étude utilisant des marqueurs moléculaires, la longueur des télomères, d'étudier les effets des polluants dans la population de flet de l'estuaire de la Seine a été menée. Pas de corrélation entre la longueur des télomères et les concentrations des polluants a été observée, et ces résultats ont fait l'objet d'une publication. Dans les mers du Nord et Méditerranée, une étude a été faite avec la forme des otolithes des sole commun et bogue pour voir si l'asymétrie bilatérale est utile pour évaluer les limites des stocks. Avec ce méthode, l'asymétrie significative a été trouvée entre différentes zones pour les deux espèces, et a fait l'objet d'une publication. Dans la mer Rouge, une étude utilisant une combinaison des caractéristiques morphologiques du corps et des otolithes du poisson écureuil sabre. La longueur caudale et l'équerrage des otolithes étaient significativement corrélées à la taille du poisson, et ces résultats étaient le sujet d'une publication. Dans l'eau douce de Bolivie, la sclérochronologie a été utilisée pour faire un modèle de croissance saisonnière des vertèbres de l'anguille marbrée des marais modernes, et ce modèle a ensuite été appliqué à des échantillons archéologiques. Il a été découverte que la pêche de cette espèce a eu lieu toute l'année sur ce site archéologique, et ces résultats ont fait l'objet d'une publication contribuant à la compréhension des modèles de mobilité anthropogénique de l'Holocène tardif à l'époque précolombienne. En fin, une étude de la distribution des enregistrements géographiques de la dirette de Parin, un poisson assez rare mésopélagique que l'on croyait tropical et subtropical, a été menée après ce poisson a été pêché pour la première fois au nord de la mer du Nord. En trouvant des enregistrements antérieurs de capture de cette espèce autour de l'Islande et de la Norvège remontant aux années 90, cette étude a réfuté la théorie du changement de distribution lié au changement climatique pour la dirette de Parin, et font l'objet d'une publication.

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

#### 3.1.1.1 Variabilité temporelle de condition des larves

Étude de l'influence de l'environnement et des changements temporels dans l'état des larves de sole (*Solea solea*) à l'aide de l'histologie

Julien Di Pane, Philippe Koubbi, Félix Gendrot, Carolina Giraldo, Stéphane Karasiewicz, Paul Marchal, Christophe Loots (2021). Investigating environmental influence and temporal changes in sole (*Solea solea*) larvae condition using histology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 250: 5, 107161 <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107161>

Dans la partie orientale de la Manche, la sole commune (*Solea solea*) a de grands intérêts dans la recherche halieutique. Un faible recrutement ainsi qu'une diminution de la biomasse du stock reproducteur sont observés depuis plusieurs années. Selon les hypothèses de recrutement, la survie larvaire pourrait jouer un rôle important qu'il faut le considérer. L'état des larves de poisson peut être évalué à l'aide de l'histologie qui a été reconnue comme la méthode la plus appropriée pour fournir un indice fiable de l'état nutritionnel. Sur la base de cette approche, cette étude visait à identifier les périodes critiques des larves de sole prélevées dans la nature et à déterminer les sources de variations de leur état entre deux périodes distantes de plus de 20 ans. Conformément à d'autres études, la transition de l'alimentation endogène à l'alimentation exogène a été identifiée comme la période la plus critique avec la plus faible proportion de larves saines observées. Au cours de cette première phase d'alimentation, de bonnes conditions

larvaires ont été localisées dans les stations d'échantillonnage proches de la côte et à la fin de la saison printanière, en relation avec des valeurs de température et de fluorescence plus élevées. Cela met en évidence la nécessité pour la survie des larves de sole de traverser le front côtier, qui sépare les eaux centrales et côtières, pour atteindre des zones plus stables et productives. Ce schéma de migration côtière était constant entre 1995 et 2017, avec cependant des abondances larvaires significativement plus faibles dans la période récente. Des analyses multivariées ont montré que les conditions environnementales printanières de 1995, caractérisées par des températures plus basses et des valeurs de fluorescence plus élevées, étaient plus favorables à la condition larvaire, comparativement au printemps 2017. Les zones offrant des conditions environnementales adéquates en 2017 étaient plus restreintes et limitées aux stations d'échantillonnage situées devant des estuaires. Étant donné que de petites différences dans la survie des larves peuvent entraîner de grandes fluctuations du recrutement, l'état des larves devrait être étudié dans une approche à plus long terme. Cela permettrait de mieux comprendre l'influence de l'environnement sur la survie des larves et le succès du recrutement.

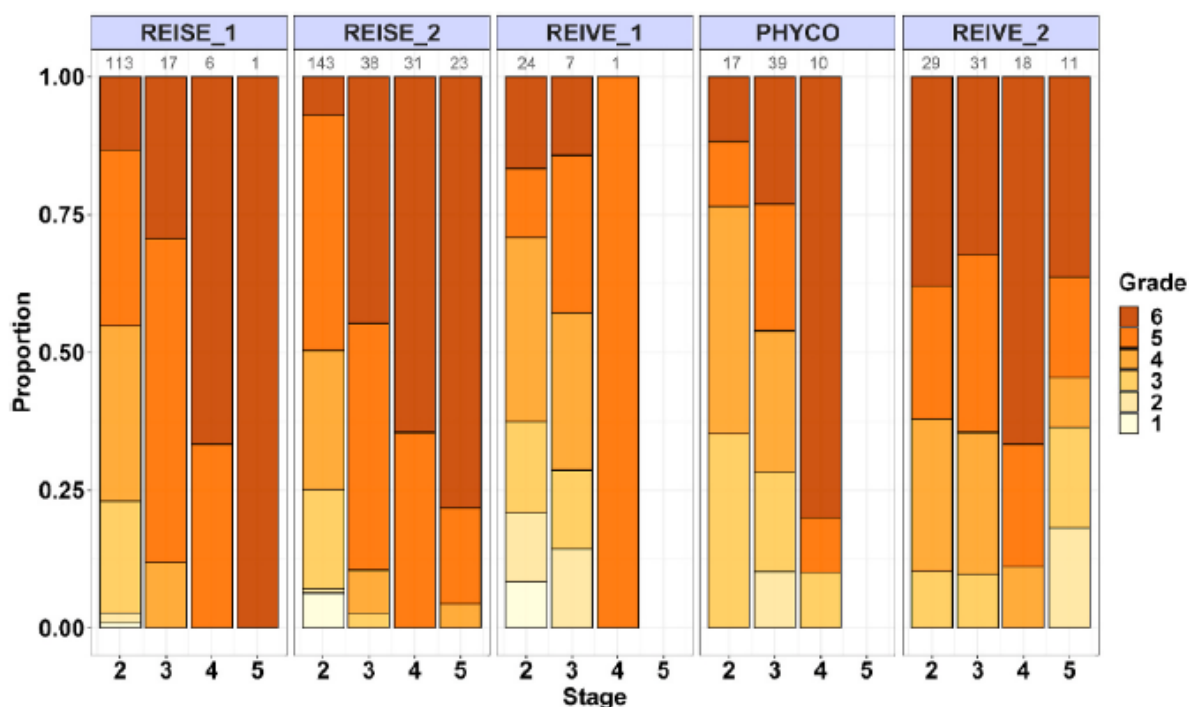


Figure 3.1.1.1. Variations de la condition larvaire (grade 1 le plus mauvais au grade 6 le meilleur) de la sole commune en fonction du stade de développement (1 à 5) et selon différentes campagnes (REISE 1 et 2 en Avril et Mai 1995, REIVE 1, PHYCO ET REIVE 2 en Mars, Avril et Mai 2017). Une plus grande proportion d'individus en mauvaise condition est observée pour les stades 2 et 5 (surtout en 2017). En 1995, la condition semble se dégrader entre avril et mai tandis qu'elle s'améliore avec la saison en 2017.

### 3.1.1.2 Effet du changement climatique sur la survie des larves de poissons

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

Léa Joly, Christophe Loots, Cédric Meunier, Maarten Boersma, Sophie Collet, Valérie Lefebvre, José-Luis Zambonino-Infante, Carolina Giraldo. Marine Biology June 2021, 168 : 6 Pages 82 (15p.) <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03894-z>



La fonctionnalité du système digestif est un processus clé lié au recrutement et à la survie des larves. A ce jour, peu est connu sur le développement des organes et la maturation enzymatique du système digestif du Hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*). Dans cette étude, les larves de hareng de la mer du Nord ont été élevées à 13 °C de l'éclosion à 69 jours après l'éclosion, couvrant quatre stades de développement : (1) sac vitellin (8–9 mm), (2) préflexion (9–14 mm), (3) stades de flexion (12–18 mm) et (4) stades de post-flexion (15–30 mm). (Figure 2.1.2). Des analyses combinées histologiques (scores semi-quantitatifs) et enzymatiques (pancréatiques et intestinales) ont montré que les stades de développement sont fortement liés aux changements physiologiques. Les larves n'ont pas d'estomac fonctionnel et utilisent l'intestin comme principal site de digestion qui est principalement soutenu par l'activité des enzymes pancréatiques. L'intestin a acquis des caractéristiques digestives enzymatiques d'adultes avec une bordure en brosse fonctionnelle à la fin de la phase de flexion et le caecum pylorique commence à se développer pendant le stade de post-flexion. La transition de l'étape de pré-flexion à l'étape de flexion et la fin de l'étape de post-flexion sont des périodes exigeantes sur le plan énergétique, comme l'indique un nombre et une taille réduits des vacuoles hépatiques. Sur la base de ces résultats, nous considérons ces périodes comme des périodes critiques, où les larves de hareng pourraient être considérablement affectées par des conditions d'alimentation sous-optimales sur le terrain. Cela implique que les larves au stade de pré-flexion avec une quantité faible ou nulle des réserves hépatiques peuvent ne pas être en mesure de passer au stade de développement suivant. Ainsi, l'utilisation du niveau de stockage énergétique et d'alimentation dans ces premiers stades comme indicateur de survie et de recrutement sur le terrain doit être examiné.

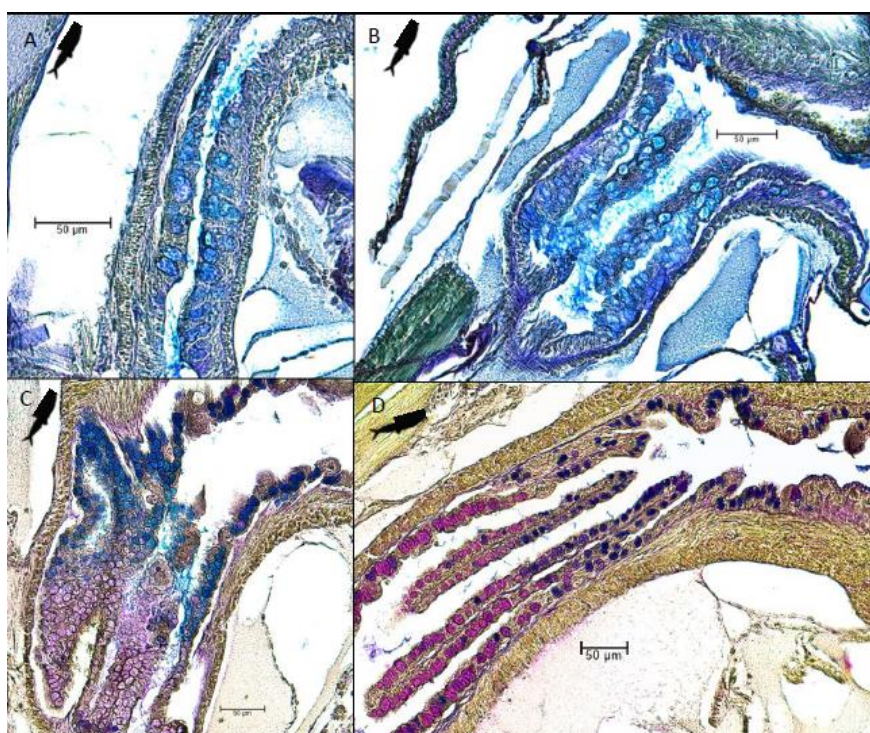


Figure 3.1.1.2. Organogenèse de l'œsophage chez les larves de hareng. Coupe sagittale des larves aux stades de développement 1-4 (A-D). Coloration avec l'acide Schiff, bleu alcien pH 2,5, hématoxyline de Groat et picroindigo carmine. Grossissement x200, barre d'échelle = 50 µm, l'icône de poisson noir représente l'orientation de la diapositive pour aider à localiser la tête et la position de la queue.

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

#### 3.1.2.1 Age, croissance et mortalité

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

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

Le Bassin d'Arcachon, dans le sud du golfe de Gascogne, est la première zone de production française de palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) avec une production annuelle de pêche commerciale d'environ 400 tonnes ces dernières années. Ce mollusque bivalve a été introduit dans la baie dans les années 1980 à des fins aquacoles et a rapidement réussi à s'installer naturellement, de sorte que sa valeur marchande élevée a conduit à la mise en place progressive d'une pêche pérenne à partir du milieu des années 1990. Les plans de gestion locaux appliqués à cette espèce sont basés sur un système de licences pour la pêche commerciale, des zones de pêche protégées et des jours d'interdiction de pêche pour les pêcheurs commerciaux et récréatifs. Une taille minimale de capture est également prescrite par la réglementation européenne, et les taux de croissance sont donc une question importante dans ce contexte. Ce travail porte sur l'étude de la croissance des coquilles à partir de la récapture de coquilles, préalablement marquées à l'aide d'un marqueur chimique (calcéine) puis cultivées dans des conditions naturelles, et a été réalisé afin de déterminer les schémas de croissance des coquilles (Figure 3.1.2.1). Les palourdes japonaises ont été marquées par immersion *in situ* dans de l'eau de mer contenant de la calcéine. Afin d'étudier les limites de la calcéine sur la lisibilité de la marque *in situ* et la mortalité des palourdes japonaises, différents temps d'exposition, de 30 minutes à 1 heure, et concentrations, de 50 mg.L<sup>-1</sup> à 200 mg.L<sup>-1</sup>, ont été testés. Après une période de 35 jours, 69 micro-incréments de croissance ont été observés, et il a été constaté que le dépôt des incréments dans les palourdes japonaises se produit avec une périodicité de marée. De plus, cette étude a montré qu'une méthode de marquage rapide des palourdes japonaises, et potentiellement d'autres espèces, est réalisable *in situ*.

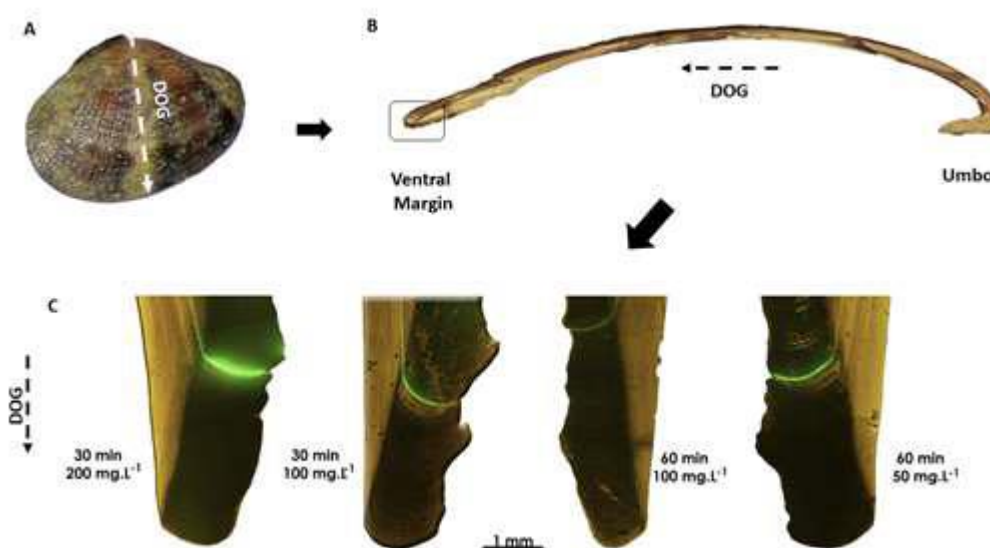


Figure 3.1.2.1. A) Valve de palourde japonaise avec la ligne qui représente la direction de croissance (DOG) ; B) Section épaisse de la coquille (épaisseur de 0,2 mm) ; C) Marge ventrale d'une coquille marquée à la calcéine avec une marque fluorescente (le temps d'exposition à la calcéine et la concentration sont indiqués pour chaque expérience de coloration).

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

Khalidi A., Chater I., Elleboode R., Mahé K., Chakroun-Marzouk N. 2021. Age, growth and mortality of the striped seabream *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) in the Gulf of Tunis (Central Mediterranean Sea). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 101(1), 159-167. <https://doi.org/10.1017/S0025315420001307>

Malgré la grande valeur commerciale du marbré *Lithognathus mormyrus* (Linné, 1758) dans le golfe de Tunis, les données biologiques sur son âge, sa croissance et son taux d'exploitation font défaut. Dans le but d'estimer les paramètres de croissance, 516 individus, de 6-27,5 cm de longueur totale et de 3,5-293,5 g de poids total, ont été collectés auprès de la flotte de pêche artisanale entre février 2014 et juillet 2016. La croissance somatique présentait une allométrie positive et était décrite par l'équation  $TW = 6,54 \cdot 10^{-3} TL^{3,213}$ . L'analyse mensuelle de l'incrément marginal des otolithes a révélé qu'un seul anneau était déposé par an. Les paramètres de croissance de von Bertalanffy estimés étaient :  $L_{\infty} = 30,18$  cm,  $k = 0,303 \text{ an}^{-1}$  et  $t_0 = -1,42$  ans. Les taux de mortalité instantanée totale et naturelle étaient respectivement  $Z = 0,784 \text{ année}^{-1}$  et  $M = 0,698 \text{ année}^{-1}$ . Le taux d'exploitation ( $E = 0,1$ ) a montré que le stock de *L. mormyrus* du golfe de Tunis n'est pas surexploité. La classe de longueur estimée donnant le rendement le plus élevé ( $L_{opt}$ ) était de  $17,15 \pm 1,71$  cm.

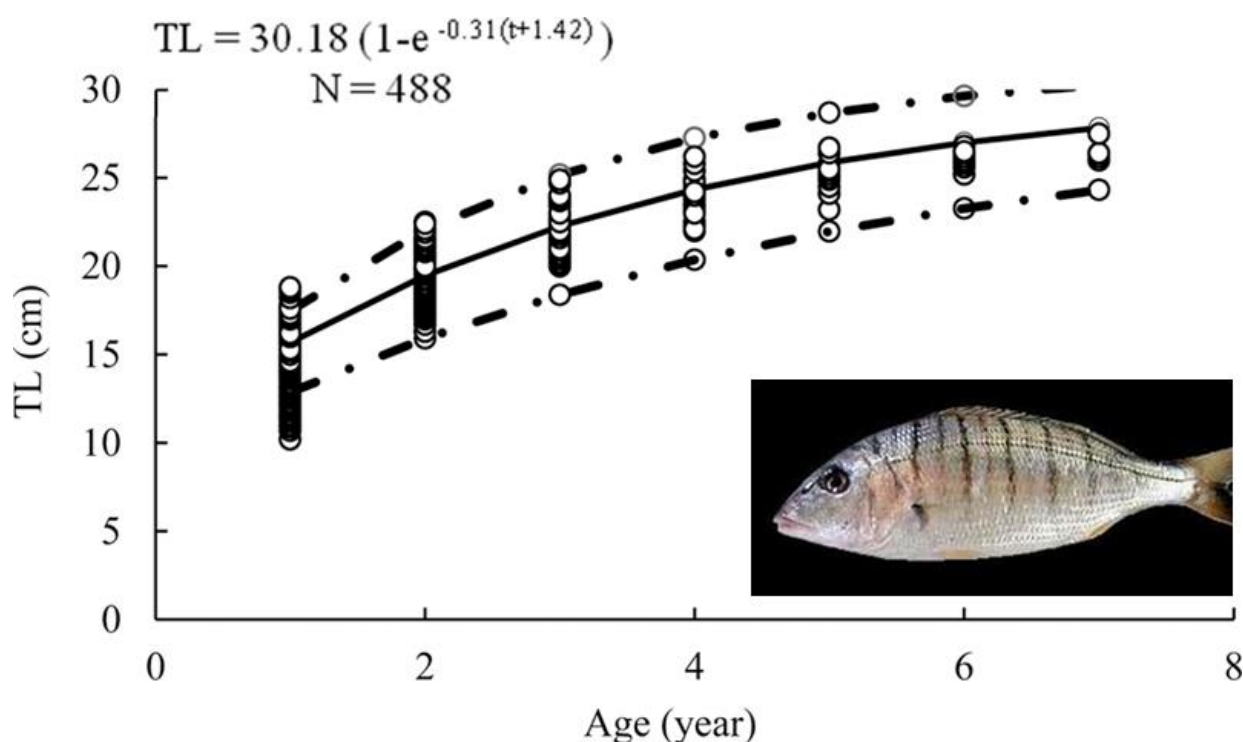


Figure 3.1.2.2. Courbe de croissance de Von Bertalanffy de *L. mormyrus* dans le Golfe de Tunis.

## De nouvelles analyses d'écaillés révèlent des cœlacanthes africains centenaires

Mahé K., Ernande B., Herbin M. (2021). New scale analyses reveal centenarian African coelacanths. *Current Biology*, 31(16), 3621-3628.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.05.054>

Le cœlacanthe existant a été découvert en 1938 ; sa biologie et son écologie restent mal connues en raison du faible nombre de spécimens collectés. Seules deux études précédentes ont tenté de déterminer son âge et sa croissance. Elles ont suggéré une durée de vie maximale de 20 ans, plaçant le cœlacanthe parmi les poissons marins à la croissance la plus rapide. Ces résultats sont en contradiction avec les autres caractéristiques biologiques connues du cœlacanthe, notamment sa faible capacité d'extraction d'oxygène, son métabolisme lent, son ovoviviparité et sa faible fécondité, typiques des poissons ayant une histoire de vie lente et une croissance lente. Dans cette étude, nous utilisons la microscopie à lumière polarisée pour étudier la croissance sur les écaillés à partir d'un large échantillon de 27 spécimens. Nos résultats démontrent pour la première fois des structures calcifiées annuelles presque imperceptibles (circuli) sur les écaillés et montrent que l'âge maximal du cœlacanthe a été sous-estimé d'un facteur 5. Notre méthode de validation suggère que les circuli sont effectivement annuels, ce qui confirme que le cœlacanthe fait partie des espèces de poissons qui vivent le plus longtemps, sa durée de vie étant probablement d'environ 100 ans. Comme les requins des profondeurs au métabolisme réduit, le cœlacanthe a une croissance parmi les plus lentes pour sa taille. D'autres réévaluations de l'âge à la première maturité sexuelle (entre 40 et 69 ans) et de la durée de gestation (environ 5 ans) montrent que le cœlacanthe vivant à l'une des histoires de vie les plus lentes de tous les poissons marins et peut-être la gestation la plus longue. Étant donné que les espèces à longue durée de vie et à cycle de vie lent sont extrêmement vulnérables aux perturbations naturelles et anthropiques, nos résultats suggèrent que les cœlacanthes pourraient être plus menacés qu'on ne le pensait jusqu'à présent.

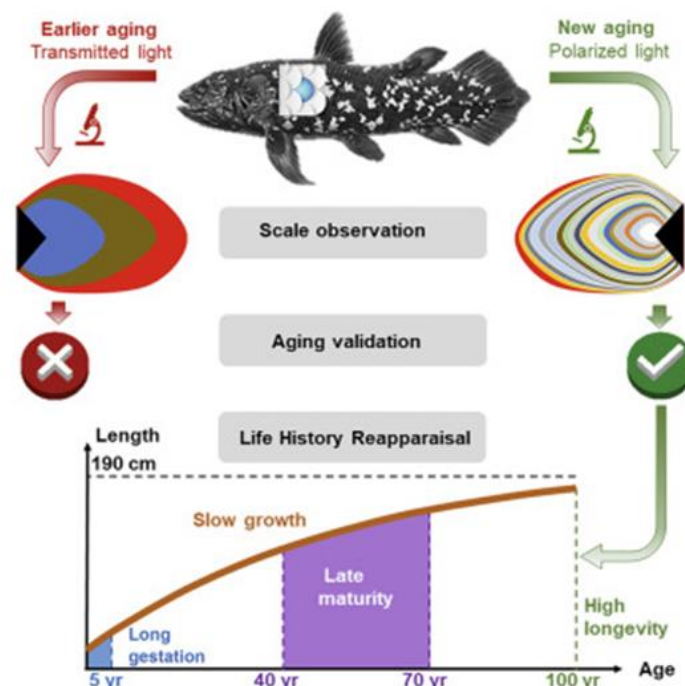


Figure 2.1.5. Réévaluation de la croissance du cœlacanthe avec des conséquences sur la connaissance des traits d'histoire de vie.

### 3.1.3 Marqueurs biologiques des populations de poissons : sources de variation et applications

#### 3.1.3.1 Applications

Développement chez le flet européen (*Platichthys flesus*) d'un test q-PCR pour la mesure de la longueur des télomères, un biomarqueur potentiel des effets des polluants pour les études de biosurveillance

Akcha F., Cahuc C., Rouxel J., Munsch C., Aminot Y., Chauvelon T., Mahé K., Budzinski H., Mauffret A. (2021). Development in the European flounder (*Platichthys flesus*) of a q-PCR assay for the measurement of telomere length, a potential biomarker of pollutant effects for biomonitoring studies. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112610 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112610>

Les télomères protègent la séquence codante des extrémités des chromosomes et la longueur des télomères (TL) a été proposée comme biomarqueur du vieillissement cellulaire, de l'exposition au stress cumulatif et de la durée de vie chez l'homme. Dans le but de proposer de nouveaux biomarqueurs, un protocole q-PCR a été adapté pour la mesure de la TL chez le flet européen *Platichthys flesus*. Le protocole a ensuite été appliqué à des flets de 2 ans de l'estuaire de la Seine. La TL absolue chez le flet est de  $54 \pm 13$  kbp par génome (moyenne  $\pm$  erreur standard). En considérant le TL relatif ou absolu, aucune corrélation n'a été observée entre les dommages à l'ADN et l'une des concentrations de contaminants mesurées (éléments traces, métabolites d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles, pesticides organochlorés, éthers diphenyliques polybromés, substances perfluoroalkyles). L'échantillonnage étant limité, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour établir un impact possible de la pollution chimique sur les télomères des poissons plats. Ceci est motivé par les corrélations observées avec les composés organochlorés lorsque la signification statistique diminue ( $p \leq 0,10$ ).

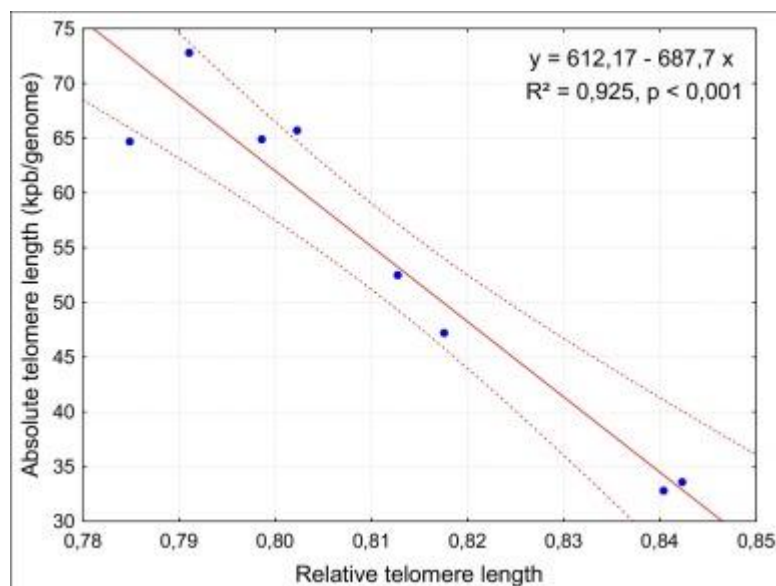


Figure 3.1.3.1. Corrélation entre les TL absolus et relatifs chez le flet européen. Les bandes de régression représentaient l'intervalle de confiance à 95 %.

## Asymétrie bilatérale directionnelle dans l'otolithe des poissons : Un outil potentiel pour évaluer les limites des stocks ?

Mahé, K.; MacKenzie, K.; Ider, D.; Massaro, A.; Hamed, O.; Jurado-Ruzafa, A.; Gonçalves, P.; Anastasopoulou, A.; Jadaud, A.; Mytilineou, C.; Randon, M.; Elleboode, R.; Morell, A.; Ramdane, Z.; Smith, J.; Bekaert, K.; Amara, R.; de Pontual, H.; Ernande, B. Directional Bilateral Asymmetry in Fish Otolith: A Potential Tool to Evaluate Stock Boundaries? *Symmetry* 2021, 13, 987. <https://doi.org/10.3390/sym13060987>

L'otolithe, que l'on trouve dans les deux oreilles internes des poissons osseux, a été principalement utilisé pour estimer l'âge des poissons. Cependant, une autre application qui s'est considérablement développée ces dernières années est l'utilisation de la forme de l'otolithe comme outil d'identification des stocks. Souvent, les études ont directement utilisé l'asymétrie de forme entre les otolithes droit et gauche. Nous avons testé l'ampleur de l'asymétrie directionnelle entre les otolithes sagittaux (gauche vs droite) de 2991 individus en fonction de leurs lieux de capture, et nous avons sélectionné des espèces pour évaluer si l'asymétrie directionnelle peut elle-même être un outil pour évaluer les limites des stocks. Des descripteurs de Fourier elliptiques ont été utilisés pour décrire la forme des otolithes. Nous avons utilisé un poisson plat, la sole commune (*Solea solea*, n = 2431), provenant de l'est de la Manche et du sud de la mer du Nord, ainsi qu'un poisson rond, la bogue (*Boops boops*, n = 560), provenant de la mer Méditerranée. Les deux espèces ont montré des niveaux significatifs d'asymétrie directionnelle entre les lieux de test. Les otolithes de bogue ont montré une asymétrie significative pour seulement 5 des 11 sites, avec une séparation substantielle entre deux grandes zones : la côte algérienne et la partie occidentale de la côte italienne. Les otolithes de sole ont montré une asymétrie significative dans l'analyse de forme (3,84-6,57%), suggérant une séparation substantielle entre deux grandes zones : les parties anglaise et française de la Manche et le sud de la mer du Nord. Par conséquent, l'asymétrie bilatérale directionnelle dans la forme des otolithes est une nouvelle méthode potentielle pour l'identification des stocks.

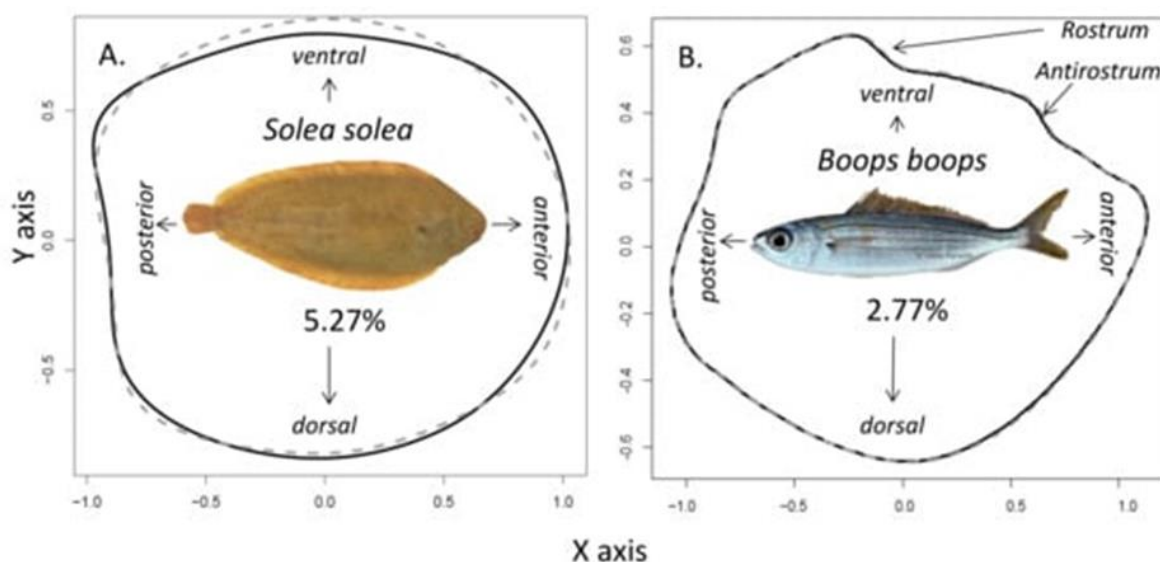


Figure 3.1.2.2 Différences entre les formes moyennes des otolithes de gauche (ligne grise) et de droite (ligne noire).(A):*S. solea* ;(B):*B. boops*.

## Relation entre les caractéristiques morphologiques du corps et des otolithes de l'écreuil sabre (*Sargocentron spiniferum*) du sud de la mer Rouge : Différence entre les otolithes droits et gauches

Osman Y., Mahé K., El-Mahdy S., Mohammad A., Mehanna S. (2021). Relationship between Body and Otolith Morphological Characteristics of Sabre Squirrelfish (*Sargocentron spiniferum*) from the Southern Red Sea: Difference between Right and Left Otoliths. *Oceans*, 2(3), 624-633.

L'analyse de la morphologie des otolithes est l'un des principaux outils utilisés pour l'identification des poissons ou des stocks de poissons. De plus, la forme des otolithes peut également être utilisée dans les études sur le régime alimentaire des animaux (contenu de l'estomac) pour l'identification des poissons proies et leur taille en fonction de la relation entre les tailles des poissons et des otolithes. Dans la présente étude, la relation entre la longueur du poisson et les dimensions morphologiques de l'otolithe a été étudiée pour le poisson écreuil sabre, *Sargocentron spiniferum* (Forsskål, 1775) (famille : Holocentridae). Des échantillons de 185 poissons ont été collectés sur la côte de la Mer Rouge, en Egypte. Pour analyser la relation entre le poisson et l'otolithe, les mesures morphométriques de l'otolithe (longueur, largeur, surface, périmètre, poids, *sulcus* et *ostium*) et les facteurs de forme (rapport d'aspect, compacité, facteur de forme, rectangularité, rondeur, ellipticité, quadrature) décrivant la forme du contour ont été extraits en utilisant l'analyse d'image. Des modèles linéaires généralisés ont été appliqués pour la relation entre la longueur du corps et chaque caractéristique morphologique de l'otolithe. Parmi les relations entre la longueur totale du poisson et quatorze caractéristiques morphologiques, seules la longueur de l'otolithe, la longueur de la caudale et l'équerrage étaient significativement corrélées à la taille du poisson. Nos résultats fournissent plus d'informations sur la relation entre la longueur des poissons et les caractéristiques morphologiques des otolithes.

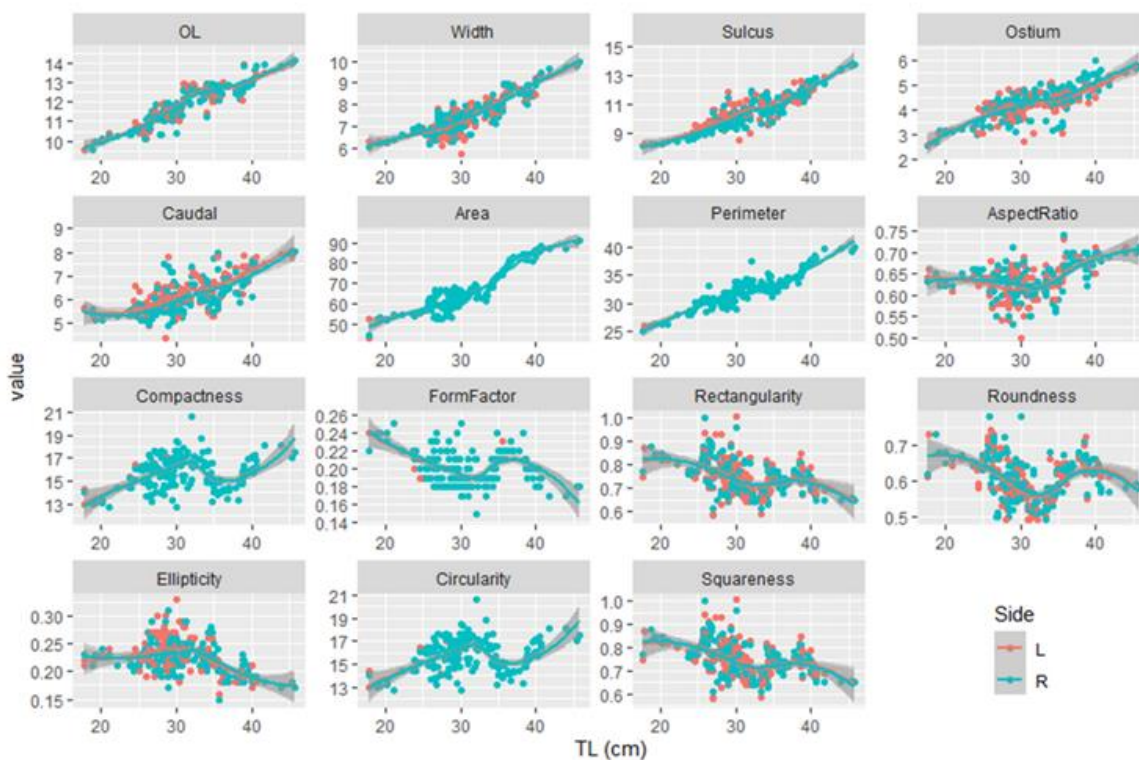


Figure 3.1.3.3. Relations entre la longueur du corps et les descripteurs morphologiques de l'otolithe (points rouges = otolithe gauche, et points verts = otolithe droit) selon le côté de *S. spiniferum* capturé à Shalateen, Egypte, Mer Rouge.

Reconstitution de la saisonnalité de la pêche en eau douce dans une savane néotropicale : première application de la sclérochronologie de l'anguille des marais (*Synbranchus marmoratus*) à un site amazonien précolombien (Loma Salvatierra, Bolivie)

Prestes-Carneiro G., Yunoki T., Dufour J.L., Mahé K., Béarez P. (2021). Reconstructing freshwater fishing seasonality in a neotropical savanna: First application of swamp eel (*Synbranchus marmoratus*) sclerochronology to a pre-Columbian Amazonian site (Loma Salvatierra, Bolivia). *Journal Of Archaeological Science-reports*, 37, 102880 (40p.) <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102880>.

La sclérochronologie est une méthode utilisée pour estimer la saison de décès (saison de capture) des individus archéologiques sur la base d'un modèle de croissance moderne. Cette méthode est de plus en plus acceptée en Amérique du Sud et a été principalement appliquée aux sites archéologiques côtiers (sur les océans Atlantique et Pacifique). C'est la première fois que cette méthode est appliquée à une espèce d'eau douce, l'anguille marbrée des marais (*Synbranchus marmoratus*), en archéologie. Les fouilles entreprises à Loma Salvatierra, une plateforme construite par l'homme située dans l'Amazonie bolivienne et occupée de 500 à 1400 de notre ère, ont permis de découvrir 111 vertèbres zooarchéologiques de l'anguille marbrée des marais, qui est l'une des espèces les plus répandues retrouvées dans les sites archéologiques continentaux sud-américains. Afin d'estimer la saison de pêche de ces individus archéologiques, nous avons développé une collection ostéologique moderne de référence, composée de 61 spécimens dont les dates de capture sont connues, échantillonnés mensuellement sur une période d'un an, à environ 60 km de Loma Salvatierra. Les vertèbres présentent des modèles de croissance périodique avec une succession de bandes sombres et claires en alternance. Par conséquent, les vertèbres constituent une base fiable pour l'estimation de la saison de pêche de l'anguille marbrée. L'analyse des incréments marginaux des vertèbres des poissons actuels nous a permis d'élaborer un modèle de croissance moderne montrant que la croissance saisonnière de l'anguille marbrée des marais est liée au cycle hydrologique, la période de croissance rapide coïncidant avec le début des précipitations dans la région. Sur la base de ce modèle moderne, l'analyse des vertèbres zooarchéologiques démontre que les poissons étaient capturés sur plusieurs saisons. La démonstration que les groupes humains occupaient des villages toute l'année ne signifie pas qu'ils n'étaient pas mobiles, mais montre que la pêche se pratiquait toute l'année dans la savane. Cette pratique de la pêche tout au long de l'année soulève des questions quant à l'idée généralisée que la pêche est une activité exclusivement de saison sèche. Comme les ressources sauvages sont généralement saisonnières, la preuve de la pêche d'anguilles de marais tout au long de l'année pourrait suggérer une pêche tout au long de l'année à Loma Salvatierra et contribue à la compréhension des modèles de mobilité de l'Holocène tardif à l'époque précolombienne.



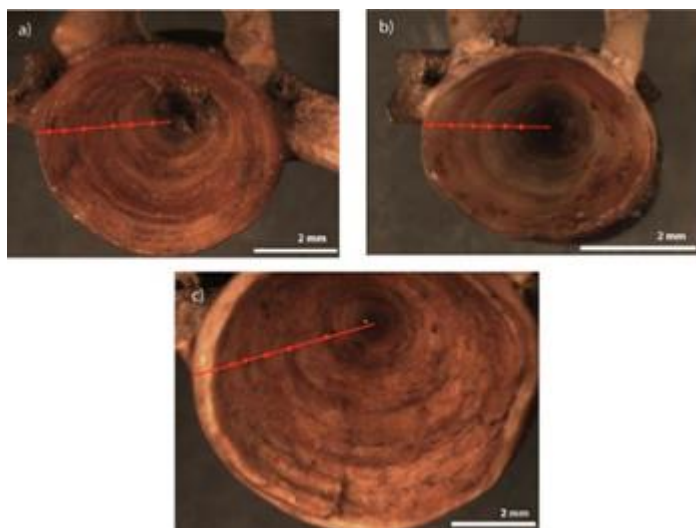


Figure 3.1.3.4. Vertèbres entières zooarchéologiques de *Synbranchus marmoratus*. Les annuli correspondant à des périodes de croissance lente sont marqués par des points sur l'axe de lecture (en rouge).

### 3.1.3.2 Observations

Mise à jour des signalements de *Diretmichthys parini* en Atlantique Nord-Est : effet limité de la température et rôle potentiel des médias sociaux

Cresson P, Iglesias S, Jakobsdottir K, Lynghammar A (2021). Updating the records of *Diretmichthys parini* in the North East Atlantic: limited effect of temperature and potential role of social media. *Cybium*, 45(3), 189-192. <https://doi.org/10.26028/cybium/2021-453-002>

Les signalements opportunistes, notamment pour les espèces rares, sont souvent les premières données disponibles révélant des expansions géographiques dans un contexte de changement global des écosystèmes marins. Sur la base d'un premier signalement au nord de la mer du nord du poisson mésopélagique *Diretmichthys parini* (Post et Quéro, 1981), initialement décrit comme tropical et subtropical, une hypothèse d'expansion géographique en relation avec le réchauffement climatique a été formulée en 2017. L'analyse d'un plus grand jeu de données spatiales et temporelles, incluant notamment des signalements anciens (1992-2016) en Islande et récents en Norvège (2015-2017), induit la révision de cette hypothèse et permet de reconsidérer les préférences thermiques des adultes de cette espèce. Ce travail illustre également l'importance de prendre en compte les réseaux sociaux pour suivre les signalements opportunistes, car la surprise liée à la capture de ces poissons inhabituels y entraîne souvent la publication des photos par le grand public.

Ce travail a par ailleurs fait l'objet d'un intérêt majeur du grand public : après une communication via un événement Ifremer Live sur YouTube (<https://youtu.be/WIOVQ8kNcoE>), il a été repris dans 17 médias nationaux (par exemple Ouest France <https://www.ouest-france.fr/environnement/protection-oceans/climat-la-dirette-de-parin-poisson-tropical-peche-en-norvege-a-beaucoup-a-nous-dire-717d3576-5e78-11ec-99d5-83680b67ec8det> le Monde [https://www.lemonde.fr/sciences/article/2021/12/20/un-poisson-tropical-au-cercle-polaire\\_6106754\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2021/12/20/un-poisson-tropical-au-cercle-polaire_6106754_1650684.html)) ou internationaux (Emission CQFD sur la RTS en Suisse <https://www.rts.ch/info/sciences-tech/environnement/12781905-la-dirette-de-parin-un-poisson-tropical-retrouve-en-mer-du-nord.html>).

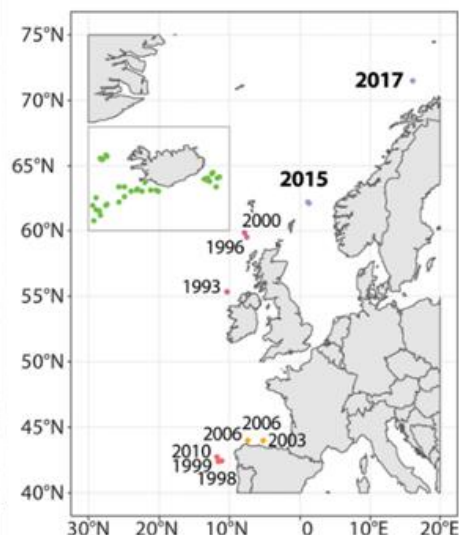


Figure 3.1.3.5 Photo de *Diretmichtys parini* et carte reportant les signalements dans le golfe de Gascogne, en Islande et en mer du Nord.

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

#### 3.1.4.1 Croissance

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

Le bilan pour les 7 principales espèces commerciales de poissons montre un nombre réalisé de 6802 pour les données de taille/âge par rapport à l'objectif européen fixé à 5760 ce qui correspond à une réalisation de 118% par rapport aux objectifs. De plus, le nombre de données d'âge pour la coquille Saint Jacques est extrêmement plus l'important que l'objectif fixé car ces données sont acquises en mer lors de la campagne scientifique et dépendent donc de la disponibilité des individus. Les données récoltées en 2021 pour analyser la croissance des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 3.1.4.1.

Tableau 3.1.4.1. Nombre de données de croissance (relation taille/âge) échantillonné par l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par l'Europe.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
mer du Nord- Manche Est			
<i>Mullus surmuletus</i>	330	258	78%
<i>Aspitrigla cuculus</i>	300	428	143%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	80	450	563%
<i>Gadus morhua</i>	40	50	125%
<i>Merlangius merlangus</i>	1450	1548	106%
<i>Pleuronectes platessa</i>	2260	2587	114%
<i>Solea solea</i>	1300	1481	114%
<i>Pecten maximus</i>	1990	42276	2124%
Manche Est			
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1739	70%
<i>Solea solea</i>	100	120	120%

#### 3.1.4.2 Maturité sexuelle

La maturité sexuelle est suivie par l'unité HMMN dans les mêmes 3 zones géographiques et pour les même principales espèces commerciales à l'exception du grondin rouge (*Aspitrigla cuculus*) et de la coquille Saint Jacques 2 types de données sont collectés en plus de l'âge: le sexe et le stade de maturité sexuelle.

Le bilan pour les principales espèces commerciales montre un nombre réalisé de 7872 pour les données de maturité sexuelle par rapport à un objectif européen de 8190 ce qui correspond à un taux de réalisation de 96%. Les données récoltées en 2021 pour analyser la maturité sexuelle des principaux stocks de Manche et mer du Nord sont résumées dans le Tableau 3.1.4.2.

Tableau 3.1.4.2. Nombre de données de maturité sexuelle échantillonné par l'unité HMMN par espèce (*nom latin*), selon la zone géographique considérée en fonction des objectifs à atteindre fixés par l'Europe.

Espèces	Nombre planifié	Nombre réalisé	% de réalisation
mer du Nord- Manche Est			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	210	204	97%
<i>Gadus morhua</i>	40	50	125%
<i>Merlangius merlangus</i>	1460	1548	106%
<i>Mullus surmuletus</i>	320	258	78%
<i>Pleuronectes platessa</i>	2260	2587	114%
<i>Solea solea</i>	1300	1481	114%
Manche Est			
<i>Pleuronectes platessa</i>	2500	1624	65%
<i>Solea solea</i>	100	120	120%

### 3.1.4.3 Age

Le pôle national de Sclérochronologie de l'unité HMMN reçoit des pièces calcifiées qui proviennent des différents laboratoires ressources halieutiques de l'Ifremer pour estimer l'âge des principales espèces commerciales dans le cadre du suivi des stocks.

Ainsi, cette année, le pôle national de Sclérochronologie a reçu 24602 individus alors que 24970 individus avaient été planifié, soit un taux de réalisation de 98.5%. Ces échantillons étaient répartis en 3 grandes zones géographiques que sont :

- La mer Méditerranée (3826 individus échantillonnés sur 3600 planifiés),
- L'océan Atlantique Nord (14647 individus échantillonnés sur 14220 planifiés),
- La Manche-mer du Nord (6128 individus échantillonnés sur 7150 planifiés). Les données concernant la coquille Saint Jacques n'y figurent pas car directement analysées en mer.

### 3.1.4.4 Identification des œufs et larves de poissons

L'unité HMNN a en charge l'analyse d'échantillons collectés pendant la campagne IBTS dans le cadre de la DC-MAP et hors DC-MAP et du projet IGA. Le Tableau 3.1.1.4.4.1 fait le bilan du nombre d'échantillons analysés en 2021 selon les différents projets.

Tableau 3.1.1.4.4.1 Bilan du nombre d'échantillons d'ichtyoplancton prévus/analysés par l'unité HMMN au sein du Pôle Zooplancton en 2021 en fonction des différents projets

Client	Projet/Groupe CIEM	Œufs/larves	Echantillons prévus	Echantillons analysés
EU (PCP)	DC-MAP (HAWG)	Larves de hareng, sardine et limande sole	101	101
EDF	IGA	Sole, sprat, sardine,	92	92

		limande, larves de crevette grises, homard et araignée de mer		
Hors contrat	WGSINS	Toutes espèces (œufs)	101	0
Hors contrat	Réseau SRN	Toutes espèces		
Hors contrat	WGALES	Toutes espèces (larves)	101	0

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

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

### 3.1.5 Contribution aux avis/expertise

#### 3.1.5.1 Expertise internationale

Tableau 3.1.5.1. Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2021 dans le cadre du Thème 1.

Lieu	Instance	Intitulé	Personnel présent de l'unité HMMN
virtuel	ICES	International Bottom Trawl Survey Working Group (IBTSWG)	Arnaud Auber, C. Giraldo, R. Girardin
virtuel	ICES	ICES Workshop on age estimation of European anchovy ( <i>Engraulis encrasicolus</i> ) (WKARA3)	G. Bled Defruit, S. Telliez
virtuel	ICES	ICES Workshop on age reading of Sea bass ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ) (WKARDL3)	A. Dussuel, R. Elleboode
virtuel	ICES	Third workshop on age reading of blue whiting ( <i>Micromesistius poutassou</i> ) (WKARBLUE3)	G. Bled Defruit, R. Elleboode
virtuel	ICES	ICES Workshop on age estimation of 2021 North Sea and Skagerrak Plaice	S. Telliez
virtuel	ICES	WGBIOP	K. Mahé
virtuel	ICES	SIMWG	K. Mahé

#### 3.1.5.2 Expertise nationale

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

Dans le cadre du respect des exigences des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets des effluents liquides et gazeux dans l'environnement pour l'exploitation des CNPE (Centre Nucléaire de Production d'Electricité) de Blayais, Flamanville, Gravelines, Paluel et Penly, EDF a confié à l'Ifremer la responsabilité du suivi écologique de l'évolution du milieu récepteur pour les domaines pélagique, halieutique et benthique de ces cinq CNPE. L'unité HMMN est en charge de l'expertise halieutique du projet, mais aussi de la collecte et de l'analyse des échantillons de plancton (œufs et larves de poissons, larves de crustacés décapodes), de l'évaluation des poissons (plie, limande, sole, hareng, sprat) et du suivi des crustacés (tourteau, étrille, homard, araignée, crevette) avec des implications différentes selon les centrales (Gravelines, Penly et Flamanville). En ce qui concerne le CNPE de Paluel elle réalise, à partir des données issues du Système d'Information Halieutique une synthèse de l'activité des navires professionnels dont les captures sont réalisées dans le rectangle statistique 28F0. Elle participe

à la rédaction des rapports annuels, à la synthèse écologique du CNPE de Penly ainsi qu'à la réunion plénière annuelle avec EDF.

### 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, acides gras et contenus stomacaux) à la détermination de la niche trophique aux échelles intra et interspécifiques. Dans le cadre du projet CAPES, les isotopes et les contenus stomacaux ont été utilisés pour caractériser la variation spatiale de l'alimentation des juvéniles de 4 espèces de poissons dans la nourricerie de la Baie de Seine, et notamment préciser l'importance et la qualité trophique relative des différents habitats au sein de la nourricerie (3.2.1.1). De la même manière, une analyse intégrée de l'alimentation du phoque du Groenland a permis de préciser l'effet des changements de la couverture glaciaire sur les comportements trophiques de cette espèce (3.2.1.2). L'aspect trophique a également été pris en compte, en plus d'autres paramètres physiologiques et métaboliques pour appréhender et expliquer la variabilité intra et interspécifique des niveaux de contamination en mercure dans trois espèces de poissons d'intérêt économique dans le golfe de Gascogne (3.2.1.3). Les travaux de cet axe ont aussi appliqué des approches numériques aux données acquises avec les traceurs intégrés : par l'application d'un modèle de distribution spatial, il a été possible de démontrer que les contenus stomacaux pouvaient représenter un proxy intéressant de la distribution spatiale de 3 groupes de crustacés benthiques (3.2.1.4). Enfin, les travaux menés sur le parasitisme, en collaboration avec l'ANSES ont permis de mettre en évidence la valeur ajoutée de cette collaboration, en permettant une approche intégrée de ce sujet, qui révèle l'importance de facteurs biotiques et abiotiques comme facteurs forçants la circulation des parasites, et leurs niveaux dans les poissons (3.2.1.5).

Le deuxième axe poursuit de son côté les travaux sur les réseaux trophiques dans les communautés de poissons, aussi bien en utilisant des approches empiriques ou de modélisation. Dans le cadre de la thèse de CA Timmerman, une ré-analyse des jeux de données trophiques collectés par l'unité depuis 2009 a apporté de nouveaux éléments à la compréhension du rôle du couplage benthopélagique, en y rajoutant la composante temporelle et inter saisonnière, que chaque projet pris séparément ne permettait pas. Elle révèle la persistance de ce couplage, du fait notamment de la plasticité trophique de la plupart des espèces de la communauté (3.2.2.1). Le travail mené en mer Celtique s'inscrit également dans la continuité des travaux de l'unité sur

le rôle de l'environnement dans la structuration trophique des assemblages, car il démontre l'importance de la profondeur et de la production primaire comme des facteurs majeurs expliquant la structure des niches trophiques et le fonctionnement trophique des communautés en Mer Celtique (3.2.2.2), mais également la biodiversité du zooplancton dans la zone de St Paul et Amsterdam (3.2.2.3). Les travaux de réhabilitation du site du Pilier, sur lequel l'extraction de granulats s'est arrêté permettent d'appréhender les capacités de résilience d'un site exposé à une activité anthropique forte, et de voir comment l'arrêt de la pression entraîne un retour à un état antérieur (3.2.2.4).

Cet axe comprend également des travaux méthodologiques. Dans le cadre d'une convention avec le Ministère de la Transition Ecologique, une application RShiny a été développée, afin de mettre en œuvre des méthodes statistiques applicables aux données halieutiques collectées sur les sites industriels en mer (3.2.2.5). Une calibration des outils appliqués aux données isotopiques a également été réalisée : 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 (3.2.2.6), permet ainsi d'estimer les erreurs liées à l'application d'un outil statique à une situation 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. Cependant, face au nombre grandissant des traits fonctionnels disponibles, les travaux auxquels l'unité a participé permettent de simplifier cette approche, en proposant des règles empiriques pour construire des espaces fonctionnels représentant un compromis entre robustesse et applicabilité (3.2.3.1). Si on sait que le changement climatique affecte les aires de répartition des espèces, il est souvent difficile de préciser si les changements s'expliquent par des augmentations ou des diminutions d'espèce d'affinité chaude ou froide. Les résultats obtenus en 2021 permettent ainsi de préciser que le phénomène principalement à l'œuvre est la déboréalisation, c'est-à-dire une diminution de l'abondance/occurrence des espèces à préférence thermique froide (3.2.3.2).

Les travaux sur la rareté fonctionnelle et le rôle des poissons se sont également poursuivis. En Atlantique Nord, les principales espèces fonctionnellement distinctes sont des élastomobranches (3.2.3.3). Ce résultat a un impact important sur les questions de gestion, car ces espèces ont pour la plupart des statuts IUCN inquiétants. Au contraire, l'analyse des traits fonctionnels des poissons récifaux à l'échelle mondiale montre un partage des rôles écologiques (définis comme des combinaisons de traits), malgré leur séparation géographique et taxonomique (3.2.3.4). Enfin les travaux menés dans le cadre de ce thème au sein d'un large consortium international ont permis de proposer un cadre méthodologique permettant de classer les zones océaniques en fonction de leur pertinence à être placée sous protection totale, et pour tendre vers 3 objectifs relatifs à la réduction des émissions de carbone liées au chalutage, à la préservation de la biodiversité, et à l'augmentation de la productivité des pêcheries (3.2.3.5)



### 3.2.1 Mécanismes de variation de la niche trophique

#### 3.2.1.1 Variation spatiale de l'importance trophique des habitats pour les juvéniles de poissons au sein de la baie de Seine

Day L, Brind'Amour A, Cresson P, Chouquet B, Le Bris H. 2021. Contribution of Estuarine and Coastal Habitats Within Nursery to the Diets of Juvenile Fish in Spring and Autumn. *Estuaries And Coasts*, 44(4), 1100-1117. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00823-z>

Les nourriceries côtières et estuariennes sont composées d'une mosaïque d'habitats avec des composantes biotiques et abiotiques variables. Quantifier la contribution des différents habitats aux sein des nourriceries à l'alimentation des juvéniles est nécessaire à l'identification des habitats essentiels à la complétion de leur cycle de vie, par la provision de ressources alimentaires maximisant la croissance et la survie. Les habitats essentiels de quatre espèces benthodémersales (merlan, bar, plie et sole) dans l'estuaire de la Seine ont été identifiés, via l'analyse de leur rapports isotopiques et de leurs contenus stomacaux. Au sein de l'estuaire, les habitats ont montré des différences, tant pour ce qui concerne les communautés d'invertébrés benthiques qui les composent que leurs signatures isotopiques, du fait du gradient estuarien et des sources trophiques utilisées par les consommateurs primaires. Les chevauchements de niches trophique et les contributions des différents habitats à l'alimentation des poissons ont mis en évidence l'utilisation des habitats intertidaux et subtidaux. Les poissons plats ont montré une alimentation locale, basée principalement sur les proies principales de l'habitat où ils se trouvaient, suggérant un comportement alimentaire peu coûteux en énergie. Le bar se concentrait dans les habitats en amont de l'estuaire. Les vasières intertidales représentent plus de la moitié de l'alimentation de cette espèce. Le merlan a une stratégie d'alimentation ubiquiste, suggérant qu'il cible des proies représentant l'apport énergétique le plus important. L'utilisation de différents habitats simultanément à la même saison ou de manière asynchrone toute l'année ne suggère pas de préférence pour un habitat en particulier. L'utilisation couplée des isotopes stables et des contenus stomacaux permet cependant de mettre en évidence l'importance des vasières intertidales, notamment pour la sole et le bar, espèces pour lesquelles les contributions de cet habitat représentent deux tiers ou la moitié de l'alimentation.

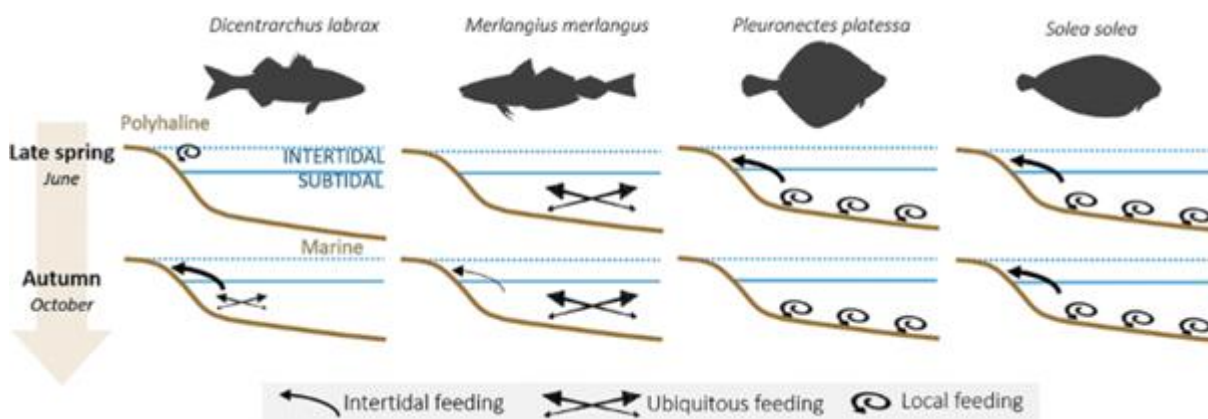


Figure. 3.2.1.1.1 : Différents comportements alimentaires des juvéniles de 4 espèces dans l'estuaire de Seine. Le bar et le merlan ne montrent pas de préférence pour un habitat en particulier, et sont capable d'effectuer des déplacements entre habitats pour s'alimenter. Au contraire, les poissons plats s'alimentent plutôt localement, sur les proies principales de l'habitat dans lequel ils sont retrouvés. Cependant le compartiment intertidal est une zone importante d'alimentation pour les 4 espèces, et essentiellement pour le bar et la sole.

### 3.2.1.2 Condition corporelle et interactions trophiques du phoque du Groenland en Arctique en automne

Haug T, Biuw M, Gjørseter H, Knutsen T, Lindstrøm U, MacKenzie KM, Meier S, Nilssen KT. 2021. Harp seal body condition and trophic interactions with prey in Norwegian high Arctic waters in early autumn. *Progr. Oceanogr.*, 191 <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102498>

Dans le cadre d'une campagne menée en septembre 2016, l'ensemble des niveaux trophiques, depuis le phytoplancton jusqu'aux phoques, ont été échantillonnés dans l'océan Arctique, à l'ouest et au nord du Svalbard. 26 phoques du Groenland ont été échantillonnés en lisière des glaces, pour déterminer si les changements environnementaux ont affecté leur alimentation et leur condition corporelle, via la comparaison des résultats actuels avec ceux obtenus lors de travaux réalisés il y a 20 ans dans la mer de Barents, quand la limite de la glace était plus au sud. Nos résultats suggèrent que la condition corporelle était faiblement mais significativement inférieure pour les individus âgés d'un an, et les plus âgés en 2016, en comparaison à ceux collectés au début des années 1990. Ce travail confirme que la morue polaire *Boreogadus saida* et que l'amphipode hypéridé *Themisto libellula* sont toujours les proies principales du phoque. Une des conséquences de la position de la limite glaciaire actuelle au nord du Svalbard est l'augmentation de la profondeur en dessous, maintenant d'environ 500 m ou plus. Cela explique sans doute l'absence d'espèces benthiques dans l'alimentation, et la présence au contraire d'espèces comme la morue atlantique *Gadus morhua* ou le merlan bleu *Micromesistius poutassou*, qui représentent des proies additionnelles à la morue arctique ou à l'hypéridé dans l'alimentation du phoque. Les rapports isotopiques (Figure. 3.2.1.2.1) suggèrent également que *T. libellula* ou des proies benthopélagiques de bas niveau trophiques, comme le calamar *Gonatus fabricii* jouent à long terme une plus grande importance que des poissons pélagiques de niveau trophique intermédiaire, même si les petits poissons benthopélagiques comme le merlan bleu représentent des composants importants de l'alimentation. L'importance à long terme des crustacés pélagiques est aussi suggérée par l'analyse des acides gras. Dans l'environnement, *T. libellula* était de loin la proie la plus abondante dans les couches d'eau superficielles, suivies par le krill (essentiellement *Thysanoessa inermis*), la morue atlantique et la morue polaire. Les analyses de préférence des proies indiquent que la morue polaire est la proie préférée du phoque.

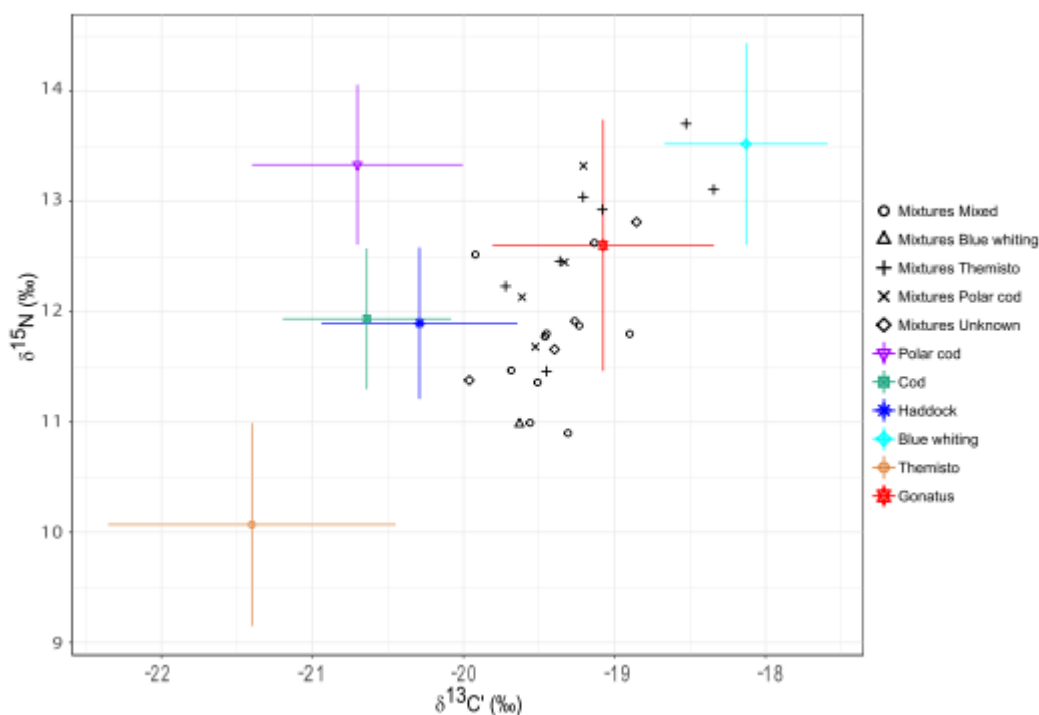


Figure. 3.2.1.2.1. Rapport isotopiques du carbone et de l'azote pour les phoques (les symboles noirs montrent les valeurs isotopiques individuelles pour des phoques regroupés sur la base d'alimentation comparables observées dans les estomacs) et les proies (valeurs moyennes  $\pm$  SD) représentées par des symboles colorés.

### 3.2.1.3 Distribution des espèces mercurielle dans les tissus de différents poissons dans le golfe de Gascogne

Mille T, Bisch A, Caill-Milly N, Cresson P, Deborde J, Gueux A, Morandeau G, Monperrus M. 2021. Distribution of mercury species in different tissues and trophic levels of commonly consumed fish species from the south Bay of Biscay (France). *Mar Poll Bull*, 166, 112172 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112172>

Le mercure est un contaminant qui pose une menace globale sur les écosystèmes marins, notamment du fait de sa capacité à s'accumuler et à se concentrer dans les réseaux trophiques. Les concentrations en mercure total (THg), méthyl-mercure (MeHg) and mercure inorganique (IHg) ont été mesurés dans différents tissus (foie, muscle et gonades) de trois espèces de poissons (le merlu *Merluccius merluccius*, le rouget *Mullus surmuletus*, et la sole *Solea solea*) capturés au sud du plateau continental du golfe de Gascogne. Plusieurs études ont mesuré des niveaux de contamination en mercure dans le muscle des poissons, mais peu l'ont fait dans plusieurs organes, malgré l'importance de telles données pour comprendre l'organotropisme et la métabolisation des contaminants. Les résultats ont montré que la position trophique et les habitudes alimentaires sont nécessaires pour comprendre la variabilité des concentrations en mercure entre espèces. De plus, les ratios MeHg/THg élevés dans le muscle peuvent être expliqués par le comportement de prédation des espèces étudiés et la bioamplification de ces composés mercuriels le long du réseau trophique. Malgré des différences entre espèces, les concentrations en mercure étaient toujours plus élevées dans le muscle (de  $118 \pm 64$  à  $338 \pm 101$  ng g<sup>-1</sup> ms) et le foie (de  $122 \pm 108$  à  $271 \pm 95$  ng g<sup>-1</sup> ms). Ces résultats confirment l'importance de prendre en compte les processus physiologiques, notamment les stratégies de détoxification du MeHg.

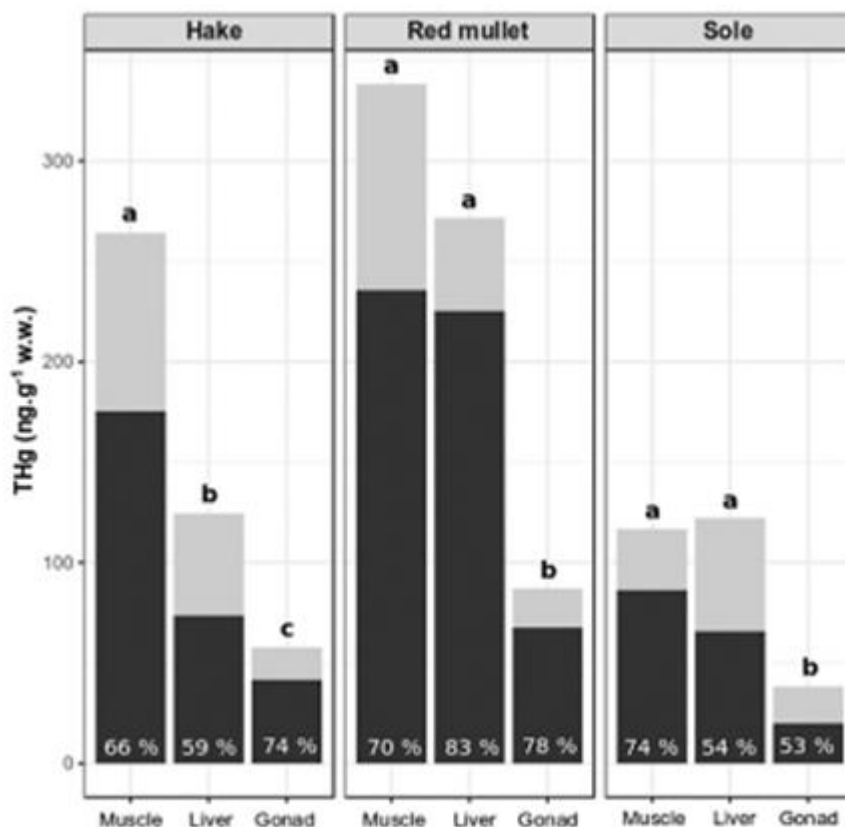


Figure. 3.2.1.3.1 : Distribution des différents composés mercuriels dans les organes du merlu (*Merluccius merluccius*), du rouget (*Mullus barbatus*) et de la sole (*Solea solea*). Le méthylmercure est représenté en noir, avec son pourcentage dans la contamination totale en mercure, et le mercure inorganique est représenté en gris. Les déviations standards ne sont pas présentées pour ne pas surcharger la figure. Les lettres au-dessus des barres illustrent les différences significatives entre organes.

#### 3.2.1.4 Les poissons peuvent être de bons échantillonneurs du benthos en Manche

Marchal P, Cresson P, Foveau A, Giraldo C, Lefebvre S, Vérin Y. 2021. Using the diet of fish to reflect spatial patterns of their benthic prey. *Mar Ecol Progr Ser*, 677, 33-49. <https://doi.org/10.3354/meps13882>

La capacité à mettre efficacement en place une gestion écosystémique des pêcheries est largement dépendante de la disponibilité des données. Comme les invertébrés ne sont pas inclus dans les programmes de surveillance opérés en routine, les données pour ces groupes doivent être collectées différemment. Nous avons vérifié si les poissons pouvaient être de bon échantillonneurs des invertébrés benthiques en Manche Est, en comparant les distributions spatiales de 3 familles (Galatheidae, Portunidae et Porcellanidae) retrouvées d'une part dans les tractus digestifs de poissons collectés pendant la campagne CGFS, et d'autre part au travers d'une campagne dédiée (Eastern English Channel Benthic Survey, ECBS). Une correspondance forte a été observée entre les distributions de Porcellanidae, Galatheidae et Portunidae dans les tractus et les cartes d'occurrence (Figure 3.2.1.4.1). Le chevauchement maximal a été observé pour les Galatheidae. Les distributions spatiales de Porcellanidae basées sur les estomacs recouvraient mieux celles issues de la campagne d'échantillonnage du benthos sous l'hypothèse d'une consommation des proies dans les unités spatiales à proximité de l'unité de capture des poissons. Cela pourrait refléter la mobilité relativement importante des prédateurs principaux

des Porcellanidae (e.g. *Mustelus asterias*, *Scyliorhinus canicula*). Finalement, cette étude démontre la capacité des poissons à apporter de bonnes informations à propos de la distribution spatiale des organismes benthiques.

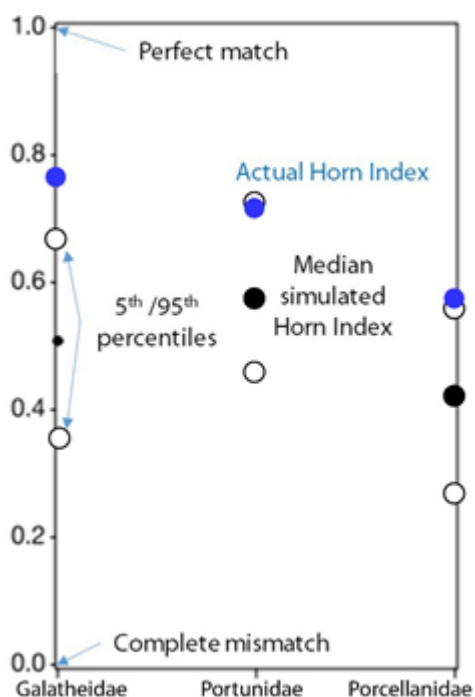


Figure 3.2.1.4.1. Estimation du chevauchement entre les distributions spatiales dérivées des données de tractus digestif et des données d'occurrence issues de la campagne d'échantillonnage du benthos. L'overlap a été estimé par une comparaison entre la valeur réelle de l'indice de Horn (« Actual Horn Index » - points bleus), et 1000 permutations de cette valeur, représentées sur le graphique par les percentiles 5 et 95% (points blancs) et la médiane de la distribution (points noirs). Des valeurs élevées de l'indice de Horn démontrent une correspondance forte entre estomac et campagnes.

### 3.2.1.5 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.

Duflot M, Cresson P, Julien M, Chartier L, Bourgau O, Mattiucci S, Midelet G, Gay M. 2022. Distribution de *Cryptocotyle* dans sept espèces de poissons commerciaux échantillonnés en Manche et en mer du Nord. 8èmes rencontre de l'Ichtyologie en France, Paris 14 au 18 Mars.

Gay M, Ernande B, Lefebvre S, Bourgau O, Cure C, Denamiel M, Giraldo C, Travers-Trolet M, Rouquette M, Cresson P. 2021. Length and depth are major drivers of *Anisakis* levels in a zooplankton-feeding fish. EMOP2021 - XIII European Multicolloquium of Parasitology "changing climate changing parasites". 12-16 octobre, 2021, Belgrade.

Les parasites sont souvent vus exclusivement aux travers des risques qu'ils font peser sur la santé humaine ou animale. On attend par ailleurs une recrudescence des zoonoses, en lien avec les modifications des comportements alimentaires ou le réchauffement climatique. Pour autant, la vision écologique moderne promeut l'intégration des parasites au sein du fonctionnement des écosystèmes, notamment via les interactions biotiques qu'ils génèrent. Malgré l'intérêt que ces questions représentent, elles ne sont que théoriques pour le moment et y répondre est nécessaire, entre autres pour pouvoir comprendre les fondements théoriques de l'application pratique des parasites. Depuis plusieurs années, HMMN met en place une collaboration avec le laboratoire de sécurité sanitaire des aliments de l'ANSES sur cette thématique, vu que les parasites de poissons sont un objet central du travail de ces deux laboratoires. Ces travaux ont été menés au travers de différents projets, financés notamment au travers du CPER MARCO et de financements de la SFR et de la Direction Scientifique, via le M2 en alternance de Sarah

Werquin (codirigé par HMMN et l'ANSES), et l'implication dans la valorisation des résultats de la thèse de M. Duflos (ANSES).

Au travers de l'exemple de plusieurs espèces de poissons d'intérêt économique collectées lors des campagnes (CAMANOC en 2014, IBTS 2019, 2020 et 2021) et de plusieurs groupes de parasites (nématodes *Anisakis* et *Contracaecum*, trématode *Cryptocotyle*), les résultats montrent le rôle conjoint des mécanismes écologiques et de la biologie des hôtes sur le degré de parasitisme chez les poissons et sa variabilité. Par exemple, les niveaux d'*Anisakis* chez le chinchard *T. trachurus* sont liés à l'alimentation, et donc sous contrôle de la profondeur, en lien avec les travaux précédemment menés par le laboratoire sur le rôle de la profondeur sur l'alimentation. De même, les niveaux de contamination de *Cryptocotyle* sont dépendant de l'écologie des espèces de poissons (benthique vs. benthodémersal, stade du cycle de vie).

Les résultats des différents projets montrent la complexité et la multiplicité des paramètres régissant les interactions entre poissons et parasites, et donc la valeur ajoutée d'approches collaboratives et intégrées telles que celle mises en œuvre dans ce cadre.

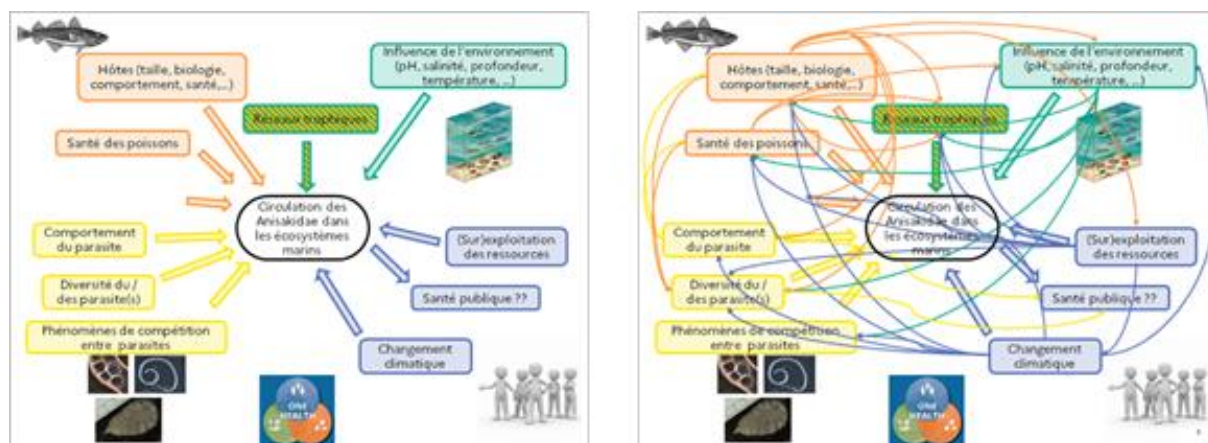


Figure 3.2.1.5.1. Synthèse théorique de l'approche mise en place dans le cadre de la collaboration entre HMMN et l'ANSES par rapport au parasitisme. L'approche classique « en silo » (à gauche) prend séparément en compte les différents volets (biologiques, sanitaires, environnementaux) à l'origine de la circulation des parasites dans les poissons. Or, dans la mesure où le niveau de parasitisme est une propriété émergente de ces différents drivers, eux-mêmes en interaction (à droite), il apparaît nécessaire de les prendre en compte conjointement pour appréhender efficacement le rôle dans l'écosystème et les effets sur les poissons ou les consommateurs humains du parasitisme (i.e. approche « One Health »).

### 3.2.2 Structure et fonctionnement des réseaux trophiques exploités

#### 3.2.2.1 Variabilité interannuelle du couplage benthopélagique dans les communautés de poissons en Manche

Timmerman C-A, Giraldo C, Cresson P, Ernande B, Travers-Trolet M, Rouquette M, Denamiel M, Lefebvre S. 2021. Plasticity of trophic interactions in fish assemblages results in temporal stability of benthic-pelagic couplings. Mar Envir Res, 170, 105412. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105412>

Cette étude s'intéresse à la variabilité temporelle du couplage entre habitats benthiques et pélagiques pour les assemblages de poissons de la Manche est, mer épicontinentale peu profonde, et à cinq périodes temporelles contrastées. Les sources de matière organique alimentant ces assemblages et la contribution relative de différentes sources ont été déterminées sur la base de leur ratios isotopiques et des métriques isotopiques associées. Les couplages entre

compartiments benthiques et pélagiques semblent être une caractéristique permanente en Manche (Figure 3.2.2.1), potentiellement favorisée par la faible profondeur, et contrôlé par la combinaison de deux processus trophiques. D'une, les interactions trophiques montrent une plasticité et révèlent un partitionnement des ressources. De plus, les changements de l'assemblage n'impactent pas le couplage benthopélagique, vu que les espèces dominantes sont généralistes pendant au moins une période considérée, permettant ainsi une utilisation totale de toutes les ressources trophiques disponibles. L'analyse complémentaire des indices de communauté, en les pondérant ou non par la biomasse des espèces a permis une meilleure compréhension des interactions trophiques et des flux d'énergie.

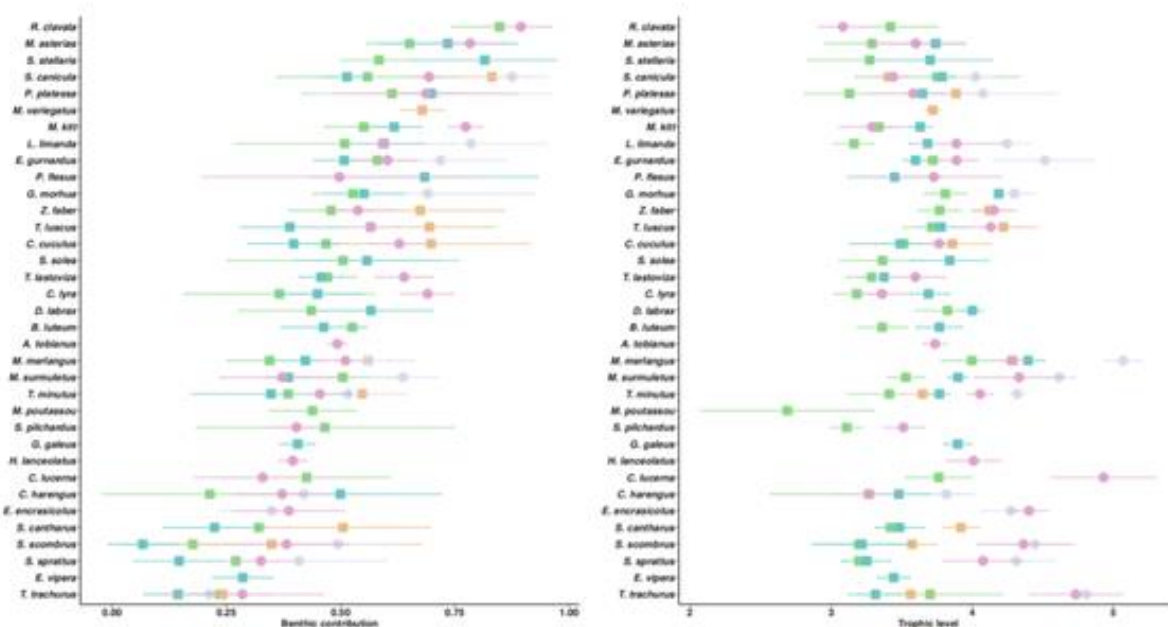


Figure 3.2.2.1. Variation des contributions benthiques (A) et du niveau trophique (B). Les couleurs et formes séparent les périodes : carrés verts CGFS, automne 2009 ; carrés orange: CAMANOC, automne 2014 ; cercles violets : IBTS, hiver 2015 ; carrés bleus : CGFS automne 2015; cercles violets : IBTS, hiver 2016.

### 3.2.2.2 Influence de la production primaire et de la profondeur sur la structuration des assemblages en Mer Celtique

Walters A, Robert M, Cresson P, Le Bris H, Kopp D. 2021. Food web structure in relation to environmental drivers across a continental shelf ecosystem. *Limnol Oceanogr*, 66, 2563-2582. <https://doi.org/10.1002/lno.11773>

La quantification des facteurs physiques et biologiques qui influencent la structuration spatiale des réseaux trophiques est nécessaire pour mettre en place des mesures éclairées de gestion des ressources marines. Sur la base de ratios isotopiques  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  corrigés par les lignes de base mesurés dans 63 espèces d'invertébrés et de poissons, la structure des réseaux trophiques a été appréhendée le long d'un gradient sur le plateau continental de la Mer Celtique. Une classification ascendante hiérarchique réalisée sur les ratios isotopiques a montré que le réseau est structuré en 4 niveaux trophiques successifs, et avec des groupes séparés selon un continuum benthique-pélagique. Quatre descripteurs de la diversité isotopique pondérés par la biomasse ont permis de décrire le statut du système, et de montrer une certaine complexité du réseau, avec une redondance trophique importante à des niveaux intermédiaires, qui laisse supposer une certaine capacité de résilience du système.

Deux modèles statistiques appliqués à l'échelle de la communauté puis au niveau des groupes trophiques ont permis de mettre en évidence cinq assemblages différents, associés à des niveaux différents de chlorophyll a et de température de fond et à des profondeurs différentes (Fig. 3.2.2.2.1). Un assemblage basé sur des eaux froides et des eaux mélangées sur la composante verticale à l'extérieur du plateau représente l'assemblage le plus large et le plus divers, ce qui met en évidence l'importance des conditions froides et productives dans cette zone en Mer Celtique. Les résultats de la modélisation des groupes trophiques ont été utilisés pour générer des prédictions spatialisées, et pour comparer le fonctionnement des groupes, en utilisant des indices de chevauchement isotopique (similarité et nestedness). Les niches isotopiques étaient plus larges (couvrant deux niveaux trophiques) dans les zones peu profondes que dans les zones de forte production primaire et/ou riches en nutriments, ce qui suggère un couplage benthopélagique fort dans les zones côtières. Ces résultats suggèrent que la profondeur et l'intensité de production primaire pélagique sont les facteurs majeurs expliquant la structure trophique et le fonctionnement de la communauté de poisson en Mer Celtique.

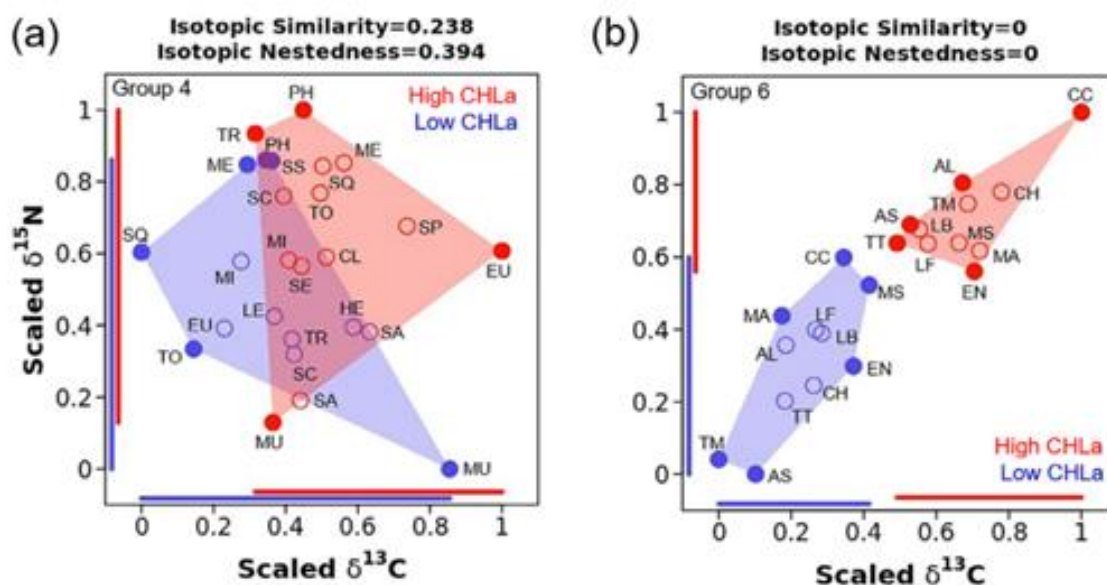


Figure 3.2.2.2.1. Effet de la variation des concentrations de chlorophylle a (concentrations fortes en rouge, faible en bleu) sur la similarité et la nestedness pour deux groupes trophiques (poissons benthiques, céphalopodes & macrobenthos carnivores à gauche, poissons prédateurs démersaux à droite)

### 3.2.2.3 Caractérisation de la biodiversité pélagique pour le projet d'extension de la RNN de Saint Paul et Amsterdam des TAF

Les Terres Australes Françaises (TAF) (qui englobent l'archipel de Crozet, les îles Kerguelen et les îles de Saint Paul et de la Nouvelle Amsterdam) sont des territoires insulaires possédant un patrimoine naturel terrestre et marin particulièrement riche et diversifié. Dans le but de préserver ces milieux, la Réserve Naturelle Nationale (RNN) des TAF a été créée en 2006 et s'est récemment étendue (février 2022) afin de devenir la plus grande aire marine protégée française. Cette extension est l'aboutissement du projet d'extension de la RNN des TAF autour des îles de Saint Paul et Amsterdam.

Les données biologiques issus des campagnes REPCCOAI (Réponse des Ecosystèmes Pélagiques aux Changements Climatiques dans l'Océan Austral et Indien Sud) ont permis de compléter les données internationales quasi inexistantes en zone subtropicale indienne mais

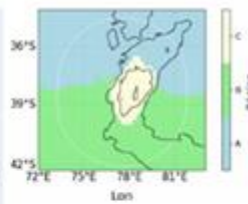


également d'apporter de nouvelles connaissances sur la structure des assemblages zooplanctoniques dans la zone. Les analyses réalisées sur les groupes taxonomiques majeurs (tels que les euphausiacés, les amphipodes ou les siphonophores) ont permis de mettre en évidence l'existence de distinctions d'assemblages entre les régions nord et sud de la Zone Economique Exclusive (ZEE) de Saint Paul et Amsterdam. La région sud est dominée par des assemblages de nature subantarctique et la région nord par des assemblages de type subtropical voire tropical. La région centrale de la ZEE apparaît comme une zone de transition avec des frontières diffuses dans laquelle on retrouve des mélanges de faunes des secteurs Nord et Sud. Par ailleurs, les plus fortes abondances zooplanctoniques (notamment d'euphausiacés et copépodes) sont retrouvées au niveau des îles de Saint Paul et Amsterdam lui conférant une importante primordiale pour l'alimentation de grands prédateurs.

Les analyses réalisées ont également permis de mettre en évidence des correspondances entre les différents assemblages et la régionalisation abiotique établie par Sara Sergi et Francesco d'Ovidio (Laboratoire d'Océanographie et du Climat LOCEAN) au niveau de la ZEE de Saint Paul et Amsterdam. Le tableau suivant fait la synthèse des caractéristiques biotiques et abiotiques de ces différentes régions.

Tableau 3.2.2.3.1 : Caractéristiques des différentes régions. Les espèces en jaune correspondent aux euphausiacés, celles en rouge aux siphonophores et celles en vert aux salpes.

Provinces de Longhurst	Régions physique	Groupes identifiés	Espèces indicatrices	Caractéristiques biotiques	Caractéristiques abiotiques
Subantarctic water ring (SANT)	Région sud ZEE (A)	"Zone sud" avec espèces ubiquistes, subantarctiques et antarctiques	<i>E. longirostris</i> , <i>C. multidentata</i> , <i>H. rubrum</i> , <i>V. pentacontha</i> , <i>I. racovitzai</i>	Présence d'espèces subantarctiques voire antarctiques (euphausiacés et salpes) et d'espèces ubiquistes (siphonophores)	Vents intenses, brassage des masses d'eau important, production primaire forte, faibles températures
Transition entre SANT et SSTC	Région centre ZEE (C)	"Zone intermédiaire" avec espèces ubiquistes	<i>T. vagina</i> , <i>S. maxima</i>	Fortes abondances des groupes taxonomiques dominants (euphausiacés, siphonophores, salpes, copépodes). Présence d'espèces ubiquistes	Proximité du plateau continental, dominé par l'effet d'île, production primaire intermédiaire
South subtropical convergence (SSTC)	Région nord ZEE (B)	"Zone nord" avec espèces subtropicales, tropicales et ubiquistes	<i>H. flexipes</i> , <i>H. longipes</i> , <i>H. longirostris</i> , <i>A. olenii</i> , <i>T. ciliar</i>	Présence d'espèces tropicales, subtropicales et ubiquistes	Mélange hivernal et production primaire très faibles, fortes températures
Indian south subtropical gyre (ISSG)	Région nord ZEE (B)	Zone située à la limite septentrionale de la ZEE	<i>H. flexipes</i> , <i>H. longipes</i> , <i>H. longirostris</i> , <i>A. olenii</i> , <i>C. appendiculata</i> , <i>T. ciliar</i>	Présence d'espèces tropicales, subtropicales et ubiquistes	Mélange hivernal et production primaire très faibles, fortes températures



### 3.2.2.4 Projet RESISTE (fonds propres Ifremer) : Evaluation des capacités de résilience de l'écosystème suite à l'arrêt d'une pression anthropique donnée, l'extraction de granulats marins.

Vogel C, Rivet J, Cambreling M.

Depuis 2020, l'Ifremer s'est engagé dans l'étude de la capacité de résilience de l'ancien site d'extraction du Pilier, situé au large de l'estuaire de la Loire et au nord de l'île de Noirmoutier. A travers une approche pluridisciplinaire, l'objectif du projet RESISTE est d'approfondir les connaissances sur les processus de cette résilience, tous compartiments confondus, et d'explorer en particulier les relations trophiques et le couplage benthos – pélagos. En 2021, les données collectées dans le cadre des premières campagnes dédiées à l'halieutique (voir section dédiée aux campagnes dans ce rapport) ont été exploitées à l'aide d'outils d'aide à la gestion développés dans le cadre de l'expertise sur les granulats marins. Une première modélisation (GLMM) identifie une différence dans les abondances observées à l'intérieur et aux abords immédiats de l'ancienne concession par rapport aux stations d'échantillonnage plus éloignées, et avec une interaction saison/impact (Figure 3.2.2.4.1). Des analyses plus poussées sont nécessaires et seront conduites dans les années futures pour mieux appréhender les processus entrant en jeu dans ces premières observations.

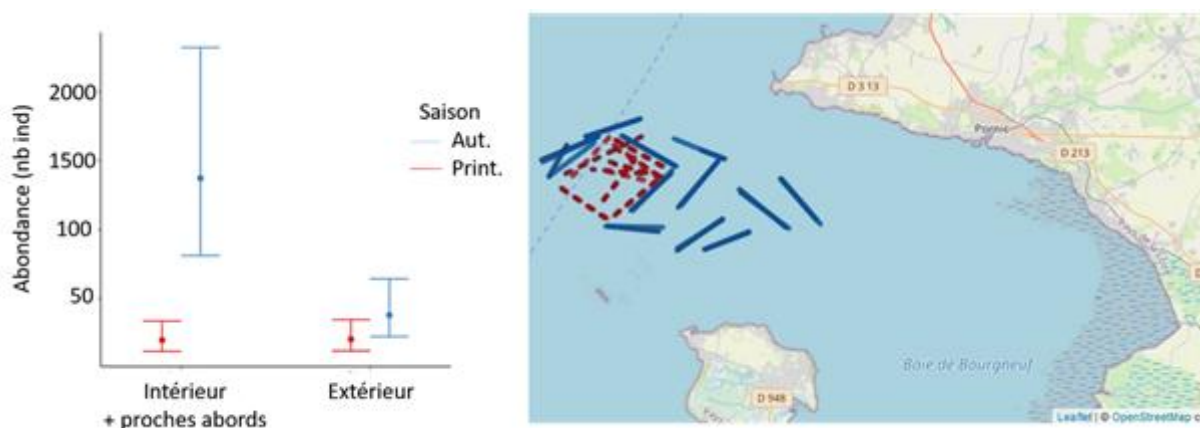


Figure 3.2.2.4.1. Estimation par modèle GLMM des effets des facteurs « impact » (intérieur + proches abords vs. extérieur) et « saison » (automne, printemps) sur les valeurs d'abondance observées (à gauche) et localisation des stations échantillonnées au chalut au cours des campagnes RESISTE considérées pour caractérisation des zones impactées – en pointillés rouges – et non-impactées – en trait plein bleu (à droite).

### 3.2.2.5 Développement de l'application GranulatShiny

Cambreling M, Badts V, Brind'Amour A, Leblond E, Simplet L, Vogel C. 2022. Guide d'utilisation de l'application GranulatShiny (version beta). Document de travail. RST RBE/HMMN/LRHPEB/ 22-05. Convention Ifremer/MTE N°210 276 9907.

Dans le cadre de la convention entre l'Ifremer et le MTE, l'équipe RHPEB a lancé, en collaboration avec EMH (Ifremer Nantes) et HISSEO (Ifremer Nantes et Brest), le développement d'une application en RShiny facilitant la mise en œuvre de méthodes d'analyse statistique complexes (GLMM, test de puissance) pour les données halieutiques collectées sur les sites industriels en mer, en particulier sur les concessions d'extractions de granulats marins. A l'issue de l'année 2021, l'application en version bêta (package R et <https://mathis-cambreling.shinyapps.io/GranulatShiny/>) et son guide d'utilisation en version de travail ont été mis à disposition du MTE, assortis d'un format de données standardisé basé sur les attentes du format Tutti/Allegro de l'Ifremer. À plus large échelle, les objectifs de cette initiative sont de faire progresser les connaissances sur les niveaux d'impact associés à différentes activités pour les communautés halieutiques localement, de mieux comprendre les mécanismes des impacts cumulés et améliorer par ce biais la gestion des activités anthropiques en zone côtière. Le développement de l'application et du guide associé devront se poursuivre dans les prochaines années pour que l'outil intègre une plus grande gamme de fonctionnalités et atteigne une version stabilisée.

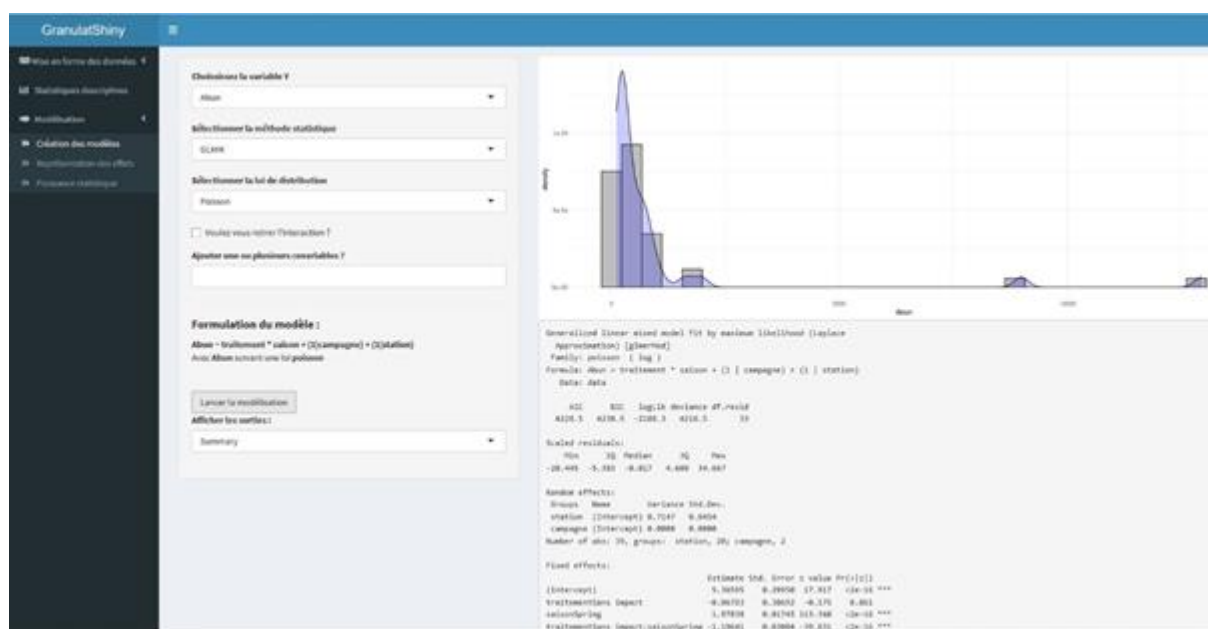


Figure 3.2.2.5. Illustration de la fonctionnalité de modélisation GLMM développée au sein de l'application GranulatShiny

### 3.2.2.6 Estimation inférée du régime alimentaire d'un prédateur par l'analyse d'isotopes stables: apports d'un modèle de mélange dynamique (Projet ISIT-U)

Ballutaud M, Travers-Trolet M, Marchal P, Dubois SF, Giraldo C, Parnell AC, Nuche-Pascual M, Lefebvre S. 2022. Inferences to estimate consumer's diet using stable isotopes: Insights from a dynamic mixing model. PLoS ONE, 17, e0263454.

Les ratios isotopiques sont utilisés en écologie trophique pour reconstruire le régime alimentaire des animaux au moyen de modèles de mélange. Ces modèles de mélange reposent sur plusieurs hypothèses critiquées, i.e., constance des facteurs de discrimination trophique et équilibre isotopique entre proie et prédateur. Le taux de renouvellement ( $\lambda$  et la demi-vie, métrique qui lui est associée) affecte la dynamique d'incorporation isotopique pour un organisme ainsi que l'hypothèse d'équilibre isotopique:  $\lambda$  implique un décalage temporel entre l'assimilation réelle du bol alimentaire et celle estimée à partir des modèles de mélange classiques à l'échelle individuelle. Les études actuelles portant sur les modèles de mélange isotopiques ne prennent pas en compte ce décalage temporel, ni même la dynamique des ratios isotopiques en général. Nous avons développé un cadre mécaniste basé sur un modèle de mélange dynamique (DMM), afin d'évaluer la contribution de  $\lambda$  à la dynamique d'incorporation isotopique et d'estimer le biais induit par la non prise en compte du décalage temporel dans la reconstruction du régime alimentaire lorsque des modèles de mélange statiques sont utilisés (SMMs). Le DMM inclut la dynamique isotopique des sources (notée  $\delta s$ ),  $\lambda$  et la fréquence du changement d'alimentation ( $\omega$ ). Les résultats démontrent qu'un biais significatif est généré lorsque le SMM est employé au lieu du DMM (jusqu'à 50% de différence). Ce biais peut être réduit fortement dans les SMMs en moyennant les variations isotopiques des sources de nourriture sur une fenêtre temporelle égale à deux fois la demi-vie isotopique. Cependant, un biais persiste (15%) pour des valeurs intermédiaires du rapport  $\omega/\lambda$  (Figure 3.2.2.6.1). Les inférences générées dans le cas d'un exemple concret mettent en évidence que le DMM améliore l'estimation du régime alimentaire d'un consommateur, et que son utilisation permettrait d'éviter une mauvaise interprétation du fonctionnement des écosystèmes, de l'analyse de la structure des réseaux trophiques et des processus biologiques sous-jacents.

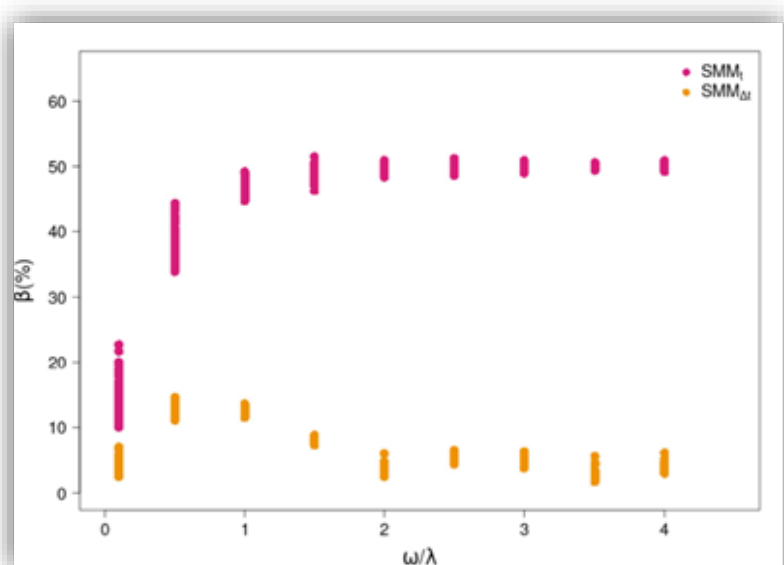


Figure 3.2.2.6.1. Estimation du biais pour les deux approches statiques (SMMt and SMMΔt) en comparaison avec le DMM, et pour chaque ratio  $\omega/\lambda$ .

### 3.2.3 Dynamique spatio-temporelle des communautés de poisson

#### 3.2.3.1 Dimensionnalité et structure de l'espace des traits des espèces.

Mouillot D, Loiseau N, Grenié M, Algar AC, Allegra M, Cadotte MW, Casajus N, Denelle P, Guéguen M, Maire A, Maitner B, McGill BJ, McLean M, Mouquet N, Munoz F, Thuiller W, Villéger S, Violle C, Auber A. 2021. The dimensionality and structure of species trait spaces. *Ecol Lett* 0: 1-22.

L'écologie fonctionnelle vise à comprendre les processus qui structurent la diversité des traits portés par les organismes et leur influence sur le fonctionnement des écosystèmes. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de simplifier cette complexité en axes synthétiques définissant un espace de traits et de regrouper les espèces en fonction de leurs traits tout en identifiant celles qui présentent des combinaisons uniques de traits. Les approches basées sur les traits reposent essentiellement sur le concept des stratégies d'histoire de vie dont le continuum r-K résumant les stratégies démographiques en seulement 2 modalités (MacArthur & Wilson, 1967; Pianka, 1972). De telles simplifications de la variabilité des traits ont débloqué de nombreux verrous de l'écologie fonctionnelle et inspiré le développement d'approches similaires chez les insectes (Greenslade, 1983), les poissons d'eau douce (Winemiller & Rose, 1992), les coraux (Darling et al., 2012) ou encore les microbes (Malik et al., 2020). Dans les cas où des connaissances sur les relations de cause à effet entre environnement et traits sont acquises au travers d'expérimentations, la nécessité d'estimer la robustesse des espaces fonctionnels apparaît comme marginale au moment de construire l'espace des traits. A l'inverse, quand de nombreux traits sont disponibles et que les connaissances sur les relations causales sont faibles/inexistantes, tester l'hyper-dimensionnalité de l'espace des traits devient nécessaire bien que rarement effectuée par les spécialistes. Dans cette étude, nous proposons une approche méthodologique appliquée sur 30 jeux de données de traits représentant une grande variété de taxons, d'écosystèmes et d'échelles spatiales pour montrer qu'un compromis commun entre la qualité et l'opérationnalité de l'espace des traits apparaît entre trois et six dimensions (Figure 2.2.3.1). Aussi, la robustesse à l'omission de traits reste généralement faible mais très variable selon le jeu de données. Sur la base de ces résultats, nous proposons quelques règles empiriques pour construire des espaces de traits d'espèces et estimer les indices de diversité fonctionnelle qui en découlent.

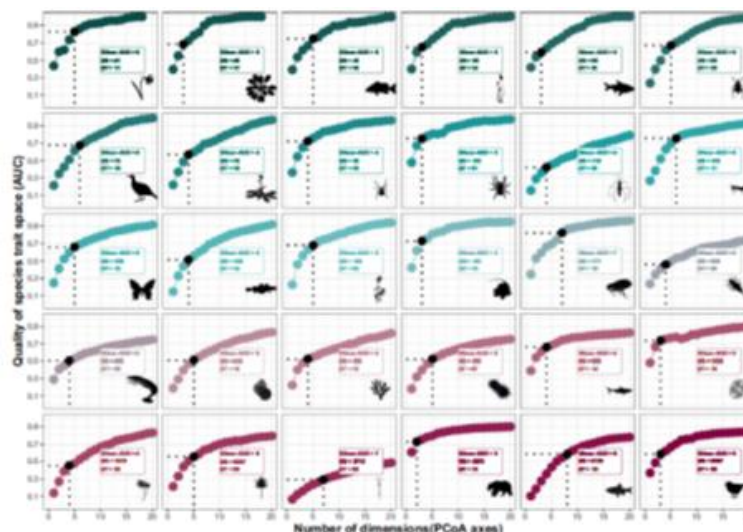


Figure 3.2.3.1.1. Influence du nombre de dimensions (axes de PCoA) utilisées pour construire l'espace des traits sur la qualité de l'espace. Les pointillés noirs correspondent au seuil estimé par la méthode du point d'inflexion d'elbow.

### 3.2.3.2 Distinguer la tropicalisation de la déboréalisation au sein des communautés

McLean M, Mouillot D, Maureaud A, Hattab T, MacNeil A, Goberville E, Lindegren M, Engelhard G, Pinsky M, Auber A. 2021. Disentangling tropicalization and deborealization in marine ecosystems under climate change. *Current Biology* 31: 1-7.

A mesure que le changement climatique accélère, la distribution des espèces se déplace vers les pôles et les espèces subtropicales et tropicales colonisent les environnements tempérés. Une approche courante pour caractériser ces réponses est l'indice de température moyenne de la communauté (CTI), qui suit l'affinité thermique moyenne d'une communauté. Des études menées dans des écosystèmes marins, d'eau douce, et terrestres ont documenté l'augmentation de l'indice CTI sous l'effet du réchauffement climatique. Cependant, la plupart des études ont attribué l'augmentation de CTI uniquement à l'augmentation de l'abondance et/ou occurrence des espèces à préférence thermique élevée. A partir des données d'abondances collectées par des campagnes halieutiques réparties dans l'ensemble de l'hémisphère nord, nous avons décomposé les changements de CTI en quatre processus sous-jacents au sein des populations de poissons marins : la tropicalisation (augmentation de l'abondance/occurrence des espèces à préférence thermique chaude), la déboréalisation (diminution de l'abondance/occurrence des espèces à préférence thermique froide), la boréalisation (augmentation de l'abondance/occurrence des espèces à préférence thermique froide) et la détropicalisation (diminution de l'abondance/occurrence des espèces à préférence thermique chaude) (Fig. 2.2.3.2). L'indice CTI était fortement relié aux changements de la température de l'eau, qui elle a augmenté dans 72 % des zones considérées au cours des 30 dernières années. Cependant, 31 % de ces augmentations de températures étaient principalement dues à la diminution des espèces d'affinité froide, c'est-à-dire à la déboréalisation. Ainsi, les augmentations des espèces à affinité chaude étaient répandues, mais pas omniprésentes. L'intensité de la tropicalisation était plus forte dans les zones qui étaient initialement plus chaudes, qui ont connu un réchauffement plus important, plus profondes, tandis que la déboréalisation était plus forte au sein des communautés à forte diversité thermique et proches de zones à forte densité humaine. Dans les zones où CTI (et la température) augmentaient, les espèces qui ont le plus fortement diminué en abondance étaient celles dont les limites thermiques supérieures étaient proches de la température de l'eau et qui faisaient l'objet d'une pêche commerciale. Nos résultats montrent que les changements de CTI découlent d'une variété de réponses communautaires sous-jacentes qui sont à la fois liées aux conditions environnementales, aux pressions anthropiques, à la structure de la communauté et aux traits des espèces.

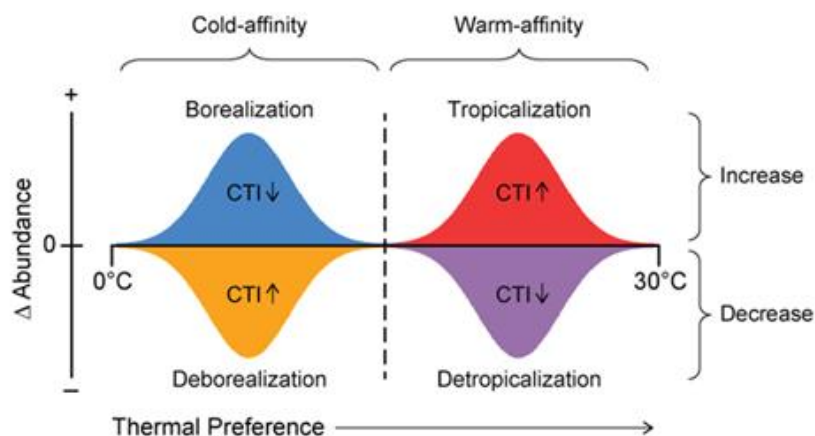


Figure 2.2.3.2. Les quatre processus sous-jacents aux variations de CTI. L'indice CTI augmente lorsque la combinaison entre tropicalisation (rouge) et déboréalisation (orange) est plus intense que la combinaison entre boréalisation (bleu) et détropicalisation (violet).

### 3.2.3.3 Rareté fonctionnelle des communautés de poissons du Nord-est Atlantique

Coulon N, Lindegren M, Auber A. 2021. Functional rarity of the Northeast Atlantic coastal fish communities. Diversity and distributions. In progress

Les espèces fonctionnellement distinctes (c'est-à-dire les espèces présentant des combinaisons de caractéristiques bio-écologiques uniques dans la communauté) sont par définition, seules à assurer certaines fonctions au sein des écosystèmes. Pourtant, la façon dont ces espèces répondent au changement climatique et à l'exploitation humaine a été largement négligée, vraisemblablement en raison de leurs très faibles abondances. Au travers des données d'abondance de poissons issues des campagnes pilotées par le CIEM dans la plupart des eaux Européennes, nous avons pu classer les espèces selon ce critère d'originalité fonctionnelle, cartographié la distribution de ces espèces distinctes (Fig 3.2.3.3.1) et relié cette répartition spatiale avec les conditions environnementales et l'effort de pêche (Fig 3.2.3.3.1). Il a été montré ici que la majorité des espèces considérées comme 'fonctionnellement distinctes' est représentée par le groupe des élamobranches. Il a aussi été montré que ces espèces ont la particularité d'occuper des zones géographiques très restreintes spatialement et étaient caractérisées par de plus faibles valences écologiques (au regard de l'aire des niches abiotiques observées). Leur proportion dans la communauté tend à être plus importante dans les sites où la température annuelle moyenne du fond est plus élevée et où la salinité est plus faible. Enfin, un nombre notable d'espèces n'ont, en théorie, jamais été capturées malgré l'important effort d'échantillonnage dans cette partie du monde (jusqu'à 31 espèces jamais capturées par rectangle CIEM). Cette étude souligne avant tout la nature critique de la situation où les espèces qui remplissent des fonctions clés dans l'écosystème sont également celles qui sont les plus menacées d'extinction. En effet, environ 46 % des espèces catégorisées comme 'distinctes' dans cette étude, sont classées comme 'quasi menacées' selon l'IUCN, 'vulnérables', 'en danger' ou en 'danger critique' d'extinction, notamment les requins, qui sont également plus vulnérables à la pêche. Ainsi, l'inclusion d'une composante fonctionnelle, dont la notion de rareté, apparaît maintenant comme nécessaire pour la construction de plans de gestion et de conservation.

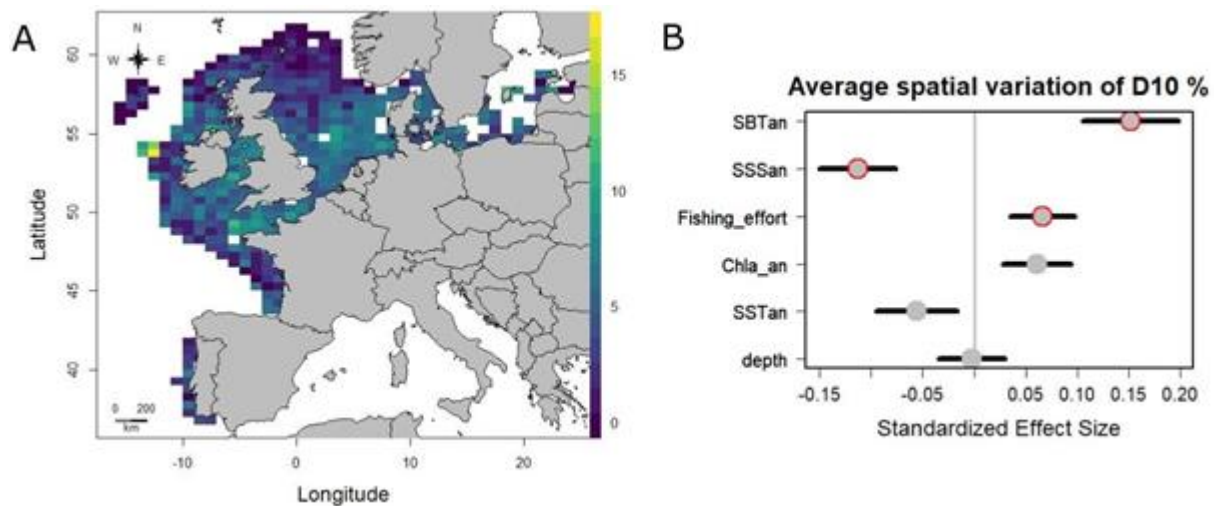


Figure 3.2.3.3.1. A. Distribution du pourcentage d'espèces fonctionnellement distinctes par rectangle CIEM dans les eaux du Nord-est Atlantique. B. Effet standardisé de chaque paramètre environnemental et de l'effort de pêche sur le pourcentage d'espèces fonctionnellement distinctes. Les points entourés de rouge correspondent aux paramètres associés à des effets significatifs.

### 3.2.3.4 Les poissons récifaux assurent des rôles écologiques universels à travers les océans

McLean M, Stuart-Smith RD, Villéger S, Auber A, Edgar GJ, MacNeil MA, Loiseau N, Leprieur F, Mouillot D, 2021 Trait similarity in reef fish faunas across the world's oceans Proc Nat Acad Sci, 118(12), e2012318118

Les traits écologiques des espèces plutôt que leur identité taxonomique déterminent le fonctionnement des écosystèmes et les réponses aux changements globaux. Toutefois, la distribution globale de ces traits reste encore mal connue. Bien que les conditions environnementales et l'histoire évolutive des espèces façonnent la biogéographie des traits, leurs contributions relatives sont largement méconnues pour la plupart des organismes. Cette étude visait à explorer la biogéographie mondiale des traits de 2786 espèces de poissons réparties dans 89 écorégions présentant des conditions environnementales et des histoires évolutives contrastées. Il a d'abord été montré que malgré les différences de composition en traits des poissons récifaux liées au gradient environnementaux, 21 entités fonctionnelles (combinaisons de traits), qui définissent 21 rôles écologiques, et qui sont présents dans toutes les régions marines du globe aussi bien tempérées que tropicales, quelle que soit la composition en espèces (Fig. 2.2.3.3). Cette structure commune à tous les récifs souligne que des rôles écologiques universels existent sur tous les récifs et sont assurés par une grande diversité d'espèces et de lignées évolutives.

De plus, une correspondance forte a été mise en évidence entre la similarité en traits des poissons récifaux pour deux régions données et leur similarité environnementale (climat et habitat), malgré leur éloignement géographique et des histoires évolutives différentes. Ces conclusions sont tout à fait inattendues dans la mesure où des faunes de poissons situées aux deux extrémités du globe, qui ne partagent aucune espèce ni même aucune famille en commun et qui sont séparées depuis des millions d'années d'évolution, présentent des compositions équivalentes de traits. Ainsi, malgré des milliers de kilomètres et des millions d'années d'évolution, des environnements similaires accueillent des compositions de traits similaires dans



les assemblages de poissons de récifs du monde entier. Cette étude rappelle donc toute l'importance des conditions environnementales dans la structuration de la biodiversité mondiale et que la mise au point de stratégies de gestion basées sur les traits peut être appliquée dans des régions où se trouvent des espèces différentes, ce qui pourrait améliorer les comparaisons et évaluations des mesures de protection.

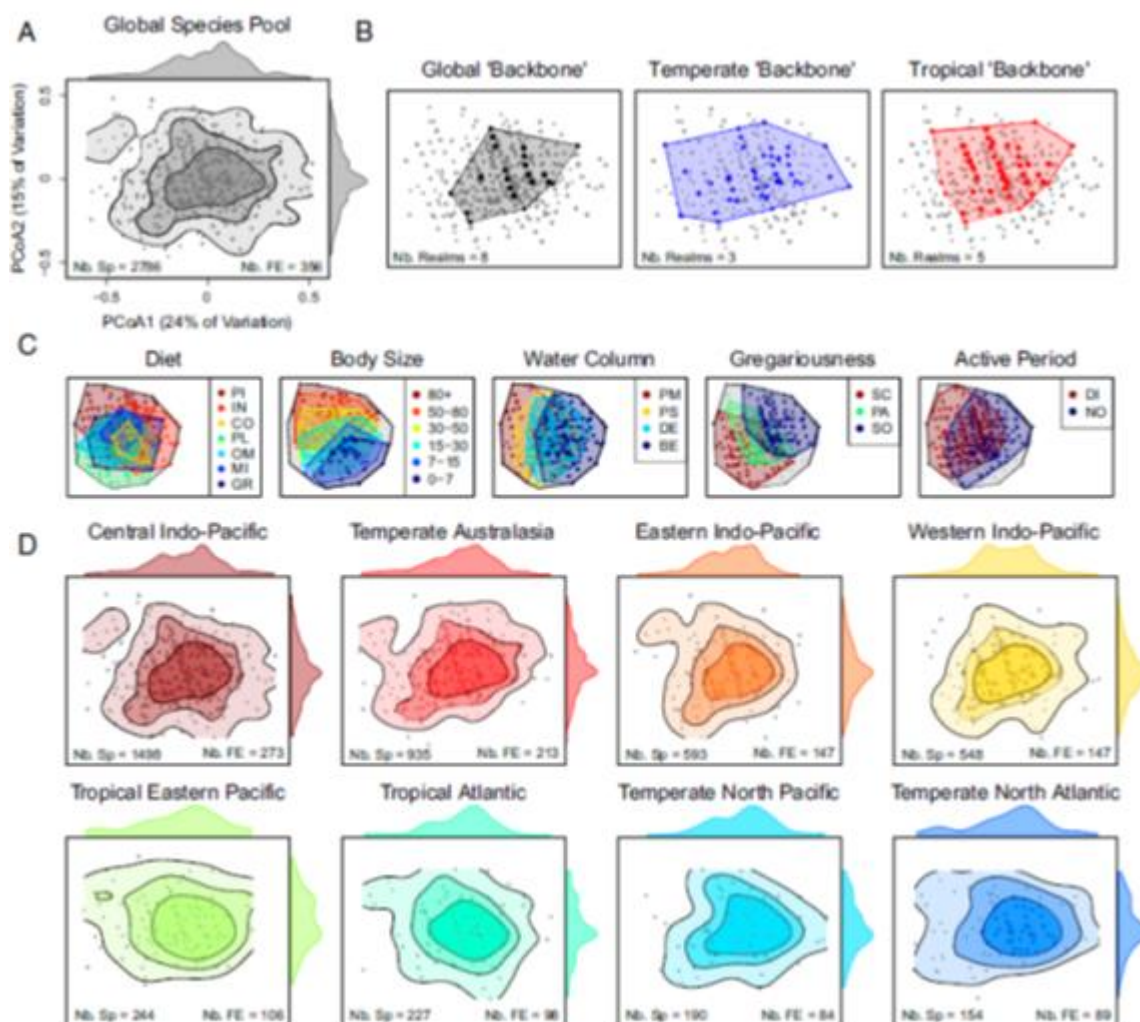


Figure 3.2.3.4.1. Espace des traits du pool global des 2786 espèces de poissons A. Les deux premiers axes de l'espace des traits sur le pool global d'espèces avec les contours de densité 50, 75 et 95%. B. Structure fonctionnelle commune représentée par les 21 entités fonctionnelles communes aux 8 grands domaines géographiques marins ainsi qu'au sein des zones tempérées et tropicales. C. Enveloppe convexe montrant la distribution des catégories de traits au sein de l'espace des traits pour chacune des 5 traits: Diet: PI, piscivore; IN, invertivore; CO, corallivore; PL, planktivore; OM, omnivore; MI, microphage; and GR, grazer. Water column: PM, pelagic mobile; PS, pelagic site-attached; DE, demersal; and BE, benthic. Gregariousness: SC, schooling; PA, pairing; and SO, solitary. Active period: DI, diurnal; and NO, nocturnal. D. Deux premiers axes de l'espace des traits pour chacun des 8 domaines géographiques marins avec les contours de densité 50, 75 et 95%. Le nombre total d'espèces observées et d'entités fonctionnelles au sein de chaque domaine géographique marin sont indiqués en bas à gauche et droite, respectivement.

### 3.2.3.5 Protéger l'océan pour la biodiversité, l'alimentation et le climat

Sala E, Mayorga J, Bradley D, Cabral RB, Atwood TB, Auber A, *et al*, 2021. Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*592: 397-409. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>

L'océan mondial abrite une importante biodiversité, contenant des formes de vie et des ressources génétiques uniques qui fournissent des services écosystémiques importants. Cependant, les activités humaines compromettent la capacité de l'océan à fournir ces services et ont suscité un débat mondial sur l'expansion du système d'aires marines protégées. Dans ce contexte, l'étude avait pour objectif principale de mettre au point une approche permettant de classer les zones océaniques en fonction de leur pertinence à être placée sous protection totale. L'approche méthodologique sous-jacente repose sur l'atteinte d'objectifs relatifs i) à la réduction des émissions de carbone liées au chalutage, ii) à la préservation de la biodiversité et iii) la productivité des pêcheries. Une augmentation de la surface des aires marines protégées et une répartition spatiale cohérente de ces dernières pourraient avoir un triple avantage : non seulement mieux protéger la biodiversité mais aussi stimuler la productivité des pêcheries et amoindrir les émissions de carbone remis en suspension par le chalutage. Sur le critère des pêcheries, l'un des principaux résultats est qu'une protection de seulement 4% de l'océan global suffirait à accroître les débarquements mondiaux annuels, à condition que ces AMP soient distribuées de façon cohérente sur l'ensemble du globe (voir figure ci-dessous). Sur le critère de la biodiversité uniquement, une protection de 21% de l'océan global permettrait d'atteindre jusqu'à 90% de l'objectif maximal relatif à la protection de la biodiversité). Enfin, cette étude démontre qu'une gestion internationale des AMP serait environ deux fois plus efficace qu'une gestion à échelle nationale. Les résultats d'une telle étude pourrait servir de tremplin aux futurs travaux visant à identifier les zones de protection prioritaires à échelle nationale en vue d'exploiter durablement les ressources marines, ce qui constitue l'objectif ultime de l'IFREMER.

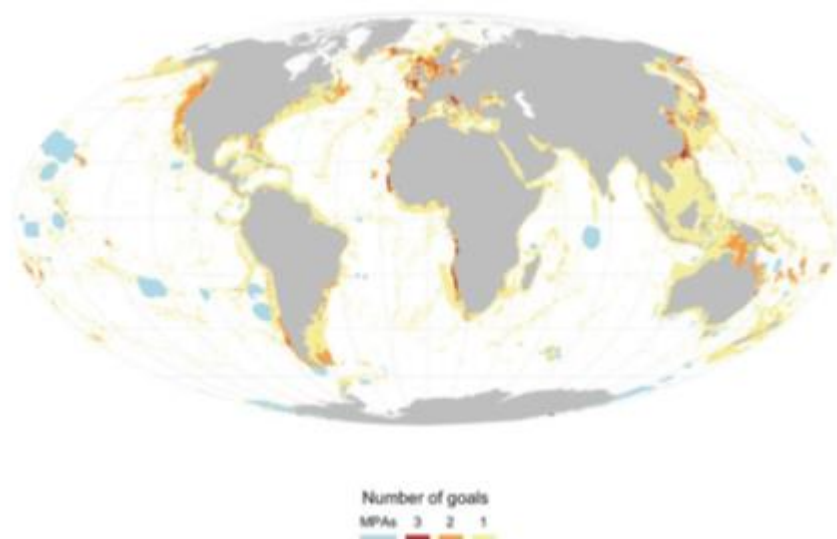
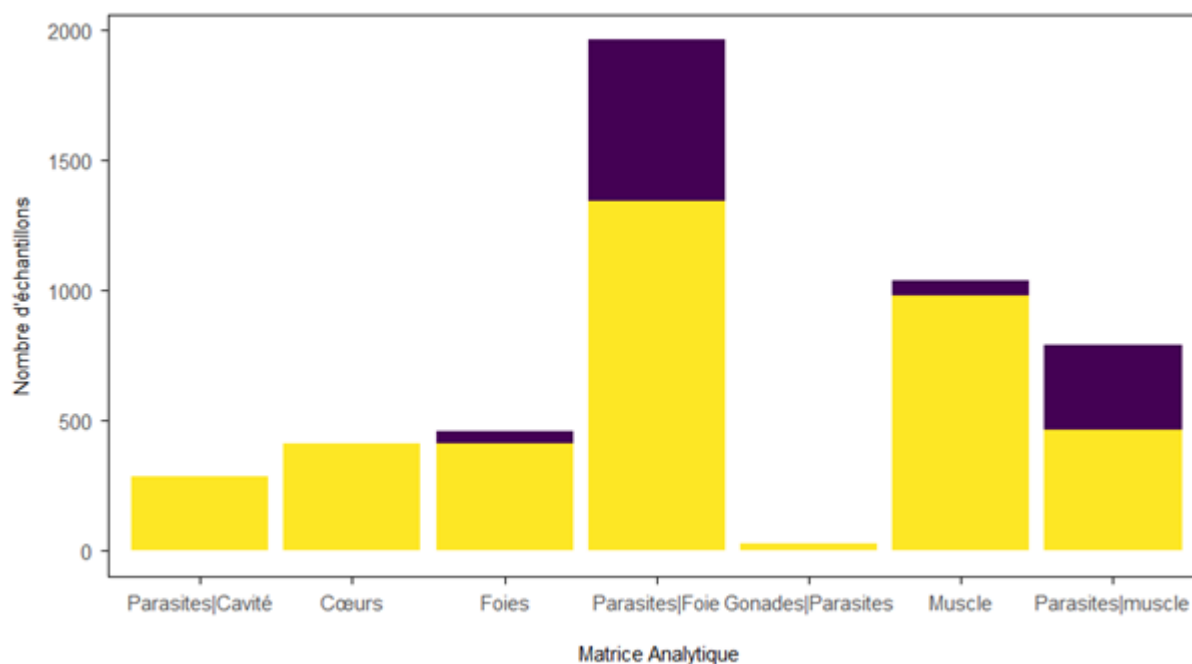


Figure 3.2.3.5.1. Répartition des zones pouvant générer des bénéfices multiples si des mesures de protection strictes y étaient mises en place (3 bénéfices : protéger la biodiversité, augmenter la production de ressources alimentaires marines et diminuer les émissions de gaz à effet de serre).

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

Le travail technique réalisé par la plateforme en 2021 se répartit sur deux axes, la dissection et la préparation d'échantillons de merlan et de parasites dans le cadre du projet PATROFLU et la réalisation d'analyses de contenus stomacaux :

1. Le travail de dissection a abouti au prélèvement de 286 parasites dans la cavité corporelle (dont aucun n'a pour le moment été envoyé pour analyse isotopique), de 410 échantillons de cœur de merlan (0 envoyés), 459 prélèvements de foie (45 envoyés, en violet ci-dessous), 1962 parasites prélevés dans le foie (620 analysés), 27 parasites prélevés dans les gonades (0 envoyés), 1039 échantillons de muscle (dont 58 envoyés pour analyse isotopique), et 793 parasites du muscle (326 analysés).
2. 667 analyses de contenus stomacaux ont été réalisées : 407 merlans du projet PATROFLU, 172 soles et 8 maquereaux issus du projet VARITROPH (dont la réalisation avait été retardée par le COVID et les départs de personnels ; cf. rapport d'unité 2020), et 80 grondins rouges issus de CAMANOC (dans le cadre d'une recherche de parasites)



### 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 2021 dans le cadre du Thème 2.

Lieu	Instance	Intitulé	Personnel présent de l'unité HMMN
virtuel	Collectivité de St-Pierre et Miquelon	Congrès international des Sciences Aquatiques	J. Vigneau
virtuel	Collectivité de St-Pierre et Miquelon	Congrès international des Sciences Aquatiques	E. Foucher
virtuel	ICES	EOSG (Ecosystem Observation Steering Group) quarterly meeting	J. Vigneau (chair du groupe)
St-Pierre et Miquelon	ICES	EOSG (Ecosystem Observation Steering Group) quarterly meeting	J. Vigneau (chair du groupe)
Virtuel	ICES	EOSG (Ecosystem Observation Steering Group) quarterly meeting	J. Vigneau (chair du groupe)
virtuel	IPBES	Third meeting (virtual meeting) of the IPBES task force on scenarios and models under the 2030 IPBES rolling work programme	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)
Virtuel	CIEM/ICES	WGOWDF (Working Group on Offshore Windfarms Development and Fisheries)	C. Vogel

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'écoringionalisation 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.

### 3.2.5.2 Expertise nationale

En 2021, l’équipe RHPEB a participé à une expertise portant sur « [...] l’absence d’inventaire halieutique dans le bilan quinquennal environnemental de la concession de granulats marins du Payré » :

Morandeau G, Carlier A, Vogel C, Brind'Amour A, Simplet L. 2021. Réponse de l'Ifremer sur la conséquence de l’absence d’inventaire halieutique dans le bilan quinquennal environnemental de la concession de granulats marins du Payré (85). DREAL Pays de la Loire - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire, Service des risques naturels et technologiques, Division des risques naturels, hydrauliques et sous-sols, Nantes, Ref. Ifremer DG/2021-405 \_ P9-21-025 - Courrier DREAL SRNT/2021-0158 du 10 mars 2021, 3p.

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.

### **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 2021. La version finale devrait être éditée en 2022, suite aux arbitrages qui seront fait par le MTE. Cette version diffèrera donc du protocole de référence de 2011 élaboré par l'Ifremer mais devra permettre aux experts de conserver leur indépendance lors de demande d'avis et/ou d'expertise.

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.

### **Convention Ifremer/DGEC**

AMOA Sélection des candidats pour la réalisation des Etats Actuels de l'environnement

En 2021, l'équipe de RHPEB a été fortement impliquée dans le processus d'AMOA auprès de la DGEC pour le choix d'un prestataire pour la réalisation de l'Etat Actuel de l'environnement (volet ichtyofaune) des futurs parcs EMR AO 4 (large baie de Seine) et 5 (Bretagne Sud). Cela correspond à la révision et la validation du cahier des charges de l'Appel d'Offre dédié, à l'analyse des offres, à l'audition des candidats retenus et à la sélection finale, à la participation aux réunions de lancement des Etats actuels et à la relecture de l'ensemble des documents produits à cet effet (synthèses bibliographiques, protocoles). En plus de sa participation aux différentes étapes du processus, l'équipe de RHPEB a largement participé à la coordination des équipes de l'Ifremer en appui à la DG sur cette tâche.

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 sept travaux de recherche mis en avant cette année s'inscrivent essentiellement sur des problématiques du second axe. Le premier résultat mise en avant dans l'axe 1 synthétise les travaux d'évaluation des stocks de raies de Manche-mer du Nord élaborés durant le projet SUMARIS. Ces travaux ont pu être présentés durant le groupe de travail WGEF de 2020 et publiés en 2021 (2.3.1.1). Le second présente le développement de nouveaux indicateurs de la pression de pêche combinant

les données satellites de productivité océaniques et les données de pêches commerciales et scientifiques.

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. La première étude s'inscrit dans le cadre, du groupe d'évaluation de l'écosystème marin de l'océan Austral (MEASO) du programme IMBER ICED, et dans laquelle une cartographie des impacts passés et futurs sur l'ensemble des composantes de l'écosystème est réalisée afin d'évaluer dans le futures l'efficacité des stratégies de gestion mises en place (3.3.2.1). Dans un deuxième temps, l'impact des scénarios climatiques du GIEC RCP2.6 et RCP8.5 sur la productivité de l'écosystème et les captures est évalué à travers un modèle écosystémique spatialisé de la baie de Seine (3.3.2.2). Les trois derniers travaux se concentrent sur l'évaluation de stratégies de gestion, via tout d'abord l'analyse de l'impact des changements de points de références sur l'évolution du statut des stocks exploités (3.3.2.3) et deux travaux analysant les stratégies de ciblage et de rejet en lien avec l'obligation de débarquement via une approche de modélisation écosystémique (3.3.2.4) et une approche statistique (3.3.2.5).

Une part importante du travail du Thème 3 s'inscrit également dans des travaux d'APP, notamment au travers de l'activité de la plateforme CREDO. Ainsi, cet axe inclut l'ensemble des travaux de coordination de collecte des données à l'échelle européenne et nationale (PG DATA, RCG NANS&EA, DCF) et aussi de collecte des données, notamment via les enquêtes activités et économiques réalisées entre Cherbourg et Dunkerque. Cet axe inclut également un grand nombre de participation à des groupes de travail (ICES, CSTEP), liés notamment aux évaluations de stocks exploités mais aussi aux autres activités humaines. Ces travaux ont porté sur la Manche, la Mer du Nord et aussi l'Antarctique. L'unité HMMN est également impliquée dans les travaux d'APP nationaux en lien avec les autres usages de l'espace maritime, notamment les extractions de granulats et de plus en plus les études de mise en place EMR.

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

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

Amelot M, Batsleer J, Foucher E, Girardin R, Marchal Paul, Poos JJ, Sys K. (2021). Evidence of difference in landings and discards patterns in the English Channel and North Sea Rajidae complex fishery. *Fisheries Research*, 242, 106028, 11p. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106028>

Les espèces accessoires telles que les raies sont rarement évaluées à l'aide de modèles analytiques d'évaluations de stock. Cependant, les caractéristiques de leurs traits d'histoire de vie augmentent leur vulnérabilité à la pêche. En Manche Orientale et mer du Nord, les principales espèces de raie sont *Raja clavata*, *Raja brachyura* et *Raja montagui*. L'ensemble des données nécessaires à une évaluation de stock analytique ne sont pas disponibles pour ces stocks, en particulier les données de rejets et une reconstruction des données de captures est mise en place pour alimenter l'analyse. Un modèle bayésien multi-espèces de production de biomasse qui suit séparément les débarquements et rejets est appliqué à ces stocks pour pallier le manque de certaines données. Tous les stocks sont effondrés dans les années 1990 et sont actuellement en reconstitution. Cependant, leurs vitesses de reconstitution sont différentes, *R. clavata* étant la plus rapide et *R. brachyura* la plus lente (Figure 2.3.1). De plus les stratégies de rétention diffèrent pour les différentes espèces. La mesure de gestion en place est un TAC commun pour toutes les espèces de *Rajidae*. Les différences de vulnérabilités entre les différents

stocks de *Rajidae* pourraient s'expliquer par une variabilité des traits d'histoire de vie et une stratégie de rétention différentes. Ce second facteur, habituellement non pris en compte dans les évaluations de stocks à données limitées, est particulièrement pertinent pour les espèces de poissons cartilagineux très rejetées.

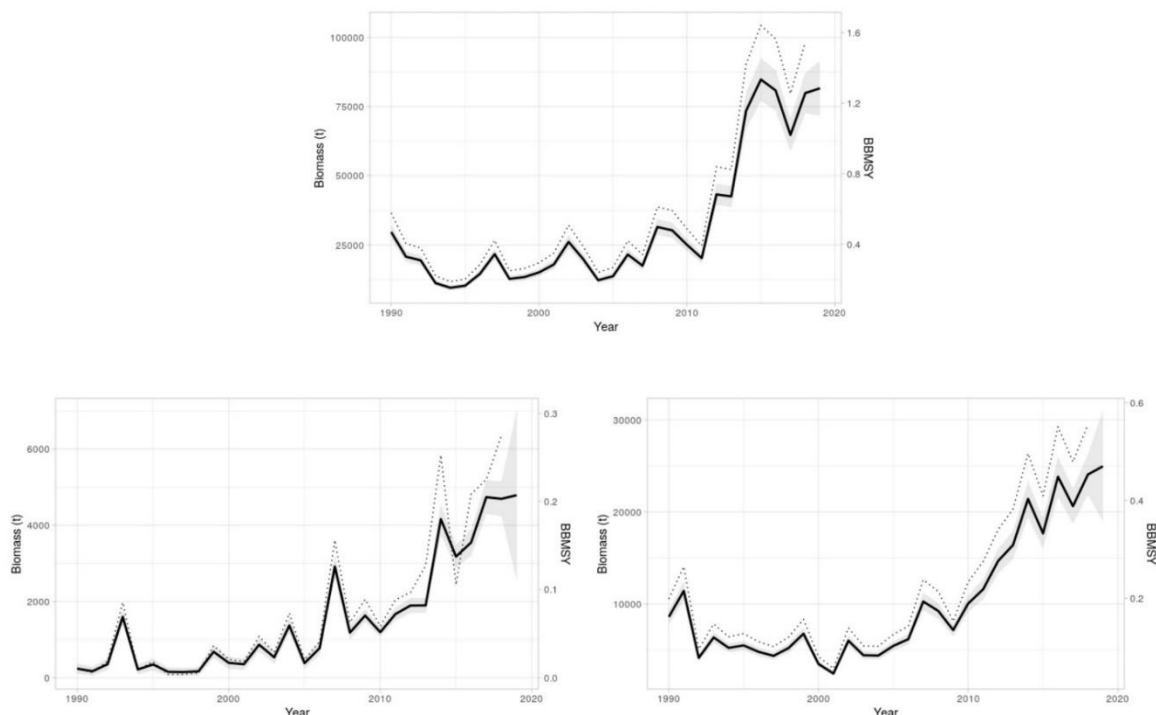


Figure 3.3.3.1. Biomasses absolues et relatives (B/BMSY) estimées par le modèle bayésien (1990-2019). La ligne noire présente la moyenne, la zone grise l'intervalle de confiance à 95% et la ligne grise en pointillé les indices d'abondance utilisés dans l'analyse à l'échelle de la biomasse absolue.

### 3.3.2 Productivité des fronts océaniques à méso-échelle et opportunités de pêche locales dans les eaux européennes.

Druon J, Gascuel D, Gibin M, Zanzi A, Fromentin J-M, Colloca F, Hélaouët P, Coll M, Mannini A, Bluemel JK, Piroddi C, Bastardie F, Macias-moy D, Vasilakopoulos P, Winker H, Serpetti N, Guillen J, Palialexis A, Gras M, Hekim Z, Dubroca L, Pinto C, Steenbeek J, Martinsohn J. (2021). Mesoscale productivity fronts and local fishing opportunities in the European Seas. *Fish And Fisheries*, 22(6), 1227-1247. <https://doi.org/10.1111/faf.12585>

Cette étude évalue les relations entre les données spatialisées de pêche commerciale et de campagne scientifique et les nouvelles estimations de production potentielle de poisson issues des données satellites (Ocean Productivity available to Fish, OPFish) dans les eaux européennes. Pour calculer OPFish, nous utilisons les caractéristiques des fronts océaniques productifs dérivés des gradients de chlorophylle-a, qui représentent 10%–20% de la production globale de phytoplancton alimentant activement les niveaux trophiques supérieurs. OPFish est relativement consistant avec la distribution spatiale des débarquements et captures par unité d'effort (LPUEs et CPUEs, respectivement) des poissons pélagiques et démersaux. Un indice d'exploitation relative à la productivité des océans (indice HP) est calculé en divisant les LPUEs ou CPUEs par OPFish. L'indice HP illustre l'intensité de pêche par type d'engins en lien avec la production locale de poisson. Des faibles niveaux HP indiquent des LPUEs ou CPUEs plus faibles qu'estimés à partir de la production océanique, suggérant une surexploitation, alors que des



hauts niveaux HP suggèrent une pêche plus durable. HP permet de comparer les niveaux d'adéquation des pressions de pêches locales avec la production océanique. Les résultats issus des données de chalut de fond montrent que la surexploitation des espèces démersales du talus continental est deux fois plus élevée en Méditerranée que dans l'Atlantique Nord Est. L'indice HP estimé par engins pélagiques et démersaux dominants suggère que les chaluts pélagiques et de fond sont associés respectivement avec le niveau le plus faible et le plus élevé de surexploitation. Les contrastes d'intensités de pêche aux échelles locales capturés par l'indice HP suggèrent qu'une prise en compte de la production potentielle locale de poisson peut favoriser la durabilité des pêcheries dans un contexte de gestion écosystémique des pêches conformément aux politiques maritimes internationales.

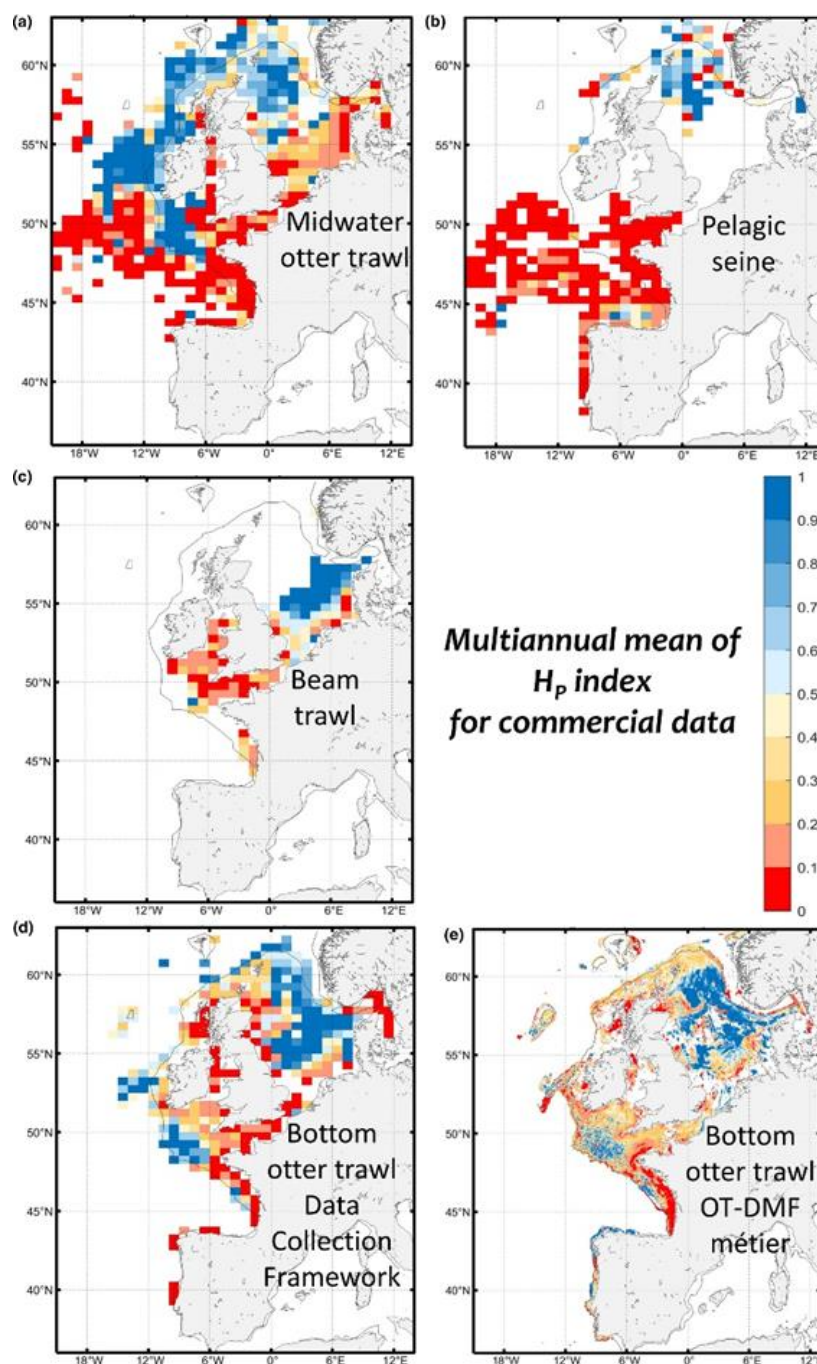


Figure 3.3.2.1. Moyenne pluriannuelle de l'indice HP (ratio de LPUE sur la production de poissons potentielle—OPFish—tous les deux en valeurs relatives) (a) chaluts pélagiques, (b) seines pélagiques, (c) chaluts à perches, (d–e) chaluts de fond. Noter que la seine pélagique est largement minoritaire comparé aux débarquements des chaluts pélagiques. Les données d'effort de pêche et de débarquements sont issues de la Data Collection

Framework (DCF, 2010–2016) à une résolution de 1° par 0.5° (a–d) et du groupe de travail du CIEM sur les données de pêche spatialisées (WGSFD, OT-DMF métier, 2009–2016) à une résolution de 1/24° par 1/24° (e).

### 3.3.3 Evaluation de stratégies/scénarios de gestion dans un contexte de changement global

#### 3.3.3.1 Productivité et changement des poissons et céphalopodes dans l’océan Austral

Caccavo JA, Christiansen H, Constable A, Ghigliotti L, Trebilco R, Brooks C, Cotté C, Desvignes T, Dornan T, Jones CD, Koubbi P, Saunders RA, Strobel A, Vacchi M, van de Putte AP, Walters A, Waluda CM, Woods BL, Xavier JC. 2021. Productivity and change in fish and squid in the Southern Ocean. *Front. Ecol. Evol.* <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.624918>

Les écosystèmes de l'océan Austral sont importants à l'échelle mondiale et vulnérables aux facteurs de changement globaux, mais ils restent difficiles à étudier. Les poissons et les calmars représentent une part importante de la biomasse de l'océan Austral et jouent des rôles clés dans les réseaux alimentaires, depuis les espèces fourragères jusqu'aux espèces de niveau trophique moyen et aux prédateurs supérieurs. Ils constituent un ensemble diversifié d'espèces adaptées de manière unique aux habitats extrêmes de la région. Des adaptations telles que des glycoprotéines antigel, la rétention des lipides, des phases larvaires prolongées, une sénescence retardée et des stratégies de conservation de l'énergie permettent aux poissons et aux calmars de l'Antarctique de résister aux hivers sombres et aux températures négatives qui règnent toute l'année dans la majeure partie de l'océan Austral. Outre l'exploitation du krill, la valeur commerciale relativement élevée des poissons de l'Antarctique, en particulier la lucrative légine australe, est à l'origine d'intérêts halieutiques, y compris la pêche illégale. L'incertitude quant à la dynamique de la population des espèces cibles et, plus largement, à la structure et à la fonction de l'écosystème, a nécessité l'adoption d'une approche de précaution et d'une approche écosystémique pour gérer ces stocks et permettre la reconstitution des espèces épuisées. La pêche reste actuellement le principal facteur local de changement dans la productivité des poissons de l'océan Austral, mais le changement climatique mondial représente un défi encore plus grand pour évaluer les changements futurs. Certaines parties de l'océan Austral connaissent un réchauffement de l'océan, comme la péninsule de l'Antarctique occidentale, tandis que d'autres zones, comme le plateau de la mer de Ross, ont subi un refroidissement ces dernières années. Ces tendances devraient entraîner une redistribution des espèces en fonction de leur tolérance aux différents régimes de température. La variabilité du climat peut altérer la réponse migratoire de ces espèces aux changements environnementaux, tout en imposant des pressions accrues sur le recrutement. La pêche et le changement climatique, associés à d'autres facteurs locaux et mondiaux tels que la pollution et la modification de la glace de mer, peuvent avoir des effets synergiques qui aggravent les risques pour les espèces de poissons et de calmars de l'Antarctique. L'incertitude qui entoure la façon dont les différentes espèces répondront à ces défis, compte tenu de leurs différentes histoires de vie, dépendances environnementales et résiliences, nécessite une évaluation régulière pour éclairer les décisions de conservation et de gestion. Il est urgent de déterminer si les stratégies de gestion actuelles sont suffisamment prudentes pour atteindre les objectifs de conservation à la lumière des changements imminents de l'écosystème.

Tableau 3.3.3.1.1. Résumé des impacts sur les différents types de taxons. Une étoile indique les taxons sur lesquels HMMN contribue, en bleu les travaux actuels, en rouge l'expertise en raison des travaux passés.

Taxon	Common term for group to which it belongs	MEASO area	Historical impact	Drivers of historical impact	Future impacts	Drivers of future impacts
Myctophidae 	Lanternfish	Subantarctic (all zones) Antarctic (all zones)	No data No data	No data No data	Positive Negative	
Nototheniidae 	Silverfish	Antarctic (all zones)	No data	No data	Negative	
	Marbled rockcod	Subantarctic (AOS, CIS)	Negative		Mixed	
	Toothfish	Subantarctic, Antarctic (all zones)	Negative		Mixed	
Channichthyidae 	Icefish	Subantarctic (AOS and CIS) Antarctic (AOA)	Negative		Negative	
Cephalopoda	Antarctic squid	All zones	No data	No data	Positive	

 Climate change; 
  pollution; 
  sea ice loss; 
  fisheries.

### 3.3.3.2 Les impacts des changements climatiques en Baie de Seine : Forçage d'un modèle trophique spatialisé avec les prédictions d'un modèle de niche

Bourdaud P, Ben Rais Lasram F, Araignous E, Champagnat J, Grusd S, Halouani G, Hattab T, Leroy B, Noguès Q, Raoux A, Safi G, Niquil N (2021). Impacts of climate change on the Bay of Seine ecosystem: Forcing a spatio-temporal trophic model with predictions from an ecological niche model. *Fisheries Oceanography*, 30(5), 471-489. <https://doi.org/10.1111/fog.12531>

Il est établi que les changements climatiques peuvent avoir des effets irréversibles sur les écosystèmes. Ces effets sont souvent difficiles à prévoir avec précision à cause du fait qu'elles impactent plusieurs processus agissant sur différentes échelles spatiales. Au niveau des communautés, les modèles de niche sont généralement utilisés pour prédire la distribution future des espèces marines, toutefois ces modèles ne prennent pas en compte les effets des interactions trophiques. Dans cette étude, les prédictions d'un modèle de niche ont été utilisées pour forcer un modèle trophique spatialisé (Ecospace) afin d'évaluer les impacts potentiels de deux scénarios climatiques du GIEC RCP2.6 et RCP8.5 à l'horizon de 2100 en Baie de Seine. Les résultats des simulations ont montré que l'écosystème serait impacté par les changements futurs et que ces impacts seraient très marqués sous le scénario extrême RCP8.5. Dans l'ensemble, les deux scénarios climatiques prédisent une diminution de biomasse pour la plupart des groupes trophiques à l'exception de quelques espèces. En outre, la stabilité de l'écosystème ainsi que la durabilité des pêcheries semblent négativement affectés par les effets des changements climatiques. Les différences constatées entre les prédictions du modèle de niche et celles obtenues par le forçage du modèle Ecospace ont mis en évidence l'importance de prendre en compte les interactions trophiques dans les projections. Ces résultats illustrent la nécessité de multiplier les approches pour prévoir efficacement les effets potentiels des changements climatiques.

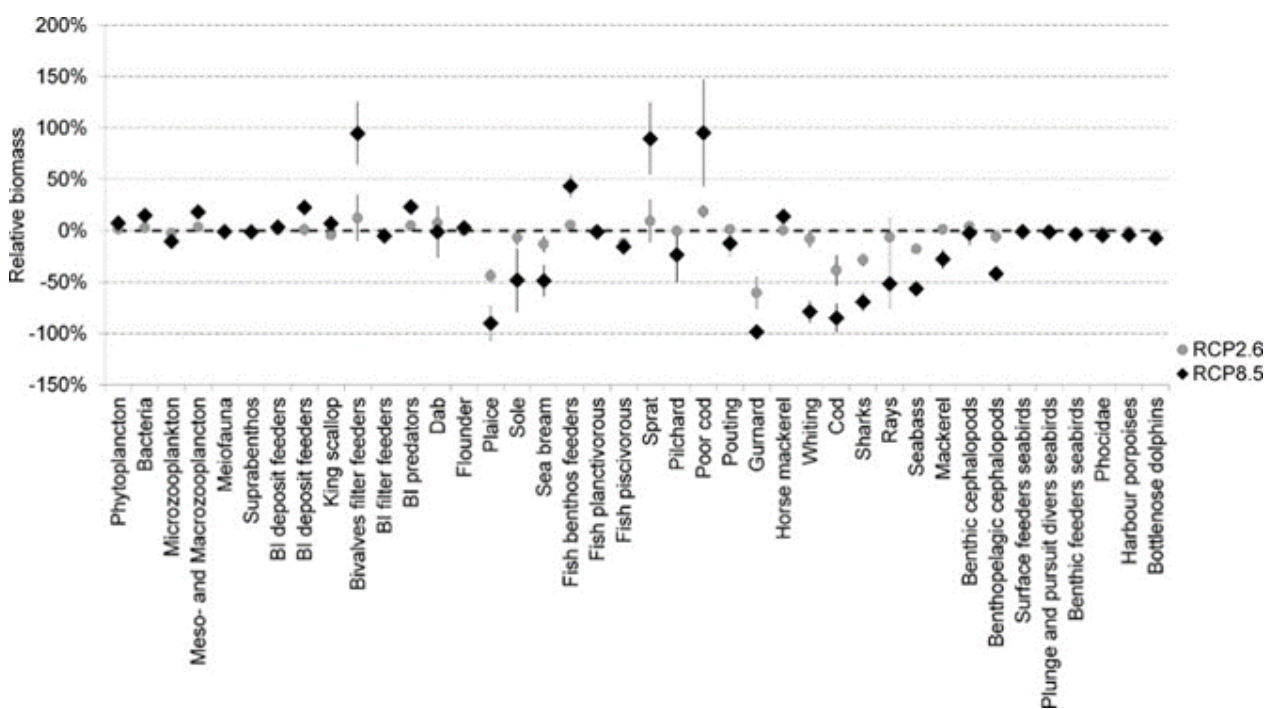


Figure 3.3.3.2.1. Évolution de la moyenne relative de biomasse dans les scénarios RCP2.6 et RCP8.5 à l'horizon de 2100 par rapport au scénario de référence (situation actuelle)

### 3.3.3.3 Quels sont les implications du changement des points de référence pour la durabilité de la pêche ?

Silvar-viladomiu P, Minto C, Halouani G, Batts L, Brophy D, Lordan C, Reid DG. (2021). Moving reference point goalposts and implications for fisheries sustainability. *Fish And Fisheries*, 22(6), 1345-1358. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/faf.12591>

L'état durable d'un système peut changer en raison de la modification de l'état suivi ou des objectifs de gestion pour de nombreux indicateurs environnementaux. Pour la pêche, les principaux indicateurs de durabilité consistent à estimer le rapport entre la pression de pêche ou la biomasse et leurs niveaux de référence respectifs. Dans le cadre de ce travail, une base de donnée rétrospective a été développée comprenant des informations sur l'état des populations, les changements de points de référence et les raisons rapportées de ces changements pour tous les stocks riches en données dans la région CIEM sur la période 2011-2019. L'étude a montré que les points de référence changeaient fréquemment (64% des populations ont subi des changements de point de référence) avec des amplitudes variables. Contrairement aux attentes, les changements de points de référence n'ont souvent pas été compensés par des changements d'état. Dans l'ensemble, l'état avant et après le changement du point de référence ne présente pas de différences directionnelles significatives qui suggéreraient que le changement de point de référence permet de s'approcher ou de s'éloigner d'un niveau d'exploitation durable. Bien que de multiples facteurs aient contribué aux changements de point de référence, les résultats ont montré que la définition du point de référence et la base technique de l'estimation étaient les raisons les plus importantes du changement. Ainsi, reconnaître que les points de référence ne sont pas constants dans le temps mais forment plutôt des séries de référence est primordial pour quantifier la durabilité actuelle et historique. Documenter, justifier et quantifier correctement les impacts de ces changements est un défi permanent.

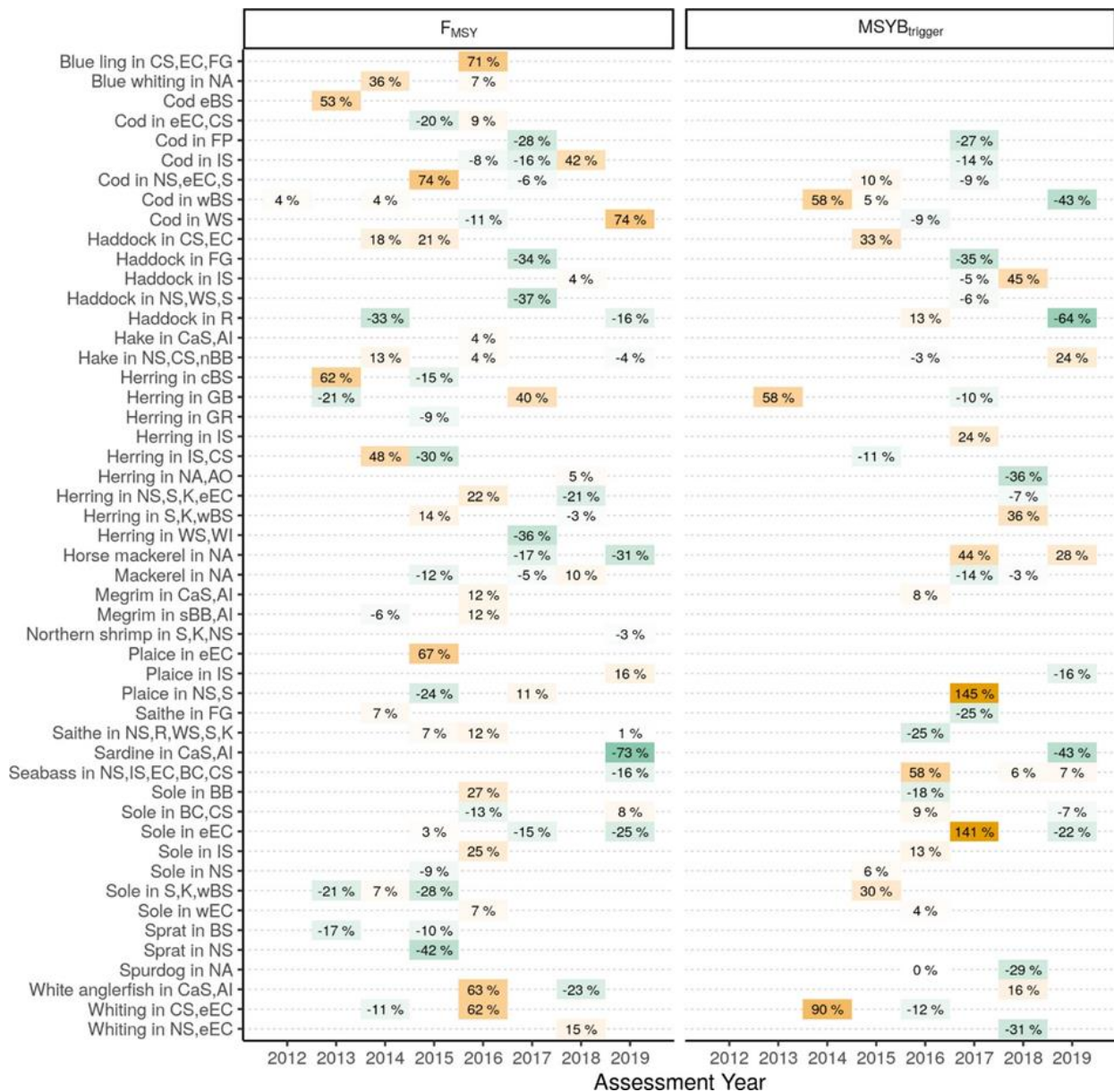


Figure 3.3.3.3.1. Changements des points de référence pour les évaluations des stocks dans la région CIEM pour la période 2011-2019, mesurés en pourcentage de changement par rapport à l'évaluation précédente. Les stocks sont classés par espèce.

### 3.3.3.4 Comparaison de mesures de gestion alternatives pour une meilleure application de l'obligation de débarquement en Manche orientale (Projet DiscardLess)

Mémoire de stage de M2 Juliette Hamoniaux (Master Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation des Ressources Halieutiques ; Universita di Corsica Pasquale Paoli). Encadrants : Bourdaud, P (UMR LEMAR), Marchal, P (HMMN), Travers-Trolet, M (HALGO) et Vernard, Y (HALGO).

L'obligation de débarquement mise en place par l'Union Européenne depuis 2015 vise à réduire les rejets de poisson par les pêcheries, mais n'est à ce jour pas pleinement efficace, tant sur la réduction effective des rejets que sur son acceptation par les pêcheurs. En utilisant un modèle écosystémique couplé à un modèle de dynamique de flottilles (OSMOSE-DSVM), l'objectif de cette étude était de comparer l'effet sur l'écosystème et sur les pêcheries démersales de Manche orientale de mesures de gestion auxiliaires à l'obligation de débarquement. Trois grandes

catégories de mesures ont ainsi été simulées : des mesures économiques avec la mise en place d'une amende visant à décourager rejets et débarquements de poissons sous taille ou hors quota, des mesures de sélectivité avec la modification du maillage des chalutiers de fond et des mesures spatio-temporelles avec la mise en place de fermeture en temps réel. Les scénarios de fermeture en temps réel et de sélectivité ont eu un impact limité sur les stocks et toutes les mesures ont eu un impact négatif à court et long terme sur le profit des pêcheurs. Enfin, cette étude a démontré que la mise en place d'une amende serait le levier le plus efficace pour modifier la distribution spatiale de l'effort de pêche de sorte à décourager les rejets en Manche orientale (Figure 3.3.3.4.1.). Les résultats montrent également que l'obligation de débarquement, accompagnée de mesures auxiliaires administratives et économiques appropriées, peuvent améliorer la durabilité les stocks halieutiques et des écosystèmes marins.

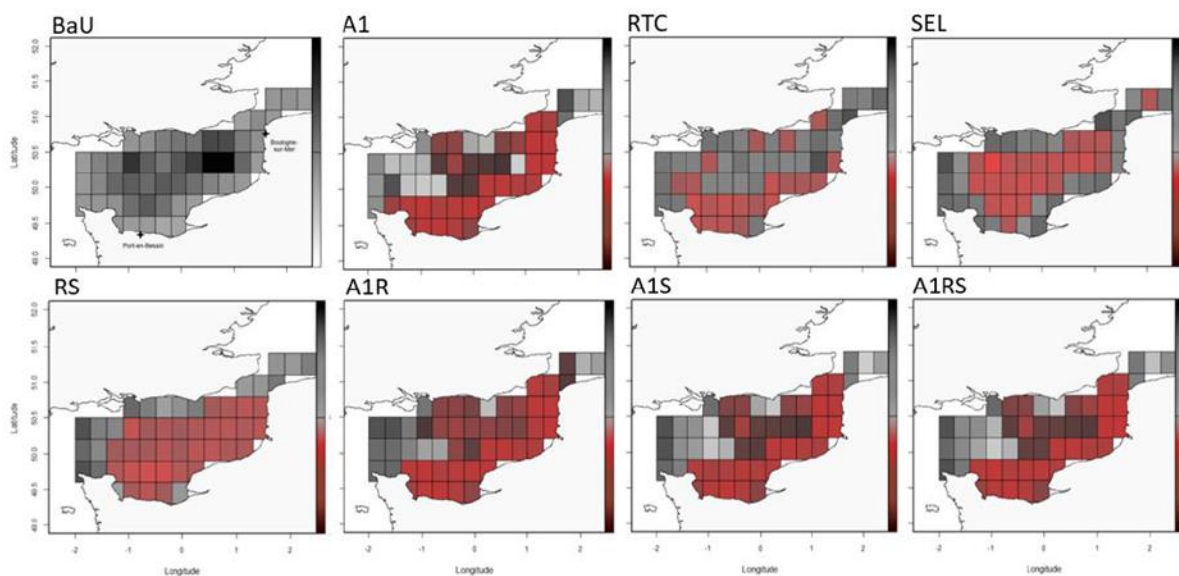


Figure 3.3.3.4.1. Distribution annuelle moyenne de l'effort de pêche des chalutiers de fond exclusifs en Manche orientale pour le scénario de référence (BaU) et distribution relative de cet effort par rapport à BaU pour chaque mesure de gestion simulée : A1 (amende en cas de rejets ou de débarquement illicite), RTC (fermeture en temps réel), SEL (augmentation du maillage), RS (RTC et SEL combinés), A1R (A1 et RTC combinés), A1S (A1 et SEL combinés), A1RS (A1, RTC et SEL combinés).

### 3.3.3.5 Ciblage et rejets d'espèces commerciales dans les pêcheries mixtes (Projet DiscardLess)

Marchal, P. and Vermard, Y., 2022. Species targeting and discarding in mixed fisheries. ICES Journal of Marine Science, *In Press*.

Cette étude examine les dynamiques spatiales du ciblage et du rejet d'espèces commerciales, capturées par les chalutiers de fond opérant en Manche orientale. La méthode employée consiste à superposer des cartes de distribution spatiale d'effort de pêche (données SACROIS), d'indices d'abondance/biomasse issus d'une campagne à la mer (Channel Groundfish Survey, CGFS) et des taux de rejets (données OBSMER), avant d'en analyser les corrélations, qu'elles soient positives ou négatives, à l'aide de l'indice de Horn. Nous montrons tout d'abord que la seiche (*Sepia officinalis*), les calmars (*Loligo sp.*) et, dans une moindre mesure, le rouget-barbet (*Mullus surmuletus*) et le bar (*Dicentrarchus labrax*) sont les principales espèces cibles depuis près de 10 ans, alors que d'autres espèces historiquement importantes telles que le cabillaud (*Gadus morhua*) ou le merlan (*Merlangius merlangus*) sont devenues moins attractives (Tableau 3.3.3.5.1). Ce résultat est globalement en accord avec la composition spécifique des

débarquements, bien que le ciblage du maquereau (*Scomber scombrus*) soit probablement sous-estimé. Nous montrons également que la distribution de l'effort de pêche ne chevauche pas celle des abondances de hareng (*Clupea harengus*), de plie (*Pleuronectes platessa*) et de merlan hors-tailles. Bien qu'il y ait un recouvrement entre les distributions de l'effort de pêche et de l'abondance de chinchard (*Trachurus trachurus*) hors-taille, la proportion de poissons hors taille dans les rejets est faible. La distribution des rejets de plie et de merlan hors taille est bien corrélée à celle des indices d'abondance hors taille issus de la CGFS. Il est possible que les chalutiers de fond aient évité les zones de pêche à fort risque de rejets de plie, ce qui peut être dû à la proportion importante de poissons hors taille dans ces zones (e.g., nourriceries) ou aux difficultés d'accès à la bande des 3 milles. Globalement, l'Obligation de Débarquement mise en place dans le cadre de la Politique Commune des Pêches de l'Union Européenne a eu peu d'impact sur l'évitement des zones de pêche susceptibles de générer de forts taux de rejets.

Tableau 3.3.3.5.1. Corrélations spatiales (positive, '+' ; négative, '-'; non significative, '0') entre effort de pêche, taux de rejets et indices de campagne (HT : < Taille Minim. Débarquement).

	Effort vs. Densité	Effort vs. Densité HT	% Rejets vs. Densité HT	Effort vs. % Rejets
Seiche	+	NA	NA	NA
Rouget-barbet	+	NA	NA	NA
Bar	+	NA	NA	NA
Encornets	+	NA	NA	NA
Cabillaud	0	NA	NA	NA
Raie bouclée	-	NA	NA	NA
Maquereau	0	NA	NA	NA
Hareng	0	0	0	0
Chinchard	0	+	0	0/-
Merlan	0	0	+	0
Plie	0	0	+	-

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

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

#### **Groupe de Travail WGQUALITY**

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

Le groupe de travail PGDATA du CIEM est un groupe travaillant sur les thématiques liées à la qualité des données halieutiques (PGDATA). Cette thématique est traitée par l'IFREMER au sein du SIH pour la gestion des bases de données et par CREDO pour les questions relatives à la qualité des données (échantillonnages, détection d'outliers...). La participation à ce groupe permet de suivre cette thématique à l'échelle européenne. Pour la mise en place du format



d'échange de données pour les bases de données régionales, nous sommes moteurs dans l'implémentation du nouveau format et des méthodes de traitement associées (voir le dépôt <https://github.com/ldb/fishPifct>). Un cadre de l'unité HMMN a été nommé chairman du groupe PGDATA pour la période 2017-2020, et un autre cadre HMMN nommé chairman du groupe de statisticiens travaillant sur l'optimisation de l'échantillonnage (WKCOSTBEN) en lien avec PGDATA.

### **Groupe de Travail RCG NANS&EA**

Le groupe de travail RCG NANS&EA (Regional Coordination Group for North Atlantic, North Sea and Eastern Arctic<sup>1</sup>) de la Commission Européenne est un groupe travaillant sur la coordination de la collecte de donnée prévue dans la DCF au niveau de la zone Atlantique Nord, Mer du Nord et Est Arctique. Ce groupe propose la mise en place de zones d'échantillonnage régional afin d'évaluer la faisabilité de mettre en place des plans d'échantillonnage internationaux et non plus nationaux afin de mutualiser les efforts entre les différents états membres. Ce groupe se réunit une fois par an et l'IFREMER joue un rôle actif dans l'élaboration de ces nouveaux plans d'échantillonnage. Un cadre de l'unité HMMN participe à ce groupe de travail ainsi qu'au groupe LM (Liaison Meeting) qui regroupe l'ensemble des présidents de RCGs et les principaux utilisateurs de la donnée.

### **Projet Fishn'Co**

L'unité HMMN a pris l'initiative en 2020 de coordonner la réponse à l'appel à projet MARE/2020/08 sur le renforcement de la coordination régionale des activités de collecte de données en soutien aux avis de gestion. Un consortium de 13 instituts a pu être monté et le projet Fishn'Co<sup>2</sup> a été accepté à financement pour deux ans (2021-2022) et HMMN en assure la coordination (Joël Vigneau) et une forte contribution technique avec le leadership sur la coordination de la collecte et l'analyse des contenus stomachaux (Pierre Cresson) et une ingénierie transversale de l'ensemble des contributions par un contrat 14 mois en CDD (Manon Troucelier). Ce projet regroupant les RCG NANS&EA, Baltique, Grands pélagiques et données économiques a pour objectif principal de développer des plans d'action de collecte coordonnés régionalement (à l'échelle de chaque RCG). Ces plans de travail régionaux englobent tous les éléments de collecte inscrits au règlement UE de collecte de données<sup>3</sup>

Les résultats attendus auront un intérêt direct pour le renforcement de la coopération régionale et européenne en matière de collecte de données sur la pêche et pour l'amélioration de la qualité des données. Le travail dans le projet sera effectué de manière transparente et en consultation directe avec les parties prenantes impliquées dans la collecte de données sur la pêche (y compris les correspondants nationaux, les organisations régionales de gestion de la pêche (ORGP), les GCR et la Commission européenne, entre autres) afin de faciliter une adoption sans heurts des Plans de Travail Régionaux (PTR) à développer.

---

<sup>1</sup> <https://www.fisheries-rcg.eu/rcg-nansea/>

<sup>2</sup> <https://www.fisheries-rcg.eu/fishnco/>

<sup>3</sup> Règlement (CE) N° 1004/2017. Règlement du Parlement Européen et du Conseil relatif à l'établissement d'un cadre de l'Union pour la collecte, la gestion et l'utilisation de données dans le secteur de la pêche et le soutien aux avis scientifiques sur la politique commune de la pêche et abrogeant le Règlement (CE) N° 1999/2008 du Conseil (Refonte)

En 2021, deux PTR ont pu être proposés aux RCG NANS&EA et Baltique pour l'année 2022 en les considérant comme des tests et une étape vers de prochains PTR officiels. Dès 2022, une large consultation de tous les Etats Membres a pu être effectuée et les résultats, très riches d'enseignement, présentés aux RCG 2022.

### 3.3.4.2 Enquêtes d'activité des navires

En 2021, 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 2020. 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 39 % par enquêtes directes (Tableau 3.3.4.2.1).

Tableau 3.3.4.2.1. Bilan 2021 des enquêtes « activités » portant sur l'année 2020.

Quartier Maritime	Nb de navire inscrit au FPC	Nb de calendrier complets	Nb d'enquêtes directes
<b>Dunkerque</b>	9	9	6
<b>Boulogne Sur Mer</b>	116	116	53
<b>Dieppe</b>	88	88	45
<b>Fécamp</b>	27	27	20
<b>Le Havre</b>	25	25	13
<b>Caen</b>	196	196	63
<b>Cherbourg</b>	264	264	86
<b>TOTAL</b>	725	725	286

### 3.3.4.3 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 2021, l'unité HMMN a été chargée d'enquêter 161 navires (Tableau 3.3.4.3.1). Au total, 52 navires (24 %) ont participé à l'enquête économique portant sur l'année 2020.

Tableau 3.3.4.3.1. Bilan 2021 des enquêtes économiques portant sur l'année 2020.

Quartier Maritime	Echantillonnage théorique	Enquêté	Refus	Injoignable ou non enquêtable	% d'atteinte d'objectif minimum
Dunkerque	6	0	6	0	0
Boulogne-sur-Mer	22	3	19	0	33
Dieppe	35	14	19	2	100
Fécamp	7	4	3	0	133
Le Havre	8	2	6	0	50
Caen	37	7	30	0	47
Cherbourg	88	18	69	1	50
Saint Malo	19	4	15	0	50
Saint-Brieuc	1	1	0	0	100
TOTAL	223	53	167	3	57

### 3.3.5 Contribution aux avis/expertise

#### 3.3.5.1 Expertise internationale

Le Tableau 3.3.5.1.1 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 2021 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 2021, des agents de l'unité ont pris en charge la présidence du groupe d'évaluation des stocks de Manche mer du Nord (WGNSSK), et du Steering Group du CIEM « Observation des écosystèmes » (EOSG).

Tableau 3.3.5.1.1 Liste des Groupes de Travail internationaux auxquels l'Unité HMMN a contribué en 2021 dans le cadre du Thème 3.

Lieu	Instance	Intitulé	Personnel présent de l'unité HMMN
virtuel	ICES	WGScallops (Queen scallop subgroup n°1)	E. Foucher
virtuel	ICES	WGScallops (Queen scallop subgroup n°2)	E. Foucher
virtuel	ICES	WGScallops	E. Foucher
virtuel	ICES	WKSA (scallop aging)	E. Foucher
virtuel	ICES	Réunion WGNSSK (Working group on the assessment of demersal stocks in the north sea and skagerrak)	G. Halouani, R. Girardin (co-chair du groupe)
virtuel	CSTEP	EWG-20-18 WP/AR templates and Guidelines	J. Vigneau
virtuel	CSTEP	EWG-21-09 Evaluation of Annual report for Data Collection and transmission issues	J. Vigneau
virtuel	CSTEP	EWG-21-17 Evaluation of Work Plans for Data Collection and transmission issues	J. Vigneau
virtuel	DFO Canada	Evaluation de la morue de la sous-division 3Ps de l'OPANO	J. Vigneau
virtuel	DFO Canada	Evaluation du flétan de l'Atlantique (framework meeting)	J. Vigneau
virtuel	DG-MARE	EU DCF meeting	J. Vigneau
virtuel	DG-MARE	Liaison Meeting des RCG	J. Vigneau
virtuel	DG-MARE	EU-MAP National Correspondent Decision Meeting	J. Vigneau
virtuel	ICES	SCICOM (ICES Scientific Committee)	J. Vigneau
virtuel	ICES	SCICOM (ICES Scientific Committee)	J. Vigneau
virtuel	ICES	SCICOM (ICES Scientific Committee)	J. Vigneau
virtuel	ICES	SCICOM (ICES Scientific Committee)	J. Vigneau
virtuel	RCG-LP	RCG Large Pelagics	J. Vigneau

virtuel	RCG NANSEA	RCG NANSEA	P. Cresson, M. Troucelier, J. Vigneau
virtuel	CCAMLR	Groupe de Travail Ecosystem Monitoring Management	P. Koubbi
virtuel	CCAMLR	Comité Scientifique de la CCAMLR	P. Koubbi
virtuel	CCAMLR	Commission CCAMLR	P. Koubbi
virtuel	EC	GT en charge de proposer un plan de gestion pour le hareng	P. Marchal
virtuel	EC	GT en charge de proposer un plan de gestion pour le hareng	P. Marchal
virtuel	ICES	Inter-Benchmark Process to evaluate a change in operating model for mixed fishery considerations in the Celtic Sea and North Sea (IBPMIXFISH)	P. Marchal (reviewer)
virtuel	ICES	Inter-benchmark Protocol of North Sea Whiting (IBPNSWhiting)	R. Girardin
virtuel	ICES	Inter-benchmark process for witch flounder in the North Sea, Skagerrak, Kattegat, and eastern English Channel (IBPWITCH)	R. Girardin
virtuel	ICES	Benchmark Workshop on North Sea Stocks (WKNSEA)	R. Girardin
virtuel	ICES	North Sea Advice drafting group (ADGNS)	R. Girardin
virtuel	ICES	North Sea Cod datacall	R. Girardin
virtuel	ICES	North Sea Witch Flounder Advice drafting group (ADG Witch)	R. Girardin
virtuel	ICES	Réunion WGNSSK (Working group on the assessment of demersal stocks in the north sea and skagerrak: Nephrops Functional Units)	R. Girardin
virtuel	ICES	Réunion WGNSSK (Working group on the assessment of demersal stocks in the north sea and skagerrak: Norway Pout)	R. Girardin
virtuel	ICES	Norway Pout Advice working group (ADGPout)	R. Girardin

virtuel	ICES	Benchmark Workshop on North Sea Stocks (WKNSEA)	R. Girardin
virtuel	ICES	WGCHAIRS - Annual Meeting of ICES Expert Group Chairs	R. Girardin, J. Vigneau

### 3.3.5.2 Pilotage scientifique du descripteur D3 de la DCSMM

La DCSMM (adoptée en 2008) a pour objectif majeur d'amener l'ensemble des eaux de l'Union Européenne vers un « bon état écologique », défini selon 11 descripteurs généraux (du Descripteur 1 « Biodiversité » au D11 « Introduction d'énergie »). La phase 1 de la mise en place de la DCSMM a commencé en 2010 pour s'achever mi-2018. Elle a consisté successivement à une évaluation initiale (définition du bon état écologique et des objectifs environnementaux, 2012), à l'élaboration et mise en place des programmes de surveillance (2013-2015) et d'un programme de mesures (2015). Dans le cadre du contrat d'objectifs entre le MEDDE (Ministère de l'Environnement, Développement Durable et Energie) et l'Ifremer, l'Ifremer s'est engagé à fournir un appui scientifique pour 5 descripteurs auprès de la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) pour conduire les travaux de définition et de révision du Bon Etat Ecologique (fin de la phase 1 de la DCSMM, 2016-2017) et ceux relatifs à la mise en place des programmes de surveillance. Un chercheur de l'Unité HMMN a été nommé en juin 2015 par la DG de l'Ifremer responsable thématique national pour le Descripteur 3 « Espèces commerciales ». Outre le travail permanent de veille scientifique et de réponse aux diverses sollicitations du MTES (Département Eau et Biodiversité) et de l'AFB, l'année 2021 a été marquée par la suite des travaux de synthèse nécessaires pour l'écriture du rapport d'évaluation du Bon Etat Ecologique pour le D3 pour le cycle 2 de la DCSMM (2018-2024) dont le rendu de la première version est attendu par la MTES à l'horizon de juin 2022. Parallèlement, de nombreuses réunions et travaux d'expertises ont été menés tout au long de l'année 2021, en particulier pour la définition des Objectifs Environnementaux, qui seront établis, en fonction des résultats de l'évaluation du BEE, pour le deuxième cycle de la DCSMM (2018-2024). La réunion annuelle du Comité de Pilotage a eu lieu en novembre 2021 (réunissant l'administration centrale, les services déconcentrés de l'état en régions, l'OFB, les agences de l'eau), permettant de faire le point sur l'état d'avancement des travaux relatifs au descripteur D3, les questionnements posés pour le nouveau cycle, les indicateurs à développer... Une réflexion globale a par ailleurs été menée au sein de l'Ifremer sur le suivi de la pêche de loisir, dont les activités ont été identifiées dans le programme de surveillance de la DCSMM, dans la mesure où les espèces capturées par la pêche de loisir ont un impact direct sur l'état des populations impactées (pour les espèces commerciales D3 comme pour les Poissons et Céphalopodes D1PC).

Smith Niamh, Pelletier Dominique, Merrien Claude, Regimbart Amelie, Delaunay Damien, Foucher Eric, Renaud Florent (2021). État des lieux des enquêtes nationales sur la pêche de loisir maritime en France. RBE/EMH.







#### Revue du D3 de la MSFD (WKD3List):

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

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

Le Tableau 3.3.5.3.1. 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 3.3.5.3.1. Liste des stocks de Manche – mer du Nord suivis par l'Unité HMMN en 2021. 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 2021, B est la biomasse estimée pour 2021 ( $B_{2021}$ ). 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 2021, F est la mortalité pour 2020 ( $F_{2020}$ ). Extrait de : <https://w3z.ifremer.fr/ederu/Diagnostics-Avis/Diagnostics-et-Avis-CIEM/Diagnostics-et-Avis-CIEM-2021>.

<p>Cases <math>F/F_{pa}</math>, <math>F/F_{msy}</math>, <math>B/B_{pa}</math>, <math>B/MSY\_B_{trigger}</math>:</p> <p>B : biomasse de reproducteurs estimée au début de l'année au cours de laquelle l'évaluation du stock a lieu (année n).</p> <p>NB. Pour les stocks évalués avec un modèle de production, B se réfère à la biomasse totale et non à la biomasse reproductrice</p> <p>F : mortalité par pêche estimée pour l'année n-1.</p> <p> <math>B &lt; B_{lim}</math> ou <math>F &gt; F_{lim}</math> ou <math>F &gt; F_{msy}</math></p> <p> <math>B_{lim} &lt; B &lt; B_{pa}</math> ou <math>F_{lim} &gt; F &gt; F_{pa}</math></p> <p> <math>B &gt; B_{pa}</math> ou <math>F &lt; F_{pa}</math></p> <p> <math>F &lt; F_{msy}</math> ou <math>B &gt; MSY\_B_{trigger}</math></p> <p>NB. Si avis = 'pas de captures', la case correspondante à <math>MSY\_B_{trigger}</math> est colorisée en violet  ; et pour les stocks de catégorie 3-6, la case correspondante à <math>B_{pa}</math> est colorée en rouge .</p> <p>?Ref? : pas de point de référence          ?B? ou ?F? pas d'estimation de B ou F          ?B ?Ref? ou ?F ?Ref? pas d'estimation de B ou F <u>ET</u> pas de point de référence          (l'éventuelle coloration reflète une forte présomption)</p> <p>'proxy' indique que ce stock a été classifié au regard de MSYproxies</p>
<p>Information sur la case <math>F/F_{plan}</math> :</p> <p>Lorsque qu'un <b>plan de gestion</b> existe ou que la fourchette autour de <math>F_{msy}</math> a été définie :</p>

	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
<p>dans cette case est indiqué, pour les <b>stocks de catégories 3 à 6</b>, dans quelle mesure la réduction de précaution est appliquée ou non :</p>	
	x Réduction de précaution appliquée précédemment, non considérée cette année
	x Réduction de précaution non appliquée
	x Réduction de précaution appliquée
<p>cette case est également utilisée pour identifier les stocks pour lesquels <b>aucun avis n'est demandé</b> :</p>	
	- 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.

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

$\Delta$  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 <sub>pa</sub>	F/F <sub>pa</sub>	F/F <sub>msy</sub>	F/F <sub>plan</sub> (ou pa buffer pour cat 3- 6 : « x »)	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
<b>Mer de Barents – Pêcherie du plateau</b>						
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	2.59	0.63	?Ref ?		?Ref ?
<b>Mer du Nord – Pêcherie du plateau</b>						
Sole (4)	Surpêché	1.51	0.74	1.11	?	1.51
Plie (4)	En bon état	3.46	0.19	0.71	?	1.78
Turbot (4)	En bon état	2.13	0.41	0.97		1.40
Limande (3a,4)	En bon état	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy	-	proxy
Flet (3a,4)	Non surpêché	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy	-	?
Lieu jaune (3a,4)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie radiée (2,3a,4)	Effondré	?B?Ref?	?F?Ref?	?		?
Raie fleurie (3a,4)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Pocheteaux gris	Effondré		?F?Ref?	?	-	?
<b>Mer du Nord – Manche Est - Pêcherie pélagique</b>						
Hareng (3a,4,7d)	En bon état	1.45	0.64	0.64		1.12
Chinchard	Surpêché (et dégradé)	?B?Ref?	?F?Ref	proxy	x	?
<b>Mer du Nord + Ouest Ecosse – Pêcherie du plateau</b>						
Lieu noir (3a,4,6)	Surpêché et dégradé	0.92	0.78	1.24	?	0.92
Eglefin (3a,4,6)	En bon état	1.95	0.98	0.98	?	1.95
Cardine (4a,6a)	En bon état	2.94	?Ref ?	0.47	?	2.94
Baudroies (3a,4,6)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref	?	x	?
Raie lisse (4a,6)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref	?	x	?
<b>Mer du Nord + Manche Est – Pêcherie du plateau</b>						
Morue (3a,4,7d)	Effondré	0.39	0.92	1.61	?	0.39
Merlan (4,7d)	En bon état	1.57	0.48	0.50	?	1.57
Bar (4bc,7a,7d-h)	Reconstituable	0.80	0.69	0.82	?	0.80
Rouget barbet	Surpêché (et dégradé)	?B?Ref?	?F?Ref	proxy	x	?
Limande sole (3a,4,7d)	Non surpêché	?B?Ref?	?Ref?	proxy	x	?
Balai (3a,4,7d)	Surpêché et dégradé	0.81	1.00	2.00		0.81
Grondin gris (3a,4,7d)	Non surpêché	?B?Ref?	?Ref?	proxy	-	?
Petite roussette	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 – Pêcherie du plateau						
Stock	Statut	B/B <sub>pa</sub>	F/F <sub>pa</sub>	F/F <sub>msy</sub>	F/F <sub>plan</sub>	B/MSY-
Barbue (3a,4,7de)	En bon état	?Ref?	?Ref?	proxy	x	proxy

Stock	Statut	B/B <sub>pa</sub>	F/F <sub>pa</sub>	F/F <sub>msy</sub>	F/F <sub>plan</sub> (ou na	B/MSY- B <sub>trigger</sub>
Manche Est – Pêcherie côtière (et du plateau)						
Sole (7d)	Surpêché et dégradé	0.96	0.90	1.76	?	0.96
Plie (7d)	En bon état	1.52	0.53	0.88	?	1.52

Manche – Pêcherie côtière (et du plateau)						
Raie mêlée (7de)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie brunette (7de)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?

Manche Ouest – Pêcherie côtière (et du plateau)						
Sole (7e)	En bon état	2.09	0.67	0.90	?	2.09
Plie (7e)	Surpêché	1.80	0.55	1.58		1.80
Raie lisse (7e)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie bouclée (7e)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?

Ouest Ecosse – Pêcherie du plateau						
Morue (6a)	Effondré	0.11	1.92	3.33		0.11
Merlan (6a)	En bon état	1.28	0.31	0.31		1.28
Raie bouclée (6)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?

Ouest Ecosse – Pêcherie de la pente continentale						
Stock	Statut	B/B <sub>pa</sub>	F/F <sub>pa</sub>	F/F <sub>msy</sub>	F/F <sub>plan</sub>	B/MSY-
Grenadier	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Lingue bleue (5b,6,7)	En bon état	1.32	0.30	0.30		1.32
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	En bon état	1.12	0.35	0.49		1.12
Grande Argentine	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 - Pêcherie du plateau						
Lieu jaune (6,7)	Non surpêché	?B?Ref?	?F?Ref?	proxy		?
Grande roussette	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Petite roussette (6,7a-)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Chien espagnol (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie douce (6,7bj)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?

Raie circulaire (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Raie chardon (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	x	?
Pocheteaux gris	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?
Autres raies (6,7)	Non classifié	?B?Ref?	?F?Ref?	?	-	?

### 3.3.5.4 Expertise nationale

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

L'Unité a participé en 2021 à 31 réunions sollicitées par l'administration, dont 9 sollicitées par la DPMA, 14 par les directions générales de l'état en lien avec l'impact des autres usages du milieu marin (EMR, extraction de granulats...), 5 par les services régionaux, départementaux et inter-régionaux de l'État, ainsi que 2 présentations auprès des communes et 1 auprès du député du Calvados (Tableau 3.3.5.4.1).

Tableau 3.3.5.4.1. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec l'administration en 2021.

Organisation professionnelle	Nombre de réunions
DPMA	9
DGEC	8
DGALN/DEB	6
Région Normandie	3
DIRM MMN	2
Député du Calvados	1
Ville de Port-en-Bessin	1
Ville de Marseille	1
<b>Total</b>	<b>31</b>

L'équipe de l'Unité HMMN a participé à 18 réunions avec les professionnels (Tableau 3.3.5.4.2). Les principaux organismes sollicités, et parfois sollicités, sont les Comités Régionaux des Pêches Maritimes (CRPM), le Comité National des Pêches Maritimes (CNPME), le Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée (CST OBSCAME) et les organisations de producteurs (OPN, From Nord). L'Unité HMMN y participe dans le cadre de commissions concernant la gestion de la bande côtière, le métier de fileyeur, ou les pêcheries ciblant des ressources partagées (e.g., sole, morue, lieu noir, merlan, plie, rouget-barbet, lieu jaune) ou non (e.g., Coquille Saint-Jacques, moules, bulots) et la gestion d'espèces invasives (crépides). Au sein de ces commissions, les scientifiques sont sollicités en tant qu'experts pour donner un avis sur l'état de la ressource, les mesures de gestion proposées et la mise en place de protocoles dans le cadre d'études diverses. Enfin, l'unité HMMN travaille également avec les professionnels dans le cadre du montage de projets de recherche partenariaux (OP From Nord, FFP, OFB).

Tableau 3.3.5.4.2. Synthèse des réunions auxquelles l'Unité HMMN a participé avec les organisations professionnelles en 2021.

Date	Lieu	Organisateur	Intitulé
14/01/2021	virtuel	CRPM Normandie/NFM	GdT CSJ
02/02/2021	virtuel	CST OBSCAMe	Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée
11/02/2021	virtuel	CRPM Normandie	Commission CSJ
22/03/2021	virtuel	CNPMEM	Commission coquillages de pêche
06/05/2021	virtuel	CNPMEM	Commission Manche Mer du Nord
21/05/2021	virtuel	CST OBSCAMe	Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée
02/06/2021	virtuel	CST OBSCAMe	Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée
25/06/2021	Bayeux	CRPM Normandie	Commission CSJ
08/07/2021	virtuel	CRPM Hauts de France	Réunion de travail projet ensemencement CSJ à Dunkerque
13/07/2021	virtuel	CST OBSCAMe	Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée
08/09/2021	FROM Nord	FROM Nord	Présentation de l'avis CIEM du Lieu Noir de mer du Nord et discussion sur la perception du stock par la profession
09/09/2021	virtuel	CST OBSCAMe	Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée
10/09/2021	Bayeux	CRPM Normandie	Commission CSJ
12/10/2021	virtuel	CRPM Normandie/NFM	GdT CSJ
21/10/2021	virtuel	FFP/FRB	Comité de pilotage du projet MAESTRO

22/10/2021	Bayeux	CRPM Normandie	Commission CSJ ouverture Baie de Seine
09/11/2021	virtuel	CST OBSCAMe	Comité Scientifique et technique de l'observation des navires de pêche par caméra embarquée
06/12/2021	virtuel	CNPMEM	Commission coquillages de pêche

### 3.3.5.5 Avis rendus par l'Ifremer impliquant du personnel HMMN

**7 avis/expertises** ont été produits par l'unité HMMN en 2021, référencés dans Archimer. Les Principaux auteurs des avis/expertises de l'unité HMMN en 2021 sont Foucher Eric (4), Dubroca Laurent (1), Loots Christophe (1), Marchal Paul (1), Vogel Camille (1). Les Commanditaires de ces avis demandés sont : Direction Interrégionale de la Mer Manche Mer-du-Nord ; Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture ; Direction de l'Eau et de la Biodiversité, La Défense, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire.

## 4 Perspectives de l'année N+1

### 4.1 Mouvements de personnel

#### 4.1.1 Personnel permanent

Le départ de Coline Lazard en avril 2022.

#### 4.1.2 Doctorants et post-doctorants

Il y aura en 2022, 4 doctorants au sein de l'Unité HMMN, dont deux à Boulogne sur mer (Nicolas ANDRIALOVANIRINA, Caroline NEVIN) et deux à Port en Bessin (Carine SAUGER, Camille VOGEL). L'équipe HMMN encadrera enfin deux post-doctorants à Boulogne sur mer dans le cadre du CPER MARCO et du projet MAESTRO.

#### 4.1.3 Etudiants en contrat d'apprentissage

Il y aura en 2022 une étudiante en contrat d'apprentissage Sarah WERQUIN (rôle trophique des parasites). Enfin, un contrat de M2 en alternance portant sur l'écologie du zooplancton commencera au 2<sup>ème</sup> semestre 2021.

#### 4.1.4 Personnel en CDD

Camille MERLAND poursuivra en 2021 son travail sur l'analyse d'échantillons de plancton sub-Antarctique. De plus, Cléa CHARPAGNE s'impliquera sur la croissance des espèces dans les Antilles et à l'île de La Réunion dans le cadre du projet ACCOBIOM. Enfin, 2 CDDs sont en cours de recrutement 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 2022.

### 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 2022 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).

En 2022, l'unité participera 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 Projets de recherche

### 4.3.1 Projets acceptés et démarrants en 2021

#### 4.3.1.1 Projet MAESTRO

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

Ce projet, financé par FRB (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité) et FFP (France Filière Pêche), est composé de 26 personnes réparties dans 7 pays et 13 instituts, et d'une chercheuse post-doctorale qui est maintenant basée au CESAB (Montpellier). Le projet durera 3 ans au minimum. Le kick-off meeting a eu lieu en juin 2021 et la première réunion présentielle s'est tenu du 06 au 10 décembre 2021 à Montpellier.

#### 4.3.1.2 Projet SAR

Avec plus de 3 milliards de personnes vivant en zone côtière, l'urbanisation a entraîné des changements extrêmes et irréversibles sur les écosystèmes marins, et représente une des plus grandes menaces pour la diversité des populations et espèces marines ainsi que des écosystèmes, notamment en Méditerranée. Les projets récents de restauration écologique des zones portuaires visent à limiter l'impact des infrastructures sur les écosystèmes marins, et consistent à accroître la complexité tridimensionnelle des ouvrages (digues, quais, tests de bouées, etc.) pour en augmenter la qualité en tant que nourriceries pour les juvéniles de poissons, afin de contribuer au maintien des populations de poissons en assurant leur connectivité Si leurs résultats sont généralement encourageants, leur efficacité à grande échelle n'a jamais été prouvée.

Dans ce projet SAR (Sustainable restoration in marine urban Areas) subventionné par le CNRS, l'objectif est de qualifier l'état physiologique des poissons marins côtiers en zones marines urbaines restaurées par comparaison à des zones non urbaines, et de tester l'existence d'une acclimatation et/ou d'une adaptation de la population générée par une phase juvénile en zone marine urbaine, et ainsi mieux contrôler les conditions de succès des opérations de restauration écologique dans ces milieux. Pour y répondre, nous aborderons les questions suivantes :



- Les zones marines urbaines restaurées et les zones naturelles adjacentes sont-elles colonisées par les mêmes populations panmictiques (*i.e.* juvéniles de même origine parentale) ?
- Les conditions environnementales des zones marines urbaines restaurées ont-elles un impact sur la composition génétique des juvéniles de poissons qui les colonisent ?
- Une exposition juvénile à des niveaux d'anthropisation et de contamination chimique contrastés dans les nourriceries se traduit-elle par un phénotype individuel/état de santé différentiel des individus ?
- Les juvéniles ayant grandi dans des zones marines urbaines restaurées et exposés à la contamination chimique sont-ils adaptés/acclimatés à ces conditions environnementales ?

Dans ce projet, des otolithes seront prélevés pour analyser les aspects d'asymétrie fluctuante chez les otolithes de sar étant un proxy de leur état de santé en lien avec les polluants et les traceurs génétiques. Les analyses seront réalisées en 2023.

#### 4.3.1.3 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 crucial 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 ».

#### 4.3.1.4 Projet IPREM

Pour travailler vers une pêche plus durable, de nombreux acteurs du monde professionnel maritime normand et des Hauts-de-France ont initié le projet IPREM (Impact des engins de Pêche sur les fonds marins et Résilience Ecologique du Milieu). Ce projet a été monté dans le cadre du CENOPAC (Centre Normand de la Pêche, de l'Aquaculture et des Cultures Marines), structure financée par la région Normandie et les départements de la Manche et du Calvados. Les acteurs présents sont : deux organisations de producteurs, l'OPN (Organisation des Pêcheurs Normands) et le FROM Nord (Fonds Régional d'Organisation du Marché du poisson) ; le CRPMEM (Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins) de Normandie; NFM (Normandie Fraîcheur Mer) ; le SMEL (Synergie Mer et Littoral) ; la CSLN (Cellule de Suivi du Littoral Normand) ainsi que des organismes scientifiques : l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) et les laboratoires BOREA (Biologie des

Organismes et des Ecosystèmes Aquatiques) et M2C (Morphodynamique Continentale et Côtière) de l'Université de Caen Normandie. Le projet IPREM a pour objectif la réalisation d'un travail bibliographique afin de faire le lien entre les connaissances scientifiques disponibles concernant les impacts des engins traînants sur les fonds marins et les besoins des professionnels d'atténuer ces impacts.

Pour atteindre cet objectif, IPREM se donne pour mission de :

- Caractériser les fonds marins sur la base de données cartographiques disponibles : sédimentologie, habitats benthiques et activités de pêche européennes en Manche ;
- Déterminer l'état des connaissances sur la résilience écologique des types de fonds marins identifiés précédemment, notamment en relation avec les activités de pêche associées aux arts traînants ;
- Croiser les données d'effort de pêche, le degré de sensibilité et la résilience des différents habitats pour créer des cartes d'impact/cartes de vulnérabilité des fonds marins.

Une post-doctorante a été recrutée par l'OPN et a été en accueil alterné à la station de Port-en-Bessin et à l'Université de Caen tout au long de l'année 2021.

#### 4.3.1.5 Projet CPER IDEAL 2021-2027

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

Le projet a pour objectif de rendre la région Hauts de France incontournable et unique au niveau national et européen en mettant en place deux plateformes d'expertise marine s'appuyant sur des compétences complémentaires pour aborder de façon pertinente et innovante les défis liés aux enjeux de la conservation et de la gestion écosystémique des ressources marines et de leurs valorisations dans un environnement sous contraintes. Il comprend 7 partenaires institutionnels (ULCO, Université d'Artois, Université Picardie Jules Verne, Université de Lille, CNRS, IFREMER, ANSES), soit 13 Laboratoires en tout (LOG, LISIC, TVES, LMPA, LARJ, HLLI, LAMFA, ICV, LGI2A, Ifremer-LER, Ifremer-LCSM, Ifremer-LRHBL, Laboratoire de sécurité des aliments, site de Boulogne sur Mer, Anses). Plusieurs partenaires sectoriels y sont en outre associés : PFI Nouvelles Vagues, Adrianor, Parc naturel Marin Estuaires picards et mer d'Opale, Nausicaa, Agence de l'eau Artois Picardie, Pôle Aquimer, France Energies Marines, EDF, RTE, Eel Energy.

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

écosystémique) aux différentes pressions environnementales (changement climatique, pollutions multiples, etc.) mais également de promouvoir des innovations dans le secteur de l'aquaculture et ceci selon une approche durable.

#### 4.3.1.6 [Projet FORESEA2050 \(AAP AMII de la DS\)](#)

L'objectif principal du projet FORESEA2050, pour lequel un financement a été demandé à la Direction Scientifique de l'IFREMER (AAP AMII), est de prévoir l'évolution de la production française en produits de la mer à l'horizon 2050. Si le projet est coordonné par EMH, les unités HMMN et MARBEC en sont des partenaires majeurs. Le projet implique également à différents niveaux d'autres unités RBE (STH, PFOM, EM) et plusieurs partenaires externes (e.g., UMR LEMAR, UMR LOG, UMR AMURE et un partenaire industriel). HMMN étudiera plus particulièrement l'écologie fonctionnelle du zooplancton, principalement dans le cadre d'une thèse, pour laquelle des financements ont été sollicités auprès de la Direction Scientifique et de la Région Hauts-de-France. Le zooplancton joue en effet un rôle central dans le fonctionnement des réseaux trophiques aquatiques en étant à la fois source de nourriture pour les niveaux trophiques supérieurs et consommateur majeur de production primaire et de détritiques d'origine organique. Cependant, la manière dont le zooplancton interagit avec l'écosystème, et sa sensibilité (en termes de biomasse, diversité et rôle fonctionnel) aux pressions existantes et émergentes, sont très peu connus. Au travers de ce projet de thèse, nous allons tout d'abord représenter les communautés de zooplancton en Manche orientale et dans le sud de la mer du Nord, définir des écorégions dans cette région maritime, et analyser les changements temporels de biomasse et diversité. Dans un second temps, nous analyserons et cartographierons la variabilité spatiale de composition biochimique du zooplancton (en termes d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne, LC-PUFA) en relation avec des forçages environnementaux. Enfin, nous caractériserons le rôle du zooplancton dans le transfert des LC-PUFA vers les niveaux trophiques supérieurs et plus particulièrement les petits poissons pélagiques à différents stades de vie, avec l'exemple du hareng.

#### 4.3.1.7 [Projet ACCOBIOM \(Contribution à la Convention AFD\)](#)

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

#### 4.3.1.8 [Projets en collaboration avec la Nouvelle Zélande, dans le cadre des travaux sur les parasites](#)

Deux projets ont été déposés, un via un financement de l'Ambassade de France en Nouvelle Zélande et l'autre à la Royal Society Te Aparangi, et vont permettre de poursuivre les travaux d'analyses des relations entre poissons et parasites, et vont également permettre de mettre en oeuvre une collaboration avec l'université d'Otago et le NIWA en Nouvelle-Zélande. Le projet

financé par la Royal Society vise plus spécifiquement à comprendre les déterminants biologiques et environnementaux des flux entre poissons piscivores et parasites *Anisakis*, et à prédire une évolution de ces relations dans le contexte de changement global, via la comparaison de deux systèmes contrastés, la mer du Nord et la zone subantarctique en Nouvelle Zélande. Il repose pour cela sur une collecte de poissons lors des campagnes halieutiques française et néo-zélandaise, ce qui permettra également de comparer les méthodes de travail entre campagnes : à ce titre Amandine Sabadel viendra participer à la campagne CGFS en octobre 2022 (suite à son impossibilité à participer à IBTS du fait des restrictions COVID en Nouvelle Zélande). Le premier objectif de la présente demande serait de permettre la participation de Pierre Cresson à la campagne équivalente opérée par NIWA en novembre 2022.

Le deuxième objectif de ce projet est également d'acquérir une compétence en analyse isotopique composé-spécifique, affiché comme un objectif pour l'unité HMMN lors de sa dernière évaluation HCERES.

#### 4.4 Moyens d'observation

##### 4.4.1 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. Une réunion de tous les acteurs autour de cette prospective scientifique aura lieu en mars 2022, et des développements importants seront engagés pour 2022 avec l'arrivée d'un nouvel ingénieur dans l'unité HISSEO qui viendra alléger la contribution générale de HMMN.

##### 4.4.2 Plateaux techniques

###### 4.4.2.1 Pôle de sclérochronologie

En 2022, les projets « Med\_Unit » (EASME) et IPERDMX (FEAMP) se finiront. D'autres axes de recherche seront développés comme l'âge automatique et le deep-learning appliqués à la plie (*Pleuronectes platessa*) et la compréhension de la biominéralisation à travers les approches expérimentales et microchimiques. De plus, un gros travail de développement des outils d'acquisition et de bancarisation des données biologiques commencé en 2020 devrait se poursuivre et devenir opérationnel en 2022. Enfin, une attention sera portée sur les espèces d'Outre-Mer à travers le projet de recherche Accobiom en particulier en Guadeloupe, en Guyane, à La Réunion et en Martinique.

###### 4.4.2.2 Pôle de Taxinomie et d'Ecologie du Zooplancton

En 2022, dans le cadre du projet COCKTAIL, la thèse de Léa Joly devrait se terminer au premier semestre (soutenance prévu pour Avril 2022). Deux publications en cours de rédaction devraient être soumises fin 2022. Les expériences sur l'effet maternel et la température sur le développement embryonnaire chez le hareng se poursuit notamment par des analyses par traits et des indicateurs morphométriques (postdoc de Lola Toomey). La modélisation sur la variabilité des interactions trophiques et des transferts énergétiques au sein du plancton (projet MURPHY) devrait se terminer en 2022 et 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.

L'écorégionalisation subantarctique se poursuivra grâce à l'accueil pendant quelques mois au premier semestre de deux CDD du LOCEAN (Camille Merland et Marion Thellier) et d'un Master 2 (Valentin Djian) de Sorbonne Université en codirection entre Cédric Cotté (LOCEAN - financeur) et Philippe Koubbi (SU-IFREMER). Les accueils sont financés par un programme entre le LOCEAN et une ONG internationale, l'ASOC avec un rendu d'un rapport fin décembre et des rapports d'étapes entre deux. Le travail consiste au tri et à l'identification du macrozooplancton et des poissons mésopélagiques, à la bancarisation des données issues des campagnes REPCCOAI (Réponses de l'écosystème pélagique aux changements climatiques de l'océan Austral et Indien Sud) de 2017 à 2019 (PI: Philippe Koubbi et Jean Yves Toullec de Roscoff) et à la modélisation biogéographique. Ce travail sera poursuivi par P. Koubbi à partir de septembre 2022. P. Koubbi organise un atelier de travail international avec l'Afrique du Sud début juin sur l'écorégionalisation pélagique de la zone subantarctique où les résultats des travaux seront présentés. Un rapport pour le groupe de travail EMM (Ecosystem Monitoring Management) de la CCAMLR sera soumis et présenté début juillet.

#### 4.4.2.3 Plateforme trophique

L'activité de la plateforme Réseaux Trophiques en 2022 sera marquée par la fin du projet PATROFLU (fin du contrat de Sarah Werquin en juillet 2022, fin du projet en fin d'année 2022). Le financement pour la deuxième année du projet permettra l'analyse additionnelle d'une partie des échantillons déjà disséqués, afin de conforter certains résultats obtenus. Une partie de ces échantillons sera également analysée via une analyse isotopique composée spécifique, via une collaboration avec l'université d'Otago, dans le cadre d'un projet financé par l'ambassade de France en Nouvelle Zélande. La collaboration avec la Nouvelle Zélande sera aussi réalisée dans le cadre du projet ParaNZ, financé par la Royal Society of New Zeland, qui permettra la réalisation d'une analyse des relations entre poissons et parasite, en comparant deux espèces similaires en Mer du Nord et sur le plateau de Chattam en Nouvelle Zélande, et qui financera un séjour de recherche d'Amandine Sabadell (Univ. Otago) à Boulogne et pour participer à une campagne (CGFS 2022).

Le premier échantillonnage de poissons en vue de l'analyse de leurs contenus stomacaux dans le cadre de la DCF aura également lieu durant IBTS 2022.

De manière comparable à ce qui a été fait en 2021, ces poissons seront utilisés dans plusieurs projets. Le couplage entre projet de recherche et expertise permet de maximiser les données collectées sur les mêmes individus, afin de tendre vers une analyse complète de l'écologie trophique du merlan, basée sur l'analyse combinée des contenus stomacaux des rapports isotopiques et de 2 de ses parasites.

#### 4.4.2.4 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 2022. 2022 verra également la poursuite des campagnes nourriceries menées dans le cadre de la DCSMM : NOURMANCHE (nouvelle campagne intégrée couvrant la Baie de Seine et la Baie des Veys), NOURMONT (Baie du Mont Saint Michel) ou du programme IGA : NOURSOM (Baie de Somme).

#### 4.5 Avis et expertises

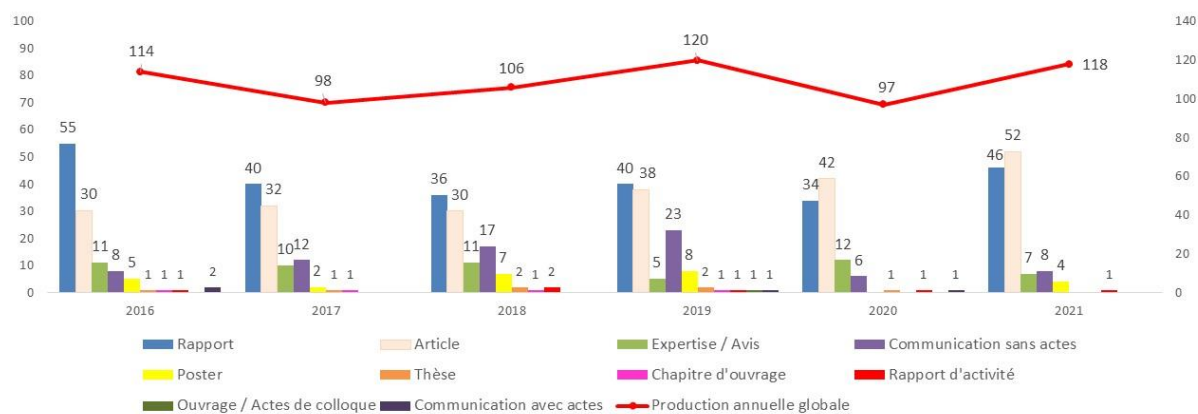
Les avis et expertises rendus par l'équipe HMMN concernent en 2022 comme au cours des années précédentes le suivi halieutique des pêcheries dans le cadre de la *Convention Halieutique*, qu'il s'agisse de participation (parfois en qualité de président) de Groupes de Travail internationaux (ONU, CIEM, CSTEP, RCM/RCG, DCF, OPANO) ou de réponse à des saisines directes des services de l'Etat, de la *DCSMM* (pilotage du descripteur D3 – Etat des ressources halieutiques), ou de conventions régionales spécifiques établies pour l'expertise halieutique dans les Iles Anglo-Normandes (*Traité de Granville*) et à St Pierre et Miquelon (*Accords franco-canadiens*). HMMN répondra également aux demandes contractuelles d'expertise portant sur le suivi halieutique d'extraction de granulats marins (*Code Minier*), 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 2022, et qu'une organisation doit être mise en place pour permettre d'y répondre au mieux.

#### 4.6 Innovation

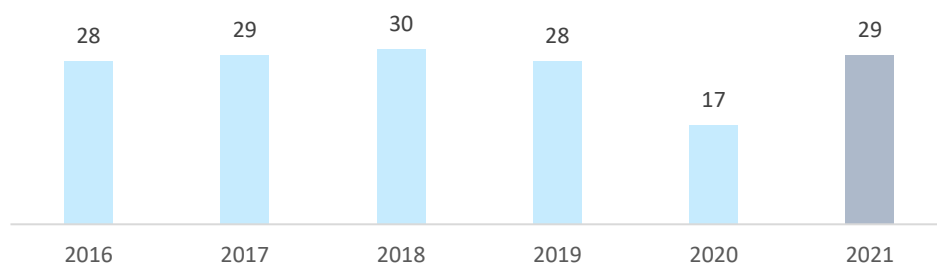
Les activités de l'équipe HMMN sont centrées sur l'écologie marine et halieutique, de sorte que la contribution de l'UR à l'innovation se traduit plutôt par le développement de nouvelles méthodologies et d'approches écosystémiques que par la création de services et produits technologiques en lien avec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

## 5 Annexe 1: Production scientifique et technologique (2021)

Evolution annuelle des principaux types de documents du HMMN entre 2016 et 2021 :



Evolution des publications dans des revues à comité de lecture de l'unité HMMN (2016-2021) :



29 publications sont référencées dans Archiver, issues du Web of Science pour l'unité HMMN en 2021.

Typologie	Nb publiés
Articles	27
Review articles	2

Les publications :

Akcha Farida, Cahuc C., Rouxel Julien, Munsch Catherine, Aminot Yann, Chauvelon Tiphaine, Mahe Kelig, Budzinski H., Mauffret Aourell (2021). **Development in the European flounder (*Platichthys flesus*) of a q-PCR assay for the measurement of telomere length, a potential biomarker of pollutant effects for biomonitoring studies.** *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112610 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112610>

Amelot Morgane, Batsleer Jurgen, Foucher Eric, Girardin Raphael, Marchal Paul, Poos Jan Jaap, Sys Klaas (2021). **Evidence of difference in landings and discards patterns in the English Channel and North Sea Rajidae complex fishery.** *Fisheries Research*, 242, 106028 (11p.). <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106028>

Bourdaud Pierre, Ben Rais Lasram Frida, Araignous Emma, Champagnat Juliette, Grud Samantha, Halouani Ghassen, Hattab Tarek, Leroy Boris, Noguès Quentin, Raoux Aurore, Safi Georges, Niquil Nathalie (2021). **Impacts of climate change on the Bay of Seine ecosystem: Forcing a spatio-temporal trophic model with predictions from an ecological niche model.** *Fisheries Oceanography*, 30(5), 471-489. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/fog.12531> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00682/79413/>

Caccavo Jilda Alicia, Christiansen Henrik, Constable Andrew J., Ghigliotti Laura, Trebilco Rowan, Brooks Cassandra M., Cotte Cedric, Desvignes Thomas, Dornan Tracey, Jones Christopher D., Koubbi Philippe, Saunders Ryan A., Strobel Anneli, Vacchi Marino, Van De Putte Anton P., Walters Andrea, Waluda Claire M., Woods Briannyn L., Xavier José C. (2021). **Productivity and Change in Fish and Squid in the Southern Ocean.** *Frontiers In Ecology And Evolution*, 9, 624918 (25p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.624918> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00701/81331/>

Campbell Max D., Schoeman David S., Venables William, Abu-alhaija Rana, Batten Sonia D., Chiba Sanae, Coman Frank, Davies Claire H., Edwards Martin, Eriksen Ruth S., Everett Jason D., Fukai Yutaka, Fukuchi Mitsuo, Esquivel Garrote Octavio, Hosie Graham, Huggett Jenny A., Johns David G., Kitchener John A., Koubbi Philippe, McEnnulty Felicity R., Muxagata Erik, Ostle Clare, Robinson Karen V., Slotwinski Anita, Swadling Kerrie M., Takahashi Kunio T., Tonks Mark, Uribe-palomino Julian, Verheye Hans M., Wilson William H., Worship Marco M., Yamaguchi Atsushi, Zhang Wuchang, Richardson Anthony J. (2021). **Testing Bergmann's rule in marine copepods.** *Ecography*, 44(9), 1283-1295. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/ecog.05545> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00720/83170/>

Cariou Thibault, Dubroca Laurent, Vogel Camille, Bez Nicolas (2021). **Comparison of the spatiotemporal distribution of three flatfish species in the Seine estuary nursery grounds.**



*Estuarine Coastal And Shelf Science*, 259, 107471 (10p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107471> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00700/81170/>

Cresson Pierre, Iglesias Samuel, Jakobsdottir Klara, Lynghammar Arve (2021). Mise à jour des signalements de *Diretmichthys parini* en Atlantique Nord-Est : effet limité de la température et rôle potentiel des médias sociaux / Updating the records of *Diretmichthys parini* in the North East Atlantic: limited effect of temperature and potential role of social media. *Cybium*, 45(3), 189-192. <https://doi.org/10.26028/cybium/2021-453-002>

Day Louise, Brind'Amour Anik, Cresson Pierre, Chouquet Bastien, Le Bris Hervé (2021). **Contribution of Estuarine and Coastal Habitats Within Nursery to the Diets of Juvenile Fish in Spring and Autumn.** *Estuaries And Coasts*, 44(4), 1100-1117. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00823-z>

Di Pane Julien, Koubbi Philippe, Gendrot F., Giraldo Carolina, Karasiewicz Stephane, Marchal Paul, Loots Christophe (2021). **Investigating environmental influence and temporal changes in sole (*Solea solea*) larvae condition using histology.** *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 250, 107161 (11p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107161> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00666/77774/>

Druon Jean-noël, Gascuel Didier, Gibin Maurizio, Zanzi Antonella, Fromentin Jean-Marc, Colloca Francesco, Hélaouët Pierre, Coll Marta, Mannini Alessandro, Bluemel Joanna K, Piroddi Chiara, Bastardie Francois, Macias-moy Diego, Vasilakopoulos Paraskevas, Winker Henning, Serpetti Natalia, Guillen Jordi, Palialexis Andreas, Gras Michaël, Hekim Zeynep, Dubroca Laurent, Pinto Cecilia, Steenbeek Jeroen, Martinsohn Jann (2021). **Mesoscale productivity fronts and local fishing opportunities in the European Seas.** *Fish And Fisheries*, 22(6), 1227-1247. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/faf.12585> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00703/81542/>

Ehrman Ashley, Hoover Carie, Giraldo Carolina, Macphee Shannon A., Brewster Jasmine, Michel Christine, Reist James D., Power Michael, Swanson Heidi, Niemi Andrea, Walkusz Wojciech, Loseto Lisa (2021). **A meta-collection of nitrogen stable isotope data measured in Arctic marine organisms from the Canadian Beaufort Sea, 1983–2013.** *Bmc Research Notes*, 14(1), 347 (3p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05743-0> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00720/83220/>

Joly Lea, Loots Christophe, Meunier Cédric L., Boersma Maarten, Collet Sophie, Lefebvre Valerie, Zambonino-Infante Jose-Luis, Giraldo Carolina (2021). **Maturation of the digestive system of Downs herring larvae (*Clupea harengus*, Linnaeus, 1758): identification of critical periods through ontogeny.** *Marine Biology*, 168(6), 82 (15p.). <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03894-z>

Khaldi Asma, Chater Ines, Elleboode Romain, Mahé Kelig, Chakroun-Marzouk Nadia (2021). Age, growth and mortality of the striped seabream *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) in the Gulf of Tunis (Central Mediterranean Sea). *Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom*, 101(1), 159-167. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1017/S0025315420001307> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00676/78770/>

Mahe Kelig, MacKenzie Kirsteen, Djamila Ider, Massaro Andrea, Hamed Oussama, Jurado-Ruzafa Alba, Gonçalves Patricia, Anastasopoulou Aikaterini, Jadaud Angelique, Mytilineou Chryssi, Randon Marine, Elleboode Romain, Morell Alaia, Ramdane Zohir, Smith Joanne, Bekaert Karen, Amara Rachid, de Pontual Helene, Ernande Bruno (2021). **Directional Bilateral Asymmetry in Fish Otolith: A Potential Tool to Evaluate Stock Boundaries?** *Symmetry-basel*, 13(6), 987 (13p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/sym13060987> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00697/80873/>

Mahé Kelig, Ernande Bruno, Herbin Marc (2021). **New scale analyses reveal centenarian African coelacanth.** *Current Biology*, 31(16), 3621-3628.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.05.054>

Marchal Paul, Cresson Pierre, Foveau Aurelie, Giraldo Carolina, Lefebvre Sebastien, Vérin Yves (2021). **Using the diet of fish to reflect spatial patterns of their benthic prey.** *Marine Ecology Progress Series*, 677, 33-49. <https://doi.org/10.3354/meps13882>

Maureaud Aurore, Frelat Romain, Pécuchet Laurène, Shackell Nancy, Mérigot Bastien, Pinsky Malin L., Amador Kofi, Anderson Sean C., Arkhipkin Alexander, Auber Arnaud, Barri Iça, Bell Richard J., Belmaker Jonathan, Beukhof Esther, Camara Mohamed L., Guevara-carrasco Renato, Choi Junghwa, Christensen Helle T., Conner Jason, Cubillos Luis A., Diadhiou Hamet D., Edelist Dori, Emblemsvåg Margrete, Ernst Billy, Fairweather Tracey P., Fock Heino O., Friedland Kevin D., Garcia Camilo B, Gascuel Didier, Gislason Henrik, Goren Menachem, Guitton Jérôme, Jouffre Didier, Hattab Tarek, Hidalgo Manuel, Kathena Johannes N., Knuckey Ian, Kidé Saïkou O., Koen-alonso Mariano, Koopman Matt, Kulik Vladimir, León Jacqueline P, Levitt-barmats Ya'arit, Lindegren Martin, Llope Marcos, Massiot-granier Félix, Masski Hicham, McLean Matthew, Meissa Beyah, Mérillet Laurene, Mihneva Vesselina, Nunoo Francis K. E., O'Driscoll Richard, O'Leary Cecilia A., Petrova Elitsa, Ramos Jorge E., Refes Wahid, Román-marcote Esther, Siegstad Helle, Sobrino Ignacio, Sólmundsson Jón, Sonin Oren, Spies Ingrid, Steingrund Petur, Stephenson Fabrice, Stern Nir, Tserkova Feriha, Tserpes Georges, Tzanatos Evangelos, Rijn Itai, Zwieten Paul A. M., Vasilakopoulos Paraskevas, Yepsen Daniela V., Ziegler Philippe, Thorson James (2021). **Are we ready to track climate-driven shifts in marine species across international boundaries? - A global survey of scientific bottom trawl data.** *Global Change Biology*, 27(2), 220-236. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/gcb.15404> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00658/76971/>

McLean Matthew, Mouillot David, Maureaud Aurore, Hattab Tarek, Macneil Aaron, Goberville Eric, Lindegren Martin, Engelhard Georg, Pinsky Malin, Auber Arnaud (2021). **Disentangling tropicalization and deborealization in marine ecosystems under climate change.** *Current Biology*, 31(21), 4817-4823.e5. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.034> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00720/83243/>

McLean Matthew, Stuart-Smith Rick D., Villegier Sébastien, Auber Arnaud, Edgar Graham J., Macneil M. Aaron, Loiseau Nicolas, Leprieur Fabien, Mouillot David (2021). **Trait similarity in reef fish faunas across the world's oceans.** *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 118(12), e2012318118 (10p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1073/pnas.2012318118> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00684/79597/>

Mille Tiphaine, Bisch Amaëlle, Caill-Milly Nathalie, Cresson Pierre, Deborde Jonathan, Gueux Aurore, Morandeau Gilles, Monperrus Mathilde (2021). **Distribution of mercury species in different tissues and trophic levels of commonly consumed fish species from the south Bay of Biscay (France).** *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112172 (8p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112172> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00681/79330/>

Mouillot David, Loiseau Nicolas, Grenié Matthias, Algar Adam C., Allegra Michele, Cadotte Marc W., Casajus Nicolas, Denelle Pierre, Guéguen Maya, Maire Anthony, Maitner Brian, McGill Brian J., McLean Matthew, Mouquet Nicolas, Munoz François, Thuiller Wilfried, Villegier Sébastien, Violle Cyrille, Auber Arnaud (2021). **The dimensionality and structure of species trait spaces.** *Ecology Letters*, 24(9), 1988-2009. <https://doi.org/10.1111/ele.13778>

Murgier Juliette, McLean Matthew, Maire Anthony, Mouillot David, Loiseau Nicolas, Munoz François, Violle Cyrille, Auber Arnaud (2021). **Rebound in functional distinctiveness following warming and reduced fishing in the North Sea.** *Proceedings Of The Royal Society B-biological Sciences*, 288(1942), 20201600 (9p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1600> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00668/78019/>

Pelletier Dominique, Roos David, Bouchoucha Marc, Schohn Thomas, Roman William, Gonson Charles, Bockel Thomas, Carpentier Liliane, Preuss Bastien, Powell Abigail, Garcia Jessica, Gaboriau Matthias, Cade Florent, Royaux Coline, Le Bras Yvan, Reecht Yves (2021). **A Standardized Workflow Based on the STAVIRO Unbaited Underwater Video System for Monitoring Fish and Habitat Essential Biodiversity Variables in Coastal Areas.** *Frontiers In Marine Science*, 8(689280), 17p. Publisher's official version :

<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.689280> , Open Access version :  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00708/82054/>

Piroddi Chiara, Akoglu Ekin, Andonegi Eider, Bentley Jacob W., Celić Igor, Coll Marta, Dimarchopoulou Donna, Friedland René, de Mutsert Kim, Girardin Raphael, Garcia-Gorriz Elisa, Grizzetti Bruna, Hervann P.-Y., Heymans Johanna J., Müller-Karulis Bärbel, Libralato Simone, Lynam Christopher P., Macias Diego, Miladinova Svetla, Moullec Fabien, Palialexis Andreas, Parn Ove, Serpetti Natalia, Solidoro Cosimo, Steenbeek Jeroen, Stips Adolf, Tomczak Maciej T., Travers-Trolet Morgane, Tsikliras Athanassios C. (2021). **Effects of Nutrient Management Scenarios on Marine Food Webs: A Pan-European Assessment in Support of the Marine Strategy Framework Directive**. *Frontiers In Marine Science*, 8, 596797 (18p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.596797> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00685/79746/>

Prestes-Carneiro Gabriela, Yunoki Takayuki, Dufour Jean-Louis, Mahe Kelig, Béarez Philippe (2021). Reconstructing freshwater fishing seasonality in a neotropical savanna: First application of swamp eel (*Synbranchus marmoratus*) sclerochronology to a pre-Columbian Amazonian site (Loma Salvatierra, Bolivia). *Journal Of Archaeological Science-reports*, 37, 102880 (40p.). <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102880>

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, McGowan Jennifer, Morgan Lance E., Mouillot David, Palacios-Abrantes Juliano, Possingham Hugh P., Rechberger Kristin D., Worm Boris, Lubchenco Jane (2021). **Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate**. *Nature*, 592(7854), 397-402. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00686/79809/>

Silvar-viladomiu Paula, Minto Cólín, Halouani Ghassen, Batts Luke, Brophy Deirdre, Lordan Colm, Reid David G. (2021). **Moving reference point goalposts and implications for fisheries sustainability**. *Fish And Fisheries*, 22(6), 1345-1358. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/faf.12591> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00705/81683/>

Timmerman Charles-Andre, Giraldo Carolina, Cresson Pierre, Ernande Bruno, Travers-Trolet Morgane, Rouquette Manuel, Denamiel Margaux, Lefebvre Sebastien (2021). **Plasticity of trophic interactions in fish assemblages results in temporal stability of benthic-pelagic couplings**. *Marine Environmental Research*, 170, 105412 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105412>

Walters Andrea, Robert Marianne, Cresson Pierre, Le Bris Hervé, Kopp Dorothee (2021). **Food web structure in relation to environmental drivers across a continental shelf ecosystem.** *Limnology And Oceanography*, 66(6), 2563-2582. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1002/lno.11773> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00693/80500/>

**29 publications** ont été produites par l'unité HMMN en 2021, référencées dans le Web of Science et Archimer. La Répartition des 29 publications par revues, avec leur facteur d'impact et quartiles :

Titres	Nb publis	Facteur d'impact (2020)	Quartiles (2020)	Revue Open access
<b>ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE</b>	2	2,929	Q1, Q2	
<b>FISH AND FISHERIES</b>	2	7,218	Q1, Q2	
<b>CURRENT BIOLOGY</b>	2	10,834	Q1	
<b>MARINE POLLUTION BULLETIN</b>	2	5,553	Q1	
<b>FRONTIERS IN MARINE SCIENCE</b>	2	4,912	Q1	1
<b>JOURNAL OF ARCHAEOLOGICAL SCIENCE: REPORTS</b>	1	1,5	Q1	
<b>FRONTIERS IN ECOLOGY AND EVOLUTION</b>	1	4,171	Q1	1
<b>BMC RESEARCH NOTES</b>	1	1,66		
<b>NATURE</b>	1	49,962	Q1	
<b>PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA</b>	1	11,205	Q1	
<b>PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES</b>	1	5,349	Q1	
<b>SYMMETRY-BASEL</b>	1	2,713	Q2	1
<b>CYBIUM</b>	1	0,705	Q4	
<b>ECOGRAPHY</b>	1	5,994	Q1	1
<b>ECOLOGY LETTERS</b>	1	9,492	Q1	
<b>ESTUARIES AND COASTS</b>	1	2,976	Q1, Q3	
<b>FISHERIES OCEANOGRAPHY</b>	1	2,786	Q2	
<b>FISHERIES RESEARCH</b>	1	2,422	Q2	
<b>GLOBAL CHANGE BIOLOGY</b>	1	3,014		
<b>JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNITED KINGDOM</b>	1	1,394	Q3	
<b>LIMNOLOGY AND OCEANOGRAPHY</b>	1	4,745	Q1	
<b>MARINE BIOLOGY</b>	1	2,573	Q2	
<b>MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES</b>	1	2,824	Q2	
<b>MARINE ENVIRONMENTAL RESEARCH</b>	1	3,13	Q2	

Expertise/Avis(7)

Biseau Alain (2021). **Diagnostic 2020 sur les ressources halieutiques débarquées par la pêche française (métropolitaine)**. Ifremer, Ref. RBE/EDERU/RS/2021/3, 38p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00744/85630/>

Dubroca Laurent, Cloatre Thomas, Authier Matthieu, Demaneche Sebastien (2021). **Analyse des données de captures accidentelles de petits cétacés dans le golfe de Gascogne en période hivernale**. DPMA / DEB - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture / Direction de l'Eau et de la Biodiversité, La Défense, Ref. DG 2021-1241 - Saisine n° 21-17125 du 8 juillet 2021, 2p., 5p., 24p., 10p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00740/85190/>

Foucher Eric, Biseau Alain, Laurans Martial, Le Grand Christelle (2021). Réponse à la saisine de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture concernant la mise à jour de la synthèse de l'état des stocks de la baie de Granville. DPMA - Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, Sous-direction des ressources halieutiques, Bureau de l'Appui Scientifique et des Données, La Défense, Ref. DG 2021- 1458 - Saisine 21-17191 du 30 juillet 2021, 4p., 1p., 40p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00740/85238/>

Morandau Gilles, Carlier Antoine, Vogel Camille, Brind'Amour Anik, Simplet Laure (2021). Réponse de l'Ifremer sur la conséquence de l'absence d'inventaire halieutique dans le bilan quinquennal environnemental de la concession de granulats marins du Payré (85). DREAL Pays de la Loire - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire, Service des risques naturels et technologiques, Division des risques naturels, hydrauliques et sous-sols, Nantes, Ref. Ifremer DG/2021-405 \_ P9-21-025 - Courrier DREAL SRNT/2021-0158 du 10 mars 2021, 3p.

Foucher Eric (2021). Avis de l'Ifremer sur le projet d'arrêté portant interdiction de la pêche des huîtres plates avec l'usage de dragues sur le littoral de la Seine Maritime et abrogation de l'arrêté n°55/2014. DIRM Manche Mer-du-Nord - Direction Interrégionale de la Mer Manche Mer-du-Nord, Activités et des Emplois Maritimes, Unité Réglementation des Ressources Marines, Le Havre, Ref. Ifremer - Processus P9 21-047 - 18/2021/SRAEM, 1p., 2p., 2p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00697/80893/>

Marchal Paul, Biseau Alain, Loots Christophe, Lorange Pascal (2021). Avis de l'Ifremer sur l'extension de l'usage dérogatoire de la pêche au hareng au chalut pélagique dans la bande des trois milles. DIRM-MEMN - Direction Interrégionale de la Mer Manche Est - Mer du Nord, Service Régulation des Activités et des Emplois Maritimes, Unité Réglementation des Ressources Marines, Le Havre, Ref. 21-077\_Ifremer-DC/MMN/2021.083 - 2021/SRAEM/64, 1p., 17p., 16p.

Menet-Nedelec Florence, Foucher Eric, Neaud-Masson Nadine, Lebon Fabien (2021). Avis de l'Ifremer sur le projet de réforme de l'arrêté n°78/2016 portant sectorisation des zones de pêche de la coquille Saint-Jacques. DIRM MEMN - Direction InterRégionale de la Mer Manche Est - Mer du Nord, Le Havre, Ref. 21-023\_Ifremer LERN/PB/21-019 - 09/2021/SRAEM, 1p., 2p., 2p.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00687/79951/>





## 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, Université de Lille M2 FOGEM (12h)

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

Eric FOUCHER : enseignement à l'IUT de Caen L3Pro REDD (10h)

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

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

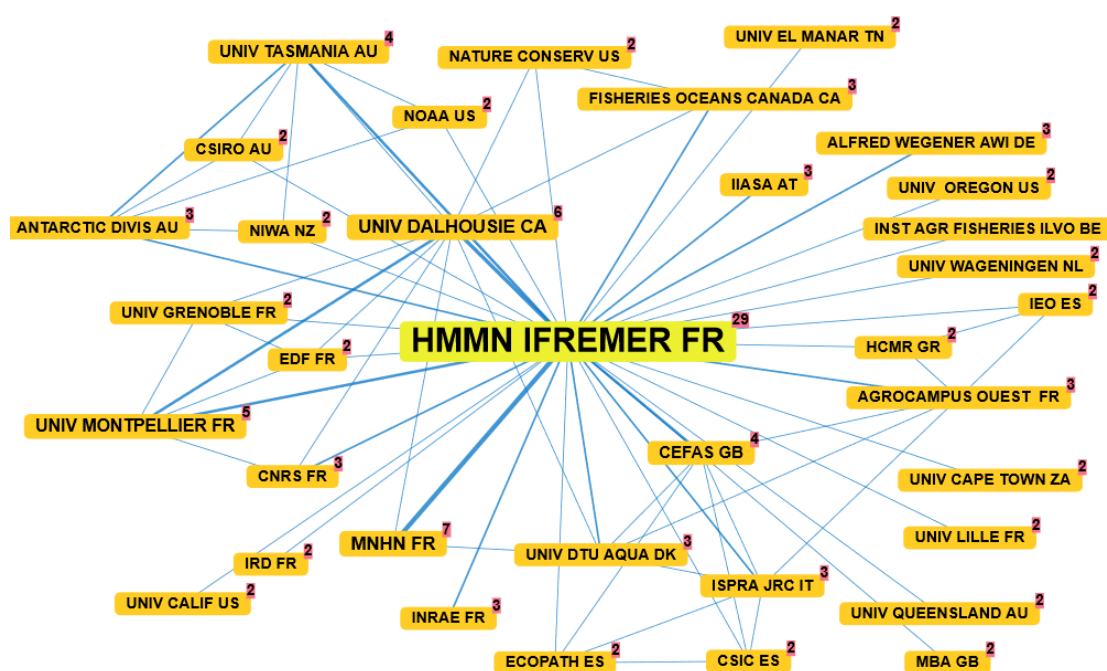
### 6.2 Participation à un jury de thèse ou HDR

Nom/Prénom	Rôle	Niveau	Université	Date de soutenance
Pierre Cresson	Examineur	Thèse	ULCO	20/12/2021

## 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).

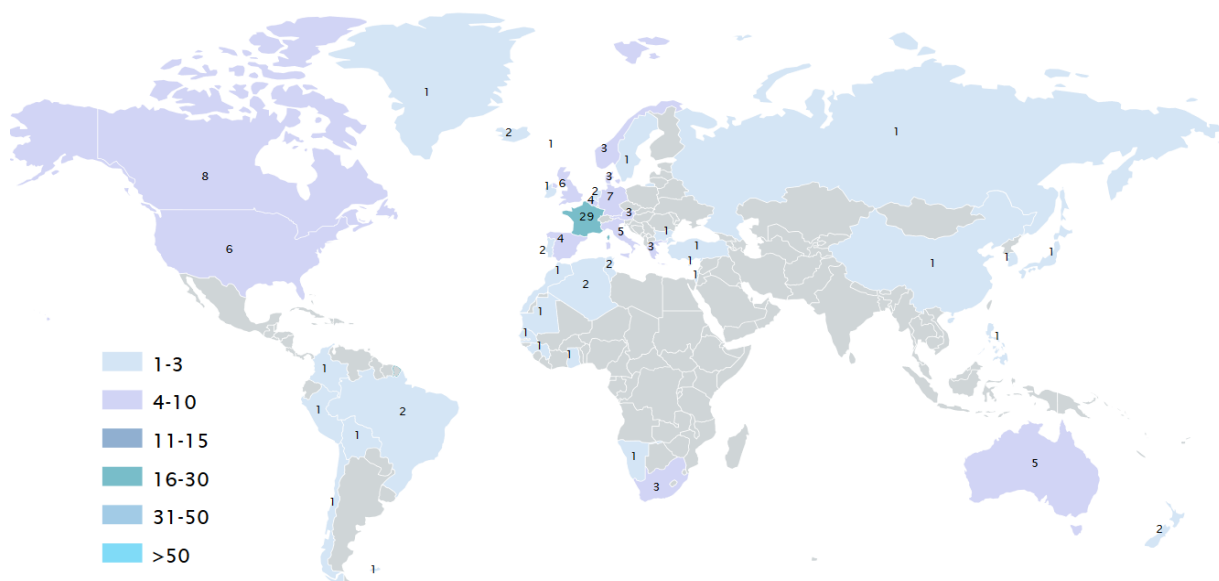
Principales collaborations de l'unité HMMN (au minimum 2 publications en commun. Source Archimer) :



Part globale des collaborations au niveau national, européen, international en 2021 (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/EOSG<sup>4</sup>) 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.

---

<sup>4</sup> <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.