

DEFIPEL

Rapport DEFIPEL

Développement d'une approche
de gestion intégrée de la filière
petits pélagiques française

Martin HURET, Sigrid LEHUTA, Jean-Baptiste
ROMAGNAN, Mathieu DORAY, Fabienne
DAURES, TRAVERS-TROLET Morgane

Contributeurs : Frédérique Alban, Pierre Bourdaud, Caroline Cailliau, Erwan Duhamel, Nina Grandremy, Tarek Hattab, Hugo Hervé, Christophe Lebigre, Christelle Le Grand, Sophie Leonardi, Clara Menu, Mathieu Merzereaud, Nicolas Michelet, Maxime Olmos, Pierre Petitgas, Patrick Poulaine, Ahmadou Traoré

Fiche documentaire

Rapport final DEFIPEL – Développement d’une approche de gestion intégrée de la filière petits pélagiques française

Référence interne :

R.RBE/HALGO/LBH-2024-02

Date de publication :

2024/12/20

Diffusion

libre (internet)

restreinte (intranet)

levée d’embargo : 2025/02/01

interdite (confidentielle)

levée de confidentialité : AAAA/MM/JJ

Version : 1.1.0

Référence de l’illustration de couverture

Logo DEFIPEL

Langue(s) : Fr.

Résumé / Abstract :

Le projet DEFIPEL s’est déroulé entre septembre 2019 et juillet 2024. Il s’agit d’un projet de recherche ayant pour but d’analyser la structure et la dynamique de la filière française des petits pélagiques, en intégrant les composantes habitat, ressource (sardine et anchois principalement), pêcheries et filière aval avec notamment l’industrie de la conserve. C’est un projet national qui s’est intéressé aux 3 façades maritimes métropolitaines : la Manche, le Golfe du Lion, et le Golfe de Gascogne, avec toutefois un effort plus important sur ce dernier. L’implication de chercheurs de différentes disciplines (océanographie, écologie, halieutique, économie) et des différents acteurs de la filière (12 partenaires représentant les pêcheurs, l’industrie de la conserve, les gestionnaires de l’espace maritime au travers d’un parc marin) a permis de couvrir l’ensemble des thématiques permettant d’obtenir une vision intégrée du socio-écosystème et de ses enjeux. Le projet a notamment révélé les interactions entre les compartiments du système et offert des pistes de compréhension de la diminution récente de condition des petits pélagiques. Au delà d’avoir amélioré la connaissance et la compréhension de cette filière, le projet avait pour but de proposer des outils d’aide à la décision novateurs pour la gestion intégrée de la filière. C’est ce que nous avons réalisé tout d’abord au travers de l’élaboration d’un tableau de bord présentant un suivi de l’évolution temporelle de nombreuses variables représentatives des différentes composantes du système entre 2000 et 2020. Il est associé à un système d’alerte basé sur des détections de changement de régime ou de dérive dans ces séries temporelles permettant d’anticiper les problèmes. Afin d’envisager des solutions aux crises en cours, nous avons également travaillé à l’élaboration de scénarios narratifs d’évolution de la filière à 10 ans (souhaitable, probable, non-souhaitable), co-construits avec l’ensemble des acteurs. Ils ont été dans un second temps traduits et simulés par un modèle numérique de la pêcherie des petits pélagiques du Golfe de Gascogne, afin d’évaluer de manière quantitative les trajectoires possibles des indicateurs et l’atteinte des objectifs de durabilité pour la pêcherie.

Mots-clés / Key words :

Projet, socio-écosystème, petits poissons pélagiques, habitat, pêcheries, filière aval, anchois, sardine, tableau de bord, scénarios, approche intégrée

Comment citer ce document :

Huret Martin, Lehuta Sigrid, Romagnan Jean-Baptiste, Doray Mathieu, Daurès Fabienne, Travers-Trolet Morgane (2024). Rapport final du projet DEFIPEL – Développement d’une approche de gestion intégrée de la filière petits pélagiques française. PDG/RBE/HALGO/LBH-2024-02.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Disponibilité des données de la recherche :

Les données utilisées dans ce rapport et dans le projet DEFIPEL en général sont de nature et d'origine très variées : données de campagnes à la mer, données satellitaires ou sorties de modèles, données du SIH, données économiques. La plupart sont rendues disponible dans des bases de données ou sont publiées en tant que jeux de données dans SEANOE, tel que détaillé dans chacune des tâches du projet présentées dans ce rapport. Elles sont aussi présentées de manière plus ou moins agrégées et visible dans notre tableau de bord. Certaines données et informations, issues de la collaboration avec des acteurs économiques de la filière, ne peuvent être rendues accessibles publiquement.

DOI :

Commanditaire du rapport :

France Filière Pêche (FFP)

Nom / référence du contrat :

- Rapport intermédiaire (Réf. Bibliographique : XXX)
 Rapport définitif

Réf. Interne du rapport intermédiaire : R.RBE/HALGO/LBH-2024-02)

Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :

Projet FFP « Enjeux d'avenir » DEFIPEL

Auteur(s) / adresse mail

Affiliation / Direction / Service, laboratoire

Martin HURET / martin.huret@ifremer.fr

IFREMER RBE/HALGO-LBH, UMR DECOD

Sigrid LEHUTA / sigrid.lehuta@ifremer.fr

IFREMER RBE/HALGO-EMH, UMR DECOD

Jean-Baptiste ROMAGNAN /
jean.baptiste.romagnan@ifremer.fr

IFREMER RBE/HALGO-EMH, UMR DECOD

Mathieu DORAY / mathieu.doray@ifremer.fr

IFREMER RBE/HALGO-EMH, UMR DECOD

Fabienne DAURES / fabienne.daures@ifremer.fr

IFREMER RBE/EM, UMR AMURE

Morgane TRAVERS-TROLET /
morgane.travers.trolet@ifremer.fr

IFREMER RBE/HALGO-EMH, UMR DECOD

Sommaire

1. Contexte et objectifs du projet.....	7
1.1. Contexte.....	7
1.2. Objectifs.....	8
1.3. Partenaires.....	9
1.4. Structure du projet.....	9
1.5. Organisation du rapport.....	10
2. Synthèse du projet par tâche.....	11
T1.1. Caractérisation des successions phytoplanctoniques par télédétection dans le Golfe du Lion.....	11
T1.2. Base de données et comparaison de l'hydrologie et de la productivité des trois façades.....	14
T1.3. Collecte d'échantillons hydrologiques et planctoniques dans le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI).....	18
T1.4. Constitution et analyse des séries temporelles de zooplancton et caractérisation de leur variabilité saisonnière et inter-annuelle dans le Golfe de Gascogne et le PNMI.....	21
T1.5. Analyse et comparaison du transfert énergétique zooplancton – poisson dans le Golfe de Gascogne.....	25
T1.6. Développement d'indicateurs de la qualité de l'habitat pélagique et de son évolution.....	28
T2.1. Bases de données sur l'anchois et la sardine. Revue bibliographique sur les autres espèces.....	30
T2.2. Structuration spatiale des stocks d'anchois et de sardine par génétique.....	32
T2.3. Organisation et réalisation des campagnes sentinelles.....	35
T2.4. Expérimentation 'common-garden' sardine pour comparaison des populations des golfes du Lion et de Gascogne.....	37
T2.5. Variabilité spatio-temporelle des traits biologiques et de la distribution spatiale.....	39
T2.6. Modélisation intégrée du cycle de vie pour la quantification des facteurs influençant les traits d'histoire de vie.....	60
T2.7. Développement d'indicateurs sur l'état de la ressource.....	63
T3.1. Définition d'une typologie des flottilles « petits pélagiques » par analyse de données d'activité, économiques et par enquêtes. Atelier de restitution et discussion des typologies.....	65
T3.2. Atelier d'identification des facteurs bottom-up (disponibilité et qualité de la ressource) et top-down (marchés, contraintes réglementaires et économiques) influençant les stratégies à différentes échelles temporelles.....	67
T3.3. Modélisation de la dynamique des flottilles et validation des indicateurs.....	70
T3.4. Développement d'indicateurs sur l'activité des flottilles.....	73

T3.5. Atelier de restitution du modèle et des indicateurs auprès des professionnels.....	76
T4.1. Compilation des données quantitatives disponibles et description des productions, échanges et consommation des « petits pélagiques » sur les 15 dernières années en France.....	77
T4.2. Enquêtes auprès des acteurs (pêcheurs et Organisations de Producteurs, mareyeurs, conserveries, distribution) pour améliorer la connaissance des spécificités de la filière « Petits pélagiques » et en appréhender les tendances récentes.....	80
T4.3. Analyse de l'organisation et de l'évolution de la filière « Petits pélagiques » en France : structure, interactions entre les acteurs, chaînes de valeur, spécificités (volume, contraintes, débouchés, produits) et tendances.....	82
T4.4. Atelier(s) d'échanges avec les acteurs pour identifier les indicateurs clés des tendances de la filière, susceptibles d'influencer les dynamiques d'exploitation des stocks.....	88
T4.5. Développement d'indicateurs « filière » à prendre en compte pour le développement d'outils de gestion.....	89
T5.1. Analyse conjointe des indicateurs et approche de gestion basée sur indicateurs....	91
T5.2. Développement du modèle de dynamique de la pêcherie.....	93
T5.3. Atelier d'identification des objectifs de gestion et de co-construction de scénarios d'évolution et des stratégies d'adaptation.....	98
T5.4. Simulation des scénarios d'évolution de la pêcherie co-construits.....	103
T5.5. Atelier de transfert aux acteurs des indicateurs pour l'évaluation des stocks, et des outils de gestion : modèles, simulations et tableau de bord d'indicateurs.....	109
T6.1. Vecteurs de communication interne et tenue des réunions.....	111
T6.2. Mise en place des vecteurs de communication externe.....	113
T6.3. Organisation et animation d'ateliers de travail.....	116
T6.4. Transfert des résultats et outils au sein des structures de gestion.....	118
T6.5. Communications scientifiques, auprès des acteurs de la filière, et du grand public.....	120
3. Synthèse globale.....	126
3.1. Structuration du socio-écosystème.....	126
3.2. Dynamiques du socio-écosystème.....	127
3.3. Vers une gestion intégrée de la filière petits pélagiques.....	136
Références.....	140
4. Annexes.....	144
Annexe 1 : Poster Sardine « Grand Public ».....	144
Annexe 2 : Les fiches synthétiques.....	145

1. Contexte et objectifs du projet

1.1. Contexte

Les petits poissons pélagiques, anchois, sardines, mais aussi sprats, harengs, maquereaux, chinchards, sont au cœur du fonctionnement des écosystèmes marins, en tant qu'espèces fourrages jouant le rôle de transfert entre le plancton et les niveaux trophiques supérieurs, représentés par les poissons piscivores, les oiseaux et les mammifères marins. Ce sont des espèces fortement sensibles aux fluctuations environnementales, les premières à répondre aux changements en cours via notamment des processus bottom-up. Les évolutions qu'elles subissent aux échelles individuelle (croissance, reproduction, survie) et populationnelle (biomasse, distribution) auront des conséquences inévitables sur leurs prédateurs et l'ensemble des écosystèmes marins.

Les petits poissons pélagiques représentent 25 % des captures de poissons à l'échelle mondiale (FAO, 2022). Ils sont incontournables en termes de sécurité alimentaire pour de nombreux pays qui en retirent leurs protéines et nutriments essentiels. Certes les pêcheries françaises ne représentent qu'une faible portion des tonnages débarqués dans des régions comme l'Afrique de l'Ouest ou le courant de Humboldt au large du Pérou et du Chili. Néanmoins, elles représentent environ 16 % (FranceAgrimer, 2024) des volumes déclarés en halle à marée dans l'hexagone et alimentent une importante industrie de la conserve traditionnelle dans les territoires côtiers.

Les principales espèces de petits pélagiques exploitées sur nos façades sont la sardine et l'anchois, mais les flottilles concernées par ces pêcheries ont à leur disposition un portfolio d'espèces ne se limitant pas aux petits pélagiques (ex. bar, thon, chinchard et maquereaux, espèces démersales...). L'exploitation de ces autres espèces constitue une part importante des revenus des flottilles, saisonnièrement et/ou en cas de perte de disponibilité des petits pélagiques.

La crise de l'anchois à la fin des années 2000 dans le Golfe de Gascogne, avec la fermeture de la pêche suite à un effondrement de la biomasse, a montré la fragilité de ces populations en cas de surpêche associée à un environnement défavorable (Bueno-Pardo et al., 2020). Cette fermeture a contribué à la quasi-disparition de la pêcherie française d'anchois, sans tendance inverse malgré un retour de fortes biomasses après 2010, qui s'explique par une restructuration de la filière aval et notamment du marché espagnol (Beckensteiner et al., 2024). La diminution des tailles de la sardine et de l'anchois, observée tout d'abord de manière dramatique dans le Golfe du Lion (Saraux et al., 2019), puis par la suite dans le Golfe de Gascogne (Doray et al., 2018b ; Veron et al., 2020), semble illustrer encore la sensibilité au climat et à ses changements, et fait craindre de nouvelles conséquences économiques dramatiques. L'impact se répercute en effet sur l'ensemble de la filière, avec une industrie de la conserve qui n'y trouve plus son compte en terme de qualité de la matière première (taille trop petite et diminution du taux de matière grasse), et des pêcheurs qui ne trouvent finalement plus de débouché chez les acheteurs.

La filière des petits poissons pélagiques répond à deux dynamiques temporelles. La première, saisonnière, détermine la distribution de la ressource et donc la dynamique spatio-temporelle des flottilles. La saison conditionne aussi la qualité de la ressource, notamment la taille et le taux de matière grasse des poissons, dont dépend l'industrie de la transformation. La seconde, interannuelle, détermine la quantité de ressource disponible en fonction du recrutement, et sa qualité en fonction de la croissance. A ces déterminismes 'bottom-up', s'ajoute la variabilité des demandes de l'aval de la filière, qui est également un facteur de risque pour la viabilité des flottilles pélagiques.

Les crises successives, notamment du point de vue des pêcheries concernées, sont multi-dimensionnelles, c'est à dire qu'elles ont des origines et/ou conséquences climatique, humaine et réglementaire en lien avec la surpêche, industrielle avec les conserveurs, et également économique. Le constat partagé aussi bien par les acteurs de la filière, les gestionnaires, et les scientifiques, de manière accentuée depuis le milieu des années 2010, est qu'il faut anticiper les trajectoires possibles de ces filières et des pêcheries associées, notamment dans un cadre de dérèglement climatique, pour s'adapter au mieux et éviter au maximum de subir de nouvelles crises. Nous sommes convaincus que cela passe par un approfondissement des connaissances scientifiques sur les ressorts de tels crises, et sur le développement d'approches de gestion basées sur des outils d'aide à la décision novateurs. Des projets récents, notamment financés par France Filière Pêche dans le Golfe du Lion (EcoPelGol et Monalisa) et le Golfe de Gascogne (Captain) se sont intéressés à certains aspects ou dimensions de cette problématique. Dans le cadre de l'appel d'offre 'Enjeux d'Avenir' de ce même financeur, il nous est apparu pertinent de proposer un projet recouvrant l'ensemble des dimensions concernées, c'est à dire habitat, ressource, pêcherie et filière aval, à l'échelle nationale.

1.2. Objectifs

DEFIPEL a visé à consolider la viabilité de la pêcherie française des petits poissons pélagiques en proposant une série d'indicateurs sur l'état de l'écosystème, de la ressource et de la filière, et des scénarios d'adaptation co-construits avec l'ensemble des acteurs. Il s'agit d'un projet intégré, de l'observation du fonctionnement des écosystèmes et de la filière, à la proposition d'outils d'aide à la décision pour une adaptation la plus efficace possible aux changements en cours. Il ambitionnait de répondre aux enjeux de l'approche socio-écosystémique des pêches, en tenant compte (i) des variations de l'habitat pélagique (hydrologie, nourriture) sous contrôle climatique, (ii) des stratégies multi-spécifiques des pêcheurs sous contraintes écologiques, économiques et réglementaires, et (iii) de l'évolution des marchés, dans l'élaboration de scénarios d'évolution de la pêcherie.

La gestion actuelle (court-terme, mono-spécifique et basée sur la biomasse) ne permet pas de tenir compte de ces spécificités de la filière pélagique. L'objectif du projet était donc de développer des stratégies de gestion à moyen terme, permettant de tenir compte de la variabilité des ressources et des contraintes extérieures s'exerçant sur la pêcherie pour une exploitation durable écologiquement et économiquement. Des outils opérationnels ont été mis en œuvre et transférés aux acteurs : indicateurs environnementaux, biologiques et socio-économiques, et modèle de simulation. Ces outils doivent permettre d'anticiper l'impact des variations environnementales et de simuler et sélectionner les stratégies multi-spécifiques d'adaptation des flottilles les plus intéressantes.

Ainsi, pour la première fois, des scientifiques (écologues, halieutes, économistes) ont travaillé en concertation avec l'ensemble des acteurs de la filière (pêcheurs, transformateurs, gestionnaires des pêches et de l'espace maritime) sur un projet 'petits pélagiques' d'envergure nationale couvrant les trois façades Manche, Méditerranée et Gascogne, avec un effort accru et plus complet sur cette dernière façade. Le Parc National Marin d'Iroise, en tant qu'habitat d'alimentation et de reproduction pour l'anchois et la sardine et en tant que zone importante de pêche à la sardine, en a constitué une zone d'étude privilégiée à plus fine échelle. La période d'étude a couvert les 2 décennies 2000-2020, pour lesquelles nous avons été en mesure de rassembler des données homogènes pour la plupart des composantes de ce socio-écosystème.

Les objectifs et finalités du projet étaient donc de :

- combler les manques de connaissances sur les habitats et l'écologie des petits pélagiques sur les façades Méditerranéenne et Atlantique pour mieux cerner les impacts de l'environnement et des activités anthropiques,

- proposer une approche de gestion écosystémique et intégrée de la pêche pélagique française, basée sur un tableau de bord d'indicateurs et des scénarios tenant compte des composantes écosystème, pêche et marché, visant à assurer la viabilité de la filière sur le long terme.

1.3. Partenaires

Les instituts de recherche, l'**IFREMER** porteur du projet et les partenaires universitaires (**UBO/AMURE** et **ULR/LIENSs**) ont apporté leur expertise au projet en analyse de données de différents types (environnement, ressource, pêche et économiques), en modélisation bioénergétique et individu-centré, en modélisation de la dynamique des pêcheries, et en développement d'indicateurs. L'**IFREMER** a apporté également son expertise en évaluation des stocks de petits pélagiques, sur les façades Atlantique et Méditerranéenne.

Afin de mener à bien l'approche proposée de gestion globale et intégrée de l'ensemble de la filière, et ainsi répondre aux enjeux de l'approche écosystémique des pêches, nous avons trouvé essentiel d'associer un ensemble de partenaires au projet. Il ne peut pas y avoir une implication exhaustive de l'ensemble des acteurs impliqués, c'est pourquoi nous avons sollicité les représentants des différentes composantes de la filière, à même de solliciter tel ou tel acteur de terrain pour participer aux enquêtes ou aux ateliers, et pour assurer la diffusion des résultats au sein de leurs réseaux. Ainsi le **PNMI**, premier parc naturel marin de France, en tant que gestionnaire d'un espace maritime sollicité pour divers usages dont la pêche à la bolinche, constituant par ailleurs un habitat essentiel pour de nombreuses espèces de poissons, nous a semblé un interlocuteur privilégié. Le **CNPMEM**, en tant qu'échelon national de l'organisation professionnelle des pêches est l'interlocuteur privilégié pour notre projet d'envergure nationale. En plus d'en coordonner une tâche opérationnelle à la mer, le **CNPMEM** et l'ensemble des organisations professionnelles (**Organisations de Producteurs -Pêcheurs de Bretagne, FROM Nord, OP Vendée, Pêcheurs d'Aquitaine-, CDPMEM29**) ont représenté les intérêts généraux des pêcheurs, apporté leur expertise dans l'élaboration des scénarios et le choix des indicateurs, et facilité les échanges avec les pêcheurs (enquêtes, réunions). Le **CDPMEM 29**, en tant que gestionnaire de la pêche du Finistère, et notamment de sa flottille de bolincheurs qui intervient ponctuellement dans le périmètre du **PNMI**, a assuré avec le **PNMI** la coordination opérationnelle de la collecte d'échantillons biologiques, la mobilisation des pêcheurs de cette flottille et la diffusion des résultats auprès d'eux. Finalement, le **CITPPM (Confédération des Industries de Traitement des Produits des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture)** et la **FIAC (Fédération des Industries d'Aliments Conservés)** ont assuré la représentation des intérêts de la filière aval, notamment des conserveurs, tout en contribuant de manière originale en apportant des données nouvelles respectivement sur la qualité saisonnière de la ressource et sur la dynamique des approvisionnements.

1.4. Structure du projet

Le projet est structuré en 6 workpackages (Fig.1.1). Les 4 premiers se sont concentrés sur l'amélioration des connaissances au sein de chacun des compartiments de la filière. Les objectifs de chacun d'entre eux était tout d'abord d'améliorer la compréhension du fonctionnement de chaque compartiment pris séparément, ce qui passait par des tâches de collecte de données, d'analyse parfois très spécifiques, puis par la fourniture des indicateurs le décrivant au mieux et à même de pouvoir décrire des interactions avec les autres composantes du système. Le **WP5** avait pour but de faire la synthèse entre les connaissances d'une part, et les indicateurs d'autre part, notamment au travers de leur mise en commun dans le tableau de bord. Il visait également à la formulation des scénarios narratifs de l'évolution de la filière, et à leur représentation et simulation quantitative dans un modèle de simulation de la pêche du Golfe de Gascogne. Finalement, le **WP6** concernait la coordination des aspects liés à la communication, interne et externe au projet, et à la valorisation de celui-ci.

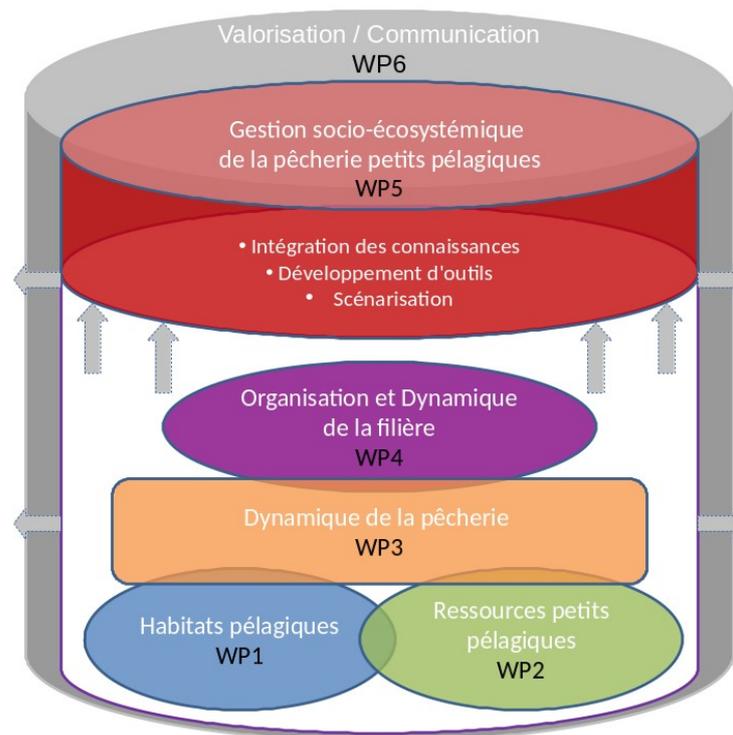


Fig. 1.1. Schéma d'organisation du projet en 6 workpackages.

1.5. Organisation du rapport

Les résultats du projet sont présentés sous forme de livrables prenant des formes diverses : articles scientifiques, rapports de stage ou interne le plus souvent disponibles sur Archimer, sites internet, jeux de données, produits de vulgarisation, etc. Le but de ce rapport n'est pas d'agrèger tous ces livrables, ce qui en aurait fait un document particulièrement indigeste. Cependant, il nous apparaissait important de donner accès aux résultats principaux de notre projet, ainsi que de garder une trace de l'ensemble des travaux réalisés, de manière la plus homogène possible et dans un document unique. Le rapport détaille donc a minima le travail réalisé dans chacune des tâches avec les résultats essentiels à retenir, tout en recensant par ailleurs l'ensemble des ressources associées et notamment les livrables. Il se termine par une synthèse générale faisant le bilan d'une part des avancées sur les connaissances et les outils développés, et d'autre part sur les défis subsistant, tout en prenant le recul de l'expérience de travail acquise dans un projet à cette échelle.

2. Synthèse du projet par tâche

T1.1. Caractérisation des successions phytoplanctoniques par télédétection dans le Golfe du Lion

Contributeurs : Tarek Hattab, Ghada Souilah

Objectifs

Les changements dans les communautés planctoniques représentent un impact attendu des changements globaux. Nous avons réalisé un effort important dans notre projet sur le compartiment zooplancton, mais avons également souhaité évaluer la possibilité de caractériser les évolutions dans le compartiment phytoplancton.

En choisissant le nord-ouest de la Méditerranée comme zone d'application, cette étude vise à développer des outils de classification automatique des groupes de phytoplancton fonctionnels dominants à partir des images satellites de la couleur de l'océan, en s'inspirant de la méthode PHYSAT développée par Alvain et al. (2005). Cette méthode permet d'associer les propriétés bio-optiques du spectre rétrodiffusé de l'eau aux groupes phytoplanctoniques dominants (Alvain et al., 2008; Alvain et al., 2012), en se basant sur l'exploitation de la variabilité de second ordre des luminances marines normalisées (i.e. des anomalies de luminance pour des valeurs de chlorophylle-a données) liée à la présence de groupes spécifiques. Ainsi, l'utilisation des luminances marines normalisées permet d'éliminer la part de variabilité liée à la concentration en chlorophylle-a et de dériver des spectres d'anomalies de luminance reflétant la présence de pigments autres que la chlorophylle-a. Les signatures spectrales de chaque groupe dominant en termes de forme et d'amplitude sont définies en associant les anomalies de radiances (Ra) aux concentrations pigmentaires coïncidentes inventoriées *in-situ* (Dandonneau et al., 2004). Des cartes des groupes dominants de phytoplancton peuvent ainsi être élaborées. Pour ce faire, il est important dans un premier temps de vérifier la validité des algorithmes bio-optiques d'estimation de la chlorophylle-a, qui représentent la donnée de base pour le calcul des anomalies de luminance et la calibration de l'outil de classification.

La problématique de la présente étude se résume en deux grandes questions :

Quel est le meilleur modèle bio-optique permettant de quantifier la biomasse chlorophyllienne du phytoplancton ?

Quels sont les principaux groupes de phytoplancton qui dominent dans la zone d'étude, et comment peut-on caractériser leur répartition ?

Méthodes

Afin de répondre à ces questions, nous avons d'abord créé un vaste ensemble de données regroupant des mesures pigmentaires *in-situ* et des mesures satellitaires coïncidentes provenant du capteur MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Ensuite, nous avons testé quatre algorithmes bio-optiques : OC3M (O'Reilly et al., 2000), MedOC3 (Santoleri et al., 2008), OC5 (Gohin et al., 2002) et OC4 (O'Reilly et al., 1998), afin de déterminer celui qui fournit la meilleure estimation de la chlorophylle-a. Une fois les estimations de chlorophylle-a validées, elles ont servi au calcul des anomalies de luminance par rapport aux luminances marines normalisées de référence (i.e. reflétant la présence de pigments autres que la chlorophylle-a). Pour définir la signature spectrale de chaque groupe phytoplanctonique dominant, les anomalies de radiances ont été associées aux pigments coïncidents inventoriés *in-situ*. Par la suite, des méthodes de classification supervisées (CART, Breiman et al., 1984, et Random Forest, Breiman, 2001) et non-supervisées (K-means) ont été testées pour séparer les spectres de Ra correspondant à chaque groupe de phytoplancton et prédire leur dynamique.

L'application de l'algorithme Random Forest à l'ensemble des données coïncidentes a permis de calculer, pour chaque pixel, la probabilité d'appartenance à chaque groupe. Ainsi, des cartes journalières de probabilité de présence de chaque groupe de phytoplancton ont été générées.

À retenir

Parmi les 15 867 observations compilées dans la base de données de mesures *in-situ*, 401 mesures coïncidentes et respectant les critères de qualité ont été retenues.

La comparaison des algorithmes bio-optiques montre que le meilleur algorithme pour déterminer la concentration de la chlorophylle-a dans le nord-ouest de la Méditerranée est l'algorithme OC5. Ce résultat nous a semblé parfaitement justifié, étant donné que cet algorithme avait été conçu pour les eaux françaises dites « Cas 2 » (Gohin, 2014), comme c'est le cas du Golfe du Lion.

Les résultats de la classification non supervisée via la méthode K-means n'ont pas permis d'extraire les spectres purs de Ra associés à un groupe spécifique de phytoplancton. Elle a produit des clusters de Ra avec une faible dominance de groupe. De même, la méthode CART a généré un arbre avec des nœuds terminaux (clusters) très hétérogènes, composés de plusieurs observations et de groupes minoritaires. Le classifieur Random Forest a été retenu pour produire les climatologies journalières de la contribution de chaque groupe à la biomasse chlorophyllienne totale et de la probabilité d'occurrence, car il a donné des résultats plus performants. Cependant, la matrice de confusion montre des ambiguïtés qui peuvent être liées à un manque de données permettant de bien séparer les classes minoritaires dans le jeu de données *in-situ*, comme la classe des haptophytes.

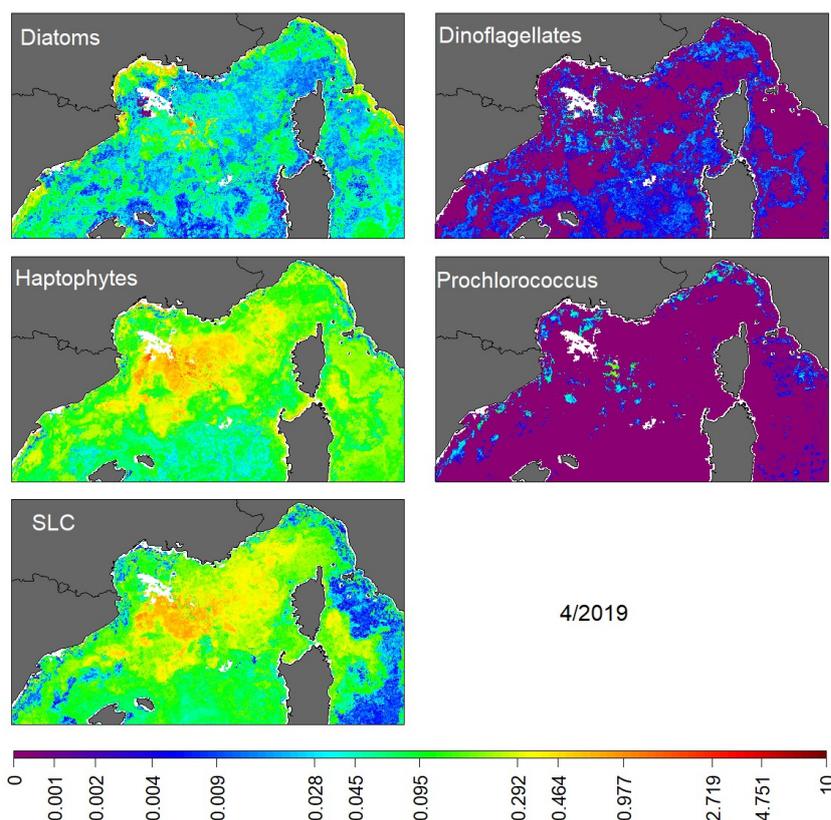


Fig 2.1.1.1. Contributions potentielles de chaque groupe de phytoplancton à la biomasse chlorophyllienne totale pour le mois de mai 2019 (en mg/m^3).

Ces résultats préliminaires de classification des groupes fonctionnels de phytoplancton montrent que les diatomées dominent principalement dans le Golfe du Lion et les côtes espagnoles, notamment à l'embouchure de l'Ebre, où les nutriments sont abondants, suivies

par les haptophytes. Par ailleurs, les *Synechococcus* dominant le reste de la zone d'étude (ex. pour le mois de mai 2019, Fig.2.1.1.1).

Afin de mieux comprendre les variations de la biomasse chlorophyllienne dans le nord-ouest de la Méditerranée et la contribution de chaque groupe de phytoplancton à la production totale, une étude complémentaire sur les mécanismes physico-chimiques affectant les propriétés des masses d'eau pourrait permettre de confirmer ou d'infirmer ces résultats. Par ailleurs, les performances de la classification nécessiteront des améliorations grâce à l'intégration de davantage de données pigmentaires *in-situ*.

En savoir plus

Souilah Ghada. 2020. Télédétection spatiale des groupes fonctionnels phytoplanctoniques dominants au nord-ouest de la Méditerranée par application d'outils de classification automatique. Mastère 2 : Géomatique Appliquée à l'Agriculture et à l'Environnement, Université de Carthage, Tunisie.

T1.2. Base de données et comparaison de l'hydrologie et de la productivité des trois façades

Contributeurs : Clara Menu, Martin Huret, Mathieu Doray

Objectifs

L'objectif de la tâche 1.2 était d'identifier les données disponibles permettant de caractériser l'habitat abiotique (température) et biotique (plancton) des petits poissons pélagiques, et d'en proposer une comparaison à l'échelle de nos trois façades françaises. La comparaison est donc spatiale (inter-façades) mais également temporelle, aux échelles saisonnière et interannuelle, puisque l'idée est également de détecter des tendances au cours des 20 dernières années qui pourraient expliquer les fortes diminutions de taille et condition des petits pélagiques des golfes du Lion et de Gascogne.

Les données de campagne ne peuvent suffire à cet objectif. En effet, elles ne proposent qu'un instantané mensuel des conditions hydrologiques de chaque année, et sont par ailleurs incomparables entre elles car n'ayant pas lieu à la même saison. Pour cette raison, nous nous sommes concentrés sur les données issues de l'océanographie opérationnelle, données satellitaires ou résultats de modèles couplés physique-biogéochimie, seules à même de fournir des données synoptiques dans le temps et l'espace. Le modèle a l'avantage de proposer des données dans les 3 dimensions de l'espace, contrairement au satellite qui n'observe que la surface. Cet avantage est essentiel quand il s'agit de fournir des données de forçages à des modèles 'poisson', ou de niveaux trophiques supérieurs, tel que le modèle bioénergétique développé dans la tâche 2.6. La contrepartie de ces sorties de modèles est qu'elles sont empreintes d'incertitudes pouvant être significatives en fonction des variables.

Les livrables 1.2 et 1.3 ont été regroupés (Menu et al. 2022). Ils présentent i) la description des différents jeux de données disponibles et leur localisation physique sur les disques Ifremer ainsi qu'une liste de routines R capable de les traiter, ii) une analyse des signaux portés par chacun des jeux de données ainsi que la validité des variables issues du modèle couplé en comparaison aux données satellitaires, et iii) la comparaison des moyennes et tendances entre façades.

Méthodes

Produits satellites. Les données de température proviennent des capteurs AVHRR à bord des satellites successifs de la NOAA. Les données de chlorophylle, en tant que proxy de la chlorophylle-a, sont issues de différents capteurs (SeaWiFS, MERIS, MODIS) ayant opéré sur des satellites successifs.

Sorties de modèles. Le choix du modèle est contraint ici par la couverture spatiale (ensemble des façades françaises) et temporelle suffisante, ainsi que par la disponibilité de la variable 'zooplancton'. Le seul produit répondant à ces critères, au moment de notre analyse, correspond aux sorties du modèle couplé physique-biogéochimie POLCOMS-ERSEM (Proudman Oceanographic Laboratory Coastal Ocean Modelling System - European Regional Seas Ecosystem Model, Allen et al., 2001) dont les simulations sur des longues séries sont réalisées au PML (Plymouth Marine Laboratory) sur une large zone couvrant la Méditerranée et l'Atlantique Nord-Est. La simulation 'hindcast' s'arrête cependant en 2016.

De simples comparaisons de moyennes et tendances à l'échelle des façades ont été réalisées entre les séries de données de température et de chlorophylle disponibles pour les 2 types de produits, avec comme référence la donnée satellitaire.

A retenir

- Les sorties en température du modèle POLCOMS-ERSEM sont logiquement satisfaisantes aux différentes échelles analysées (saisonnaire et interannuelle) en comparaison aux données satellitaires. Seule la tendance au réchauffement sur la période 2000-2015 n'est pas significative dans le Golfe de Gascogne dans le modèle alors qu'elle l'est dans les données satellitaires (Table 2.1.2.1).

- La tendance au réchauffement est faible et non significative entre 2000 et 2015 sauf pour le Golfe de Gascogne en se basant sur la donnée satellitaire. Elle devient significative si la série est étendue à 2018, avec un réchauffement entre 0,01 et 0,02°C par an, avec un gradient croissant de la Manche à la Méditerranée (Fig. 2.1.2.1) qui suit le gradient de la température moyenne.

Table 2.1.2.1. Tendances linéaires par an (Slope) et valeurs moyennes des variables environnementales estimées par les données satellites et le modèle POLCOMS-ERSEM entre 2000 et 2015 (* si non significatif) sur nos trois façades maritimes.

	Units	English Channel		Bay of Biscay		Gulf of Lion	
		Slope	Mean value	Slope	Mean value	Slope	Mean value
SATELLITE							
Chl-a	$mg.m^{-3}$	- 0.013	1.17	*	0.69	- 0.01	0.48
Sea Surface Temperature	°C	*	13.1	+ 0.02	15.8	*	17.2
POLCOMS-ERSEM							
NetPP (50m)	$mgC.m^{-2}.j^{-1}$	*	657	*	395	*	323
Chl diatom (3m)	$mg.m^{-3}$	+ 0.007	0.84	*	0.38	*	0.25
Chl microphytoplankton (3m)	$mg.m^{-3}$	- 0.002	0.64	- 0.002	0.25	*	0.07
Chl nanophytoplankton (3m)	$mg.m^{-3}$	*	0.31	*	0.25	*	0.16
Chl picophytoplankton (3m)	$mg.m^{-3}$	*	0.16	*	0.14	*	0.1
Chl phytoplankton tot (3m)	$mg.m^{-3}$	+ 0.005	1.9	*	1.0	*	0.62
Microzooplankton (50m)	$mgC.m^{-3}$	*	12.7	*	7.5	*	6.7
Mesozooplankton (50m)	$mgC.m^{-3}$	+ 0.07	27.3	*	10.6	+ 0.03	1.5
Zooplankton tot (50m)	$mgC.m^{-3}$	+ 0.08	40.0	*	18.1	+ 0.08	8.2
Temperature (3m)	°C	*	13.0	*	16.1	*	16.7
Temperature (30m)	°C	*	12.9	*	15.5	*	16.1
Temperature (150m)	°C	*	12.8	*	13.4	*	15.3

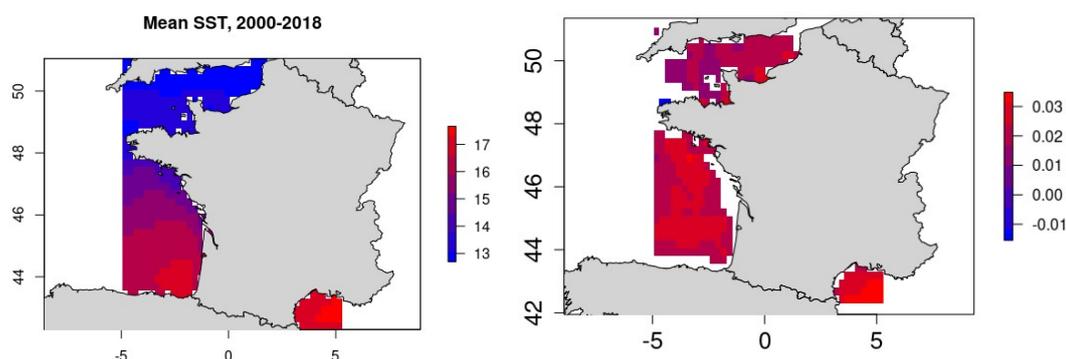


Fig.2.1.2.1. Valeur moyenne (2000-2018) de température de surface (gauche) et coefficient de pente de la tendance linéaire annuelle si significatif, $p\text{-val} \leq 0.05$ (droite)

- Pour la chlorophylle, la variabilité saisonnière est relativement bien simulée par le modèle, mais avec des biais de surestimation importants. La variabilité interannuelle n'est pas reproduite

(Menu et al., 2022). Les tendances sur 15 ans sont également mal reproduites voire inverses par rapport aux valeurs satellitaires quand celles-ci sont significatives (Table 2.1.2.1). Par ailleurs, la saisonnalité de la variable zooplancton a été jugée peu réaliste, notamment en méditerranée pour laquelle le bloom semble bien trop tardif.

- En se basant sur la donnée satellitaire, entre 2000 et 2018, la tendance est à la baisse sur la concentration en chlorophylle, de manière généralisée en Manche et dans le Golfe du Lion, et plus sporadique dans le Golfe de Gascogne (Fig.2.1.2.2) : à la côte dans le sud et sur le talus continental. Les valeurs moyennes annuelles de chlorophylle (et de production primaire estimée par le modèle) sont environ 2 fois supérieures en Manche que dans le Golfe du Lion, avec des valeurs intermédiaires en Gascogne. Elles sont plus de 4 fois supérieures, selon le même gradient, pour la variable zooplancton totale si l'on se base sur le modèle.

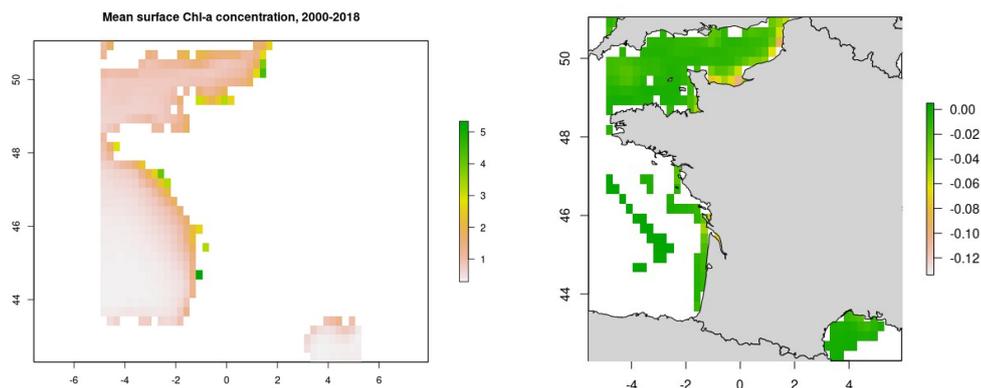


Fig.2.1.2.2. Valeur moyenne (2000-2018) de chlorophylle-a (gauche) et coefficient de pente de la tendance linéaire annuelle si significatif, $p\text{-val} \leq 0.05$ (droite)

- Le modèle POLCOMS-ERSEM ayant une validité non-satisfaisante, notamment dans le Golfe du Lion, et ses sorties n'étant disponible que jusque 2015, nous avons finalement préféré le modèle SEAPODYM dans le cadre du forçage de notre modèle bioénergétique de la tâche 2.6 (Menu et al., 2023). Celui-ci a été développé par CLS (<https://www.cls.fr/>), pour la modélisation du micronecton. Il fournit également des sorties de zooplancton dont nous avons besoin. Ce modèle étant largement forcé par des données de température et de chlorophylle d'origine satellitaire, nous n'avons pas jugé utile d'analyser la validité de ces deux variables issues de Seapodym.

En savoir plus

Menu, C., Huret, M., Doray, M. 2022. Bases de données et comparaison de l'hydrologie et de la productivité des trois façades Manche, Gascogne et Méditerranée. Livrables D1.2 et D1.3 du projet DEFIPEL.

Menu Clara. 2020. Modélisation bioénergétique de la variabilité des traits d'histoire de vie de l'anchois et de la sardine entre le Golfe du Lion, le Golfe de Gascogne et la Manche. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agrocampus Ouest. Spécialité SML Biologie, Parcours SHA (Gestion des Ecosystèmes Côtiers et Continentaux).

Menu C., Pecquerie L., Bacher C., Doray M., Hattab T., Van Der Kooij J., Huret M. (2023). Testing the bottom-up hypothesis for the decline in size of anchovy and sardine across European waters through a bioenergetic modeling approach. *Progress In Oceanography*, 210, 102943 (20p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102943> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00812/92434/>

Codes R de traitement des données satellite disponibles dans GitLab :

https://gitlab.ifremer.fr/defipel1/defipel/-/tree/master/WP1_pelagicHabitats/Satellite?ref_type=heads

Voir également les études réalisées dans le cadre du projet DELMOGES :

Ozanam Baptiste (2023). Indices environnementaux et corrélations avec les niveaux trophiques supérieurs dans le Golfe de Gascogne . Thèse de Master Sciences de la Mer , Université Sorbonne . <https://archimer.ifremer.fr/doc/00847/95907/>

Huguet Antoine, Barillé Laurent, Soudant Dominique, Petitgas Pierre, Gohin Francis, Lefebvre Alain (2024). Identifying the spatial pattern and the drivers of the decline in the eastern English Channel chlorophyll-a surface concentration over the last two decades . *Marine Pollution Bulletin* , 199, 115870 (15p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115870> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00868/98034/>

T1.3. Collecte d'échantillons hydrologiques et planctoniques dans le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI)

Contributeurs : Caroline Cailliau, Martin Huret

Objectifs

Le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) est une zone de production majeure pour la pêche de sardine à la bolinche du Golfe de Gascogne, c'est également un habitat essentiel pour cette espèce, notamment en tant qu'habitat de ponte. Dans le cadre du projet DEFIPEL, un focus a donc été réalisé sur cette zone atelier de la mer d'Iroise, en s'appuyant sur le suivi hydrologique et planctonique saisonnier mis en place depuis 2011 (PNMIR, Fig.2.1.3.1). Ce suivi saisonnier doit permettre de compléter la description spatiale de l'habitat des petits pélagiques obtenue à partir des campagnes halieutiques de l'Ifremer dans le Golfe de Gascogne (PELGAS et EVHOE) et en Manche (CGFS) au printemps et à l'automne. Le projet a financé sa réalisation sur la période 2019-2022, les agents du parc en ont assuré la mise en œuvre. Par ailleurs, des opérations de terrain « PNMIR-sardine » (Fig.2.1.3.1) ont été menées en partenariat avec les bolincheurs et le comité départemental des pêches du Finistère (CDPMEM29), qui consistaient en des pêches de sardine concomitante à des prélèvements planctoniques à proximité immédiate du site de pêche.

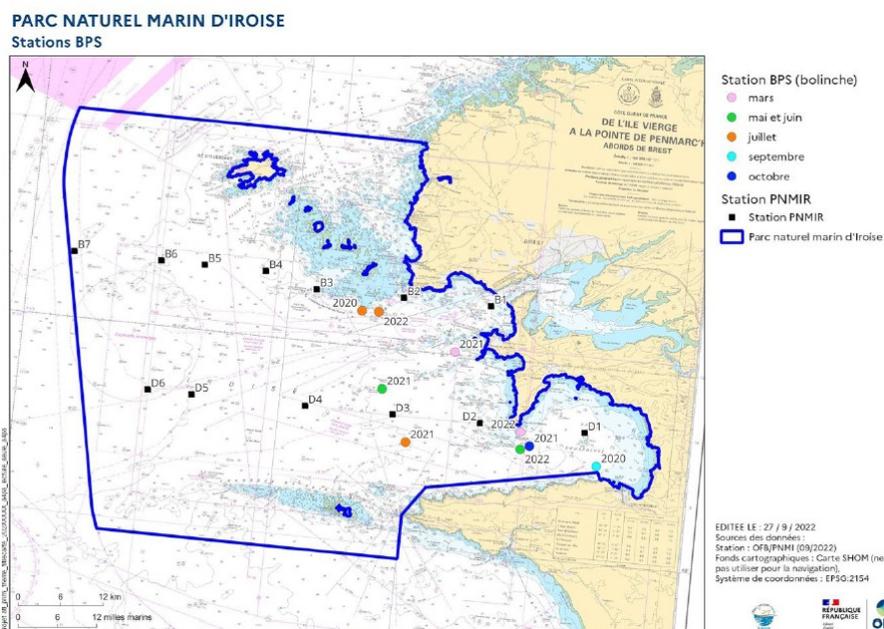


Fig.2.1.3.1. Position des stations du PNMIR le long du transect Nord (Stations D) et Sud (Stations B), et des stations « PNMIR-sardine » (ou BPS Bolinche).

Méthodes

L'objectif était de réaliser l'échantillonnage des transects nord et sud 4 fois dans l'année, à chacune des saisons. Les dates de réalisation sont présentées dans la table 2.1.3.1. Une sonde multi-paramètres CTD NKE est déployée durant les campagnes PNMIR permettant d'avoir les profils verticaux de température, salinité, oxygène et fluorescence à chaque station de prélèvement. Entre 2019 et 2022, des prélèvements d'eau ont été effectués pour des analyses de concentrations pigmentaires par HPLC. Les prélèvements de zooplancton ont été réalisés à l'aide d'un filet WP2 vertical (depuis 5m au-dessus du fond jusqu'en surface). L'identification, le calcul de la taille et la mesure de l'abondance des organismes du zooplancton sont réalisés depuis 2010 par la technique de zooscan couplée au logiciel ecotaxa (travail effectué au Laboratoire d'Océanologie de Villefranche-sur-mer). Les variations saisonnières et

interannuelles de la structure de taille des copépodes sont représentées par l'étude des variations saisonnières du rapport P/G, P représentant la fraction de l'abondance des copépodes de taille inférieure à 1 mm sur G, la fraction de l'abondance des copépodes de taille supérieure à 1 mm. Nous avons également identifié les œufs de sardine à partir des vignettes ecotaxa.

Table 2.1.3.1. Dates de réalisation des transects PNMIR et des pêches « PNMIR-Sardine » (en bleu)

TrB	B1				B2				B3				B4				B5				B6				B7			
	FinHiver	Printemps	Été	Automne																								
2019	10/04	22/05	11/07	24/10	10/04	22/05	11/07	24/10	09/04	22/05	11/07	24/10	09/04	22/05	11/07	23/10	09/04	22/05	11/07	23/10	09/04	22/05	11/07	23/10	09/04	22/05	11/07	23/10
2020		18/05	07/07	21/09		18/05	07/07	21/09		18/05	07/07	21/09		19/05	08/07	21/09		19/05	08/07	21/09		19/05	08/07	21/09		19/05	08/07	21/09
2021	24/03	01/06	02/07	11/10	23/03	01/06	02/07	11/10	22/03	31/05	01/07	12/10	22/03	31/05	01/07	12/10	22/03	31/05	01/07	12/10	22/03	31/05	01/07	12/10	22/03	31/05	01/07	12/10
2022	25/03	05/05	05/07	03/10	25/03	05/05	05/07	03/10	24/03	04/05	04/07	03/10	24/03	04/05	04/07	03/10	24/03	04/05	04/07	03/10	24/03	04/05	05/07	03/10	24/03	04/05	05/07	03/10

TrD	D1				D2				D3				D4				D5				D6				Station Pêche			
	FinHiver	Printemps	Été	Automne	FinHiver	Printemps	Été	Automne																				
2019	01/04	23/05	11/07	22/10	01/04	23/05	11/07	22/10	01/04	23/05	11/07	22/10	01/04	23/05	11/07	22/10	01/04	23/05	11/07	22/10	01/04	23/05	11/07	22/10				
2020		20/05	07/07	23/09		20/05	07/07	22/09		20/05	07/07	22/09		20/05	07/07	22/09		20/05	07/07	22/09		20/05	07/07	22/09			09/07	23/09
2021	22/03	30/05	02/07	12/10	22/03	30/05	02/07	12/10	22/03	30/05	02/07	12/10	22/03	30/05	02/07	12/10	22/03	30/05	02/07	12/10	22/03	30/05	02/07	12/10	23/03	01/06	01/07	13/10
2022	23/03	04/05	04/07	04/10	23/03	04/05	04/07	04/10	24/03	04/05	04/07	04/10	24/03	05/05	05/07	04/10	24/03	05/05	05/07	03/10	24/03	05/05	05/07	03/10	27/03	03/05	06/07	12/10

Dix opérations « PNMIR-sardine » ont été menées à l'aide des bolincheurs (Table 2.1.3.1). Les mesures et prélèvements hydrologiques y ont été réalisés comme aux stations PNMIR. Des échantillons de sardine ont été conservés parmi différentes classes de taille pour analyse calorimétrique au sein du laboratoire HALGO/LBH de l'Ifremer, et des estomacs ont été prélevés et conservés à la formaline pour analyse de leur contenu par le LAPHY.

2.1.1. A retenir

Cette tâche étant essentiellement opérationnelle avec la collecte d'échantillons sur la période du projet DEFIPEL, nous renvoyons le lecteur vers le rapport d'analyse de l'ensemble des conditions hydrologiques et planctoniques des années DEFIPEL (Cailliau, 2024), ou de celui présentant l'ensemble de la série PNMIR (Cailliau, 2022). Certaines données ont également été valorisées dans le cadre des tâches 1.5 (contenus stomacaux, calorimétrie) et 2.5 (distribution des œufs de sardine).

Nous nous limitons ici à proposer quelques résultats sur la communauté du mésozooplancton du PNMI, à mettre en lien avec les résultats obtenus dans la tâche 1.4 sur la variabilité de cette communauté à l'échelle du Golfe de Gascogne. Au sein du PNMI, les abondances (et biomasses) de mésozooplancton les plus importantes sont présentes au printemps (Mai), les plus faibles à l'automne et en hiver (Fig.2.1.3.2). Le rapport P/G augmente au cours de l'année, entre la fin de l'hiver (mars-avril) et l'automne (Fig.2.1.3.2). Ces résultats sur la saisonnalité sont cohérents avec ceux obtenus entre les campagnes PELGAS (printemps) et EVHOE (automne) à l'échelle du Golfe de Gascogne. L'évolution interannuelle avec une augmentation du rapport P/G entre 2010 et 2021 est également cohérente avec la diminution de la taille moyenne des copépodes observée dans le Golfe de Gascogne et l'augmentation de l'abondance des petits copépodes (voir tâche 1.4).

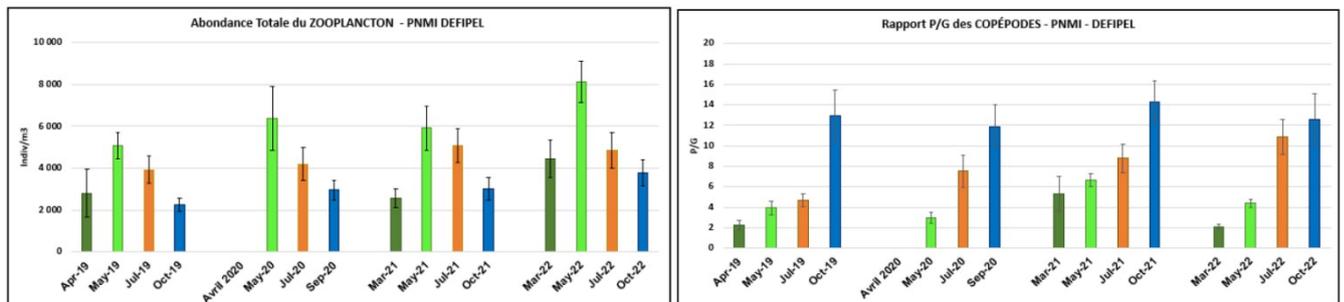


Fig.2.1.3.2. Evolution saisonnière et interannuelle de l'abondance du mésozooplancton (à g.) et du rapport des petits sur les gros copépodes (P/G, à dr.). Moyenne de l'ensemble des stations.

2.1.2. En savoir plus

Cailliau, C. (2022). Variabilité spatiale et temporelle de l'abondance et de la composition du plancton dans le Parc naturel marin d'Iroise entre 2010 et 2021. Lien avec la dynamique de la sardine et le Front thermique d'Ouessant.

Cailliau, C. (2024). Projet DEFIPEL : Variabilité spatiale et temporelle de l'abondance et de la composition du plancton et dynamique de la sardine dans le Parc naturel marin d'Iroise entre 2019 et 2022. <https://parc-marin-iroise.fr/documentation/defipel-en-iroise-rapport-pnmi>

T1.4. Constitution et analyse des séries temporelles de zooplancton et caractérisation de leur variabilité saisonnière et inter-annuelle dans le Golfe de Gascogne et le PNMI

Contributeurs : Jean-Baptiste Romagnan, Nina Grandrémy

Objectifs

L'objectif de cette tâche était d'améliorer la connaissance des dynamiques interannuelle et saisonnières du zooplancton dans le Golfe de Gascogne. Le zooplancton constitue le groupe de proies préférentiel des petits poissons pélagiques, et ses dynamiques spatio-temporelles et faunistiques sont connues pour influencer les distributions spatiales des petits pélagiques, ainsi que leurs traits d'histoire de vie (croissance, fertilité, condition corporelle) et leur recrutement. Le zooplancton est un compartiment écologique sensible au réchauffement climatique s'accroissant ces dernières années. La connaissance du zooplancton dans le Golfe était jusqu'à présent parcellaire, le sud étant beaucoup plus étudié que le Nord, et temporellement plutôt courte (10 ans de données annuelles dans le sud pour la plus longue série résolue spatialement), et non résolue à l'échelle saisonnière. Ces limites rendent incomplète notre compréhension des dynamiques zooplanctoniques dans le Golfe, de leurs réponses aux changements environnementaux, et de leurs possibles effets sur les petits poissons pélagiques. Trois objectifs ont été développés pour cette tâche : (i) étendre la couverture spatio-temporelle des données de zooplancton dans le Golfe, pour y inclure le nord, et rallonger les séries interannuelles à plus d'une dizaine d'années ; (ii) décrire les dynamiques interannuelles du zooplancton, et évaluer les éléments de l'habitat forçant les dynamiques observées ; et (iii) proposer une première exploration des dynamiques saisonnières du zooplancton à l'échelle du plateau continental du Golfe de Gascogne.

Méthodes

Echantillonnage.

Le travail réalisé pour décrire les dynamiques interannuelles du zooplancton dans le Golfe de Gascogne est basé sur des échantillons collectés au filet WP2 200 μm , entre 0 et 100 m de profondeur, de nuit, au printemps, lors des campagnes PELGAS, de 2004 à 2019, soit seize années. Les données générées pour explorer la saisonnalité du zooplancton sont basées sur les échantillons des campagnes PELGAS au printemps, et EVHOE, à l'automne, de 2016 à 2022. Des profils et des échantillons hydrologiques ont systématiquement été réalisés conjointement à l'échantillonnage du zooplancton pour renseigner les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.

Analyse par imagerie et intercalibration des instruments.

Tous les échantillons de zooplancton utilisés ont été analysés à l'aide d'outils et méthodes d'imagerie. Les échantillons de PELGAS de 2004 à 2016 ont été analysés au ZooScan, à terre. Les échantillons de PELGAS et EVHOE de 2016 à 2022 ont été analysés en mer à l'aide du ZooCAM. Les échantillons de PELGAS 2016 ont été analysés avec les deux instruments successivement pour intercaler les deux sources de données (ZooScan et ZooCAM) et s'assurer de la continuité des données sans biais instrumental le long de la série temporelle. Chaque échantillon imagé a permis de générer des images individuelles des organismes zooplanctoniques. Ces images ont été identifiées faunistiquement à l'aide d'outils d'IA. Chacune des identifications a été vérifiée, validée ou corrigée manuellement par des experts. Les outils d'imagerie ont permis de mesurer automatiquement tous les objets imagés, pour associer composition faunistique et structure en taille dans les analyses. A partir des données brutes nous avons calculé des abondances, biovolumes, biomasses et tailles moyennes par station et par taxon, normalisés par volume d'eau échantillonné.

Analyses cartographiques et factorielles

Les données ont été lissées spatialement avec une méthode de block averaging pour générer des cartes à cellules, dites gridmaps. Ces cartes ont ensuite été utilisées dans des analyses multivariées. La première analyse, une MFA (Multi Factor Analysis) est réalisée sur les cartes des biomasses de 24 taxons agrégés. Elle permet de déterminer la structure spatiale des assemblages zooplanctoniques dans le Golfe, et la dynamique interannuelle de cette structure, au printemps. La deuxième analyse, par EOFs (Empirical Orthogonal Functions), est réalisée à partir des abondances et des tailles moyennes de 8 groupes fonctionnels de zooplancton agrégés. Elle nous permet de déterminer des patrons spatiaux moyens de ces variables pour les groupes fonctionnels, et leurs trajectoires dans le temps, autour de la moyenne. Enfin, une ACP simple suivie d'une classification ascendante hiérarchique sur les données d'abondance saisonnières est réalisée pour évaluer les différences des assemblages faunistiques, et les différences de leurs structures spatiales entre le printemps et l'automne.

A retenir

- Structure spatiale des assemblages et dynamique interannuelle

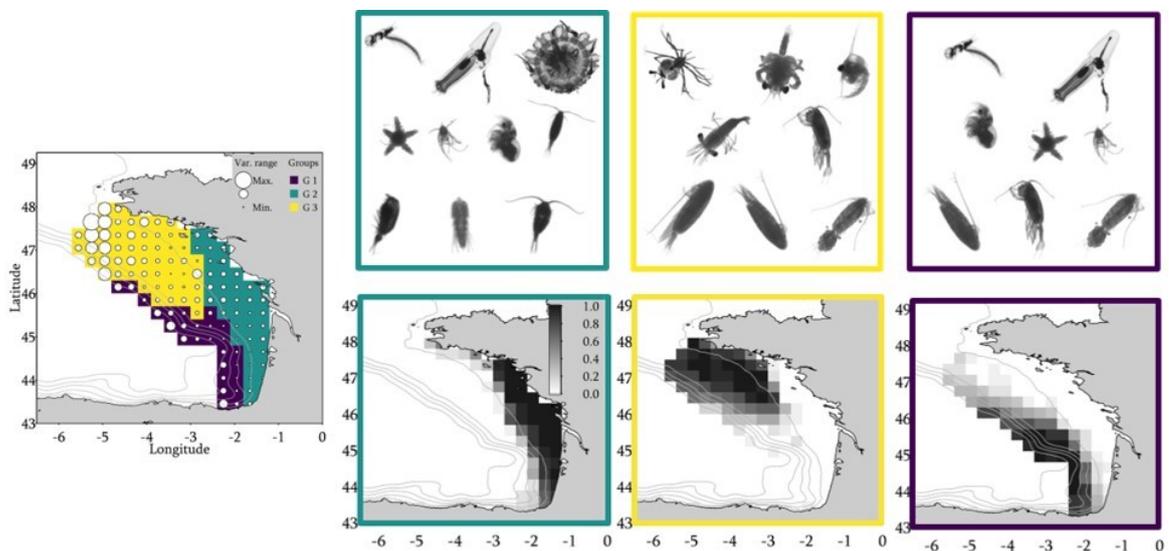


Fig. 2.1.4.1. Structure spatiale des assemblages de zooplancton dans la Golfe de Gascogne. Trois cluster spatiaux (jaune, vert et bleu ; carte, gauche) sont définis par 3 assemblages distincts (3 panneaux, haut), qui sont remarquablement stables dans le temps et l'espace (3 cartes, bas).

Les assemblages du zooplancton sont remarquablement stables, sans changement significatif détecté dans la composition faunistique ni dans la structure spatiale au cours de la période étudiée (Fig.2.1.4.1). Les petits copépodes, les organismes gélatineux et méroplanctoniques caractérisent les zones côtières (cluster vert). Les larves des Euchaetidae et des crustacés méroplanctoniques présentent une biomasse plus élevée dans la partie nord (cluster jaune), tandis que les Metridinidae, Cladocera, Appendicularia et Echinodermata ont une biomasse plus élevée dans la partie sud (cluster bleu). Les températures de l'eau de surface et de fond, la salinité, la stratification de la colonne d'eau et les biomasses des petits poissons pélagiques sont les variables qui expliquent le mieux les modèles spatio-temporels des communautés de zooplancton.

- Patrons spatiaux moyens de l'abondance et la taille moyenne, et leurs trajectoires dans le temps

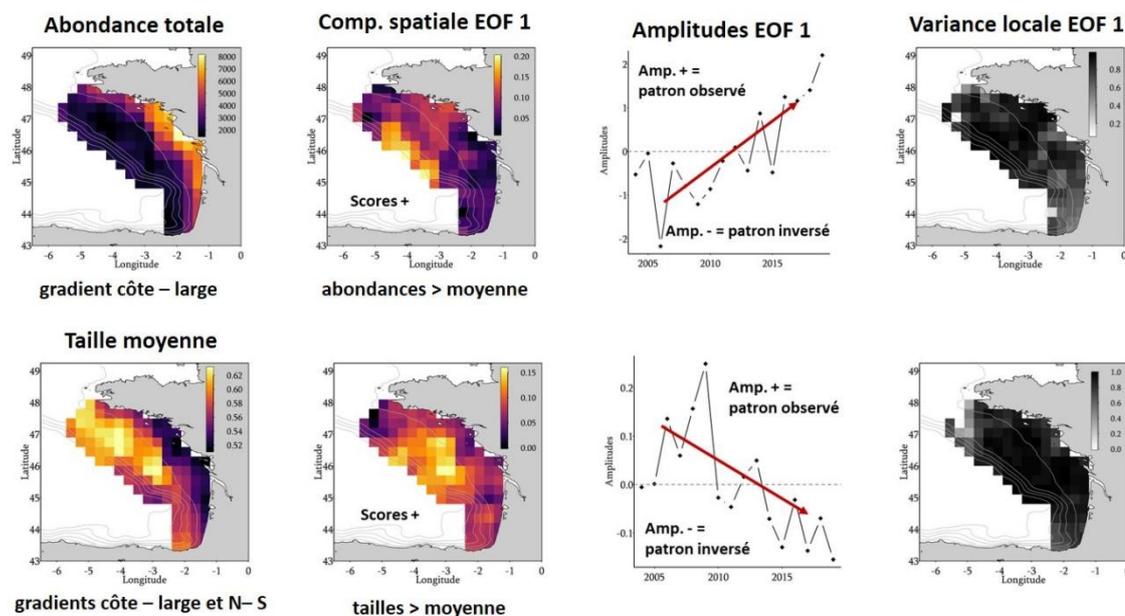


Fig. 2.1.4.2. Cartes moyennes de l'abondance et de la taille moyenne 2004-2019 (gauche). EOF des abondances moyennes et des tailles moyennes, et amplitude des EOFs (milieu). Cartes de la significativité des patrons observés (droite).

Aucune tendance ni changement dans la structure spatiale et la composition de la communauté n'est détectable entre 2004 et 2019, lorsque celle-ci est étudiée selon la biomasse des taxons. Par contre, une augmentation de 84,7% de l'abondance totale et une diminution de 8,2% de la taille moyenne des organismes est visible à l'échelle du Golfe de Gascogne (Fig.2.1.4.2). L'augmentation de l'abondance et la diminution de la taille sont principalement portées par les petits copépodes, groupe dominant du zooplancton, et ce sur l'ensemble du golfe. En résumé, les petites espèces du zooplancton deviennent plus petites et plus nombreuses, et les plus grandes espèces deviennent plus petites. La hausse de l'abondance compense la diminution de la taille, maintenant ainsi la biomasse relativement stable. Ces tendances sont suivies par toutes les formes du zooplancton (gélatineux carnivores et filtreurs, prédateurs, holoplancton et méroplancton). La hausse généralisée du nombre de petits individus, observée entre 2004 et 2019 dans le Golfe de Gascogne illustre bien la restructuration des communautés planctoniques vers la dominance des petits organismes anticipée dans le contexte du réchauffement global. Ces tendances semblent résulter de la combinaison entre forçages locaux et forçages à grande échelle. L'augmentation de la température hivernale et de la profondeur de la couche de mélange au printemps sont des processus influençant significativement le zooplancton au printemps. L'augmentation de la profondeur de la couche de mélange au printemps peut traduire une stratification plus rapide et plus précoce due à une accumulation accrue de chaleur en surface et dans la colonne d'eau pendant l'hiver.

En savoir plus

Grandrémy, N., 2023. Dynamiques spatio-temporelles du zooplancton, en lien avec l'habitat et les petits poissons pélagiques, dans le Golfe de Gascogne. Doctorat. Nantes Université.
 Grandrémy, N., et al., 2024. Metazoan zooplankton in the Bay of Biscay: a 16-year record of individual sizes and abundances obtained using the ZooScan and ZooCAM imaging systems. *ESSD* 16, 1265–1282. <https://doi.org/10.5194/essd-16-1265-2024>

- Grandrémy, N., et al., 2023a. PELGAS Bay of Biscay ZooScan zooplankton Dataset (2004-2016). <https://doi.org/10.17882/94052>
- Grandrémy, N., et al., 2023b. PELGAS Bay of Biscay ZooCAM zooplankton Dataset (2016-2019). <https://doi.org/10.17882/94040>
- Grandrémy, N., et al., 2023c. The ZooScan and the ZooCAM zooplankton imaging systems are intercomparable: A benchmark on the Bay of Biscay zooplankton. *Limnol. & Oceanogr.: Methods* 21, 718–733. <https://doi.org/10.1002/lom3.10577>
- Grandrémy, N., et al., 2023d. Hydrology and small pelagic fish drive the spatio-temporal dynamics of springtime zooplankton assemblages over the Bay of Biscay continental shelf. *Progr. Oceanogr.* 210, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102949>
- Morvan, M. 2024. Saisonnalité des communautés zooplanctoniques dans le Golfe de Gascogne et en Mer d'Iroise. Une approche comparative basée sur des campagnes et des instruments d'imagerie, de 2016 à 2022. Rapport de Stage de Master 2, Sorbonne Université.

T1.5. Analyse et comparaison du transfert énergétique zooplancton – poisson dans le Golfe de Gascogne

Contributeur : Pierre Petitgas

Objectifs

Les changements observés dans la structure en taille du zooplancton pose la question de l'évolution du régime alimentaire des petits pélagiques. Dans le Golfe du Lion, Brosset et al. (2016a) ont montré que le régime portait sur des gros copépodes et cladocères lors de périodes à forte croissance pour la sardine et l'anchois, et sur des petits copépodes plus récemment quand la croissance a été plus faible. La compétition trophique avec le sprat est devenue aussi plus importante dans cette région. Qu'en est-il dans le Golfe de Gascogne ?

Méthodes

Les protocoles d'échantillonnage en mer et de dépouillement au laboratoire, ont permis un suivi des contenus stomacaux depuis 2004 de façon standardisée, sur l'ensemble du Golfe de Gascogne pour les cinq espèces principales de poissons petits pélagiques (anchois, sardine, sprat, maquereau, chinchard). L'échantillonnage a eu lieu sur la série des campagnes PELGAS (2004, puis à partir de 2009), en mai et aussi sur la série des campagnes EVHOE (2020-2021) en octobre. Lors des campagnes PELGAS, des coups de chaluts pélagiques opportunistes sont réalisés sur des échotrases de bancs, pour identifier les espèces constituant ces bancs et pour mesurer leurs paramètres biologiques utiles à l'évaluation (taille, poids, âge, maturité) ainsi que d'autres traits biologiques dont les contenus stomacaux.

Pour l'échantillonnage des contenus stomacaux, le Golfe de Gascogne est divisé en 10 strates. Dans trois coups de chalut par strate si possible, vingt estomacs sont prélevés par espèce, sur des individus tirés au hasard. Tous les coups de chalut sont réalisés de jour. Après dissection, les 20 estomacs d'une espèce sont mis ensemble en bocal et fixés au formol (avant 2018) et à l'alcool (depuis 2018) pour leur analyse taxinomique au laboratoire (Petitgas et al., 2024). Chaque bocal contient 20 estomacs d'une espèce pour un coup de chalut.

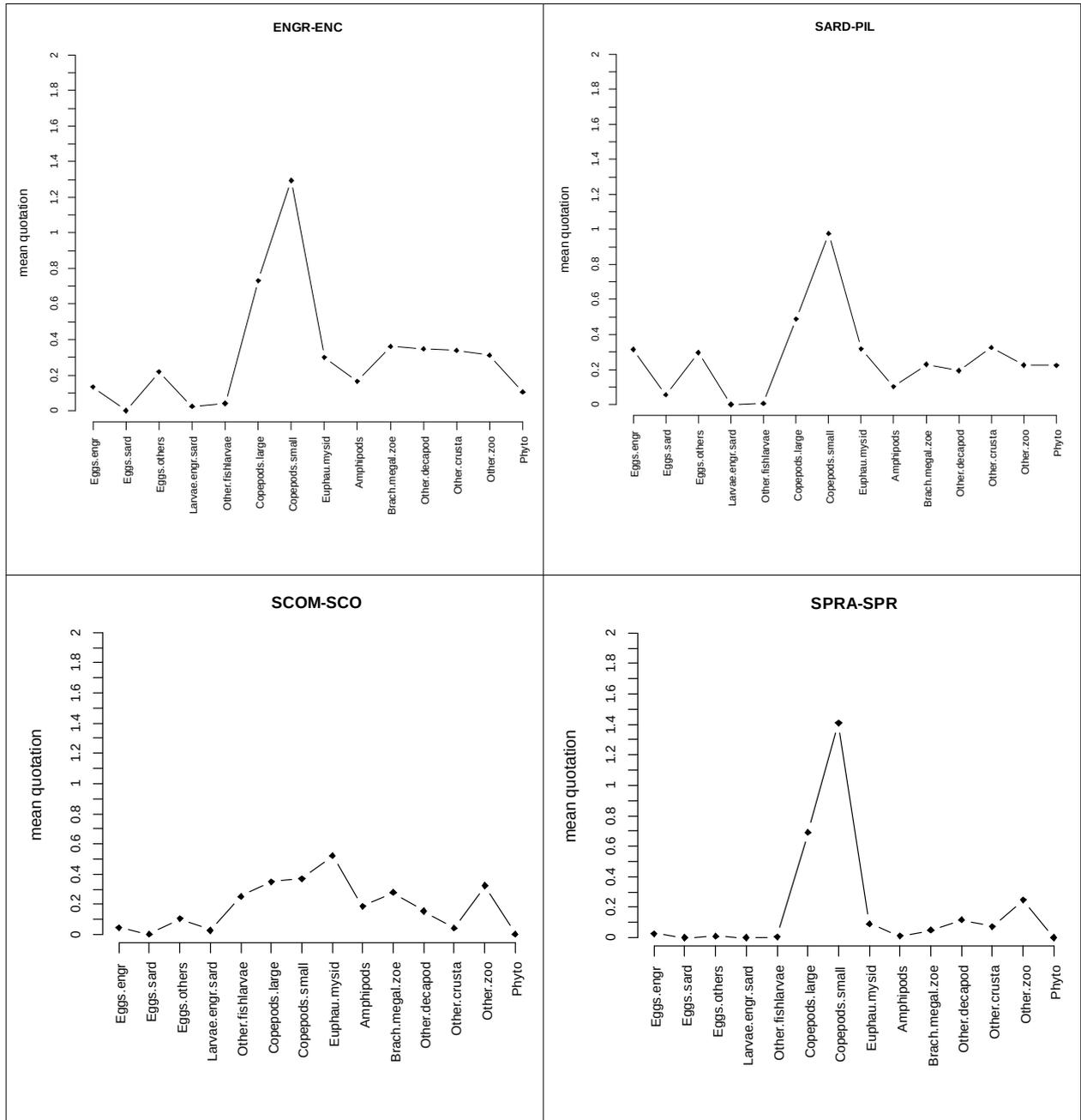
L'analyse taxinomique a été réalisée par l'entreprise LAPHY avec un protocole dédié. L'abondance des proies est décrite par une classe (quote) d'abondance : 0 (absent), 1 (présent <10), 2 (abondant >10 et <100), 3 (très abondant >100).

La résolution taxinomique est la suivante : Œufs d'anchois, Œufs de sardine, Autres œufs de poissons, Larves d'anchois ou sardine, Copépodes grands (>1mm), Copépodes petits (<=1 mm), Euphausiacées ou mysidacées, Amphipodes, Larves de Brachioures, Autres décapodes, Autres crustacés, Autres zooplancton, Phytoplancton, Bouillie indéterminée.

A retenir

- Au printemps, nous n'observons pas de tendance au cours de la série dans le remplissage des estomacs ni dans l'abondance de la bouillie indéterminée. Pas de différence non plus entre l'automne et le printemps sur le remplissage des estomacs ni sur la bouillie indéterminée.
- Les copépodes petits et gros représentent l'essentiel des contenus stomacaux du sprat, de l'anchois et de la sardine. La sardine et l'anchois ingèrent des larves de Brachioures, d'Autres crustacés et d'Autres zooplancton. La sardine ingère davantage d'œufs de poissons et de phytoplancton en proportion que l'anchois. L'anchois contient une concentration plus importante de copépodes dans ses contenus stomacaux que la

sardine. Les contenus stomacaux du maquereau et du chinchard diffèrent des trois espèces précédentes. Le maquereau semble plus omnivore que tous les autres et en particulier, il ingère des larves de poissons. Le chinchard montre des concentrations importantes de grands copépodes et de mysidacés/euphausiacés. Malgré ces différences, les chevauchements sont importants entre les régimes alimentaires de ces cinq espèces (Fig.2.1.5.1).



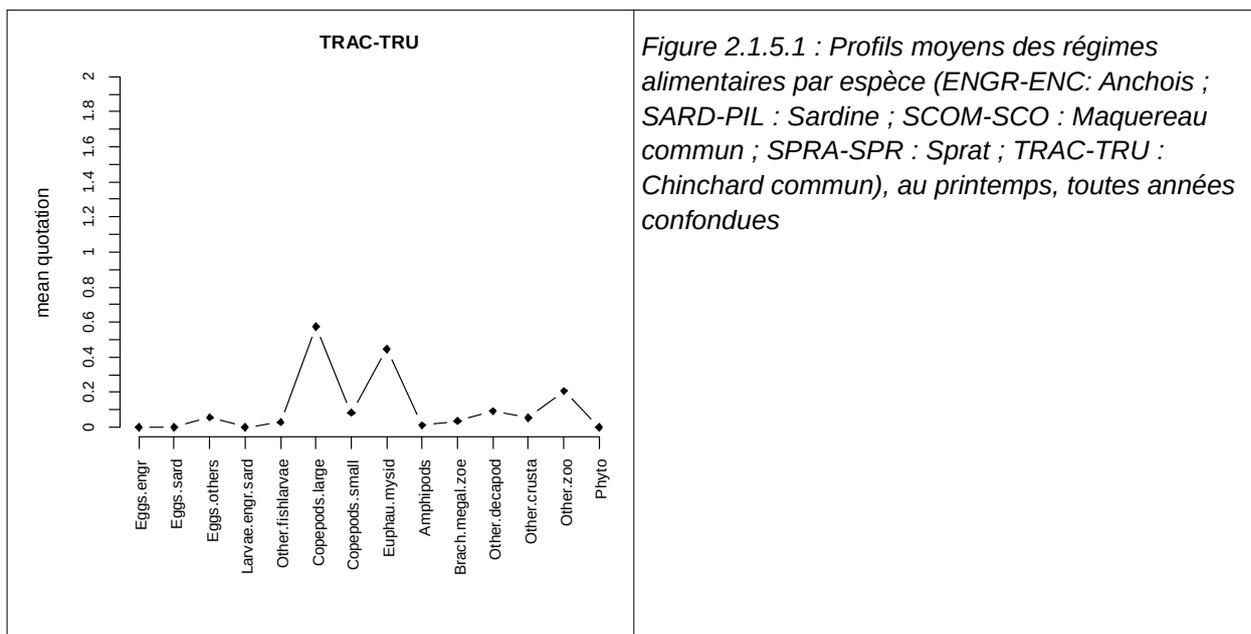


Figure 2.1.5.1 : Profils moyens des régimes alimentaires par espèce (ENGR-ENC: Anchois ; SARD-PIL : Sardine ; SCOM-SCO : Maquereau commun ; SPRA-SPR : Sprat ; TRAC-TRU : Chinchard commun), au printemps, toutes années confondues

- Au printemps, les variations inter-annuelles au sein de chaque espèce ne montrent pas de changement de type tendanciel. La résolution taxonomique adoptée dans ces suivis de contenus stomacaux, en particulier petits vs. gros copépodes, n'est pas suffisamment fine pour permettre d'identifier des changements, ou alors les poissons ont compensé en étant davantage sélectifs dans les proies prédatées ou dans les habitats exploités.
- La position verticale des coups de chalut n'explique pas la classification des estomacs, toutes espèces et années confondues.
- Il semble bien y avoir une différence de régime alimentaire entre les sardines supérieures et inférieures à 18 cm. Les grosses sardines ($L > 18\text{cm}$) ont un régime avec davantage de phytoplancton, de gros copépodes et de mysidacés/euphausiacés que les sardines plus petites, qui par contre ingèrent plus d'œufs d'anchois et dont le régime est plus centré sur les petits copépodes. Chez l'anchois, on n'observe pas nettement de variation du régime alimentaire en fonction de la taille pour les gammes de tailles considérées.
- Les régimes alimentaires de l'anchois et de la sardine sont moins variés en automne qu'au printemps. Le régime de la sardine en automne est très centré sur les petits copépodes et du phytoplancton, alors qu'au printemps il contient moins de phytoplancton et plus d'œufs de poissons et la catégorie Autres zooplancton. Le régime de l'anchois en automne est aussi très centré sur les petits copépodes mais aussi sur les gros alors qu'au printemps, la part de la catégorie Autres zooplancton est plus élevée. En automne, la quote d'abondance des petits copépodes dans le régime de l'anchois est faible et il n'y a pas d'autres composantes du zooplancton pour compenser.

En savoir plus

Petitgas Pierre, D'Elbée Jean, Pennors Laurence, Bourriau Paul, Marchand Laetitia (2024). **Stomach contents of small pelagic fishes in the Bay of Biscay** . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/77966>

Petitgas Pierre (2024). Régime alimentaire des petits poissons pélagiques dans le Golfe de Gascogne, 2004-2022. Ref. Livrable D1.5, projet DEFIPEL. DEFIPEL. <https://doi.org/10.13155/102246>

T1.6. Développement d'indicateurs de la qualité de l'habitat pélagique et de son évolution

Un total de 93 indicateurs de la qualité de l'habitat pélagique ont été initialement identifiés. Ces indicateurs concernaient le Golfe de Gascogne, où les données étaient les plus abondantes et provenaient essentiellement des données de la campagne PELGAS (70 indicateurs), des données d'observation satellitales (8 indicateurs), ainsi que de bases de données météorologiques et climatiques (15 indicateurs). Ils décrivaient les dynamiques interannuelles l'habitat hydrologique et physico-chimique, les dynamiques de la structure des communautés zooplanctoniques, et les variations des patrons spatiaux identifiés pour cette communauté entre 2004 et 2019, et les dynamiques de forçages météorologiques et climatiques, dans le Golfe de Gascogne.

Lors d'une première étape de sélection basée sur la redondance et la pertinence des indicateurs, 49 indicateurs ont été éliminés. Les 44 indicateurs restants ont été soumis à la procédure d'analyse par MAFA (cf. tâche 5.1) définie dans le cadre du projet pour sélectionner les séries temporelles d'indicateurs présentant les tendances les plus marquées. Un total de 14 indicateurs ont été retenus par l'analyse MAFA (tâche 5.1, [tableau de bord DEFPEL](#) et figure 2.1.6.1).

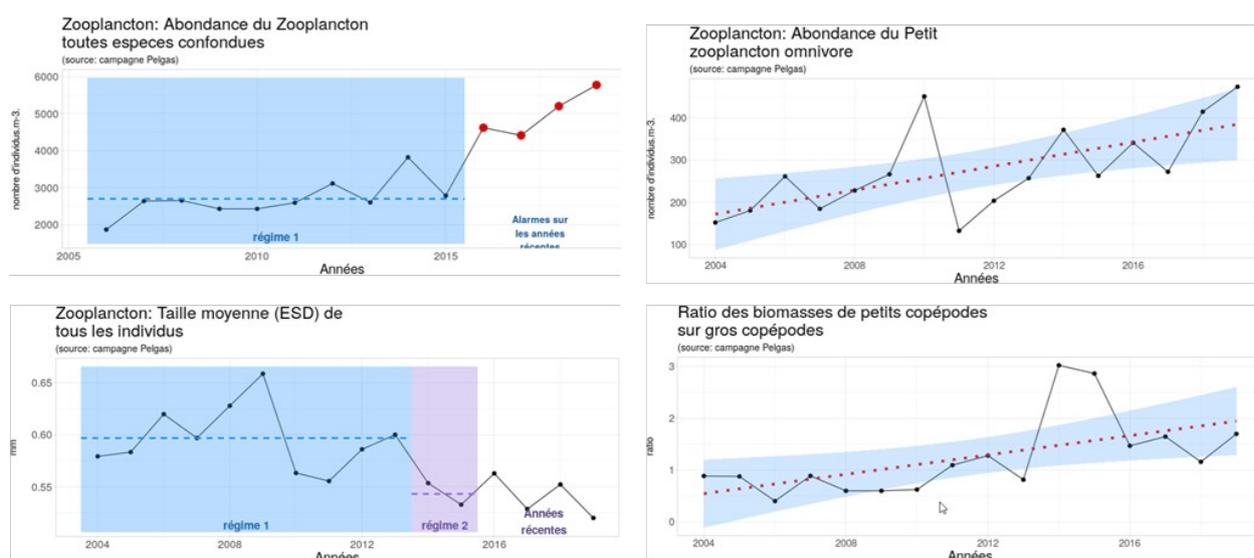


Figure 2.1.6.1: Séries temporelles des indicateurs de l'état de la qualité de l'habitat pélagiques du Golfe de Gascogne présentant les tendances les plus marquées.

6 indicateurs (sur 44) ont levé des alarmes (changement de régime potentiel en cours) sur les années récentes (2016-2020) :

- Biomasse de Mesozooplancton de taille 1000-2000µm (hausse)
- Zooplancton: Abondance du Zooplancton toutes especes confondues (hausse)
- Zooplancton: Taille moyenne (ESD) des Prédateurs carnivores (baisse)
- Zooplancton: Taille moyenne (ESD) des Gélatineux filtreurs (baisse)
- Zooplancton: Taille moyenne (ESD) du Grand zooplancton omnivore (baisse)

- Flux de phosphore relâché par la France dans le Golfe de Gascogne (baisse)

3 indicateurs (sur 44) présentent des tendances (hausse ou baisse constantes) sur les deux dernières décennies :

- Biomasse de Mesozooplankton de taille 200-500µm (hausse).
- Zooplankton: Abondance du Petit zooplankton omnivore (hausse).
- Ratio des biomasses de petits copépodes sur gros copépodes (hausse).

5 indicateurs (sur 44) ont connu des changements de régime sur les deux dernières décennies sans alarmes sur les années récentes :

- Salinité de fond Pelgas (baisse)
- Hauteur d'eau douce équivalente Pelgas (hausse)
- Zooplankton: Taille moyenne (ESD) des Grands copépodes (baisse)
- Zooplankton: Taille moyenne (ESD) de tous les individus (baisse)
- Flux d'azote relâché par la France dans le Golfe de Gascogne (hausse)

9 indicateurs sélectionnés indiquent que l'une des tendances lourdes dans la dynamique de l'habitat pélagique du Golfe de Gascogne a concerné la modification de la ressource zooplanktonique. La taille des organismes zooplanktoniques a en effet fortement diminué de manière constante pour les petits organismes et plus brutale sur la fin de série pour les plus grands. C'est un phénomène généralisé biologiquement, qui s'accompagne d'une augmentation de l'abondance des petits copépodes. Cette tendance était encore en cours en 2019.

2 autres indicateurs sélectionnés (indicateurs de Salinité de fond Pelgas et Hauteur d'eau douce équivalente Pelgas) témoignent de l'augmentation de la stratification de la colonne d'eau sur la période, au moment de la campagne Pelgas (printemps). Les 2 derniers indicateurs sont le reflet de la mise en place de normes contraignantes sur l'usage et les rejets des phosphates dans l'industrie et pour les ménages (Flux de phosphore relâchés par la France dans le Golfe de Gascogne). Les dynamiques des Flux d'azote ne sont pas explicables simplement, mais dépendent probablement des dynamiques des usages agricoles et des débits des fleuves.

En savoir plus

Tableau de bord DEFIPEL : <https://defipel-tdb.ifremer.fr/>

T2.1. Bases de données sur l'anchois et la sardine. Revue bibliographique sur les autres espèces.

Contributeurs : Martin Huret, Mathieu Doray

Objectifs

L'objectif était la mise à disposition de jeux de données sur l'abondance, la biomasse et autres traits biologiques de nos populations d'intérêt, à destination des autres tâches de ce workpackage 'Ressource' du projet, et plus largement pour l'ensemble de la communauté scientifique. Les données de campagnes scientifiques de l'Ifremer, PELGAS pour le Golfe de Gascogne, concernent l'ensemble des espèces de petits pélagiques, avec notamment des estimations d'abondance, de biomasse et des biométries (taille, poids). Cependant, la collecte de données est plus complète sur l'anchois et la sardine, espèces à fort intérêt économique, évaluées dans le cadre du groupe [WGHANSA](#) du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) en ce qui concerne les populations du Golfe de Gascogne, et dans le groupe WGSASP de la CGPM (Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée) pour le Golfe du Lion. Nous avons ciblé nos efforts dans le projet sur ces 2 espèces. Pour les autres espèces d'intérêt commercial, le maquereau et le chinchard, la campagne PELGAS ne couvre pas l'ensemble de l'aire de distribution des populations présentes dans le Golfe de Gascogne, et les études scientifiques ont été bien moins nombreuses. L'écologie de ces autres espèces est donc moins bien connue. Cette tâche a donc été l'occasion de passer en revue ces connaissances à l'échelle de l'ensemble de leur aire de distribution, qui concerne par ailleurs les flottilles de pêche française.

Méthodes

La méthodologie et les travaux réalisés durant nos campagnes d'évaluation des petits pélagiques, similaires sur PELGAS et PELMED, est décrite dans Doray et al. (2018, 2021). Des prospections acoustiques sont réalisées pour évaluer l'abondance des petits poissons pélagiques, complétées par des chalutages d'identification fournissant la composition en espèces et taille des échos de bancs de poissons. A partir de ces pêches, des mesures morphométriques sont réalisées pour toutes les espèces de petits pélagiques. Des mesures complémentaires sont réalisées sur l'anchois et la sardine, avec détermination de l'âge à partir des otolithes, du sexe et du stade de maturité des poissons. Ces informations nous permettent de déterminer la structure en âge ou en taille des populations, ainsi que les patrons de distribution associés. Le package R [EchoR](#)¹ est mis à disposition pour la production de ces indicateurs ainsi que leur exploitation. La collecte d'information sur les œufs de l'anchois et de la sardine du Golfe de Gascogne, nous permet par ailleurs d'évaluer la production d'œufs journalière, et indirectement la fécondité en croisant avec les estimations de biomasse de géniteurs.

La diminution de la condition corporelle de l'anchois et de la sardine des golfes du Lion et de Gascogne nous ont incité à suivre des indicateurs tels que la densité énergétique et la composition proximale (taux d'humidité, de lipides et de protéines), à partir de prélèvements réalisés entre 2014 et 2017 sur nos différentes campagnes halieutiques IFREMER de la façade Atlantique. Ces informations ont pu être complétées par des estimations du taux de matière

¹<https://gitlab.ifremer.fr/md0276b/echor/>

grasse obtenues dans certaines conserveries permettant de couvrir une période plus étendue, à partir de 2007 jusqu'à aujourd'hui.

Concernant les autres espèces, le maquereau, le chinchard et le sprat, un travail de synthèse de l'information disponible a été réalisé dans le cadre d'un stage de Master 1 (Moulin, 2021). Il traite de l'écologie et de l'exploitation de ces espèces en s'appuyant sur la littérature disponible, ainsi que sur les données des campagnes PELGAS, EVHOE et CGFS, afin de caractériser la distribution spatiale de ces espèces. Ces 2 dernières campagnes nous donnent une idée de la distribution automnale, malgré une limitation liée à l'utilisation de données de campagnes démersales pour des espèces pélagiques.

A retenir

- Les données d'abondance, de biomasse, et de biométrie ont été publiées dans Seanoe (Doray et al., 2020;2021;2022). Un jeu de données sur la densité énergétique et la composition proximale de l'anchois et de la sardine a été également publié (Huret et al., 2024). Ces données ont été analysées et valorisées dans la tâche 2.5.
- Pour les autres espèces : Entre 2000 et 2020, dans le Golfe de Gascogne, une diminution de la biomasse du maquereau et du chinchard commun a été observée, contre une augmentation du chinchard à queue jaune. Une composante côtière du maquereau et du chinchard commun est présente au printemps, une autre aux accores. A l'automne, la biomasse semble plus élevée en Manche qu'en Gascogne pour le chinchard commun et le maquereau. Le sprat est fortement lié aux zones très côtières influencées par les panaches de fleuves (Gironde, Loire, Seine, sur de la Cornouaille anglaise, Pas de Calais).

En savoir plus

[Page wiki DEFIPEL](#) sur les données disponibles sur les petits poissons pélagiques en France.

Doray Mathieu, Duhamel Erwan, Masse Jacques, Petitgas Pierre (2020). Small pelagic fish biomass and abundance estimates from the PELGAS survey in the Bay of Biscay. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/75325>

Doray Mathieu, Duhamel Erwan, Sanchez Florence, Grellier Patrick, Pennors Laurence, Petitgas Pierre (2021). Biomass and abundance at length of small pelagic fish estimated during the PELGAS survey in the Bay of Biscay in springtime. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/53388>

Doray Mathieu, Duhamel Erwan, Boiron-Leroy Anne, Marchand Laetitia, Bled-defruit Geoffrey, Petitgas Pierre (2022). Mean length and weight at-age of anchovy and sardine estimated during the PELGAS survey in the Bay of Biscay in springtime. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/88357>

Huret Martin, Favreau Aurelien, Gatti Paul, Le Mestre Sophie (2024). Energy density and proximal composition of anchovy and sardine along the french Atlantic coast . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/101384>

Moulin Nina (2021). Distribution et exploitation du maquereau, du chinchard et du sprat par les pêcheries françaises dans l'Atlantique Nord-Est. Mémoire de Master 1, Sciences de la mer et du littoral, Université de Bretagne Occidentale. <https://archimer-intranet.ifremer.fr/doc/00910/102143/>

T2.2. Structuration spatiale des stocks d'anchois et de sardine par génétique

Contributeurs : Martin Huret, Christophe Lebigre

Objectifs

L'objectif était d'améliorer la connaissance sur la structuration génétique des populations de sardine sur la façade Atlantique française. Le stock de sardine du Golfe de Gascogne, tel que défini actuellement, couvre les divisions CIEM VIII.a, VIII.b et VIII.d. Sa limite nord est donc considéré au 48° parallèle nord, mais cette délimitation historique ne repose que sur peu d'éléments écologiques et encore moins d'éléments génétiques. Ce stock comprend par ailleurs les rectangles statistiques 25E4 et 25E5 de la pointe bretonne de la sous-zone VII de Manche, une part importante des captures étant réalisée en Mer d'Iroise sans justification pour les distinguer des captures du Golfe de Gascogne. Plus généralement, la question de l'étendue de la distribution en Manche des populations d'anchois et sardine de Gascogne se pose de plus en plus, notamment dans un cadre d'augmentation de l'abondance de ces espèces en Manche et Mer du Nord.

Nous revenons donc ci-dessous également sur des résultats de génétique sur l'anchois obtenus à partir d'une étude publiée récemment (Huret et al., 2020) dans le cadre du projet FFP Captain, complété par une nouvelle étude initiée à partir d'observations de juvéniles en Manche, pour la première fois en 2019 et de manière répétée depuis.

Méthodes

Pour la sardine, l'échantillonnage a reposé principalement sur les campagnes halieutiques de l'IFREMER réalisées en Gascogne et en Manche-Mer du Nord aux différentes saisons. Un échantillon de la campagne PELMED en Méditerranée et un autre en provenance du Maroc ont complété la couverture spatiale. La méthode génétique utilisée repose sur l'analyse des polymorphismes nucléotidiques (Single Nucleotid Polymorphisms, SNPs).

Pour l'anchois, l'étude de 2019 repose sur les mêmes types d'échantillonnage (2011-2017) et de méthode génétique. L'étude plus récente en collaboration avec le CEFAS repose notamment sur des données acoustiques des campagnes PELTIC en Manche et JUVENA en Gascogne, et sur des données d'œufs de la campagne PELGAS. Nous avons utilisé une combinaison d'approches, avec de la génétique, de la modélisation de dérive larvaire, et des cartes de distribution des juvéniles.

A retenir

- Sardine

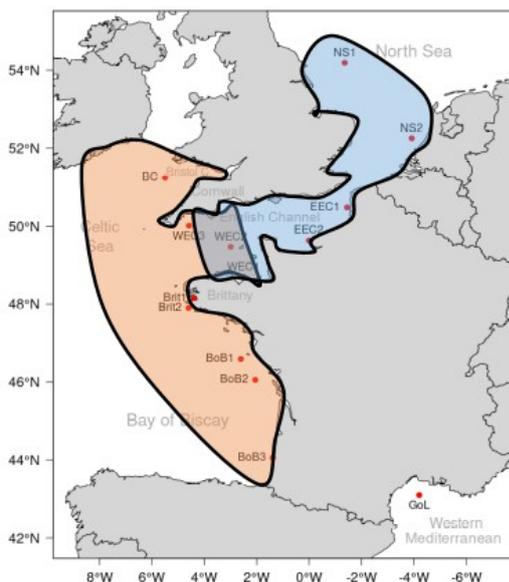


Fig. 2.2.2.1. Structure probable des populations de sardine de Gascogne et Manche-Mer du Nord obtenue à partir de l'analyse génétique.

La sardine de la façade atlantique se distingue fortement des populations de Méditerranée et du Maroc. La limite nord du stock du Golfe de Gascogne est remise en question par notre analyse, puisque des échantillons de Manche Ouest et du canal de Bristol ont davantage de proximité génétique avec le Golfe de Gascogne qu'avec le reste de la Manche (Fig. 2.2.2.1). Les échantillons de Manche Est sont proche génétiquement des échantillons de Mer du Nord. La structure génétique est bien moins forte que celle de l'anchois, et repose fortement sur des marqueurs traduisant l'influence du processus d'adaptation.

- Anchois

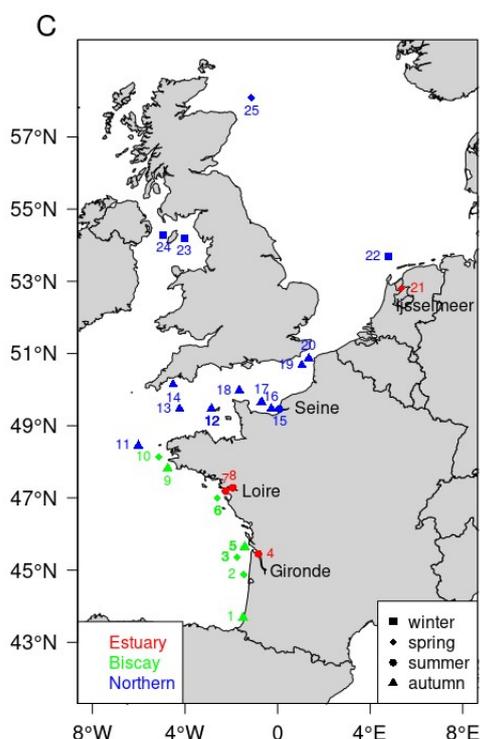


Fig. 2.2.2.2. Structure probable des populations d'anchois de Gascogne et Manche-Mer du Nord avec une séparation nette à la pointe bretonne. Les échantillons en rouge sont attribués à une population estuarienne présente en Gironde, Loire et au Pays-Bas.

L'étude préliminaire (Huret et al., 2020) a révélé une structure génétique très forte séparant le stock du Golfe de Gascogne d'un stock nord rassemblant les échantillons de Manche et de Mer du Nord (Fig.2.2.2.2). Le rapprochement à la pointe bretonne des 2 populations a lieu à l'automne, à partir de zones de reproduction dans des habitats favorables au sud-est du Golfe de Gascogne pour la population sud, et au sud-est de la Mer du Nord pour la population nord. L'augmentation forte de l'abondance du stock Gascogne depuis 2010 s'est traduite par une extension de la zone de ponte jusqu'en Bretagne, générant une connectivité accrue au stade larvaire avec la Manche, expliquant les observations de juvéniles en Manche Ouest depuis 2019. Reste à savoir si ces juvéniles rejoignent le stock sud, ou au contraire se mélangent avec le stock nord, auquel cas la structure génétique entre les 2 stocks seraient progressivement remises en question.

En savoir plus

- Huret M., Lebigre C., Iriondo M., Montes I., Estonba A. (2020). Genetic population structure of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in North-western Europe and variability in the seasonal distribution of the stocks. *Fisheries Research*, 229, 105619 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105619>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74178/>
- Van Der Kooij J., McKeown N., Campanella F., Boyra G., Doray M., Santos Moco-roa M., Fernandes Da Silva J., Huret M. (2024). Northward range expansion of Bay of Biscay anchovy into the English Channel. *Marine Ecology Progress Series*, 741, 217-236. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3354/meps14603>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00897/100843/>
- McKeown, N., Lebigre, C. van der Kooij, J., Huret, M. Genome wide SNP analysis of the European sardine (*Sardina pilchardus*) reveals hierarchical neutral and non-neutral spatial structuring suggesting a reconsideration of current management units. Soumis à *Evolutionary Applications*.

T2.3. Organisation et réalisation des campagnes sentinelles

Contributeurs : Martin Huret, Erwan Duhamel, Nicolas Michelet

Objectifs

Les campagnes sentinelles, à l'aide des pêcheurs professionnels, visent à améliorer les connaissances sur la présence des petits pélagiques et sur certains traits biologiques tels que la reproduction dans des zones ou périodes non échantillonnées par les campagnes halieutiques. Suite à des échanges entre scientifiques et partenaires professionnels du projet, deux sites ont été choisis. Le premier est la Baie de Seine, qui correspond à un habitat de ponte automnale pour la sardine, comme décrit à partir des campagnes CGFS. Mais aucune information n'était disponible sur une possible occupation par la sardine et l'anchois lors de leur période de ponte printanière et/ou estivale. L'autre site correspond à la zone des accores (talus) du Golfe de Gascogne pour laquelle nous n'avons d'informations sur la présence de petits pélagiques que uniquement lors de la campagne Pelgas au printemps.

Méthodes

Deux embarquements ont été réalisés en Baie de Seine sur le chalutier 'Le Vicomté' les 26-28 juin 2020 et les 26-27 juillet 2021. Nous avons réalisé lors de ces campagnes du chalutage pour caractériser la distribution et l'abondance des petits pélagiques, ainsi que des pêches planctoniques au filet Carré afin de caractériser la distribution et l'abondance des œufs d'anchois et de sardine.

Une autre campagne de prospection (acoustique et chalutage) a été réalisée sur la zone des accores au large du Golfe de Gascogne en septembre 2020 par une paire de chalutiers en bœufs.

A retenir

La sardine était présente et en ponte en juin 2020, avec une abondance modérée d'œufs, moins présente et non mature en juillet 2021, suggérant un arrêt de la ponte pour cette espèce en été comme dans le Golfe de Gascogne (Fig.2.2.3.1 et 2.2.3.2). L'anchois était présent mais en abondance négligeable en juin 2020 (œufs et adultes) et absent en juillet 2021 (Fig.2.2.3.1 et 2.2.3.3), ce qui confirmerait le retour de l'ensemble de la population nord d'anchois de Manche vers le sud de la mer du Nord au printemps et en été pour la ponte, après un séjour de l'automne à l'hiver en Manche (cf. Tâche 2.2). Par ailleurs, les sardines peuvent encore atteindre en Manche Est des tailles bien supérieures à 20cm et des ages supérieurs à 5 ans ce qui n'est plus le cas depuis une quinzaine d'années dans le Golfe de Gascogne.

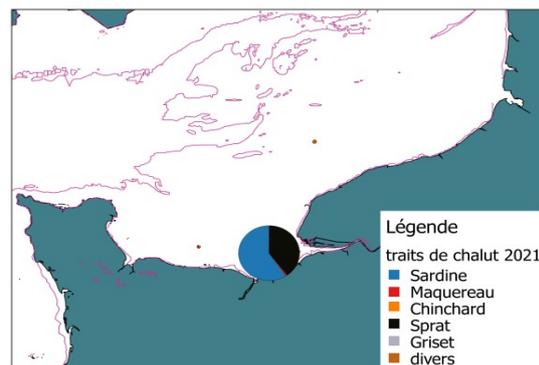
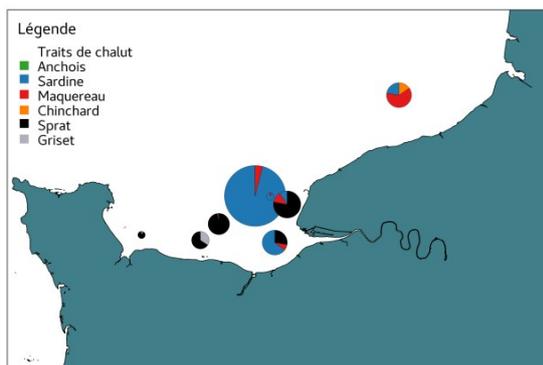


Fig.2.2.3.1. Répartition des traits par espèce pour les campagnes sentinelles de juin 2020 (à gauche) et juillet 2021 (à droite). Les quantités totales pêchées par trait varient entre 20 Kg et 1500Kg.

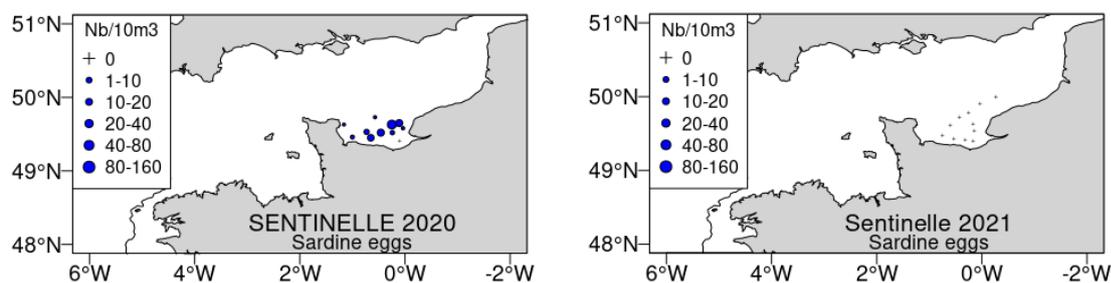


Fig. 2.2.3.2. Distribution des œufs de sardine lors des campagnes 2020 et 2021 en Baie de Seine.

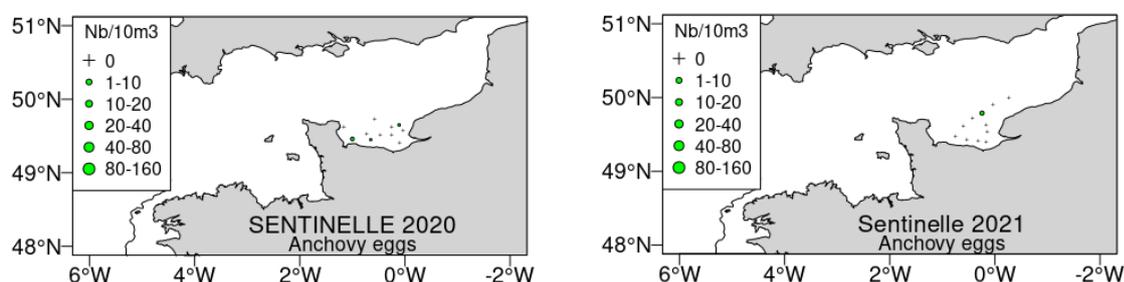


Fig. 2.2.3.3. Distribution des œufs d'anchois lors des 2 campagnes en Baie de Seine.

La campagne aux accores dans le Golfe de Gascogne a confirmé l'absence de sardine dans ce secteur ces dernières années et une forte abondance de juvéniles d'anchois, en accord avec ce qui est observé sur Pelgas au printemps depuis une décennie, et en opposition avec ce qui était observé la décennie précédente.

En savoir plus

Huret Martin, Duhamel Erwan, Michelet Nicolas, Joguet Manon (2024). Projet DEFIPEL. Campagnes Sentinelles. Baie de Seine - 26-28 Juin 2020 et 26-27 Juillet 2021. Ref. PDG/RBE/HALGO/LBH-2024-01. Ifremer. <https://doi.org/10.13155/99738>

T2.4. Expérimentation 'common-garden' sardine pour comparaison des populations des golfes du Lion et de Gascogne

Contributeurs : Gilbert Dutto, Eric Gasset, Emmanuel Mansuy, Justin Caruana-Audard, Jean Hervé Bourdeix, Quentin Schull, Martin Huret

Objectifs

Dans le cadre des changements globaux, et en particulier du dérèglement climatique, il est essentiel de mieux appréhender la capacité des populations de petits pélagiques à s'adapter localement à des conditions environnementales fortement modifiées. A court et moyen terme, même pour des espèces à cycle de vie court, cette capacité repose essentiellement sur des processus d'acclimatation et correspond à une réponse plastique, plutôt qu'à une réponse adaptative suite à une évolution du génome. Un des enjeux est donc de séparer les déterminismes environnemental et génétique des différents traits d'histoire de vie, à commencer par la croissance. En s'appuyant sur les infrastructures expérimentales de l'Ifremer-MARBEC, et notamment de la Plateforme Expérimentale de Palavas-les-flots qui a récemment développé une expérience sur l'élevage de sardine, l'idée était de réaliser des expériences de common-garden utilisant des populations du Golfe du Lion et du Golfe de Gascogne génétiquement distinctes, et mises en élevage dans des conditions environnementales similaires et contrôlées.

Vis à vis de cet objectif initial, la tâche n'a pas aboutie. En effet, pour des comparaisons robustes entre populations, un élevage à partir du stade œuf est nettement préférable pour éviter tout biais qui serait lié à des conditions initiales/précoces des différentes sardines (taille, condition corporelle, stade de maturité, etc.) utilisées pour l'expérimentation. Or les élevages de sardine entrepris à l'Ifremer depuis quelques années à Palavas, et plus récemment dans l'unité LEMAR/PHYTNESS à Plouzané, sont réalisés sur des juvéniles ou adultes issus de pêches locales. Un nouvel enjeu préliminaire à notre objectif était donc de maîtriser l'élevage à partir du stade œufs, ce qui s'est avéré particulièrement délicat et n'a pas abouti à ce jour.

Méthodes

Pour l'élevage à partir du stade œuf, nous avons essayé deux stratégies. La première, réalisée à Palavas, a consisté en l'utilisation de sardines disponibles issues d'autres expérimentations et pêchées dans le Golfe du Lion dans le cadre du projet MONALISA. Des pontes naturelles au cours de l'hiver 2021-2022 ont eu lieu mais n'ont représenté qu'une faible quantité d'œufs, c'est à dire une centaine à quelques milliers par événement de ponte. Les pontes provoquées par injection d'hormones n'ont pas généré davantage d'œufs. Parallèlement, plusieurs essais de reproduction contrôlée ont été initiés en collectant des gamètes mâles et femelles sur des individus issus de la pêche commerciale locale. Les taux de fécondations sont restés extrêmement faible probablement dû au manque de synchronicité des individus et la rareté des prélèvements permis par une pêcherie professionnelle quasi inexistante dans le Golfe du Lion. La proportion d'œufs se développant varie entre 0 et 33 %. Suite à l'éclosion, très peu de larves survivent, et aucune ne survie plus de 96h ne permettant pas d'évaluer leur capacité à s'alimenter suite à l'ouverture de la bouche. La seconde stratégie, en collaboration avec le projet OMEGA, a consisté à prélever des œufs directement *in-situ* à l'aide d'un filet à larves, lors de la campagne PELGAS dans le Golfe de Gascogne, et de les transférer rapidement à l'aquarium de La Rochelle ou à l'IFREMER à Plouzané (infrastructure de l'unité PHYTNESS) en fonction de la proximité du lieu de débarquement. En 2022, quelques centaines d'œufs ont été pêchés, mais aucun n'a survécu jusqu'à l'arrivée à Brest. En 2024, l'expérience a été

renouvelée avec quelques centaines d'œufs débarqués à La Rochelle. Les quelques larves obtenues suite à leur éclosion n'ont pas survécu jusqu'à l'ouverture de la bouche.

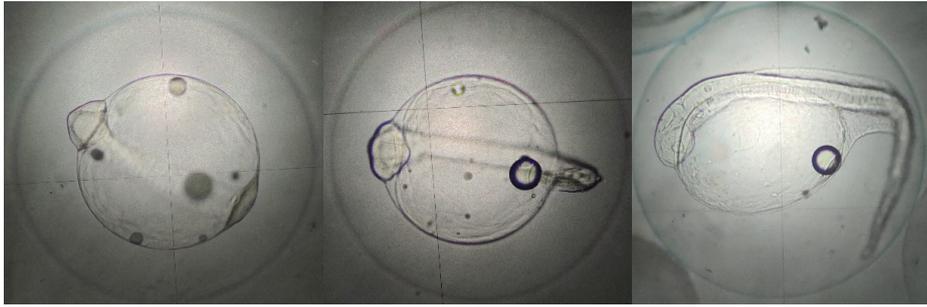


Figure 2.2.4.1 : Oeuf avec embryon 24h, 48h et 72h après la ponte réalisée à la station de Palavas.
Crédit Photo : Station Ifremer de Palavas.

A retenir

L'objectif initial de réalisation d'une expérience de common-garden s'est révélé trop ambitieux au regard des moyens budgétaires disponibles étant donné le manque de maîtrise à ce jour de l'élevage de la sardine, ou de l'anchois, en particulier au stade larvaire. L'effort doit cependant être poursuivi au travers de projets spécifiques et des investissements plus conséquents. Pour cela et sur le site de Palavas, il apparaît indispensable de constituer un nouveau lot de sardines de Méditerranée prépubères ou pubères d'effectifs supérieurs (quelques centaines d'individus). Pour la stratégie suivie en Atlantique, il serait plus pertinent d'organiser une campagne ciblée indépendante de PELGAS pour davantage de liberté sur les lieux de pêche et optimiser le nombre d'œufs collectés afin de faire face à la forte mortalité aux stades œuf et jeune larve.

En savoir plus

Gilbert Dutto, Eric Gasset, Emmanuel Mansuy, Félix Moulard, Justin Caruana-Audard, Jean Hervé Bourdeix, Quentin Schull. 2023. Compte rendu des événements de ponte de sardines saison 2021 2022. Rapport interne Ifremer.

T2.5. Variabilité spatio-temporelle des traits biologiques et de la distribution spatiale

Contributeurs : Mathieu Doray, Tarek Hattab, Pierre Petitgas, Martin Huret

- **2.5.1. Introduction**

Les travaux antérieurs au projet ont mis en évidence une diminution de la taille et de la condition corporelle des anchois et sardines dans les Golfes du Lion (Van Beveren et al., 2014 ; Saraux et al., 2019) et de Gascogne (Doray et al., 2018 ; Véron et al., 2020a). Ils avaient également mis en évidence une forte variabilité saisonnière du contenu énergétique chez ces espèces (Brosset et al., 2015 ; Gatti et al., 2018), ainsi qu'une diminution de la taille à maturité (Véron et al., 2020b). Les changements observés depuis 20 ans sont majeurs et semblent généralisés à nos deux façades.

Cette tâche a visé à mettre à jour ces observations, éventuellement avec des jeux de données complémentaires, et à évaluer les changements parmi d'autres traits chez ces espèces ou au sein de la communauté, et notamment dans les distributions spatiales. Elle s'est avérée très conséquente et nous avons donc fait le choix de la présenter ci-dessous en plusieurs sous-tâches.

- **2.5.2. Variabilité spatio-temporelle de la condition corporelle des sardines du Golfe de Gascogne**

Objectifs

Les travaux antérieurs ont mis en évidence une forte variabilité interannuelle et saisonnière de la condition corporelle des sardine et anchois. Ceci a été mis en évidence pour la sardine à partir d'un indice morphométrique, l'indice de Le Cren (Brosset et al., 2015 ; Veron et al., 2020), et à l'échelle saisonnière pour la sardine et l'anchois à partir de mesures calorimétriques (Gatti et al., 2018) permettant de mesurer la densité énergétique des poissons. Or l'indice de Le Cren n'est que peu corrélé à la densité énergétique (Favreau et al., In prep.) qui est un meilleur indicateur de la condition du poisson et de sa capacité à assurer ses fonctions vitales. Cependant, les mesures de calorimétrie sont très chronophages, et seules 2 années ont pu être correctement suivies. Nous avons donc souhaité évaluer d'autres sources d'information permettant d'avoir un recul historique sur cette condition des poissons.

Méthodes

Les conserveries mesurent pour chaque lot qu'elles réceptionnent le taux d'humidité d'un échantillon de muscles de poissons, qu'ils convertissent en taux de matière grasse à l'aide d'une régression linéaire ($R^2 > 0.9$). Ce taux est essentiel notamment afin de déterminer si les conserves de sardine peuvent bénéficier du label Rouge (taux de grasse $> 8\%$). Ces données partagées dans le cadre du projet ont permis de mettre en évidence des patrons intra- et inter-annuels inédits dans la condition des sardines du Golfe de Gascogne. La reconstruction de la série de données est possible depuis 2007 jusqu'à aujourd'hui.

A retenir

Les séries de taux de matière grasse des sardines du Golfe de Gascogne ont permis de confirmer la forte variabilité saisonnière de leur condition. La condition des sardines est minimale en fin d'hiver (février/mars), suite à la consommation de l'ensemble des réserves au cours de l'hiver. Suite à l'augmentation de température et aux blooms de nourriture planctonique au printemps, la condition des sardines augmente jusqu'à atteindre un maximum en été/automne (août à octobre). La condition diminue de nouveau avec l'entrée dans l'hiver à partir de novembre (Figure 2.2.5.1).

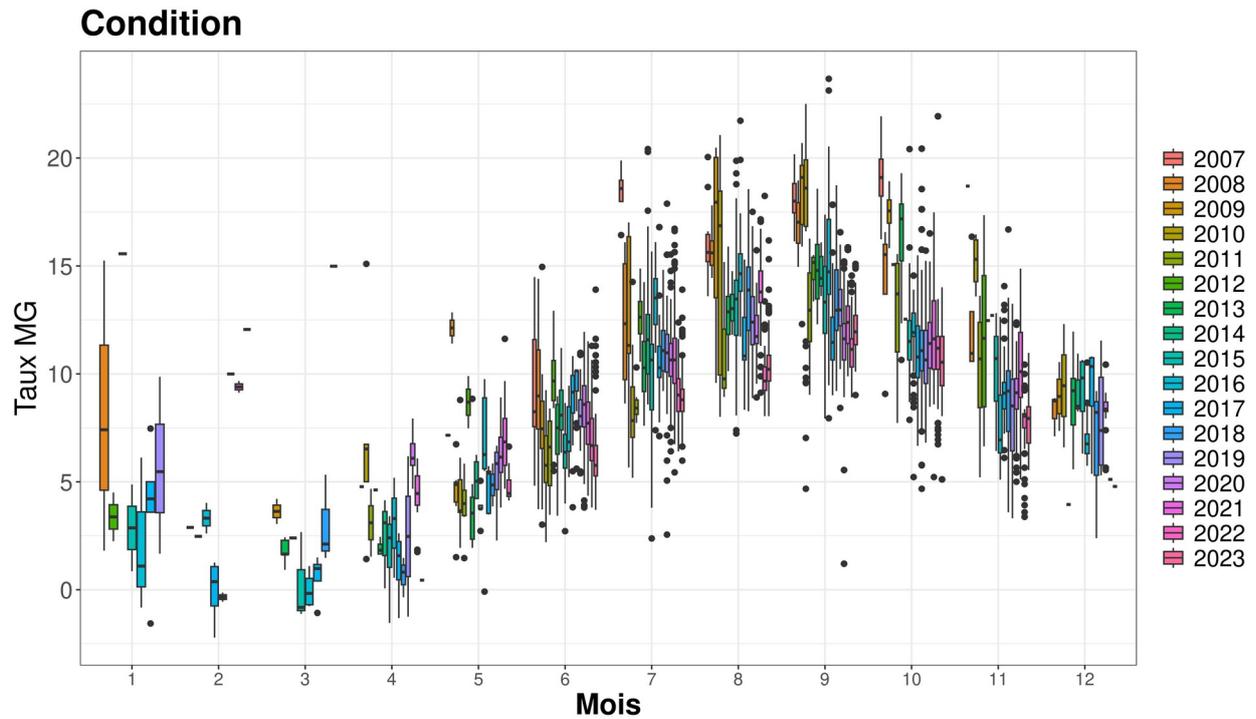


Figure 2.2.5.1 . Distributions mensuelles et annuelles des taux de matière grasse des sardines du Golfe de Gascogne mesurés par les conserveurs.

Les séries de taux de matière grasse des sardines du Golfe de Gascogne ont confirmé la forte décroissance de leur condition depuis 2007 précédemment mise en évidence à partir des données de campagnes scientifiques (Figure 2.2.5.2).

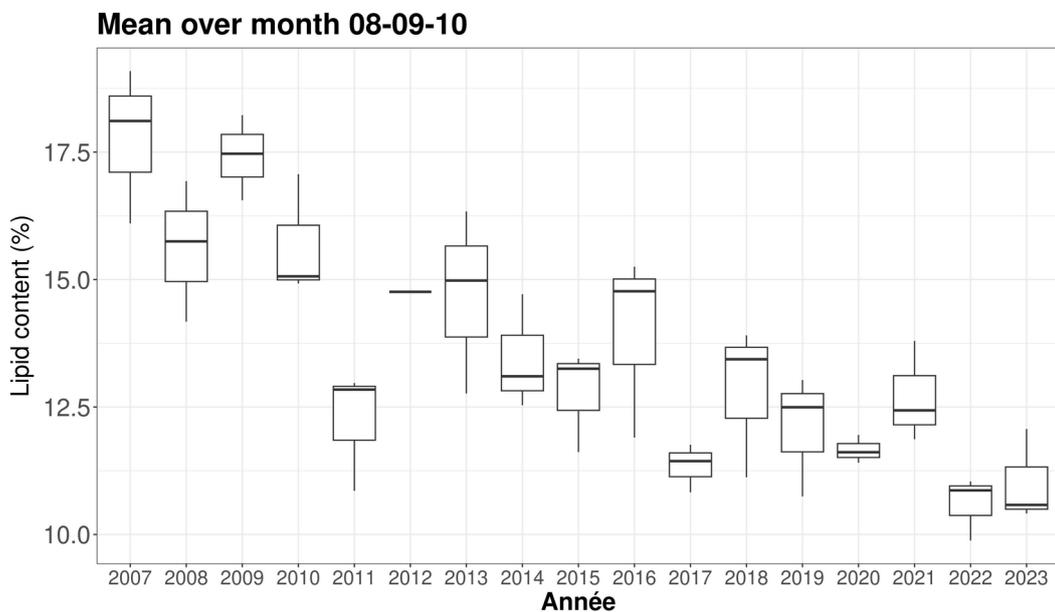


Figure 2.2.5.2. Distributions annuelles des taux de matière grasse des sardines du Golfe de Gascogne mesurés par les conserveurs lors des mois les plus riches en matière grasse (Août, septembre, octobre).

Aurélien Favreau poursuit actuellement ces recherches dans le cadre de sa thèse de doctorat associée aux projet DEFIPEL et DELMOGES. Il étudie notamment pour la première fois la

variabilité spatio-temporelle de la condition corporelle des petits poissons pélagiques (PPP) du Golfe de Gascogne. La combinaison de la biomasse et du contenu énergétique des PPP permet en effet de produire des cartes représentant le paysage énergétique de leurs prédateurs, et d'étudier leur évolution dans le temps.

En savoir plus

Favreau Aurelien, Doray Mathieu, Spitz Jérôme, Le Mestre Sophie, Huret Martin. 2024. Condition states in anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) revealed by energy and proximate composition relationships. *Journal of Fish Biology*. <https://doi.org/10.1111/jfb.15948>

Favreau, A., Doray, M., Spitz, J. and Huret, M. Comparison of methods for energy content estimation in small pelagic fish. *Ecol. Indicators*. Soumis.

Huret Martin, Favreau Aurelien, Gatti Paul, Le Mestre Sophie (2024). Energy density and proximal composition of anchovy and sardine along the french Atlantic coast . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/101384>

- **2.5.3. Cartographies de la taille des anchois et sardine du Golfe de Gascogne au printemps et à l'automne**

Objectifs

Un poisson individuel occupe différents habitats au cours du cycle saisonnier annuel (reproduction, nutrition) ainsi qu'au cours de son développement (juvéniles, adultes, côte, large, etc). Il en résulte que les populations présentent une certaine structuration selon la taille des individus et la géographie. La taille et l'occupation des habitats sont donc liées. Et effectivement, la pêche cible certaines catégories de taille, à certaines saisons, sur certains habitats. Les anchois et sardine montrent une grande variabilité individuelle dans la croissance si bien qu'il est utile d'en rendre compte en cartographiant toute la distribution en taille (histogrammes des tailles) et non seulement la taille moyenne.

Méthodes

En général, on cartographie une variable qui a une valeur unique en chaque point alors que la cartographie d'une fonction requiert de cartographier un vecteur de valeurs corrélées. Nous avons utilisé une méthode géostatistique de cartographie de fonctions, développée par Nerini et al. (2010), et qui avait déjà été mise en œuvre par Petitgas et al. (2011). Nous l'avons reprise et appliquée aux données des coups de chaluts des séries des campagnes de printemps PELGAS (mai, 2000-2019) et d'automne JUVENA (septembre, 2003-2019) pour cartographier la distribution des tailles de l'anchois et de la sardine à ces deux saisons. Les probabilités de présence des deux espèces ont aussi été cartographiées par krigeage. Les cartes moyennes saisonnières des fréquences en tailles (par classe de 0.5 cm) sont maintenant téléchargeables sur le portail de données marines SEANOE (Petitgas et al. 2023). Ces cartes peuvent servir à la délimitation des habitats, à la modélisation et à tout autre étude impliquant la répartition spatiale des changements d'habitats saisonniers en fonction de la taille.

Brièvement, la méthode procède de la façon suivante. En chaque point échantillon, l'histogramme des tailles expérimental est modélisé en ajustant une combinaison linéaire utilisant une base de polynômes orthogonaux. Les coefficients sont ensuite cartographiés par co-krigeage. En chaque point de la carte estimée, les histogrammes sont ensuite reconstruits en utilisant les coefficients estimés de la décomposition en polynômes. La méthode permet ainsi de cartographier des histogrammes complexes montrant différents modes. La carte estimée fournit la probabilité d'occurrence pour chaque classe de taille, qui indique la probabilité qu'un individu soit à cet endroit dans cette classe de taille.

A retenir

Les Figures 2.2.5.4 et 2.2.5.5 montrent ces cartographies pour 3 classes de tailles agrégées (petits, moyens, gros) pour l'anchois et la sardine, au printemps (mai) et à l'automne (septembre), en moyenne pour toute la série des années.

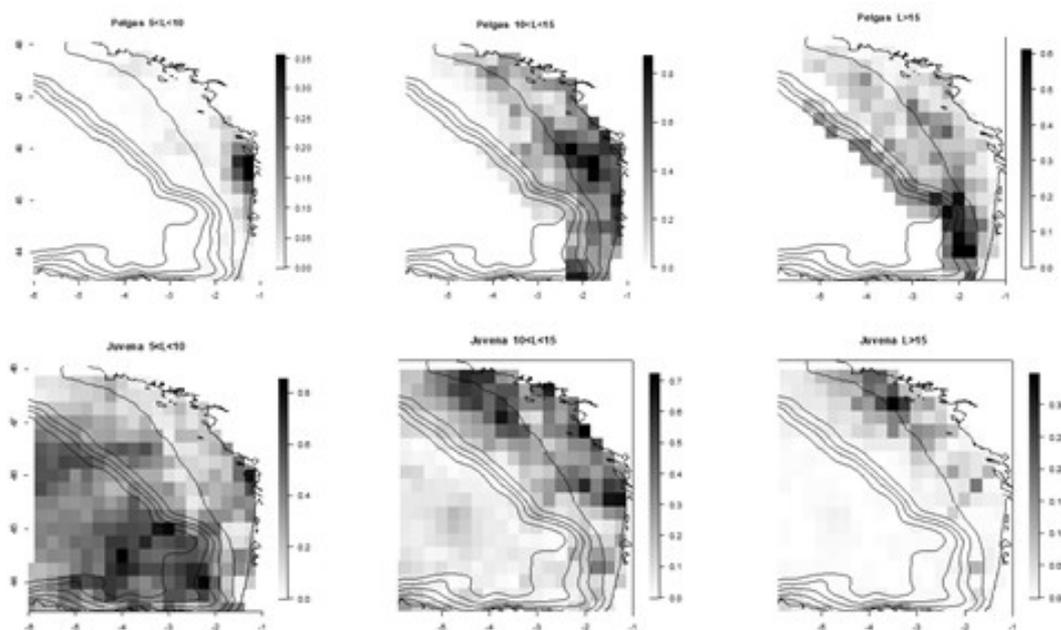


Figure 2.2.5.4 : Probabilité d'occurrence de 3 classes de taille (colonnes, de gauche à droite : petits, moyens, gros) pour l'anchois, au printemps (en haut) et à l'automne (bas).

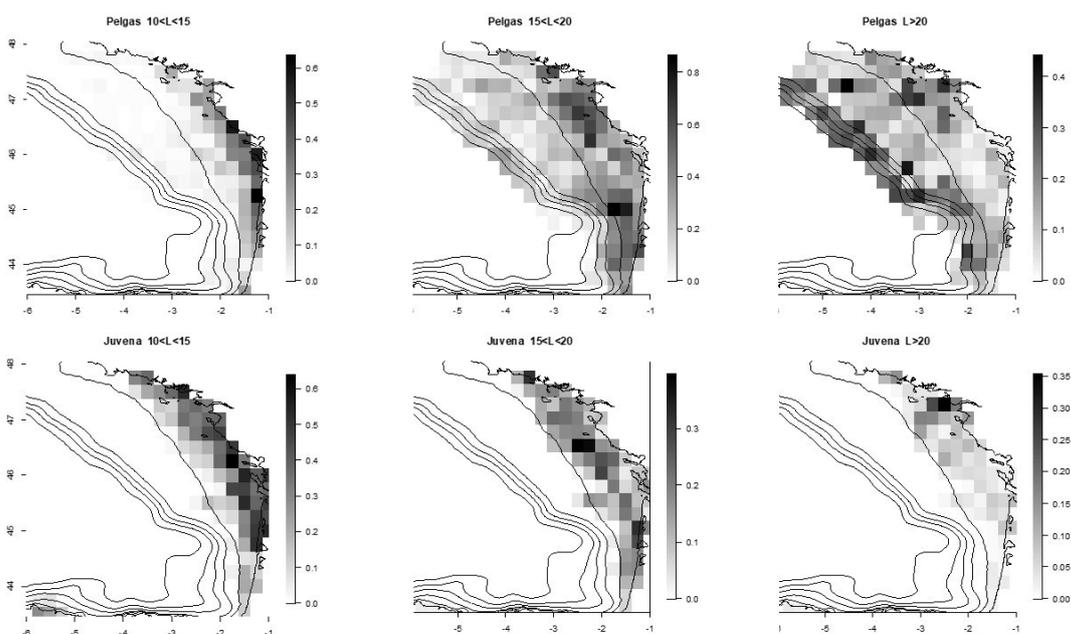


Figure 2.2.5.5 : Probabilité d'occurrence de 3 classes de taille (colonnes, de gauche à droite : petits, moyens, gros) pour la sardine, au printemps (en haut) et à l'automne (bas)

Les distributions diffèrent entre les classes de taille et entre les saisons, montrant une structuration spatiale du cycle de vie au cours des saisons. Au printemps, les petits anchois sont côtiers et concentrés devant la Gironde alors que les moyens occupent largement le plateau et les gros sont concentrés aux accores des Landes. A l'automne, les petits anchois sont largement dispersés dans la zone océanique, les moyens occupent le centre du plateau mais plus au nord qu'au printemps et les gros sont concentrés dans le nord. Concernant la sardine au printemps, les petites sont très côtières entre Noirmoutier et Arcachon, les moyennes plus dispersées sur le plateau et les grosses sont concentrées aux accores au nord du fer à cheval mais aussi sur le plateau au nord de la Loire. A l'automne, la sardine est

localisée dans la bande côtière sur des sondes inférieures à 100 m, pour toutes les classes de taille et les grosses sont plus concentrées au nord de la Loire.

Pour apprécier les migrations saisonnières, nous avons suivi la croissance dans l'espace au cours du temps. La Figure 2.2.5.6 montre un cycle saisonnier de l'anchois principalement N-S (distributions plus sud au printemps et plus nord à l'automne) alors que pour la sardine, le cycle est plutôt orienté E-W (distributions plus côtières en automne). Les tous petits individus (<10 cm) ont une distribution différente, et sont distribués plus au large avant d'intégrer ces cycles.

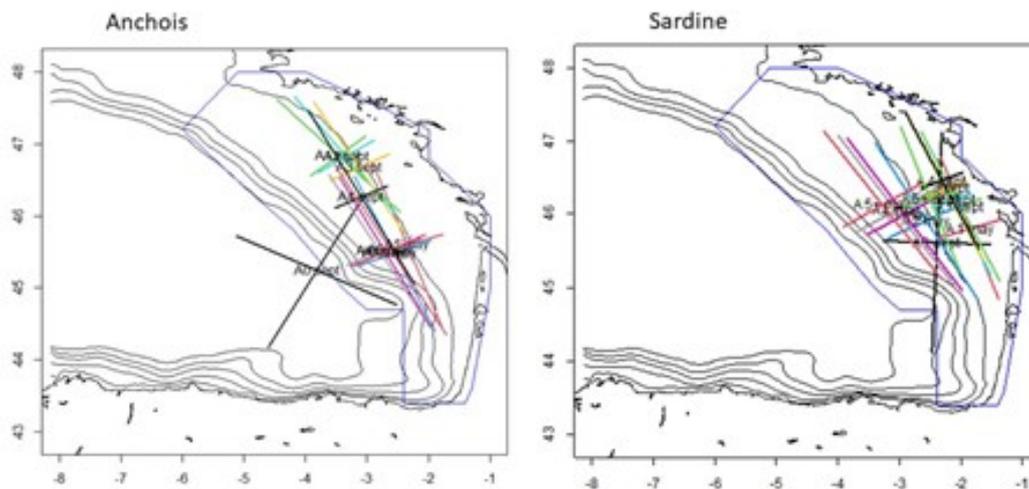


Figure 2.2.5.6 : Schématisation du cycle de vie par les centres de gravité et les axes d'inertie des distributions des classes de taille, au cours du temps, pour l'anchois (gauche) et la sardine (droite). Les croix noires marquées A0 correspondent aux petites classes de tailles (<10 cm).

En savoir plus

Petitgas P., Doray M., Boyra G., Duhamel E., Sobradillo B., Martinez U. (2023). Maps of sardine and anchovy length distributions in the Bay of Biscay in spring and autumn. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/92818>

- **2.5.4. Analyse comparative de la variabilité spatio-temporelle de la biomasse par taille de la communauté des petits poissons pélagiques clupéiformes dans le Golfe de Gascogne (Atlantique) et le Golfe du Lion (Méditerranée)**

Objectifs

Une forte diminution de la taille et de la condition des petits poissons pélagiques (PPP) a été signalée depuis deux décennies dans les eaux françaises à la fois en Atlantique (Golfe de Gascogne, Doray et al., 2018; Véron et al., 2020a) et en Méditerranée (Golfe du Lion, Saraux et al., 2019; Van Beveren et al., 2014).

La façon dont ce changement écologique majeur s'est traduit dans l'espace et entre espèces dans les deux régions demeurerait cependant inconnu. L'objectif de cette étude était d'étudier la variabilité spatio-temporelle de la biomasse par taille de la communauté de clupéiformes (anchois, sardine, sprat) sur les côtes atlantique et méditerranéenne françaises, afin de déterminer si la diminution de taille était globale ou restreinte à certains habitats/sous-populations, et comparer les dynamiques dans les deux régions.

Méthodes

Des séries de cartes de biomasses par taille de la communauté de clupéiformes et des paramètres de leur environnement issues des campagnes PELGAS (Golfe de Gascogne, printemps, 2000-2019) et PELMED (Golfe du Lion, été, 2003-2019) ont été constituées. Des analyses multivariées ont été appliquées sur les séries de cartes afin :

1. d'identifier d'éventuels points de bascule dans les distributions des communautés de clupéiformes et des sous-populations indicatrices ayant subi l'essentiel des changements (analyse par Min-max Autocorrelation Functions, MAF, Doray et al., 2018; Woillez et al., 2009) ;
2. caractériser les habitats des clupéiformes lors des périodes stables (analyse par Multiple Factor Analysis, MFA, Doray et al., 2018a; Grandrémy, 2023) ;
3. caractériser la variabilité spatio-temporelle des sous-populations indicatrices (analyse par Empirical Orthogonal Functions, EOF, Petitgas et al., 2014).

A retenir

Des points de bascule de la communauté de clupéiformes ont été détectés en 2009 en Atlantique et en 2008 en Méditerranée.

Dans le Golfe de Gascogne au printemps, la communauté de clupéiformes était d'abord structurée le long d'un gradient Nord Sud de température de fond croissante. Les petits anchois et sprats étaient plus abondants près du fond dans le Sud de la zone. Les grosses sardines en surface étaient plus abondantes dans le Nord de la zone jusqu'en 2002 (Figure 2.2.5.7).

Les clupéiformes étaient ensuite structurés le long d'un gradient côte large, avec une productivité primaire (proxy de nourriture) plus élevée et une salinité et une stratification plus faible près de la côte. Les habitats côtiers étaient caractérisés par une abondance de sprats plus élevée près du fond (Figure 2.2.5.7).

3 habitats principaux ont été définis avant le point de bascule de 2009. Un quatrième habitat situé dans l'estuaire de la Gironde est apparu après 2009 (Figure 2.2.5.7).

La composition en espèce/tailles de la communauté de clupéiformes a évolué entre les deux périodes, avec une disparition des grosses sardines de surface caractéristiques du Nord Ouest de la zone après 2009, avec une augmentation simultanée de petits anchois et sprats dans les habitats côtiers et du Sud (Figure 2.2.5.8).

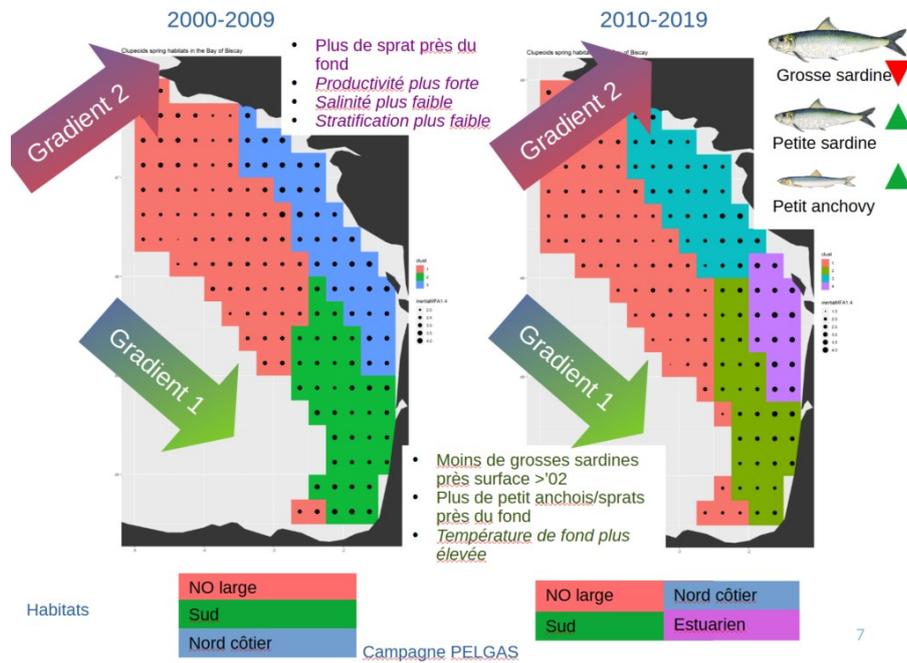


Figure 2.2.5.7 . Structuration (flèches) et évolution des habitats (zone en couleur) et des communautés de clupéiformes au printemps dans le Golfe de Gascogne, avant et après le point de bascule en 2009.

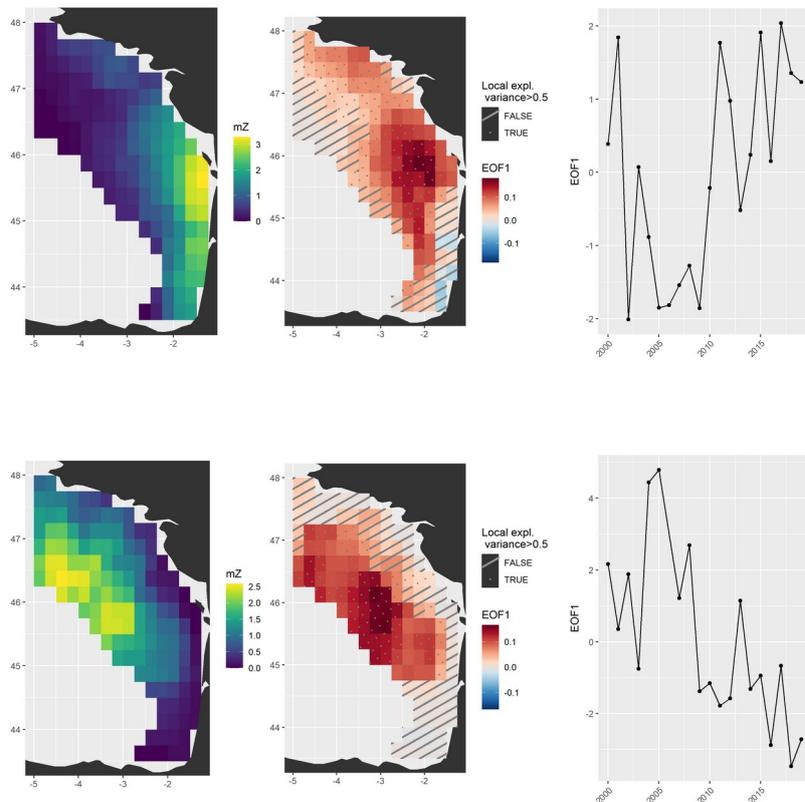


Figure 2.2.5.8. Carte moyenne (gauche), carte du principal patron spatial des anomalies à la moyenne (EOF1, milieu) et de son évolution au cours du temps (droite) des espèces indicatrices des changements d'abondance et taille de la communauté des clupéiformes dans le Golfe de Gascogne au printemps. Rangée du haut : petits anchois (10-15cm) proches du fond ; rangée du bas : grosses sardines (20-25cm) en surface. Hachures : zones à forte variabilité temporelle : résultats plus incertains.

Dans le Golfe du Lion en été, la communauté de clupéiformes était principalement structurée le long d'un gradient côte large de température de fond et de stratification croissants. Les gros anchois étaient plus abondants au large, et les petites sardines plus abondantes près de la côte (Figure 2.2.5.9).

3 habitats principaux ont été définis le long du gradient côte-large avant le point de bascule de 2008. Un quatrième habitat très côtier est apparu après 2008 (Figure 2.2.5.9).

La composition en espèce/tailles de la communauté de clupéiformes a évolué entre les deux périodes, avec une disparition des grosses sardines et gros anchois et une augmentation simultanée de l'abondance des petites sardines et petits sprats dans toute la zone après 2008 (Figure 2.2.5.10).

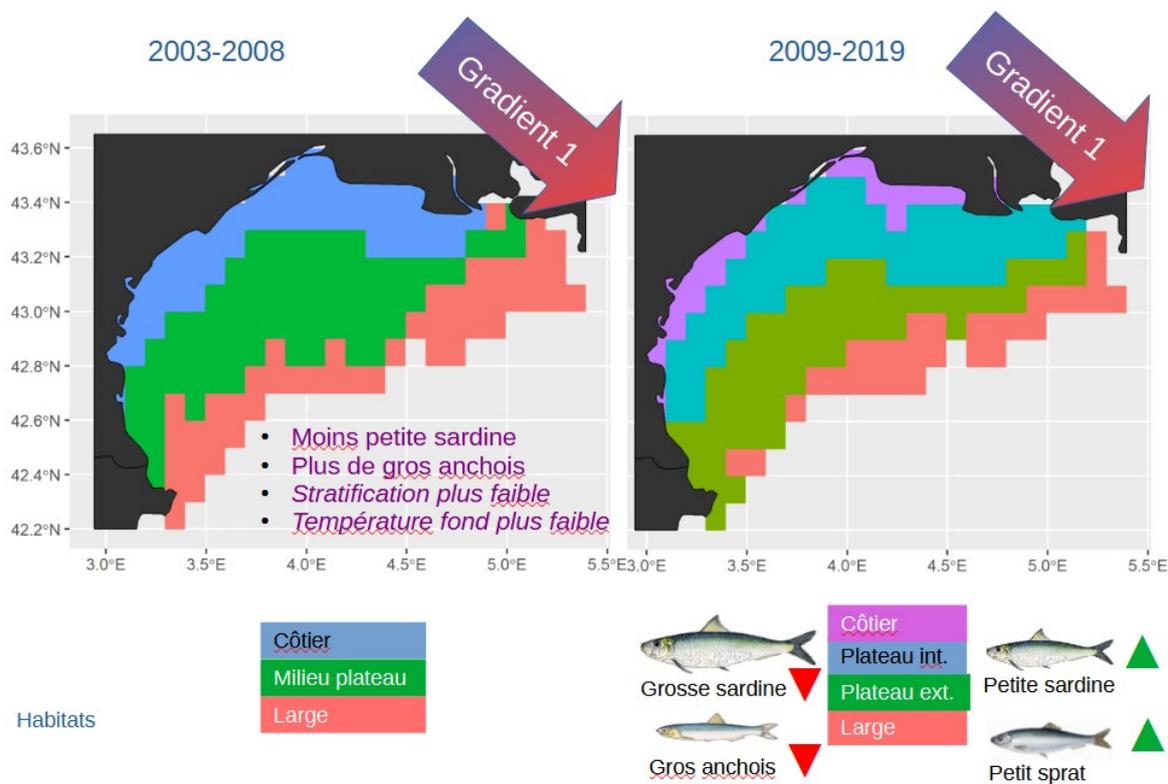


Figure 2.2.5.9 . Structuration (flèches) et évolution des habitats (zone en couleur) et des communautés de clupéiformes au printemps dans le Golfe du Lion, avant et après le point de bascule en 2008.

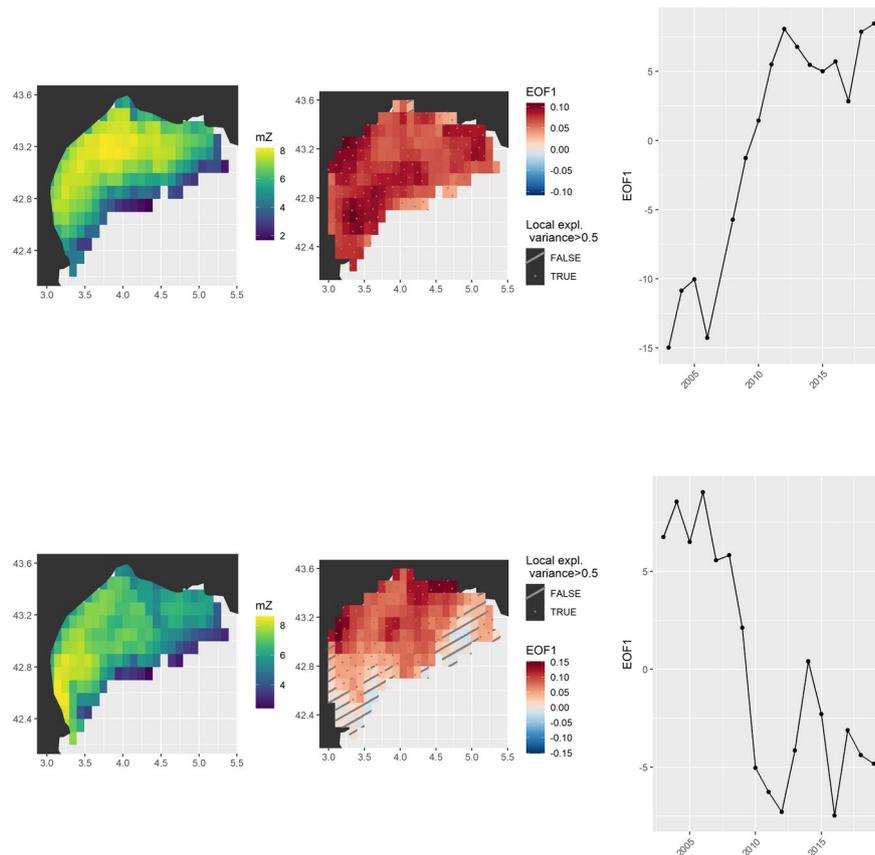


Figure 2.2.5.10 . Carte moyenne (gauche), carte du principal patron spatial des anomalies à la moyenne (EOF1, milieu) et de son évolution au cours du temps (droite) des espèces indicatrices des changements d'abondance et taille de la communauté des clupéiformes dans le Golfe du Lion en été. Rangée du haut : petits sprat (7-10cm) ; rangée du bas : grosses sardines (13-17cm). Hachures : zones à forte variabilité temporelle : résultats plus incertains.

Les gradients environnementaux structurant les communautés de poissons étaient donc identiques dans les deux régions, mais avec des importances différentes.

Une même tendance à la diminution des tailles des clupéiformes a été observée dans les deux systèmes, mais **avec des successions d'espèces différentes**. En Méditerranée en été, les grosses sardines ont globalement cédé la place aux petits sprats et petites sardines dans toute la zone. La diminution de taille était homogène dans l'espace. Les grosses sardines sur le déclin pourraient avoir été en compétition pour la nourriture avec les petits sprats et petites sardines en augmentation, car ils se retrouvaient dans les mêmes zones en été. En Atlantique au printemps, les grosses sardines ont disparu au Nord-Ouest de la zone, tandis que l'abondance des petits anchois augmentait dans le Sud-Est. La diminution de taille s'est traduite par des évolutions locales n'indiquant pas de compétition trophique entre grosses sardine et petits anchois à cette saison. Les grosses sardines, déjà situées à l'extrémité Nord du gradient de latitude au printemps dans le Golfe de Gascogne, avaient la possibilité de se déplacer vers le Nord pour retrouver des conditions propices à leur survie. Ce n'est pas le cas des grosses sardines du Golfe du Lion qui ont probablement subi une mortalité massive dans l'ensemble de la zone par sélection de taille, qui semble être plus en lien avec une compétition avec le sprat.

En savoir plus

Doray Mathieu, Petitgas Pierre, Huret Martin, Hattab Tarek. In prep. Long-term decline in body sizes of small pelagic fish in Atlantic and Mediterranean habitats: local or global?

Codes R disponibles dans GitLab :

https://gitlab.ifremer.fr/defipel1/defipel/-/tree/master/WP2_smallPelagicFish/T2.5_SpatialTraits?ref_type=heads

- **2.5.5. Variabilité spatio-temporelle de la ponte de l'anchois et de la sardine sur la façade Atlantique**

Objectifs

L'investissement reproducteur d'une population de poisson, que l'on peut mesurer par sa ponte et donc la quantité d'œufs dans le milieu, dépend de sa biomasse ou de son abondance, mais également de la structure en taille et en âge des individus la composant, ainsi que de leur condition corporelle qui reflète l'énergie qu'ils peuvent investir dans cette fonction vitale pour les populations. La ponte est donc un indicateur de l'état de santé d'une population. De plus la distribution spatiale de la ponte témoigne de la distribution des individus matures d'une population, alors que sa distribution temporelle témoigne de la phénologie de la reproduction. A partir de données d'origine diverses sur la ponte des anchois et sardine, notre objectif était triple. Pour chacune des espèces, il s'agissait d'évaluer les tendances (i) sur la quantité d'œufs collectés dans le milieu sur les 20 dernières années, (ii) de la distribution spatiale en lien avec la distribution des adultes, et (iii) sur les éventuels changements de la phénologie de la ponte. Par ailleurs, la quantité d'œufs pondue a été mise en relation avec la biomasse des adultes dans la sous-tâche 2.5.6, afin d'évaluer l'évolution du potentiel reproducteur ou de la fécondité des individus.

Méthodes

Les œufs sont collectés sur les campagnes halieutiques de l'IFREMER réalisées sur la THALASSA à l'aide de la pompe de sub-surface CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampler, Checkley et al., 1997), à partir de 2000 sur la campagne PELGAS au mois de mai (Doray et al., 2018, Huret et al., 2018), et à partir de 2014 sur les campagnes EVHOE (Golfe de Gascogne) et CGFS (Manche) à l'automne.

La collaboration avec le PNMI dans le cadre de notre projet a permis de revisiter la série de données de mesozooplankton collectée dans le cadre du PNMI (cf. Tâche 1.3) et numérisée grâce au ZooScan, et d'en extraire les abondances en œufs de sardine et anchois. Le suivi saisonnier, et même bi-mensuel pour un point dans la baie de Douarnenez, permet de suivre le timing de la ponte de manière assez fine au cours de l'année, et ce depuis 2011. Finalement, les campagnes Sentinelles réalisées au cours du projet nous ont fourni quelques informations sur la ponte estivale dans l'habitat a priori favorable que représente la Baie de Seine (cf. Tâche 2.3).

Les données de campagne sont synthétisées dans des cartes annuelles, printanières pour le Golfe de Gascogne depuis 2000, et automnale pour l'ensemble de la façade atlantique depuis 2014. Des analyses multivariées ont été appliquées sur les séries de carte afin de caractériser les principaux patrons spatiaux des cartes de ponte et étudier leur évolution dans le temps (analyse par Empirical Orthogonal Functions, EOF, Petitgas et al., 2014). Les données issues du PNMI ont été agrégées par saison ou par mois pour suivre l'abondance des œufs au cours de l'année, depuis 2010.

A retenir

- Au printemps, la ponte de l'anchois est localisée principalement dans le sud-est du Golfe de Gascogne (Fig. 2.2.5.11). Néanmoins, cette distribution s'est largement étendue à l'ensemble du Golfe notamment depuis 2011, en lien avec l'extension de la distribution des adultes au nord-ouest de la zone (cf. Tâche 2.5.4).

- Au printemps, la ponte de la sardine est majoritairement localisée dans le sud-est du Golfe, et au nord le long de la côte notamment en face de la Loire, et le long du talus continental (Fig. 2.2.5.12). Néanmoins, comme indiqué par la première EOF, le phénomène majeur depuis 2000, très marqué en 2009 puis depuis 2016, correspond à la disparition de la ponte au large au nord de la zone, en lien avec la disparition des grosses sardines de cette partie du Golfe.

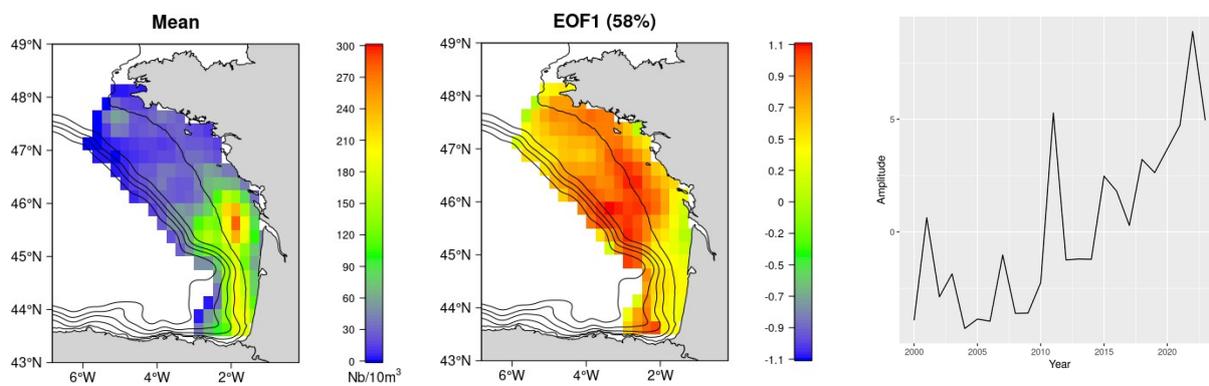


Fig. 2.2.5.11. Distribution des œufs d'anchois au printemps et son évolution caractérisée par l'analyse EOF. Carte moyenne entre 2000 et 2023 (à g.), nombre pour 10m³), patron spatial de la première EOF (centre) et l'amplitude temporelle associée (à dr.).

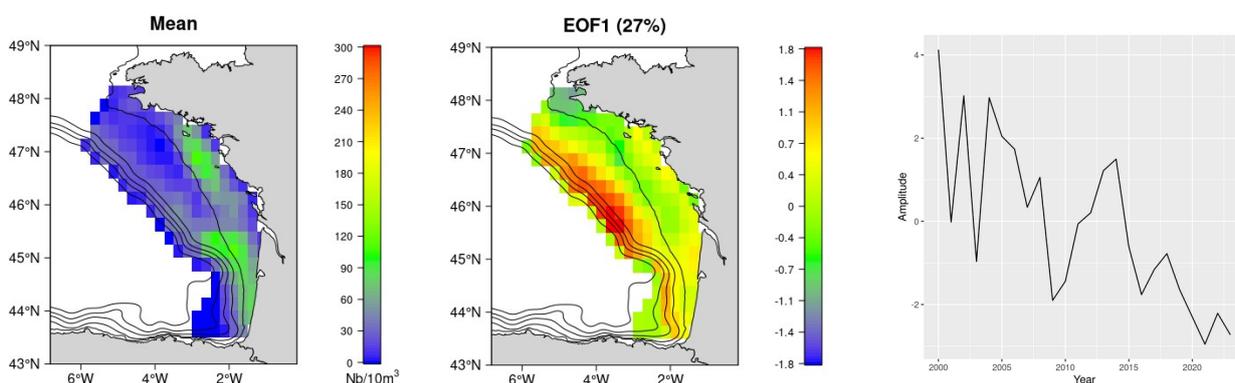


Fig. 2.2.5.12. Distribution des œufs de sardine au printemps et son évolution caractérisée par l'analyse EOF. Carte moyenne entre 2000 et 2023 (à g.), patron spatial de la première EOF (centre) et l'amplitude temporelle associée (à dr.).

- La sardine pond également à l'automne, même si ce pic de ponte est moins important qu'au printemps, principalement le long de la côte dans le Golfe de Gascogne, et dans les baies de Plymouth et de Seine en Manche (Fig.2.2.5.13). La ponte est négligeable en hiver, en tout cas en Mer d'Iroise, et s'arrête en juillet-août comme témoigné également par la campagne Sentinelle de 2021 (Tâche 2.3).

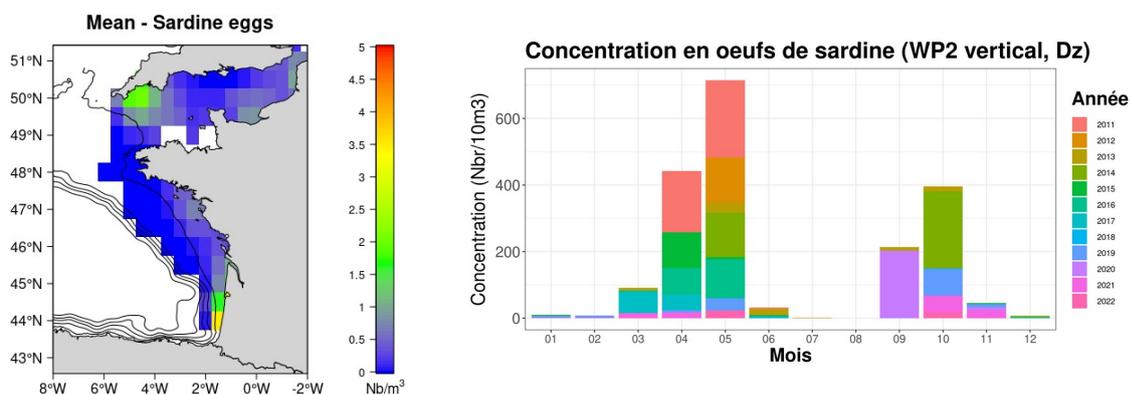


Fig. 2.2.5.13. Distribution moyenne des œufs de sardine à l'automne lors des campagnes EVHOE et CGFS (à g.), et distribution saisonnière à partir du suivi PNMIR (à dr.).

- La quantité d'œufs pondus est à la baisse depuis 20 ans, au printemps tel qu'estimé sur la campagne PELGAS et dans le PNMIR, alors que celle-ci semble rester stable ou augmenter à l'automne.

En savoir plus

Huret, M., Cailliau C., Bourriau P., Le Mestre S., Danielou M-M., Forest B., Doray M., Petitgas P., Pouline P., Romagnan J-B. 2023. Combinaison de réseaux d'observation pour caractériser les frayères sur la façade Atlantique. Séminaire IFREMER/OFB 'Zones Fonctionnelles Halieutiques', Novembre 2023, Nantes.

Huret Martin, Duhamel Erwan, Michelet Nicolas, Joguet Manon (2024). Projet DEFIPEL. Campagnes Sentinelles. Baie de Seine - 26-28 Juin 2020 et 26-27 Juillet 2021. Ref. PDG/RBE/HALGO/LBH-2024-01. Ifremer. <https://doi.org/10.13155/99738>

- **2.5.6. Variabilité spatio-temporelle de la fécondité relative journalière des anchois et sardine du Golfe de Gascogne**

Objectifs

Une diminution de la taille et/ou de la condition peut être due à un changement dans le compromis entre croissance et reproduction. Afin d'étudier si l'investissement dans la reproduction avait évolué dans le temps et l'espace, un indice de fécondité relative journalière spatialisé a été développé pour la première fois pour les anchois et sardine du Golfe de Gascogne. La variabilité spatio-temporelle de ce nouvel indice de fécondité relative a été étudiée chez les deux espèces, afin de définir si leur investissement reproductif avait changé au cours de la période.

Méthodes

Les cartes de production journalière d'œufs issues de la pompe de surface CUFES ont été divisées par les cartes de biomasses issues des données acoustiques collectées pendant la campagne PELGAS, afin de produire pour la première fois des cartes de fécondité relative journalière pour l'anchois et la sardine du Golfe de Gascogne au printemps (2000-2019). Des analyses multivariées ont été appliquées sur les séries de carte afin de caractériser les principaux patrons spatiaux des cartes de fécondité et étudier leur évolution dans le temps (analyse par Empirical Orthogonal Functions, EOF, Petitgas et al., 2014).

A retenir

La fécondité relative journalière de l'anchois du Golfe de Gascogne était en moyenne plus élevée dans une zone centrale comprise entre 44 et 47° N. La fécondité de l'anchois a augmenté au Nord de cette zone depuis 2000 (Figure 2.2.5.14).

La fécondité relative journalière de la sardine du Golfe de Gascogne était en moyenne plus élevée dans le Nord Ouest de la zone, entre 2.5 -4.5° W. La fécondité de la sardine a fortement diminué dès 2001 dans le Nord Ouest du Golfe de Gascogne, et à partir de 2014 dans le Sud (Figure 2.2.5.14).

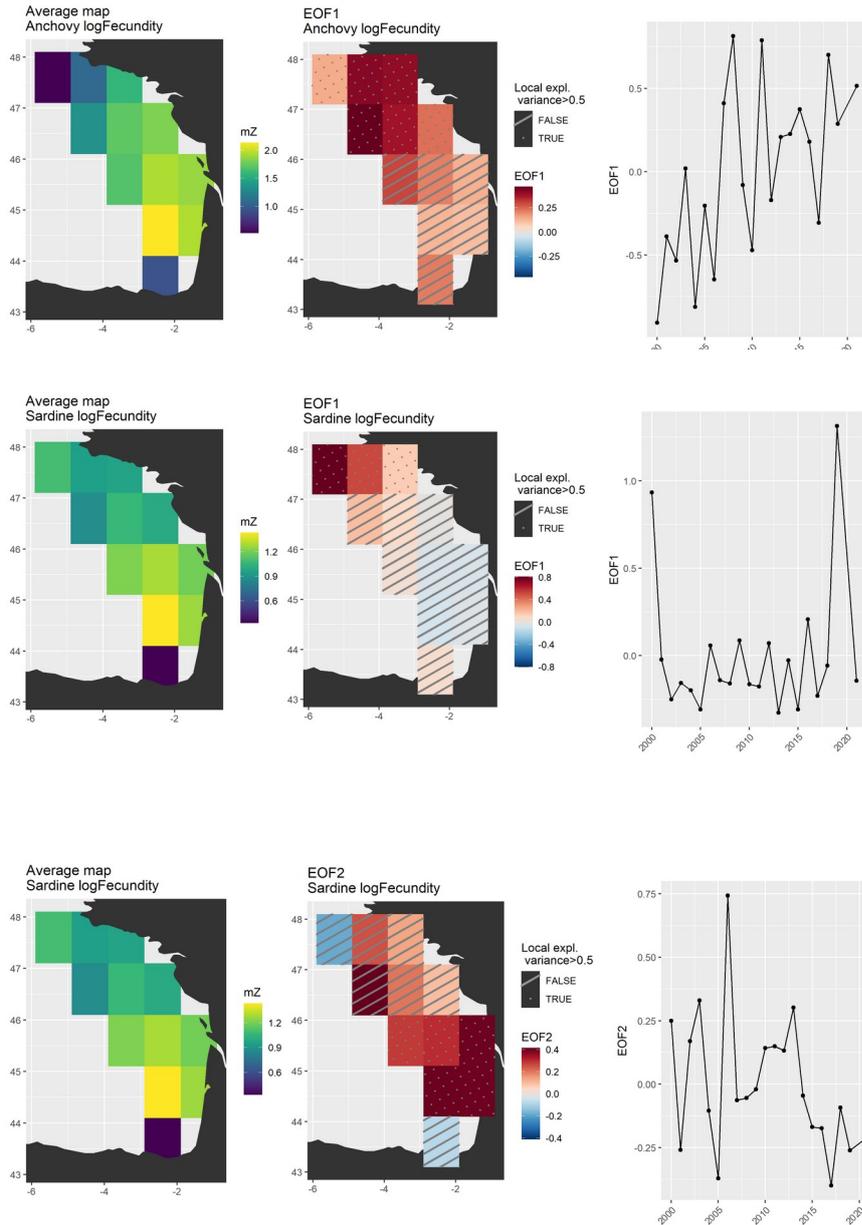


Figure 2.2.5.14 . Colonne de gauche : cartes de fécondité journalière relative moyennes (gauche). Colonne du milieu : cartes des principaux patrons spatiaux des anomalies à la moyenne (EOF1 anchois, EOF1&2 sardine). Colonne de droite : évolution dans le temps des patrons d'anomalies. Première ligne : anchois, lignes 2&3 : sardine, Golfe de Gascogne, printemps. Hachures : zones à forte variabilité temporelle : résultats plus incertains.

En savoir plus

Doray Mathieu, Duhamel Erwan, Huret Martin (2023). Comparison of ICES WGACEGG acoustic and egg-based fish biomass indices . ICES WGACEGG 2023 Working Document . <https://doi.org/10.13155/97286>

- **2.5.7. Variabilité spatio-temporelle des traits biologiques des anchois et sardine du Golfe de Gascogne**

Objectifs

L'étude conjointe de l'évolution des traits biologiques d'une espèce dans l'espace peut permettre d'étudier les interactions locales entre les principaux processus biologiques (croissance, reproduction, mortalité...) expliquant la dynamique globale de la population, et d'identifier des contingents spatialement disjoints au sein des populations, qui auraient suivi des migrations/trajectoires de vie différentes (Secor, 1999). La variabilité spatio-temporelle des traits biologiques spatialement explicites fournis par la campagne PELGAS pour l'anchois et la sardine du Golfe de Gascogne a été analysée, afin de déterminer si des contingents présentant des trajectoires contrastées pouvaient être mis en évidence. L'évolution conjointe des traits biologiques décrivant la croissance, la survie et la reproduction de chaque contingent a été étudiée, afin de préciser les processus ayant conduit à la baisse de condition des anchois et sardine observée dans le Golfe de Gascogne depuis deux décennies.

Méthodes

Des séries de cartes de traits biologiques ont été produites à partir des données de la campagne PELGAS (Golfe de Gascogne, printemps, 2000-2019). Ces traits décrivaient : l'abondance (cartes d'abondance et biomasse comme proxys de la survie / productivité) ; la croissance / condition (cartes de longueurs-aux-âges et poids moyen) et la reproduction (cartes de nombre d'œufs pondus et de fécondité journalière relative, cf. section précédente). Une analyse spatio-temporelle multivariée (Multiple Factor Analysis, MFA) a été appliquée aux séries de cartes afin : i) d'identifier et cartographier d'éventuels contingents au sein des populations, ii) caractériser les traits biologiques qui les structurent, et iii) étudier la covariation des traits dans chaque contingent et population, pour formuler des hypothèses sur les processus biologiques sous-jacents.

A retenir

Anchois

La population d'anchois était structurée selon deux gradients principaux de traits biologiques : i) un gradient Nord-Sud, caractérisé par une abondance croissante et des poissons plus petits à partir de 2015 vers le Sud ; ii) un gradient secondaire côte-large, avec des poissons plus grands vers le large. Trois contingents ont été identifiées à l'intersection de ces gradients : un contingent 1 occupant le Nord-Ouest du Golfe de Gascogne, un contingent 2 du large au Sud, et un contingent 3 côtier au centre Sud du Golfe (Figure 2.2.5.15).

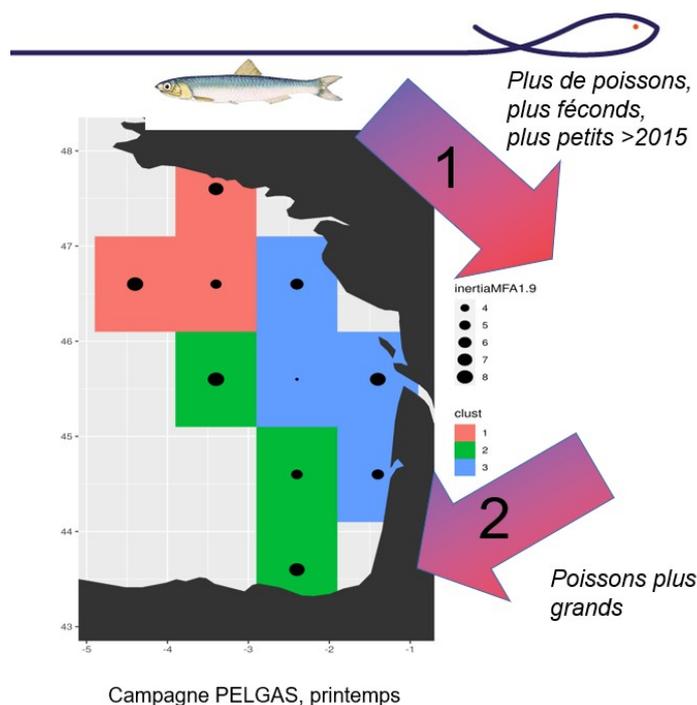


Figure 2.2.5.15 . Cartographie des contingents d’anchois du Golfe de Gascogne au printemps (zones colorées), issue de l’analyse spatio-temporelle multivariée (Multiple Factor Analysis, MFA) de leurs principaux traits biologiques (abondance, croissance, reproduction, 2000-2019). Les flèches indiquent les principaux gradients de traits biologiques structurant les contingents (gradients des 2 premiers axes principaux de la MFA)

Les tendances d’évolution des traits biologiques au sein des 3 contingents sont présentées dans la table 2.2.5.1.

Table 2.2.5.1 . Tendence d’évolution des traits biologiques étudiés dans les 3 contingents d’anchois. Golfe de Gascogne, 2000-2019.

	Sous-population 1	Sous-population 2	Sous-population 3
Abondance	→	↔	↔
Croissance	→	↔	↔
Reproduction	→	↔	↔

Densité dépendance?

Priorité reproduction?

Les indicateurs d’abondance, de croissance et de reproduction (fécondité) du contingent d’anchois 1 (Nord-Ouest) n’ont pas varié entre 2000 et 2019. La dynamique de ce contingent, qui représente peu de biomasse, ne semble donc pas avoir changé depuis 2 décennies. Les indicateurs d’abondance et de reproduction ont augmenté au cours de la période dans les contingents d’anchois 2 et 3. Dans le même temps, les indicateurs de croissance ont diminué dans ces contingents. Ces résultats suggèrent que des phénomènes de densité-dépendance (plus de poissons se partageant la même ressource trophique) et d’augmentation de l’investissement reproductif (plus de ressources investies pour produire des œufs) pourraient

avoir contribué à la baisse de la croissance du contingent anchois le plus abondant au printemps dans le Sud du Golfe de Gascogne.

Sardine

La population de sardine était structurée selon deux gradients principaux de traits biologiques : i) un gradient Nord-Sud, caractérisé par des poissons plus petits vers le Sud ; ii) un gradient secondaire côte-large, avec moins de poissons vers le large. Un total de 4 contingents ont été identifiés à l'intersection de ces gradients : une contingent 1 occupant le centre du Golfe de Gascogne, un contingent 2 au Sud, un contingent 3 des côtes Sud de la Bretagne au large, et un contingent 4 à l'extrémité Nord-Ouest du Golfe (Figure 2.2.5.16).

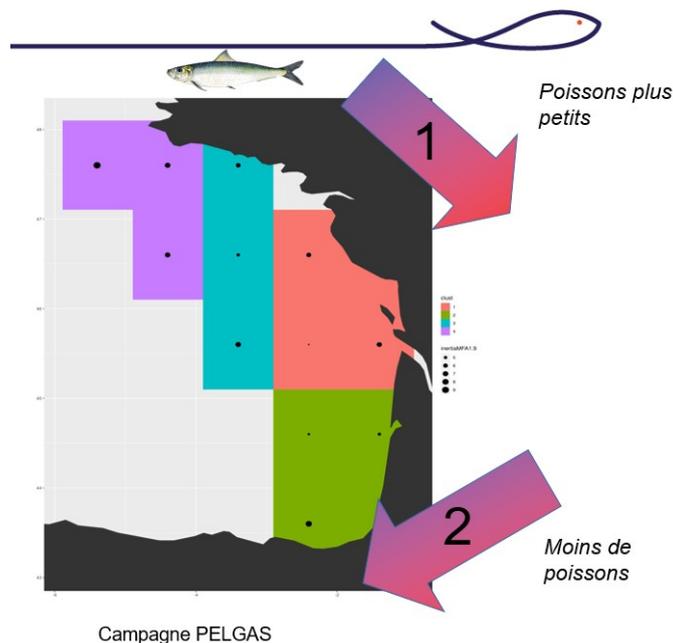


Figure 2.2.5.16 . Cartographie des contingents de sardine du Golfe de Gascogne au printemps (zones colorées), issue de l'analyse spatio-temporelle multivariée (Multiple Factor Analysis, MFA) de leurs principaux traits biologiques (abondance, croissance, reproduction, 2000-2019). Les flèches indiquent les principaux gradients de traits biologiques structurant les contingents (gradients des 2 premiers axes principaux de la MFA)

Les tendances d'évolution des traits biologiques au sein des 3 contingents sont présentées dans le table 2.2.5.2.

Table 2.2.5.2 . Tendance d'évolution des traits biologiques étudiés dans les 3 contingents de sardine. Golfe de Gascogne, 2000-2019.

	Sous-pop. 1	Sous-pop. 2	Sous-pop. 3	Sous-pop. 4
Abondance	↗	↗	↘	↘
Croissance	↘	↘	↘	↘
Reproduction	↗	↗	↗	↗

Densité dépendance?

Les indicateurs d'abondance, de croissance et de reproduction (fécondité) des contingents de sardine 3 et 4 occupant le Nord-Ouest du Golfe de Gascogne ont baissé entre 2000 et 2019, indiquant un déclin marqué. Les indicateurs d'abondance ont augmenté, tandis que les indicateurs de reproduction et croissance ont diminué au cours de la période dans les contingents de sardine 1 et 2 de l'Est et du Sud du Golfe. Ces résultats suggèrent qu'un phénomène de densité-dépendance (plus de poissons se partageant la même ressource trophique) pourrait avoir contribué à la diminution de la croissance observée chez la sardine dans le Sud et l'Est du Golfe de Gascogne.

T2.6. Modélisation intégrée du cycle de vie pour la quantification des facteurs influençant les traits d'histoire de vie.

Contributeurs : Martin Huret, Clara Menu, Mathieu Doray

Objectifs

Nous avons exploré dans cette tâche les facteurs intrinsèques à la population (densité dépendance) et extrinsèques (température, nourriture) ayant pu impacter le déclin de la taille des anchois et sardine, dans les golfes de Gascogne et du Lion, entre 2000 et 2020. L'impact de ces facteurs a été exploré dans un cadre de modélisation mécaniste, afin de comprendre et quantifier les processus en jeu aux échelles individuelles et populationnelles ainsi que les interactions entre ces 2 échelles du vivant. L'ensemble de ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse de Clara Menu (Menu, 2024).

Méthodes

Le modèle développé repose à l'échelle individuelle sur un module bioénergétique, basé sur la théorie DEB (Dynamic Energy Budget), permettant de simuler la croissance, la reproduction, et indirectement la mortalité des individus. Le modèle est forcé par la température et la concentration en nourriture représentée par le zooplancton, ces 2 variables provenant de modèles biogéochimiques seuls à même de fournir ces variables de manière continue aux échelles saisonnières et interannuelles, ainsi que dans les 3 dimensions de l'espace. La dimension spatiale n'ayant pas été explorée dans notre travail, nous avons intégré ces forçages à l'échelle de l'habitat de nos populations d'intérêt, afin d'obtenir des séries journalières de température et zooplancton entre 2000 et 2019.

A l'échelle de la population, nous avons couplé le DEB à un module IBM (Individual Based-Model), permettant le suivi d'un grand nombre d'individus aux caractéristiques propres, c'est à dire ici la date de naissance impliquant des trajectoires individuelles différentes en fonction de l'environnement vécu, et un paramètre lié à la taille (-le zoom factor du DEB-). L'IBM assure la continuité entre générations au travers de la quantification du nombre d'œufs produits lors de la reproduction, la génération de nouveaux individus, et leur mortalité naturelle ou par pêche. L'échelle population peut impacter l'échelle individuelle via un processus de densité dépendance. Ceci est paramétré au travers d'une limitation de la disponibilité en nourriture en fonction de la biomasse de la population.

Le travail s'est décomposé en 3 parties, ajoutant progressivement des niveaux de détail, mais aussi de complexité, dans les processus explorés. La première s'intéresse uniquement à l'échelle individuelle et explore l'hypothèse bottom-up d'un impact de la quantité et de la qualité de la nourriture pour expliquer la diminution de croissance de l'anchois et de la sardine (Menu et al., 2023). En même temps, réaliser ce travail sur nos trois façades maritimes nous a permis d'explorer l'impact d'environnements contrastés sur les traits observés chez les populations d'anchois et de sardine occupant chacune d'elles. La seconde partie s'est concentrée sur la calibration d'un modèle de dynamique de population des 2 espèces dans le Golfe de Gascogne, et sur sa capacité à reproduire la variabilité inter-annuelle, sur l'abondance de ces populations notamment. La troisième a exploré, à l'aide de ce modèle calibré, différents scénarios ayant pu expliquer la diminution de taille de nos populations : i) déclin de la biomasse du zooplancton, ii) déclin de la qualité du zooplancton, iii) augmentation de la durée d'alimentation en lien avec un changement de comportement alimentaire vers la filtration pour faire face à la diminution de taille des proies, iv) augmentation des coûts de maintenance

également en lien avec la diminution de taille des proies, et v) augmentation de l'allocation énergétique à la reproduction.

A retenir

- La variabilité entre environnements de nos 3 façades, et en priorité la nourriture, explique la majeure partie de la variabilité de croissance observée entre les différentes populations (Fig.2.2.6.1).
- Les forçages environnementaux disponible entre 2000 et 2015 ne nous permettent pas de reproduire la diminution de la croissance observée (Fig.2.2.6.1).

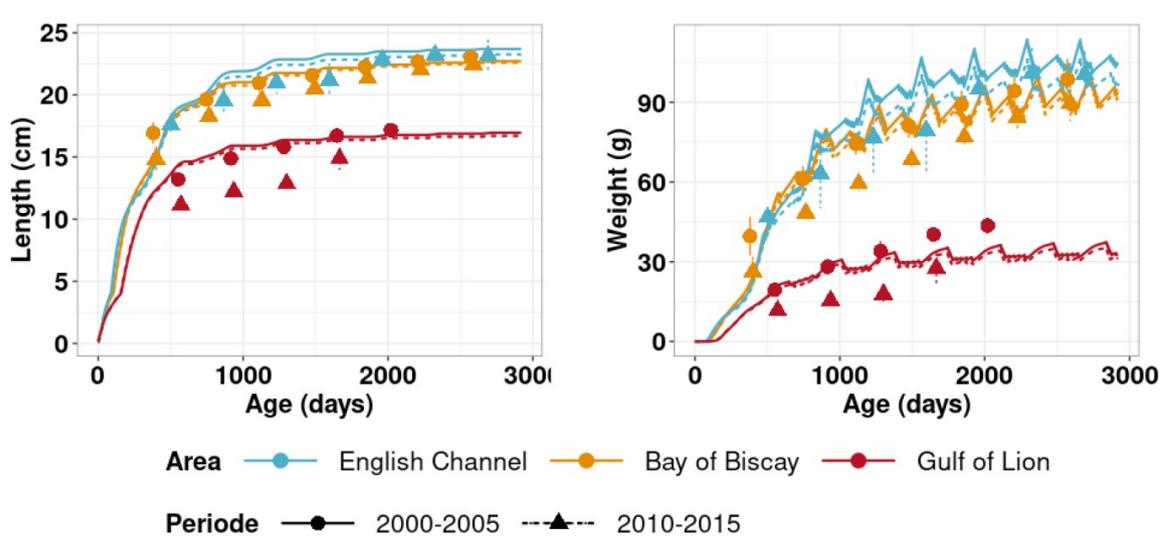


Fig.2.2.6.1. Croissance simulée par le modèle DEB pour la sardine, avec des forçages en température et zooplancton issus du modèle Seapodym, pour les populations de nos trois façades maritimes et pour 2 périodes distinctes (2000-2005 -gros poissons- et 2010-2015 -petits poissons-)

- En se basant sur une analyse par scénarios à l'échelle individuelle, une baisse de la qualité du zooplancton est privilégiée vis à vis d'une baisse de la biomasse pour expliquer la diminution de la croissance chez nos espèces.
- La calibration du modèle à l'échelle des populations s'est avérée très délicate, du fait de la sensibilité aux conditions initiales et à la formulation de certains processus tels que la densité-dépendance. Il semble manquer de l'information dans les forçages, telles que de la variabilité sur la taille et la quantité de la nourriture, ou certains processus dans le modèle, pour pouvoir simuler de manière satisfaisante la dynamique de population passée.
- Néanmoins, à l'échelle de la population, l'abondance de l'anchois semble plus sensible à la biomasse du zooplancton que celle de la sardine. La variabilité interannuelle de taille des anchois est principalement due à la biomasse de zooplancton jusqu'en 2014-2015. La taille de la sardine est peu sensible à la variabilité de biomasse du zooplancton, mais cette espèce aurait vu ses coûts de maintenance augmenter depuis 2007-2008, ce qui s'expliquerait par un changement dans leur mode d'alimentation avec davantage de filtration en réponse à la diminution de taille du zooplancton (cf. T1.4).

En savoir plus

Menu Clara, Pecquerie Laure, Bacher Cedric, Doray Mathieu, Hattab Tarek, Van Der Kooij Jeroen, Huret Martin (2023). Testing the bottom-up hypothesis for the decline in size of anchovy and sardine across European waters through a bioenergetic modeling approach. *Progress In Oceanography* , 210, 102943 (20p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102943> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00812/92434/>

Menu Clara. 2024. Modélisation de la dynamique de population et de l'évolution des traits biologiques de l'anchois et de la sardine du Golfe de Gascogne au travers d'une approche couplée DEB-IBM. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.

T2.7. Développement d'indicateurs sur l'état de la ressource

Un total de 40 indicateurs de l'état de la ressource ont été initialement identifiés. Ces indicateurs concernaient le Golfe de Gascogne, où les données étaient les plus abondantes et provenaient essentiellement des données de la campagne PELGAS (38 indicateurs) et des conserveries (2 indicateurs). Ils décrivaient l'abondance des œufs et des adultes d'anchois et de sardine, l'abondance et la structure en taille des petits poissons pélagiques adultes, et la structure en âge des anchois et sardine adultes.

Lors d'une première étape de sélection basée sur la redondance et la pertinence des indicateurs, 24 indicateurs ont été éliminés. Les 16 indicateurs restants ont été soumis à la procédure d'analyse par MAFA (cf. tâche 5.1) définie dans le cadre du projet pour sélectionner les séries temporelles d'indicateurs présentant les tendances les plus marquées. Un total de 6 indicateurs ont été retenus par l'analyse MAFA (tâche 5.1, [tableau de bord DEFIPEL](#) et figure 2.2.7.1).

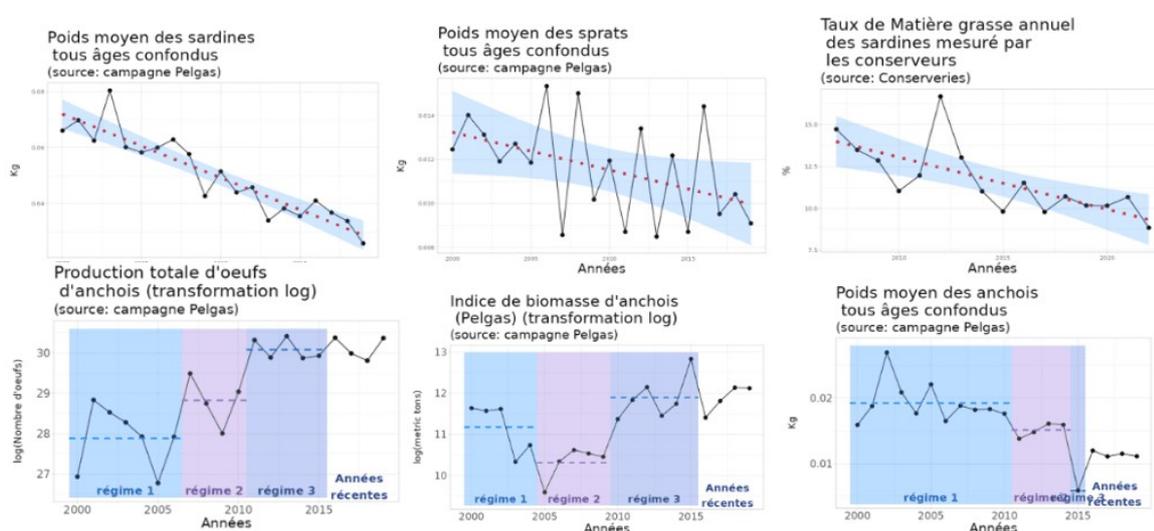


Figure 2.2.7.1 : Séries temporelles des indicateurs de l'état de la ressource petits poissons pélagiques du Golfe de Gascogne présentant les tendances les plus marquées.

3 indicateurs présentaient des tendances (hausse ou baisse constantes) sur les deux dernières décennies :

- Poids moyen des sardines tous âges confondus (baisse).
- Poids moyen des sprats tous âges confondus (baisse).
- Taux de Matière grasse annuel des sardines mesuré par les conserveurs (baisse).

3 indicateurs (sur 14) ont connu des changements de régime sur les deux dernières décennies sans alarmes sur les années récentes :

- Production totale d'œufs d'anchois
- Indice de biomasse d'anchois (Pelgas)
- Poids moyen des anchois tous âges confondus

2 indicateurs sélectionnés indiquent que l'une des tendance lourdes dans la ressource du Golfe de Gascogne a concerné l'abondance de la population d'anchois (œufs et adultes). La population d'anchois a en effet fortement diminué au début de la période, suscitant la fermeture de la pêcherie de 2005 à 2010. La population d'anchois s'est rétablie à des niveaux élevés d'abondance à partir de 2010.

Les 4 autres indicateurs sélectionnés (indicateurs de poids moyen et taux de matière grasse) témoignent de la baisse rapide de la condition des petits poissons pélagiques dans le Golfe de Gascogne depuis 2 décennies.

En savoir plus

Tableau de bord DEFIPEL : <https://defipel-tdb.ifremer.fr/>

T3.1. Définition d'une typologie des flottilles « petits pélagiques » par analyse de données d'activité, économiques et par enquêtes. Atelier de restitution et discussion des typologies.

Contributeurs : Gabriel Lahellec, Fabienne Daurès, Sigrid Lehuta

Objectifs

Les flottilles constituent l'articulation entre le marché et la ressource et garantissent la production. Cependant les navires du Golfe de Gascogne ciblant les petits pélagiques présentent une grande diversité de stratégies dont résultent des niveaux de dépendance, vulnérabilité et performance différents. L'objectif de cette tâche était d'identifier des groupes de navires homogènes par leur activité et dépendance aux petits pélagiques (typologie) afin de calculer les indicateurs économiques à une échelle pertinente.

Méthodes

La classification que nous proposons ici vise à regrouper les navires ciblant les petits pélagiques en fonction des similitudes de leurs stratégies de pêche annuelles. Elle s'inspire de la méthode proposée par Pelletier et Ferraris (2000) et explorée par un certain nombre d'auteurs pour des travaux de classification (Ulrich et Andersen, 2004 ; Daurès et al., 2009 ; Moore et al., 2019 ; Schadeberg et al., 2021). Nous avons utilisé une analyse de regroupement en deux étapes. Les stratégies annuelles ont d'abord été déterminées à l'aide d'une ACP suivie d'un premier regroupement de couples navire-année basé sur les métriques d'activité annuelle des navires. L'originalité consiste à séparer les métriques par saison (novembre-avril/mai-octobre) afin de révéler les différences entre navires à l'échelle infra-annuelle. Les métriques décrivent classiquement les métiers principaux pratiqués (pourcentage des mois d'activité par métier comme reporté dans les calendriers d'activité), la part de chaque espèce ou groupe d'espèces dans la valeur débarquée et le nombre d'espèces constituant 80% du chiffre d'affaires.

Ensuite, un deuxième regroupement a été effectué à l'échelle du navire, en utilisant la collection de stratégies affichées au fil des ans pour former des groupes de navires, c'est-à-dire des sous-flottilles. Contrairement aux méthodes classiques, la segmentation se base sur les trajectoires historiques des navires entre 2010 et 2018 (période de disponibilité de série temporelles cohérentes issues de journaux de bord) plutôt que sur les pratiques courantes, pour mettre en évidence le potentiel d'adaptation.

A retenir

- La typologie développée distingue d'une part 11 stratégies développées par la flotte des 89 chalutiers ciblant les petits pélagiques qui sont répartis en 11 sous-flottilles et d'autre part 5 stratégies développées par la flotte des 33 bolincheurs répartis en 3 sous-flottilles.
- Le groupe de chalutiers est très hétérogène, avec peu de navires par sous-flottille et a posteriori, on identifie que l'activité est bien structurée sur la base de la taille du navire et du port d'attache.
- Trois sous-flottille (Figure 2.3.1.1, A1, A2 et A3) sont orientées vers la sardine (couleurs bleues) et se distinguent par les autres espèces cibles (autres pélagiques ou démersaux). Les navires ciblant l'anchois se distinguent en trois sous-flottilles (B1, B2 et B3) selon qu'ils l'ont conservé ou ont adopté le germon (stratégies vertes) ou la stratégie sardine-merlu (stratégie rouge) après la réouverture de la pêche en 2005. Les autres sous-flottilles ciblent une variété de

petits poissons pélagiques, le germon et des espèces démersales dans des proportions variées.

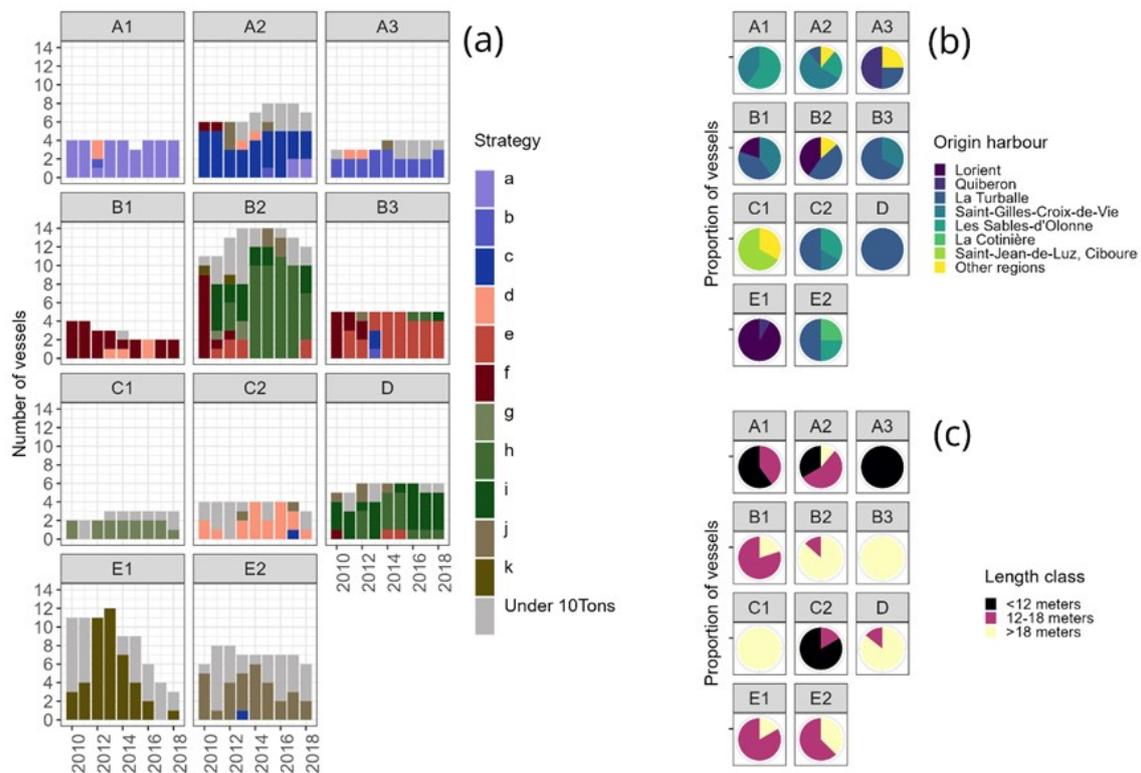


Figure 2.3.1.1 : a) Classification du groupe de chalutiers et évolution stratégique au sein de chaque sous-flotte (panneaux), les barres indiquent le nombre total de navires chaque année ainsi que la proportion de navires utilisant chaque stratégie (couleurs) ou ayant pêché moins de 10 tonnes de pélagique (gris). (b) Port d'origine (du nord au sud) et (c) longueur des navires pour chaque sous-flotte. a : Sardine (80%) ; b : Sardine (64%) ; c : Sardine (62%) ; d : Other pelagics (34%) ; e : Sardine (39%) ; f : Anchovy (36%) ; g Albacore (63%) ; h : Albacore (48%) ; i : Albacore (45%) ; j : Other demersals (28%) ; k : Nephrops (52%).

- Malgré la diversité des stratégies identifiées pour les chalutiers, chaque navire a fait preuve de choix limités et d'un haut niveau de spécialisation. Cela révèle des limitations sous-jacentes qui restreignent la capacité d'adaptation individuelle.
- Le groupe de bolincheurs est plus homogène avec une distinction majeure entre navires de Bretagne, fortement dépendants aux petits pélagiques et navires du pays basque, dont le thon rouge représente une large part des débarquements. L'OP d'appartenance corrélée avec le port d'attache apparaît également comme structurante. Les deux stratégies des bolincheurs bretons se distinguent par la part de sardine dans la production hivernale.

En savoir plus

Lahellec, G. 2020. Typologie de la flotte de pêche exploitant les petits pélagiques dans le Golfe de Gascogne et identification des facteurs influençant leur stratégie d'exploitation. Mémoire de fin d'études - Agrocampus-Ouest.

Lahellec, G., Daurès, F., Lehuta, S. (2024). Revealing the adaptation strategies of pelagic fleets in the Bay of Biscay by combining fishery data and fishers' knowledge. ICES Journal of Marine Science. fsae171, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae171>

T3.2. Atelier d'identification des facteurs bottom-up (disponibilité et qualité de la ressource) et top-down (marchés, contraintes réglementaires et économiques) influençant les stratégies à différentes échelles temporelles.

Contributeurs : Gabriel Lahellec, Fabienne Daurès, Sigrid Lehuta

Objectifs

Cette tâche avait pour objectif de cerner l'ensemble des éléments moteurs et des contraintes qui régissent l'activité et l'adaptabilité des flottilles pélagiques ciblant, entre autres, l'anchois et la sardine du Golfe de Gascogne mais qui dépendent plus largement d'un portfolio d'espèces pélagiques (bar, thon, chinchards, etc.) et dans une moindre mesure d'espèces démersales. On s'intéresse aux stratégies des flottilles à différentes échelles temporelles, notamment inter- et intra-annuelle, afin de mettre en évidence et hiérarchiser les principaux facteurs économiques, réglementaires, écologiques et environnementaux qui déterminent et contraignent l'activité.

Méthodes

La méthodologie présente l'originalité de combiner méthodes quantitatives et qualitatives pour mettre en évidence les principaux facteurs à l'origine des décisions des pêcheurs. La partie quantitative s'appuie sur une projection sur la période 2000-2020 de la typologie réalisée dans la tâche 3.1. sur la période 2010-2018 par des méthodes d'ordination. L'intérêt d'estimer sur une période fixe puis de projeter la classification sur de nouvelles années est de pouvoir prolonger la typologie sans remettre en question les classements passés (ajout d'individus illustratifs). Néanmoins une stratégie émergente ne pourra pas être détectée, il est donc conseillé de remettre à jour la classification régulièrement. Les trajectoires des navires en termes de succession de stratégies dans le temps sont mises en relation avec le contexte réglementaire, économique ou écologique pour faire des hypothèses sur la raison sous-jacente.

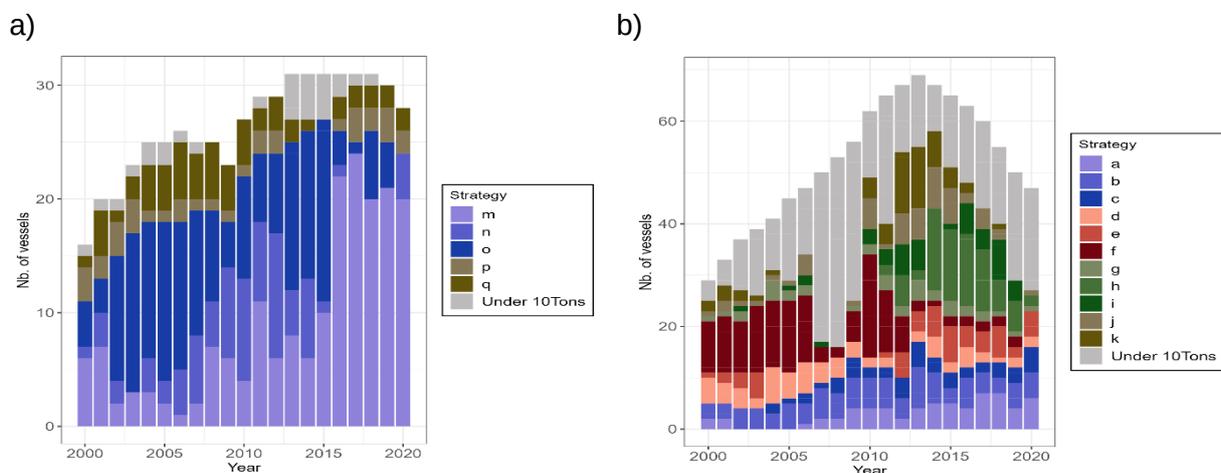


Figure 2.3.2.1: Évolution de l'utilisation des stratégies dans les sous-groupes (a) des chalutiers et (b) des senneurs. Les stratégies de même couleur (c'est-à-dire bleues, rouges, vertes, etc.) présentent des similitudes. Les stratégies bleues ciblent principalement la sardine, les rouges divers pélagiques, les vertes le germon et les brunes les espèces démersales pour les chalutiers et les stratégies thon pour les bolincheurs basques.

La partie qualitative repose sur la réalisation d'enquêtes auprès des pêcheurs. Un protocole d'entretien semi-structuré a été mis au point et administré auprès de patrons-pêcheurs appartenant à la sous-flottille la plus dépendante à la sardine parmi les bolincheurs (3 patrons) et les chalutiers (3 patrons). L'activité des pêcheurs résulte d'une série de décisions prises à

différentes échelles de temps. Selon l'échelle temporelle, différents facteurs peuvent influencer la décision (Andrews et al., 2021). La stratégie à court terme (généralement appelée tactique de pêche) et la stratégie à long terme (Macher et al., 2008) sont les deux principales échelles temporelles prises en compte dans les études sur le comportement des pêcheurs. Nous avons choisi d'ajouter deux autres échelles temporelles pour déterminer leur importance dans les stratégies des pêcheurs : l'échelle « annuelle », habituellement utilisée pour caractériser l'activité de pêche et restituer les informations économiques (comptabilité), et l'échelle « saisonnière », car la pêcherie de petits pélagiques est connue pour être très saisonnière. Les enquêtés ont été interrogés sur les facteurs pris en compte dans leur choix d'activité aux différentes échelles. Une revue de la littérature a permis de lister les plus fréquemment cités et de les classer en cinq catégories : facteurs économiques, facteurs liés aux ressources marines, facteurs sociaux et personnels, facteurs liés à la réglementation et facteurs environnementaux. L'ordre de mention des facteurs par la personne interrogée a été enregistré selon l'hypothèse qu'il reflète leur importance. Les explications apportées et les autres éléments d'information fournis par le pêcheur ont été soigneusement consignés afin de compléter l'analyse qualitativement.

A retenir

- La méthode quantitative entraînée sur 2010-2018 a pu être étendue à la période 2000-2020 (Fig. 2.3.2.1). Elle met en évidence la convergence de groupes de navires anciennement distincts vers une unique stratégie fortement dépendante à la sardine toute l'année.
- Les changements de stratégie des chalutiers sont aisément associés aux changements majeurs dans la réglementation des espèces cibles (fermeture de la pêche à l'anchois 2005-2010, restrictions sur le bar en Manche 2012, nouvelles opportunités sur le merlu et le germon en 2013) révélant la réglementation et les opportunités de pêche comme des facteurs déterminants des adaptations inter-annuelles.
- Pour les bolincheurs bretons l'évolution notable est la progressive prépondérance de la stratégie 'sardine toute l'année' (m) au détriment des stratégies présentant une plus grande diversité des espèces débarquées en hiver (n et o). Elle s'est accompagnée d'une augmentation du nombre de navires. La première augmentation nette du ciblage de la sardine a lieu en 2011, et peut être reliée à la demande accrue en sardine après l'effondrement dans le Golfe du Lion puis l'absence de marché et les prix bas pour l'anchois. Une nouvelle augmentation très nette a lieu en 2016, suite à la chute du quota de maquereaux. Cela révèle que les opportunités de pêche et les débouchés structurent fortement l'activité.

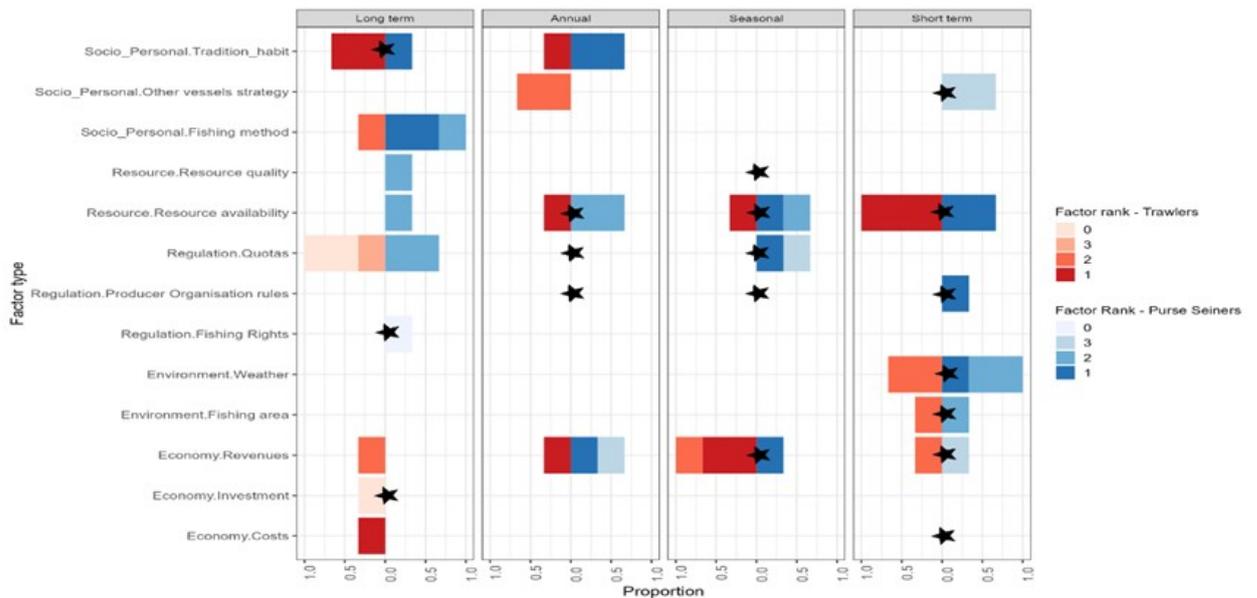


Figure 2.3.2.2 : Facteurs de décision à quatre échelles de temps différentes et pour cinq groupes de facteurs : Socio/personnels, liés aux ressources, à la réglementation, à l'environnement et à l'économie. Les nuances de couleur indiquent le rang du facteur dans les réponses du répondant (premier : 1, dernier : 3, sans importance : 0). Les étoiles noires indiquent les facteurs attendus a priori.

- L'enquête donne accès aux mécanismes de décision à plus fine échelle temporelle ou pour lesquelles les données manquent (Fig.2.3.2.2). La faible taille de l'échantillon (principalement due au confinement lié au Covid lors de l'étude en 2020) implique d'être précautionneux sur les conclusions des enquêtes. Cependant la cohérence des réponses entre navires d'une flottille, avec les informations provenant des OP et, pour certains aspects, entre flottilles, est rassurante.
- En particulier, l'accessibilité de la ressource (structure et localisation des bancs), la météo et la communication entre navires (surtout pour les bolincheurs) sont les principaux déterminants du comportement journalier. A long terme, l'attachement au métier, l'habitude et les opportunités de pêche (licences, quotas) sont structurants et n'auraient pas pu être mis en évidence quantitativement. Enfin, les aspects économiques sont surtout pris en compte au changement de saison.

En savoir plus

- Lahellec, G. 2020. Typologie de la flotte de pêche exploitant les petits pélagiques dans le Golfe de Gascogne et identification des facteurs influençant leur stratégie d'exploitation. Mémoire de fin d'études - Agrocampus-Ouest.
- Lahellec, G., Daurès, F., Lehuta, S. (2024). Revealing the adaptation strategies of pelagic fleets in the Bay of Biscay by combining fishery data and fishers' knowledge. ICES Journal of Marine Science. fsae171, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae171>

T3.3. Modélisation de la dynamique des flottilles et validation des indicateurs.

Contributeurs : Gabriel Lahellec, Dorian Frisch, Julie Daniaud, Corentin Duval, Lorenzo Mathieu, Youen Vermard, Jean-Baptiste Lecomte, Pierre Bourdaud, Sigrid Lehuta

Objectifs

La tâche 3.3 visait elle aussi à identifier les facteurs déterminants dans les décisions des pêcheurs mais également à prédire ces décisions dans de nouvelles situations. Elle est complémentaire de la tâche 3.2 mais utilise une méthode différente. La compréhension du comportement acquise par l'analyse des données historiques et les enquêtes sert de base pour construire un modèle prédictif du comportement de pêche. Celui-ci permettra également d'inférer et hiérarchiser parmi les facteurs explicatifs proposés ceux qui déterminent et contraignent les décisions. Les résultats obtenus par cette approche quantitative sont confrontés à ceux de l'approche par enquête.

Méthodes

On tente ici une approche novatrice de la prédiction du comportement de pêche non plus basée sur des modèles statistiques (logit multinomial et conditionnel) mais sur l'apprentissage profond (deep learning). Une revue de la bibliographie sur les modèles de comportement a d'abord permis i) de recenser les approches de modélisation utilisées pour la prédiction du comportement de pêche et les échelles auxquelles ils s'appliquent, puis ii) de lister les facteurs habituellement intégrés dans ces modèles (Frisch, 2021). Sur cette base, la méthode des arbres de régression renforcés (Boosted Regression Trees, BRT) a été sélectionnée et le jeu de données d'apprentissage a été construit.

Les arbres de régression renforcés sont une technique d'apprentissage automatique combinant les atouts des arbres de décision et des méthodes de renforcement (le boosting) afin de résoudre des problèmes de régression et de classification. Cette approche construit de manière itérative des arbres de décision simples, en corrigeant les erreurs des arbres précédents et en combinant leurs prédictions pour obtenir un modèle final plus précis et robuste. Le contexte d'utilisation des BRT est particulièrement adapté lorsque les données sont complexes et non linéaires, ou lorsque les interactions entre les variables explicatives sont importantes. Ils ne requièrent pas d'hypothèses concernant la distribution des données ou les relations entre les variables, contrairement aux modèles statistiques et ont l'avantage de pouvoir ainsi inclure simultanément des variables quantitatives et qualitatives. De plus, les BRT peuvent contrairement à d'autres méthodes être robustes dans des situations où un grand nombre de variables et un faible nombre d'individus sont disponibles.

Deux applications ont été réalisées lors de deux stages de Master. Le premier a permis la réalisation de la revue bibliographique sur les modèles de comportements et les facteurs habituellement utilisés ainsi que la préparation des jeux de données. Une analyse préliminaire de l'efficacité des arbres de régression boostés pour la prédiction des stratégies de pêche annuelles des navires de l'échantillon DEFIPEL chaque année sur la période 2010-2018 a été réalisée montrant la sensibilité des prédictions aux hyper-paramètres des BRT (nombre d'arbres, taux d'apprentissage, profondeur de l'arbre et nombre minimum d'observations dans les nœuds terminaux). Le second, sous la forme d'un projet tutoré, a permis d'optimiser les hyper-paramètres des arbres de régression (au lieu d'un fixage arbitraire) et de comparer cette méthode avec la régression logistique. Elle a été appliquée à la prédiction du métier pratiqué chaque semaine.

Dans les deux cas, prédiction de stratégie annuelle ou de métier hebdomadaire, le jeu de données comprend :

- un très grand nombre de des prédicteurs : représentés par des métriques utilisées comme proxy des facteurs de décision (quotas, licences, indices d'abondance, comportement passé, chiffre d'affaires, prix de vente, prix du gasoil...) représentant l'environnement économique (prix de vente, prix du gasoil, ...), réglementaire (quotas, licences), l'expérience personnelle (comportements passés, chiffre d'affaire, ...) et biologique des stocks exploités (indices d'abondance, tailles moyennes, ...) pour toutes les flottilles analysées.
- et une variable à prédire catégorielle. Dans le premier cas, il s'agit des stratégies réalisées par les navires de l'échantillon DEFIPEL chaque année sur la période 2010-2018 (681 observations) et dans le second cas, du métier principal pratiqué par chacun des neuf navires de la flottille de chalutiers sardiniers de Vendée chaque semaine entre 2010 et 2020 (112 752 observations).

Malgré le succès relatif de l'approche, il n'a pas été possible de l'appliquer à l'ensemble des flottilles ni de coupler le modèle de comportement obtenu au modèle de simulation ISIS-Fish dans le temps disponible.

A retenir

- Les modèles entraînés présentent de très bonnes capacités de prédiction (97% pour le modèle stratégie et 98.4% pour le modèle métier).
- Le modèle métier obtient une meilleure capacité de prédiction que des modèles statistiques plus classiques (80,6% de taux de bonnes classifications).
- Certaines stratégies sont cependant systématiquement moins bien prédites ('Sennes pélagiques PIL_autres », « Sennes pélagiques autres_autres » et « Chalutiers mixtes ALB_dermersaux), indiquant que le processus de décision pourrait s'appuyer sur des variables différentes de celles des autres stratégies ou qu'elles étaient mal représentées dans le jeu de données d'entraînement.
- De même certains métiers présentent des taux de prédiction plus faibles probablement dû à leur rareté (chalut pélagique à la sardine, chalut de fond au maquereau, chalut pélagique en paire au merlu) ou par le caractère opportuniste de l'activité (chalut pélagique en paire au bar ou au chinchard).

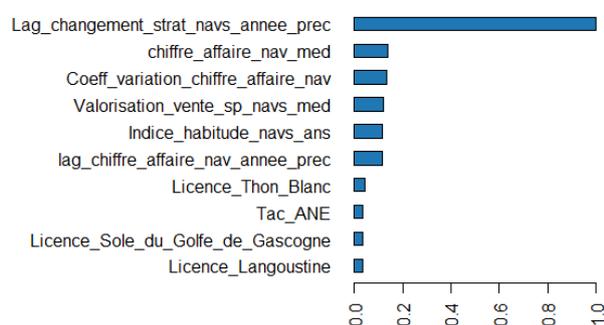


Figure 2.3.3.1 : Importance des variables dans le choix des stratégies. Ici 80% des données ont été utilisées pour construire le BRT. L'axe des abscisses représente l'importance d'une variable, et à gauche se trouvent les noms des variables

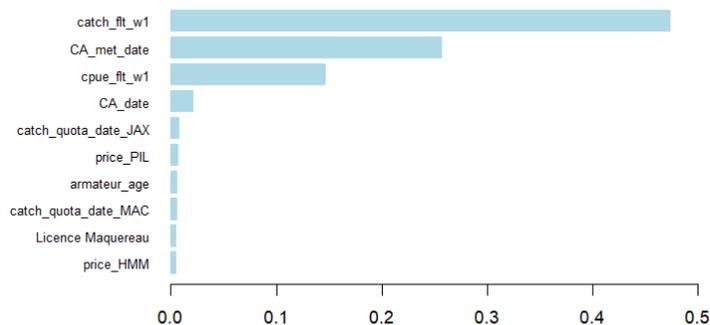


Figure 2.3.3.2 : Importance des variables dans le choix des métiers. Ici 80% des données ont été utilisées pour construire le BRT. L'axe des abscisses représente l'importance d'une variable, et à gauche se trouvent les noms des variables

- A l'échelle de la semaine, la décision semble principalement dépendre des débarquements et taux de captures de la flottille entière la semaine précédente, plutôt que les résultats individuels, ce qui confirme la communication entre navires identifiées dans l'enquête (Fig.2.3.3.1 et 2.3.3.1). Toutefois le chiffre d'affaire réalisé individuellement sur l'année jusqu'au pas de temps prédit ressort en 2nd en terme d'importance, mettant potentiellement en avant le poids du choix des individus de suivre ou non une tactique leur ayant été bénéfique jusqu'alors.
- L'établissement d'un parallèle entre les facteurs importants issus de l'enquête et ceux identifiés par le modèle était délicat, de nombreux facteurs mentionnés dans l'enquête n'ayant pas pu être approximés quantitativement ou de manière peu satisfaisante. Néanmoins l'habitude reste prédominante à toutes les échelles comme l'enquête le suggérait. Au contraire, le modèle met en avant les variables liées au chiffre d'affaires et aux prix, et les proxys d'aversion au risque qui ressortent peu de l'enquête ; tandis que l'enquête insiste sur des facteurs sociaux qu'il n'a pas été possible d'intégrer au modèle. La complémentarité est donc bien illustrée.
- La mise en place du jeu de données s'est révélée un exercice difficile : d'une part car l'accès aux données n'était pas toujours direct (prix du gasoil, météo, licences, quotas par OP...) et d'autre part, car l'élaboration des métriques proxy des facteurs identifiés au cours de l'enquête (habitudes, profitabilité, prise de risques...) requiert beaucoup de finesse dans l'usage des métriques et des échelles d'agrégation. Enfin, certaines données ne retranscrivent pas forcément la perception qui en est faite par les acteurs de la pêche (indice d'abondances annuel issu des campagnes différant de la perception court terme, coût du gasoil ne représentant pas l'exhaustivité des coûts, etc.)

En savoir plus

- Fritsch Dorian. 2021. Modélisation du comportement de pêche des flottilles pélagiques du Golfe de Gascogne. Master Modélisation en Ecologie et Statistiques. Université de Rennes 1 - Institut Agro. Livrable D3.3a.
- Frisch Dorian. 2021. Étude des différents modèles servant à modéliser la dynamique des flottes de pêche. Rapport bibliographique. Master MODE, Mention BEE. Université de Rennes 1 - Institut Agro. Délivrable D3.3b.
- Daniaud, J. Duval, C. Mathieu, L. 2023. Application de méthodes d'apprentissage supervisé pour la compréhension et la prédiction du comportement de navires de pêche. Projet statistique de 2e année. ENSAI. Délivrable D3.3c.

T3.4. Développement d'indicateurs sur l'activité des flottilles.

Un total de 131 variables a été collecté pour décrire la pêcherie de petits pélagiques, dont 109 ont été intégrées aux MAFAs. L'objectif était de rendre compte finement des dynamiques des 8 espèces d'intérêt pour DEFIPEL (sardine, anchois, maquereau, chinchard d'Europe, chinchard à queue jaune, bar, germon, thon rouge) et des différentes flottilles identifiées dans la tâche T3.1. Les variables sont regroupées en 5 catégories : captures officielles (source CIEM), production française (source DGAMPA-Ifremer SIH), effort (source DGAMPA-Ifremer SIH), performance (dépendance à la sardine, revenus, prix - source DGAMPA-Ifremer SIH) et quotas (source JORF-Ifremer SIH) qui décrivent les débarquements internationaux et français, l'activité (métiers) des flottilles françaises, les aspects économiques et les quotas de pêche et leur consommation.

16 indicateurs (sur 131) ont levé des alarmes sur les années récentes (2016-2021). Celles s'étant vérifiées traduisent bien la crise que traversent les flottilles. Elles concernent les captures de sardine des chalutiers bretons et vendéens qui fluctuent fortement et les revenus des chalutiers vendéens en forte baisse. L'effort et les captures d'anchois par les bolincheurs bretons est à la baisse, ainsi que les captures globales françaises et espagnoles en zone 27.8ab. En parallèle, le quota de maquereau lève une alerte à la baisse et le quota de germon est consommé en totalité. Seule la consommation du quota de merlu à la baisse pourrait représenter une opportunité de report, s'il ne traduisait pas une plus faible accessibilité de l'espèce.

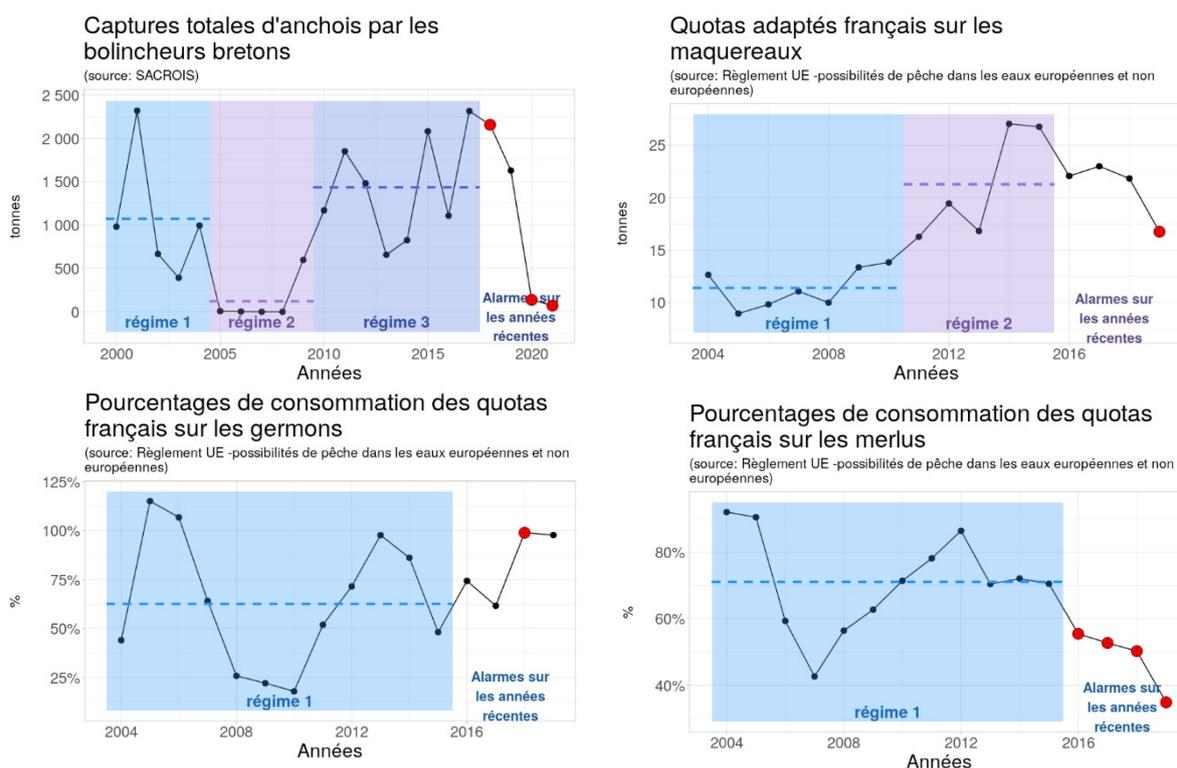


Figure 2.3.4.1: Exemples d'indicateurs présentant des alertes au cours des dernières années.

10 indicateurs présentent des tendances sur les 20 dernières années. Sans surprise, la dépendance à la sardine des chalutiers vendéens et bolincheurs bretons est en hausse constante, comme leur effort sur ce métier. Les prix des thons rouges et maquereaux présentent également une hausse ainsi que le quota de thon rouge, offrant ainsi des opportunités de report aux flottilles. Le nombre de chalutiers pélagiques est en baisse sur les

dernières décennies (divisé par 2 en 20 ans) suite aux crises successives et un report vers les espèces démersales.

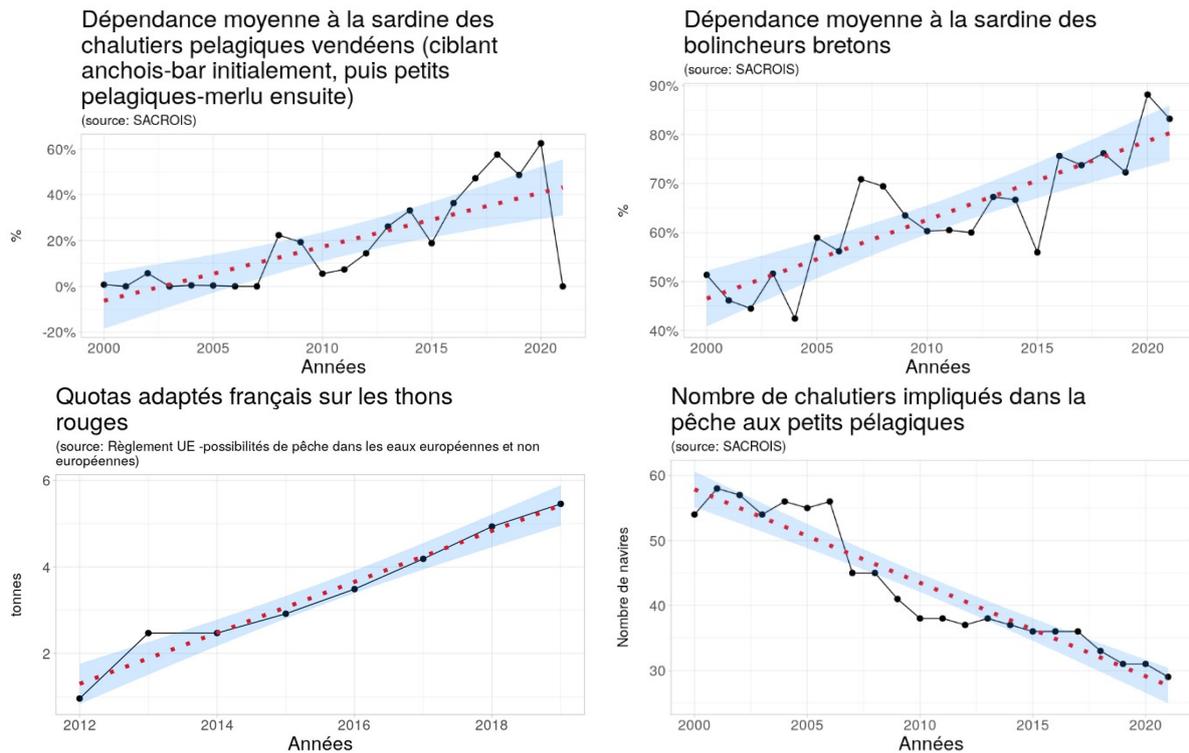


Figure 2.3.4.2: Exemples d'indicateurs présentant des tendances entre 2000 et 2020.

Les changements de régimes concernent 29 indicateurs. Ce nombre très élevé en comparaison des compartiments biologiques tient beaucoup à la plus faible inertie des facteurs anthropiques. Parmi les plus remarquables, la fermeture de la Baie de Seine et l'effondrement des captures en Manche -Mer du Nord est bien détectée. De même, l'augmentation des captures espagnoles en zones 27.8b suite à l'effondrement de la sardine Ibérique, donne lieu à un régime différent de 2011 à 2015 avant un lent retour à la normale.

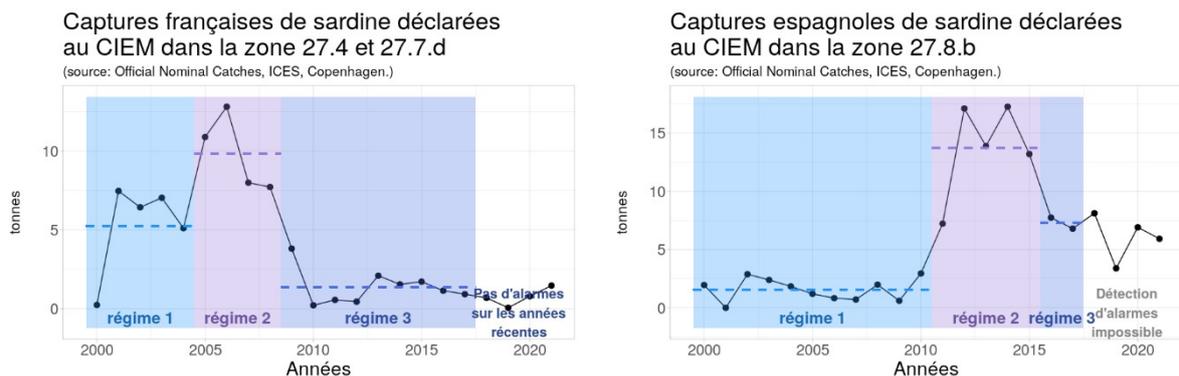


Figure 2.3.4.3: Exemple d'indicateurs sur les captures présentant des changements de régime entre 2000 et 2020.

Les changements de régimes de dépendance s'alignent entre les différentes espèces mettant en évidence les brutaux changements d'espèces cibles en réponse aux contraintes écologiques et réglementaires.

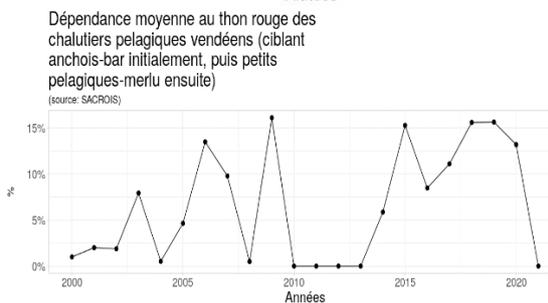
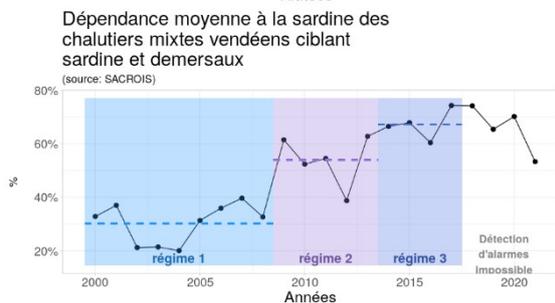
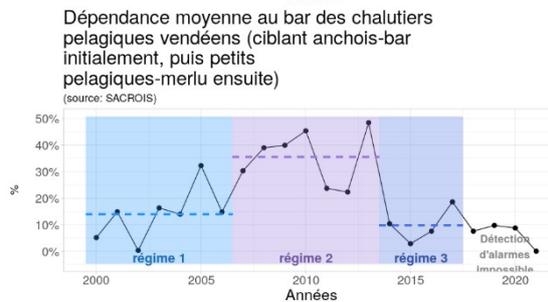
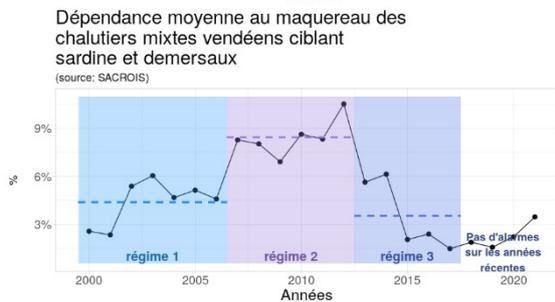
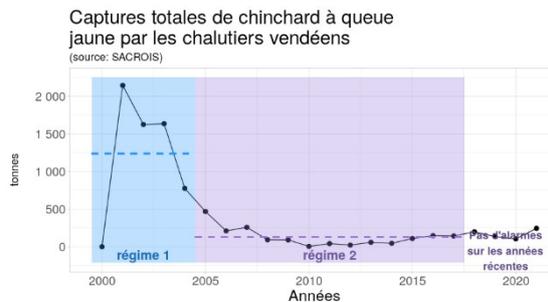
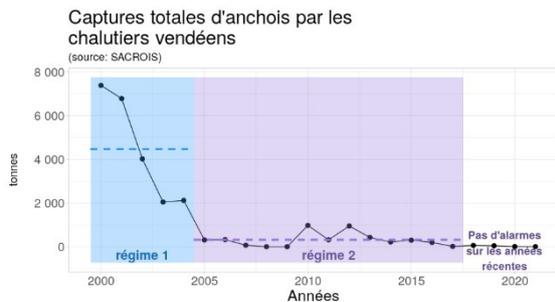


Figure 2.3.4.4: Exemple d'indicateurs de dépendance présentant des changements de régime entre 2000 et 2020.

En savoir plus

Tableau de bord DEFPEL : <https://defipel-tdb.ifremer.fr/>

T3.5. Atelier de restitution du modèle et des indicateurs auprès des professionnels.

En remplacement des ateliers d'échange prévus initialement dans le cadre de la tâche 3.2 et 3.5, rendus difficiles par le contexte 'covid', l'avancement des travaux a été présenté régulièrement au cours des réunions DEFIPEL ou par l'envoi de rapports techniques intermédiaires aux OPs. La communication avec les OPs était fluide et informelle et a permis d'avoir un retour fréquent sur les résultats notamment sur la typologie des flottilles et les facteurs déterminants du comportement de pêche.

T4.1. Compilation des données quantitatives disponibles et description des productions, échanges et consommation des « petits pélagiques » sur les 15 dernières années en France

Contributeurs : Fabienne Daurès, Frédérique Alban, Christelle Le Grand, Mathieu Merzereaud, Sophie Léonardi

Objectifs

L'analyse d'une filière de production renvoie à l'identification de ses maillons clés et des interactions entre eux (de l'amont vers l'aval). La description des maillons clés repose généralement sur des indicateurs économiques de production (nombre d'entreprises, activité, chiffre d'affaires), de moyens employés (capital, travail), de coûts liés à ces moyens, de stratégies (concentration, diversification...) et de performances (productivité, rentabilité...). Les interactions sont généralement décrites via les volumes échangés et les prix liés à ces échanges.

En France, France AgriMer (FAM) propose chaque année une synthèse très globale de la filière des produits de la mer² mais il n'existe pas à notre connaissance de synthèse annuelle de filière par espèce et/ou produit au niveau national. Des documents ponctuels ont existé sur la filière sardine mais à l'échelle européenne³.

L'objectif de cette tâche est donc de compiler toutes les séries de données sardine disponibles en France depuis 2000, des débarquements à la consommation finale, ceci constituant un préalable nécessaire mais non suffisant à la construction d'un état des lieux de cette filière en France et de son évolution. *Pour rappel : les systèmes économiques et les filières des petits pélagiques pêchés et/ou consommés en France (sardine, anchois, maquereau, chinchard, etc.) sont nécessairement différents et il a été convenu au démarrage du projet que le champ d'investigation du WP4 se limiterait à la sardine.* Bien que nécessaire pour dresser un premier état des lieux de la filière sardine en France, l'approche limitée au tryptique « débarquements-échanges extérieurs-consommation » est généralement insuffisante et un objectif spécifique de cette tâche était d'intégrer des données relatives aux maillons intermédiaires de la filière sardine que sont notamment la fabrication de conserves et les achats à la 1ère vente.

Méthodes

Les données quantitatives collectées et utilisées pour l'analyse de la filière ont été organisées par:

- Type (niveau d'agrégation, échelle et recul temporels),
- Source et accessibilité (nom de la source, accès public, accès restreint),
- Maillon de la filière concerné (pêcheurs, acheteurs à la 1ère vente, conserveries, commerce extérieur, consommateurs...),
- Mise en forme nécessaire.

Les données annuelles ont été utilisées pour la description de l'organisation de la filière sardine (2021) et l'analyse des tendances des indicateurs clés de cette filière (T4.5).

Des fiches synthétiques ont été construites pour une description plus détaillée et systématique de certaines tendances au sein de chaque maillon mais également pour mieux appréhender la saisonnalité des activités et des échanges lorsque des données mensuelles étaient disponibles.

²https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/72900/document/20240130_FICHE_FILIERE_PECHE_AQUA_2024.pdf?version=7

³<https://eumofa.eu/market-analysis>

A retenir

- Les données sont diversement accessibles et complètes selon le maillon de filière concerné :
 - Les données de débarquements et de consommation en foyer sont globalement accessibles et complètes ;
 - Les données relatives aux imports de sardine se limitent aux volumes et prix par produit et ne renseignent pas les circuits empruntés par ces flux au sein de la filière ;
 - En aval des données de ventes de sardines en HAM, il n'a pas été possible de tracer les débouchés des mareyeurs et grossistes;
 - En amont des données de consommation en foyer, il n'a pas été possible de tracer les flux d'approvisionnement des poissonneries et GMS en sardines;
 - Aucune donnée n'a pu être collectée sur la consommation hors foyer de sardines (restaurations collectives et commerciales) ;

Table 2.4.1.1. Liste des données utilisées pour chaque type d'analyse. Source : Daurès et al. (en cours) DEFIPEL Projet, livrable 4.1 ; * si accès public ; les maillons de la filière sont ordonnés de l'amont vers l'aval.

Données Sardine disponibles pour réaliser...	Focus 2021	Analyse Saisonnalité (Echelle mensuelle)	Analyse tendances 20 ans (2001-2021)
Pêche (France)	OUI	OUI	OUI
Pêche (Monde) *	OUI	OUI	OUI
Premières ventes HAM	OUI	OUI	OUI
Echanges extérieurs *	OUI	OUI	OUI
Mareyage	Incomplet	NON	NON
Grossistes (Stockage/Congélation)	Incomplet	NON	NON
Conserveries	OUI	NON	OUI
Centrales Achats / GMS / Poissonneries	Incomplet	NON	NON
Consommation Foyers *	OUI	OUI	OUI
Consommation Hors Foyers	NON	NON	NON

- La plupart des données sont en accès restreint (données de débarquements et de ventes, source DGAMPA Ifremer SIH ; données de conserveries, source FIAC)

- Les données en accès libre (données d'échanges extérieurs, source Eurostat Comext, données de production mondiale de sardines, source FAO FishStat) nécessitent une bonne

connaissance des bases et des changements méthodologiques opérés au cours du temps. Elles exigent donc des traitements intermédiaires pour une mise en format utilisable.

- Certaines données sont en accès libre mais incomplètes⁴ (données de consommations de sardine en foyer et par produit, *source France Agrimer*).

En savoir plus

Livrable 4.1 : Daurès Fabienne, Alban Frédérique (à paraître) « Description des données quantitatives et qualitatives utilisées pour l'analyse de la filière sardine en France »

⁴Les données de consommation de sardines fraîches ne sont pas systématiquement renseignées dans les rapports FAM. De même, des changements méthodologiques dans les méthodes de collecte sont mis en œuvre au cours du temps et ont nécessité des demandes d'accès spécifiques aux séries. Le projet DEFIPEL a pu bénéficier, via les traitements réalisés dans le cadre du projet COPECO, des séries de données plus fines sur la consommation des sardines, collectées par Kantar WP mais en accès restreint.

T4.2. Enquêtes auprès des acteurs (pêcheurs et Organisations de Producteurs, mareyeurs, conserveries, distribution) pour améliorer la connaissance des spécificités de la filière « Petits pélagiques » et en appréhender les tendances récentes

Contributeurs : Fabienne Daurès, Frédérique Alban, Ahmadou Traoré

Objectifs

L'absence de données quantitatives, notamment sur les maillons en aval de la filière de la sardine en France (voir T4.1), nécessite la mise en place de collecte d'informations qualitatives auprès des acteurs de ces maillons.

L'objectif principal était d'évaluer, de manière globale et qualitative, la nature des activités déployées en aval de la filière et les niveaux de dépendance de ces activités à la sardine du Golfe de Gascogne compte tenu des stratégies mises en place par les acteurs.

Il ne s'agissait donc pas de compléter *in extenso* les données quantitatives manquantes dans la représentation de la filière et ses dynamiques mais d'appréhender de manière plus globale les acteurs et leurs interactions au sein de cette filière d'une part, et leurs perceptions de sa dynamique et de ses drivers d'autre part.

L'approche qualitative apporte donc une vision complémentaire de la filière par rapport à une approche basée strictement sur des données quantitatives. Elle permet de combler les manques de connaissance mais peut aussi corriger des interprétations fallacieuses de tendances ou d'interactions issus des traitements de données quantitatives.

Méthodes

Des entretiens semi-directifs (1-2h) ont été menés tout au long du projet et particulièrement au cours de l'été 2022⁵.

Un guide d'entretien commun à toutes les entreprises interrogées a été élaboré et déployé en 4 parties visant à : 1) appréhender leur activité au sein de la filière sardine d'une part et plus globalement d'autre part ; 2) identifier leurs marchés et les débouchés de leur production ; 3) comprendre leurs méthodes et processus d'approvisionnement en sardine et 4) recueillir leurs perceptions des dynamiques passées et futures de la filière ainsi que des drivers de ces dynamiques.

Une fois identifiés les acteurs économiques de la filière (FIAC, annuaire des produits de la mer, rapports France Agrimer...) une première sélection des entreprises à contacter a été constituée à partir de l'analyse des bases de données et rapports disponibles (SIH Ventes, rapports divers...), des sites Web spécialisés sur les conserves de sardine (ex : Sardinophiles, FIAC, site des conserveries...) et de la presse spécialisée (Le Marin, PDM...).

Les Journées Sardines organisées pour la première fois en juin 2022 à Quimper ont permis de consolider les contacts et ont constitué le démarrage d'une vague d'entretiens (en face à face majoritairement ou par téléphone)

Conformément au règlement général de protection des données (RGPD), une notice d'information sur le projet DEFIPEL et les modalités de protection des données à caractère personnel (article 13 du règlement UE 2016/679) a été remise à chaque personne interrogée. De plus, les entretiens ont été enregistrés après accord (formulaire de consentement signé et daté).

⁵ NB : en 2021, des entretiens ont été menés auprès de représentants de l'OP Pêcheurs de Bretagne dans le cadre d'un stage d'étudiant (Biéchy C., 2021) dont les résultats ont été exploités tout au long du projet.

A retenir

- Les entretiens se sont concentrés autour des acteurs des maillons intermédiaires de la filière (mareyeurs, grossistes-congélateurs et conserveries) en Finistère Sud (Table 2.4.2.1). Il n'a pas été possible de rencontrer des professionnels du Morbihan ou de Vendée (contactés mais n'ont pas donné suite). De même, des contacts pris auprès de professionnels hors Bretagne (région de Rennes, Rungis) n'ont pas abouti ou n'ont donné lieu qu'à de brefs entretiens téléphoniques.
- En complément des entretiens formels auprès des acteurs, les visites de musées (Douarnenez, Loctudy), les participations à des rencontres de professionnels (journées sardine), les échanges avec les représentants de la FIAC (Paris) ainsi que les diverses interventions des professionnels lors des comités de pilotage du projet DEFIPEL, ont constitué une matière très riche pour la compréhension des enjeux et des questions clés de cette filière mais également pour identifier des préoccupations plus ponctuelles du secteur.

Table 2.4.2.1. Récapitulatif des entretiens physiques effectués dans le cadre du WP4.

Date	Lieu	Entreprise/ Structure	Personne contact	Autres Présents (si entretien physique)	Maillon
Juin 2021	Quimper	Pêcheurs de Bretagne	Jean-Marie Robert (Chargé de mission)	Y. Foezon (Directeur)	Organisation Producteur
Juillet 2022	Douarnenez	Chancerelle	Jean-François Feillet (Resp. Qualité)	V. Perredi (Resp Achats)	Conserverie
Juillet 2022	Penmarc'h	Furic Conserverie	Sten Furic (Dir Général)		Conserverie
Juillet 2022	Concarneau	Gonidec	Emilie Jumelle (Resp. Qualité)	J. Gonidec (Dir Général)	Conserverie
Juillet 2022	Concarneau	Acomar	Yoann Collet (Resp. Achats)		Mareyeur
Août 2022	Plozevet	Capitaine Cook	Delphine Alanou (Resp. Qualité)	K. Monot (Dir Usine), P. Brehonnet (Resp. Supply Chain)	Conserverie
Août 2022	Douarnenez	Makfroid	Louis Le Guen (Dir. Général)		Grossiste
Août 2022	Guilvinec	Halios	D. Caudal (Dir Délégué)	Rodolphe Olivier (DG Adjoint)	Mareyeur
Octobre 2022	Paris	FIAC	Pierre Commère (Délégué Générale Industrie du Poisson)		Représentation Professionnels

En savoir plus

Livrable 4.1 : Daurès Fabienne, Alban Frédérique (à paraître) « Description des données quantitatives et qualitatives utilisées pour l'analyse de la filière sardine en France »

T4.3. Analyse de l'organisation et de l'évolution de la filière « Petits pélagiques » en France : structure, interactions entre les acteurs, chaînes de valeur, spécificités (volume, contraintes, débouchés, produits) et tendances

Contributeurs : Fabienne Daurès, Frédérique Alban, Ahmadou Traoré, Hugo Hervé, Christelle Le Grand, Mathieu Merzereaud, Sigrid Lehuta, Jennifer Beckensteiner, Sophie Léonardi

Objectifs

L'objectif principal de cette tâche est d'évaluer la vulnérabilité de la filière sardine en France ainsi que ses capacités d'adaptation face à des chocs exogènes induits par le changement climatique et l'évolution des écosystèmes (cf. évolution de l'état et de la condition des sardines analysée dans le WP2), mais aussi par des changements réglementaires (mise en place de règles de gestion des stocks) ou économiques (évolution des tendances de consommation en France). L'évaluation de la dépendance de cette filière à la sardine du Golfe de Gascogne est un élément clé de cette analyse.

Il s'agit dans un premier temps d'identifier, des flottilles de pêche au consommateur final, les acteurs clés de la filière sardine en France, et leurs interactions en terme de produits échangés, de volumes et de prix, en intégrant par ailleurs les échanges internationaux (importations et exportations de sardines). Dans un second temps, l'analyse se concentre sur les tendances de cette filière.

NB : L'impact de la perte de la certification MSC sur la filière sardine en France a fait l'objet d'un stage de M2 (Biéchy C., 2021). Ce stage, réalisé en 2021, n'a hélas pas bénéficié des éléments de connaissance accumulés tout au long du projet et restitués ici. Il a néanmoins permis de réaffirmer l'importance (voire la nécessité) d'un croisement des approches quantitatives et qualitatives pour interpréter les tendances observées dans les séries de données.

Méthodes

L'analyse de la structure et de l'organisation de la filière sardine s'appuie à la fois 1) sur l'approche classique de filière qui s'intéresse à la circulation du/des produits du producteur au consommateur (Supply chain), et 2) sur celle de la chaîne de valeur (ou value chain) qui s'intéresse aux processus par lesquels les activités permettent d'ajouter de la valeur au produit qui circule du producteur au consommateur.

Un schéma de la filière sardine en France est construit pour l'année 2021 (année pour laquelle nous disposons d'une approche complète des volumes et des prix pour les données disponibles). Les interactions entre les différents maillons de la filière sont identifiées sur la base des données disponibles et des retours d'entretien. Elles ne prétendent pas à l'exhaustivité et les interactions pour lesquelles il n'existe pas de donnée permettant de les quantifier sont matérialisées en pointillés sur le schéma.

Dès lors que des données mensuelles étaient disponibles par maillon, une analyse de la saisonnalité des volumes échangés et des prix a été effectuée. Elle a pu être complétée par une analyse spatiale quand l'information était disponible à cette échelle.

L'analyse des tendances de la filière s'appuie sur les séries de données de production, d'échanges et de consommation collectées et disponibles sur 20 ans pour certains maillons d'une part et les perceptions des dynamiques et de leurs drivers issus des entretiens avec les acteurs d'autre part.

A retenir

- **Une filière économique complexe et peu documentée** : Pour répondre aux besoins en sardine des consommateurs français (des débouchés à l'export existent mais sont assez limités), la filière économique de la sardine s'est organisée autour d'acteurs nationaux regroupés en 4 maillons essentiels (pêcheurs, mareyeurs y.c. grossistes/stockeurs, conserveries et distributeurs, principalement les Grandes et Moyennes Surfaces -GMS-) et dont les activités sont différentes mais interagissent entre elles (voir la fiche synthétique « *Organisation de la filière sardine en France* », Annexe 2, Fig.2.4.3.1). Alors que l'amont de la filière (les pêcheurs) est relativement bien documenté (via les données déclaratives de pêche et d'échanges à la 1ère vente notamment), l'information se raréfie en direction de l'aval. Seules les conserveries, à travers les enquêtes annuelles de la FIAC, fournissent certaines statistiques annuelles spécifiques à la sardine. Les données d'import-export de sardines permettent d'appréhender les flux entrants et sortants de sardine d'un point de vue du territoire national mais ne renseignent pas sur les maillons destinataires ou à l'initiative de ces flux. Aucune donnée n'a pu être collectée sur la consommation de sardines hors foyer qui existe certainement dans les hôpitaux, prisons ou cantines scolaires.

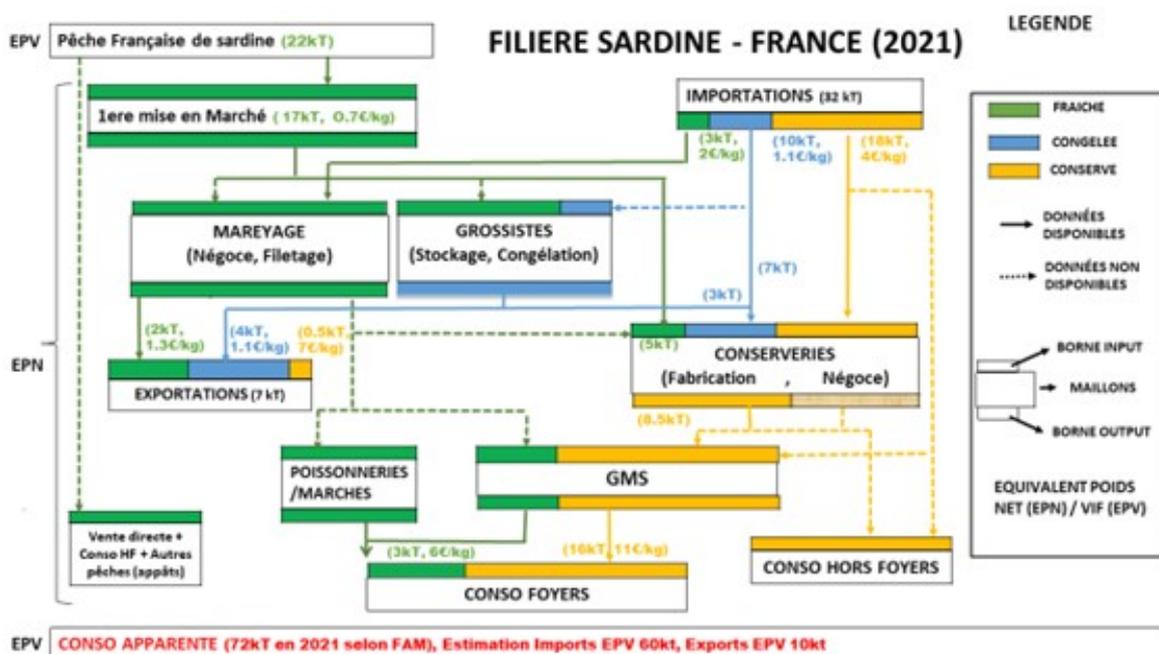


Figure 2.4.3.1: Représentation schématique de la filière sardine en France en 2021

- **La sardine est dans le top 10 des espèces consommées en France aujourd'hui** : sa consommation apparente s'élève en 2021 à 72,000t (Fig.2.4.3.1) en Equivalent Poids Vif (EPV) et on estime qu'un français consomme en moyenne 1kg de sardines par an (en EPV et tous modes de conditionnement confondus). Au sein de la filière de sardine française circulent en fait 3 types de produits : de la sardine fraîche plutôt en amont, de la sardine congelée dans les maillons intermédiaires et de la sardine de conserve dans les maillons intermédiaires et en aval de la filière. En termes de valorisation, alors que les sardines fraîches sont achetées en moyenne à 0.70 €/kg en halles à marée, elles sont vendues en moyenne à 6€/kg en frais et 11€/kg en conserve au consommateur final (en foyer et achetées principalement dans les GMS).

- **Une demande finale croissante en sardines de conserves** : Contrairement à la consommation finale de sardines fraîches en foyer, en déclin depuis près de 20 ans, celle des sardines en conserve suit en France une tendance haussière sur la même période et s'est accompagnée, au début des années 2010, d'une forte augmentation des prix (de 8.5€/kg en

2010 à plus de 10€/kg en 2013) qui se sont stabilisés depuis autour de 11€/kg (Fig.2.4.3.2). L'augmentation tendancielle de la demande des foyers pour des sardines de conserve est un driver important de la filière. Parmi la diversité des motivations des consommateurs pour l'achat de ce produit (goût, santé, durabilité, localité...), le prix abordable de la sardine est en bonne place dans un contexte où les produits de la mer sont souvent perçus comme chers par les foyers français.

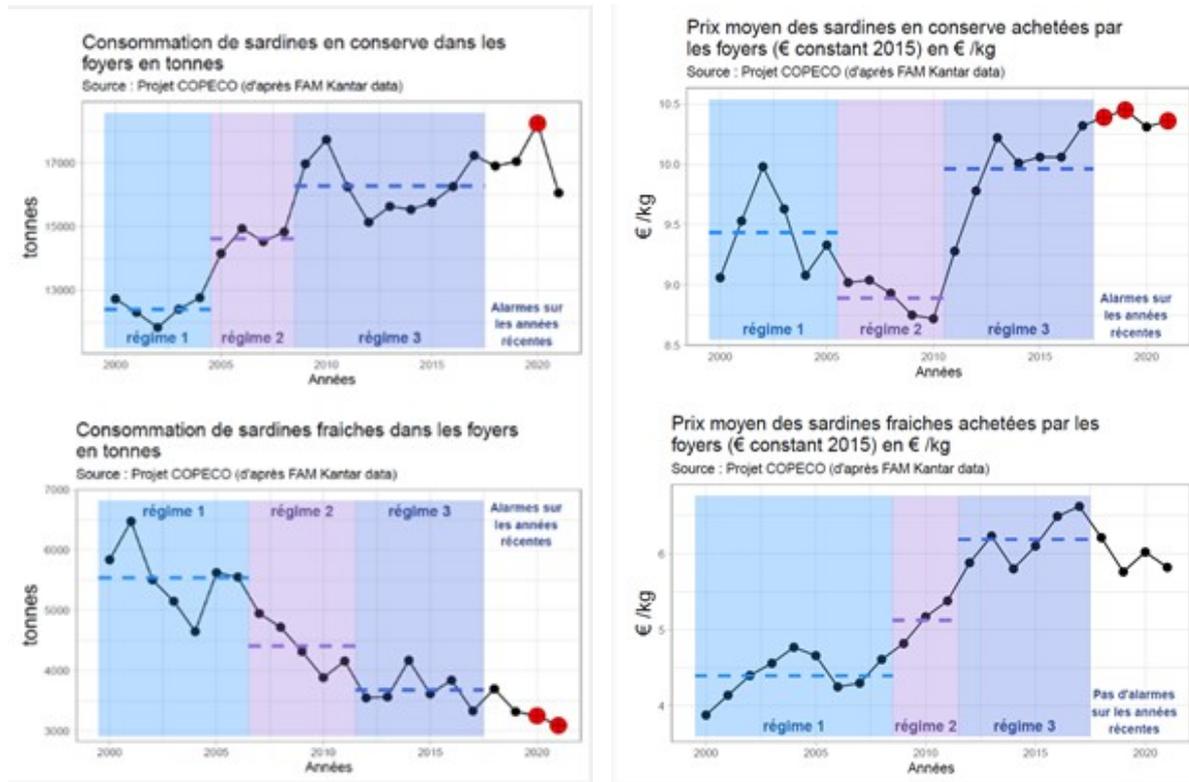


Figure 2.4.3.2: Consommation finale de sardines en foyer (volume et prix) 2000-2021 en France.

- **Un recours important aux importations de sardines de conserve pour répondre à la demande finale** : La fabrication domestique de conserves, évaluée à 8,500t en Equivalent Poids Net (EPN) en 2021 (Fig.2.4.3.3) et concentrée dans une dizaine de conserveries, est insuffisante pour répondre à la demande nationale (16,000t en 2021 pour la seule consommation en foyer). Cette dernière repose finalement très largement sur les imports de sardines en conserves (18,000t en 2021 en EPN) qui proviennent essentiellement du Maroc (Fig.2.4.3.3). Il y a pourtant peu (voire très peu) de sardines de marques étrangères sur le marché français. Les conserveries ont développé depuis quelques années une activité de négoce ou ont investi dans des usines localisées dans les pays producteurs (Maroc, Croatie...) ce qui leur permet d'importer des sardines en conserve de l'étranger pour les revendre sur le marché national en marques propres (ou via des marques de distributeurs).

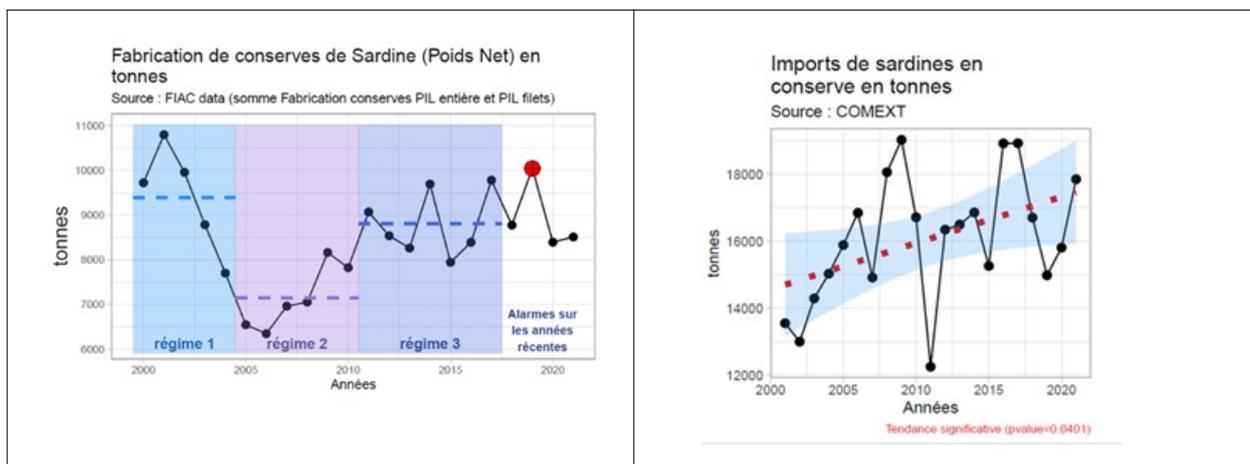


Figure 2.4.3.3. : Fabrication Française et Importations de conserves de sardines (2000-2021).

- La sardine fraîche du Golfe de Gascogne, pourtant peu valorisée à la 1^{ère} vente, joue un rôle majeur pour les besoins de fabrication de conserves au niveau national et même si elle peut être ponctuellement complétée par de l'import de sardine congelée. Les conserveries ont augmenté leur volume de sardines fabriquées sur le territoire national (autour de 7,000t par an à la fin des années 2000 pour environ 9,000t par an depuis le début des années 2010) après une forte chute en début des années 2000 (Fig.2.4.3.3). Les débarquements français de sardine fraîche, évalués à 22,000t en 2021 dont plus de 90% provenant du Golfe de Gascogne (incluant la mer d'Iroise) constituent près de 70% de leur approvisionnement. La sardine est pêchée et achetée toute l'année mais elle intéresse particulièrement les conserveries à partir du mois de juin, quand elle devient plus grasse. Les conserveurs s'approvisionnent directement en halles à marée ou par l'intermédiaire des mareyeurs (Fig.2.4.3.4) ; les transactions se font dans les 2 cas le plus souvent de gré à gré (quelle que soit la saison), même si ce mode de transaction valorise beaucoup moins bien la sardine que les enchères (0.77€/kg en moyenne en gré à gré contre 1.43€ aux enchères en saison en 2021) mais permet d'échanger de plus gros volumes (1,24t en moyenne par transaction en gré à gré contre 0.2t aux enchères en saison en 2021). Par ailleurs et en moyenne sur l'année 2021, la sardine fraîche achetée en HAM (0.77€/kg) est en moyenne moins chère que la sardine importée fraîche (2€/kg) ou congelée (1.1€/kg)

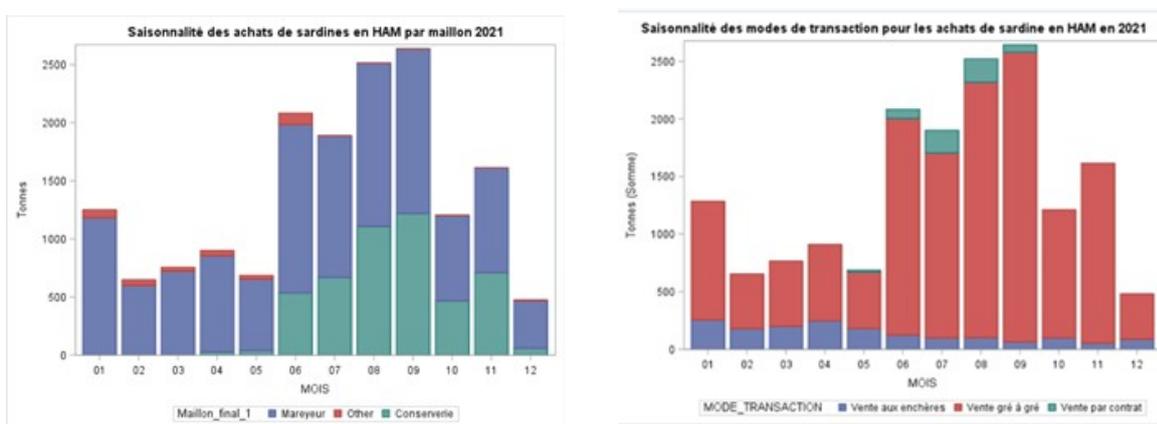
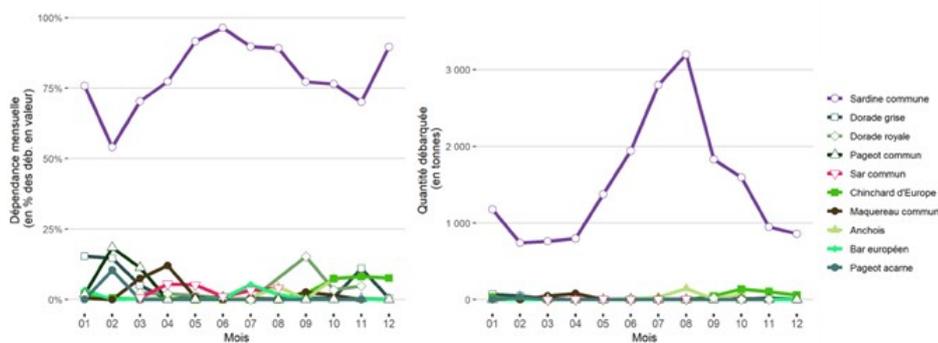
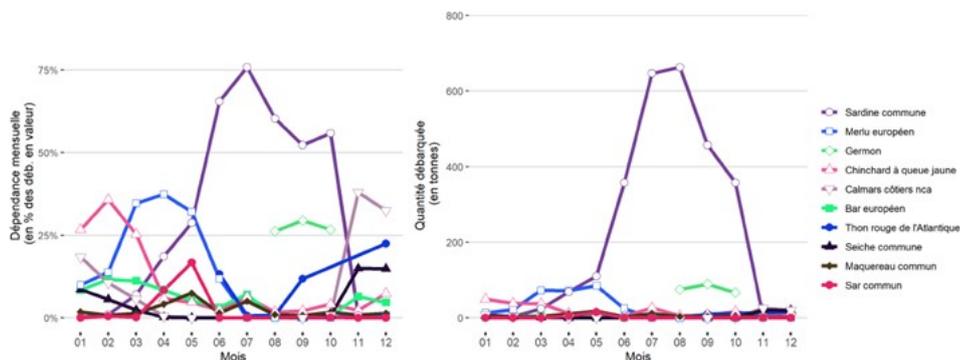


Figure 2.4.3.4: Achats mensuels de sardine à la 1^{ère} vente : type d'acheteurs et modes de transaction (2021)

- **Vulnérabilité et capacités d'adaptation hétérogènes au sein de la filière** : Alors que les conserveries ont trouvé dans les imports de sardines congelées un moyen de compléter leur approvisionnement domestique pour leurs besoins de fabrication d'une part et dans les imports de sardines en conserve le développement d'une nouvelle activité (négoce) génératrice de revenus d'autre part, les pêcheurs de sardine n'ont pas bénéficié d'opportunités de diversification vers d'autres espèces face à la baisse d'abondance de sardine observée ces dernières années dans le Golfe de Gascogne. Les bolincheurs, qui contribuent à près de 70% des débarquements annuels de sardine, sont dépendants à plus de 80% de leur chiffre d'affaires annuel à cette espèce (Fig.2.4.3.5). Alors que leurs performances économiques s'étaient accrues à la fin des années 2000 du fait de l'augmentation de la demande pour la sardine du golfe face à la chute des débarquements en Méditerranée et en Manche, elles sont très instables depuis et la baisse des prix à la 1ère vente depuis la fin des années 2010 accentue la fragilité économique de ce maillon. La mise en place de quotas de sardine dans le Golfe de Gascogne, dans un contexte où les consommateurs sont très sensibles aux prix et où une offre alternative existe au niveau international, n'améliorerait sans doute pas les prix à la première vente. Les opportunités de pêche hors saison sont également assez limitées pour les chalutiers, autre flottille ciblant la sardine en saison.



a) Bolincheurs bretons : 22 navires, 128 marins, Débarquements 2022 = 19.3kt dont 18kt sardine



b) Chalutiers sardiniers : 10 navires, 37 marins, Débarquements 2022 = 3.9kt dont 2.7kt sardine

Figure 2.4.3.5: Portefeuille de captures (à dr.) et de revenus (à g.) par espèce des flottilles ciblant la sardine en 2022 (débarquement annuel PIL par navire sup. à 50t /an)

- **Dynamiques de concurrence intra- et extra-européenne sur le marché de la sardine**: la France n'est pas le seul pays consommateur et importateur de sardines en Europe et dans le monde. Les importations européennes sont largement dominées en volume par l'Espagne (leader pour les imports de sardines congelées). En valeur et du fait de la place de leader de la France sur les imports de sardines en conserve, les 2 pays se partagent la 1ère place. Le principal pays fournisseur de sardines congelées et en conserve est le Maroc (50% de la valeur

des importations européennes), devant le Portugal (12%). Les analyses de réseaux menées sur les imports et exports de sardine sur la période 2000-2021 montrent que si le nombre de pays dans les réseaux reste stable, le nombre de flux au sein des réseaux est en augmentation. Le marché de la sardine congelée semble très concurrentiel, même si dominé par l'Espagne pour les imports et le Maroc pour les exports, avec des échanges très opportunistes empruntant des trajets différents et plus ou moins complexes. De nombreux pays prennent de l'importance au cours de la période comme plate-forme d'échanges, comme les Pays Bas (pour la sardine congelée et en conserve) ou l'Allemagne (pour la sardine en conserve). L'Europe n'est pas le seul pays destinataire des exports de sardines Marocaines : près de 50% des exports de sardines en conserve du Maroc restent sur le continent Africain. Par l'incertitude ou l'instabilité qu'elles peuvent générer, les dimensions internationales de la concurrence sur les marchés de la sardine doivent être prises en compte pour l'évaluation des scénarios de gestion. De même, l'hégémonie de la zone 34 comme source majeure d'approvisionnement en sardines génère de l'incertitude quant aux conséquences du développement de l'effort de pêche dans cette zone. Evalués à 700kt environ au début des années 2010 les débarquements de sardines liés à cette zone sont estimés aujourd'hui à plus de 1300kt avec le Maroc et la Mauritanie comme contributeurs majeurs (Fig.2.4.3.6).

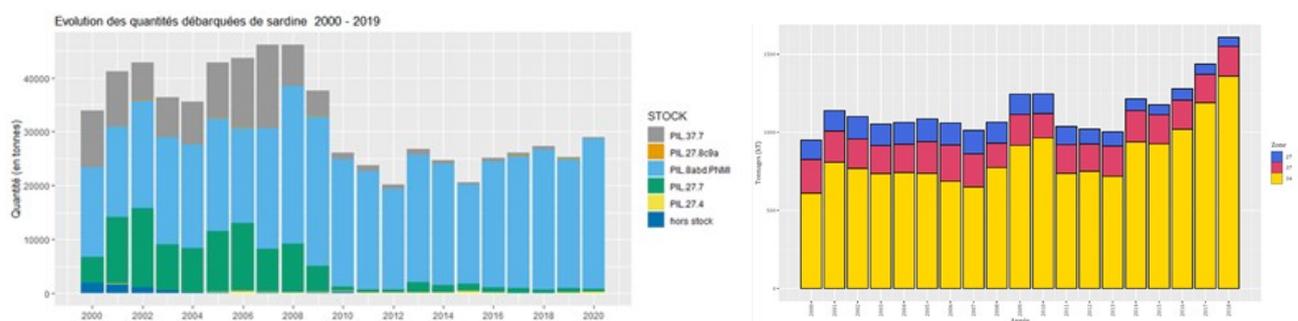


Figure 2.4.3.6 : Débarquements français de sardine par zone CIEM (Méditerranée en gris, Gascogne+PNMI en bleu, Manche en vert) et internationaux par zone FAO (Atl. Centre-Est: Jaune ; Atl. Nord Est : bleu ; Méditerranée : rouge)

En savoir plus

Livrable 4.2 : Daurès Fabienne, Alban Frédérique (à paraître) « Organisation, structure et dynamiques de la filière de sardine en France »

Biéchy Camille (2021). Étude de l'impact de la perte de la certification MSC par les bolincheurs membres de l'Association des Bolincheurs de Bretagne pêchant la sardine (Sardina Pilchardus) dans le Golfe de Gascogne et en Mer d'Iroise sur la filière française de sardine. Ref. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agrocampus Ouest. Spécialité Sciences Halieutiques et Aquacoles (SHA), Production et Valorisation Halieutique (PVH). Agrocampus Ouest, UBO. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00723/83552/>

Daurès, F., F. Alban, C. Le Grand, M. Merzereaud, M. Huret, S. Lehuta, A. Traoré and H. Hervé (2024). A socio-ecological approach for managing a small-pelagic fishery: the case of sardine (pilchardus) in France. MSEAS Conference, Yokohama.

Beckensteiner J et Daurès F (en cours) « Analyse des échanges commerciaux de petits pélagiques (sardines et anchois) sur la période 2000-2020 : application de l'approche réseau »

T4.4. Atelier(s) d'échanges avec les acteurs pour identifier les indicateurs clés des tendances de la filière, susceptibles d'influencer les dynamiques d'exploitation des stocks

En remplacement des ateliers d'échange prévus initialement dans le cadre de la tâche 4.4, un volet « Recueil des perceptions des dynamiques de la filière et de leurs drivers » a été inséré dans le guide qui servait de support aux entretiens avec les acteurs de la filière (voir tâche 4.2).

Ces informations qualitatives ainsi que les résultats des différents ateliers menés dans le cadre de la tâche 6 ont permis d'identifier les variables clés susceptibles d'influencer les dynamiques d'exploitation des stocks (voir tâche 4.3).

T4.5. Développement d'indicateurs « filière » à prendre en compte pour le développement d'outils de gestion

23 indicateurs ont été identifiés pour rendre compte des tendances de la filière sardine en France. Ces indicateurs s'organisent en 5 blocs : 1) Imports et exports de sardine selon leur type de conditionnement (9 variables au total) ; 2) Ventes en criée (2 variables) ; 3) Fabrication de conserves (3 variables) ; 4) Consommation de sardines en foyer (4 variables) et 5) Situation économique des bolincheurs (5 variables). Ces variables sont des séries de données annuelles de 2000 à 2021 de volumes et de prix (en € constant 2015) principalement collectées dans le cadre de la tâche 4.1 (Fig.2.4.5.1).

En fonction des questions que l'on se pose sur la filière, certains indicateurs (parmi les 23) peuvent être plus ou moins pertinents. Ainsi, nous avons choisi de nous intéresser d'un côté au marché à la 1ère vente (16 indicateurs pertinents parmi les 23) et de l'autre à la fabrication de conserves (11 indicateurs pertinents parmi les 23). Les indicateurs sont ensuite soumis à la procédure d'analyse MAFA (cf. tâche 5.1) pour sélectionner les séries qui présentent les tendances les plus marquées.

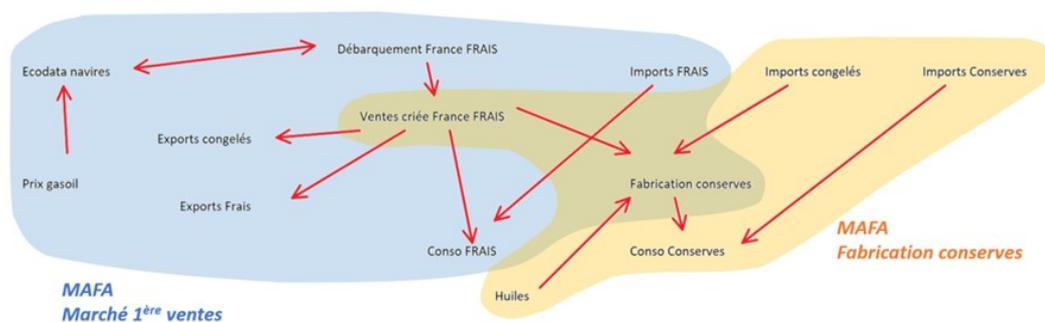
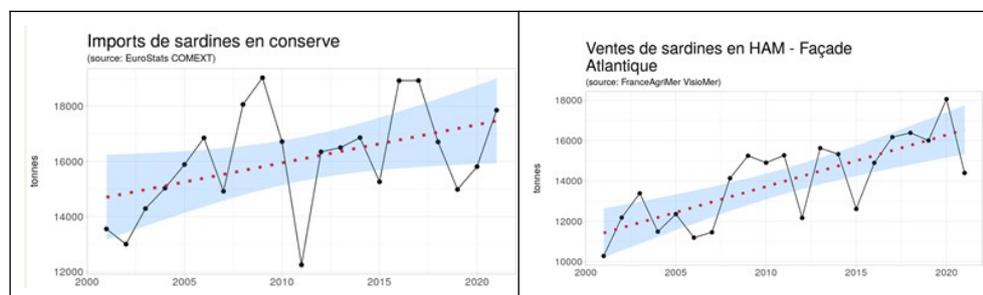


Figure 2.4.5.1: Répartition des indicateurs dans les MAFA 1 « Marchés 1ère ventes » et MAFA 2 « Fabrication de conserves ».

Un total de 12 indicateurs sont retenus comme porteurs de signaux (Signal linéaire et/ou Grandes oscillations) dans la filière dont 8 pour la MAFA1 et 4 pour la MAFA2. 3 indicateurs ont été retenus par avis d'experts alors que les MAFA n'avaient détecté que des petites oscillations.



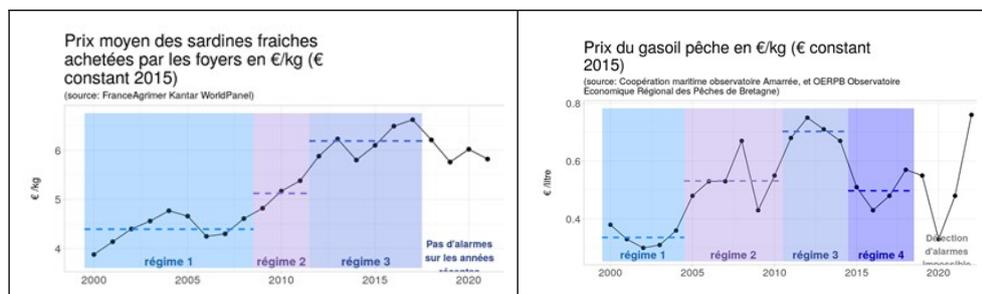


Figure 2.4.5.2: Indicateurs présentant des tendances (en haut) ou des changements de régime (en bas).

2 indicateurs présentent des tendances sur les deux dernières décennies :

- Les importations de sardine en conserve (en hausse)
- Les ventes de sardine en halles à marée sur la façade Atlantique (en hausse)

2 indicateurs ont connu des changements de régime sur les 2 dernières décennies sans alarmes sur les années récentes :

- Le prix moyen au kg des sardines fraîches achetées par les foyers (en € constants)
- Le prix du litre de gasoil Pêche (en € constants)

Pour les 8 indicateurs restants, des alarmes sont détectées

- A la hausse pour
 - Le prix des sardines en conserve achetées par les foyers
 - La consommation de sardines en conserve dans les foyers
 - Les exportations des sardines fraîches
 - Le prix des imports de sardines fraîches
- A la baisse pour
 - La consommation de sardines fraîches dans les foyers
 - La rentabilité moyenne des bolincheurs
 - Le prix des importations de sardines en conserve
 - Le prix des sardines vendues en HAM sur la façade Atlantique

En savoir plus

Tableau de bord DEFIPPEL : <https://defipel-tdb.ifremer.fr/>

T5.1. Analyse conjointe des indicateurs et approche de gestion basée sur indicateurs

Contributeurs : Morgane Travers-Trolet, Hugo Hervé

Objectifs

Pour permettre une vision intégrée du socio-écosystème, les connaissances acquises au sein du projet sur les habitats, la ressource, l'exploitation et la filière aval des petits pélagiques devaient être rassemblées et synthétisées sous un même format. L'objectif de cette tâche est de compiler l'ensemble des indicateurs calculés précédemment et de les intégrer dans un même tableau de bord, pour pouvoir les analyser conjointement et identifier les indicateurs qui témoignent ou annoncent des évolutions marquantes du socio-écosystème.

Méthode

Les séries temporelles ont été collectées pour le Golfe de Gascogne, en se concentrant sur des séries assez longues et annuelles dans un premier temps (la saisonnalité n'a pas été intégrée à ce stade).

- 99 variables ont été collectées sur l'habitat pélagique et concernent les indices climatiques, le débit des rivières, la température, la salinité, la stratification, les nutriments, la matière organique, la chlorophylle-a et le zooplancton.
- Concernant la ressource « petits pélagiques », 40 variables ont été collectées sur la production d'œufs, l'abondance pour différentes espèces, leur biomasse, leurs longueurs et poids aux âges, et le taux de gras des sardines.
- Les 131 variables sur les pêcheries regroupent des informations sur les captures d'espèces par flottilles, la dépendance des flottilles, l'effort de pêche, le nombre de bateaux, les prix, les valeurs des débarquements, les quotas et leur consommation.
- Enfin, 37 variables ont pu être assemblées sur la filière aval et informent sur les prix de vente, la consommation dans les foyers, le chiffre d'affaire, le coût du carburant, les imports et exports, le prix de l'huile, les ventes en HAM, la fabrication de conserves.

Dans un premier temps, une analyse conjointe de séries temporelles par MAFA a permis de sélectionner un nombre restreint d'indicateurs, en gardant préférentiellement ceux qui montraient un signal sur la période (tendance, grandes ou petites oscillations) et ceux qui avaient été identifiés comme indicateur clé par les experts. Dans un deuxième temps, la dynamique des indicateurs sélectionnés a été caractérisée via l'ajustement de différents modèles de régression, pour rapidement identifier si ces indicateurs montraient plutôt une tendance linéaire sur la période ou une (des) rupture(s) marquant un changement d'état. Enfin, une dernière étape a été de vérifier via la méthode STARS si les derniers points de la série temporelle témoignaient d'un changement de dynamique (système d'alerte).

L'ensemble des indicateurs a été formaté et mis à disposition via un outil interactif en ligne (Fig. 2.5.1.1). Des onglets de synthèse par composantes du socio-écosystème (correspondant aux workpackages du projet) permettent de rapidement explorer les indicateurs ayant une dynamique intéressante : les indicateurs signalant une alerte ou un changement de dynamique récente, les indicateurs présentant une tendance linéaire sur la période, les indicateurs témoignant d'un ou de plusieurs changements de régimes passés. L'ensemble des variables étudiées est également accessible via un onglet « complet ».

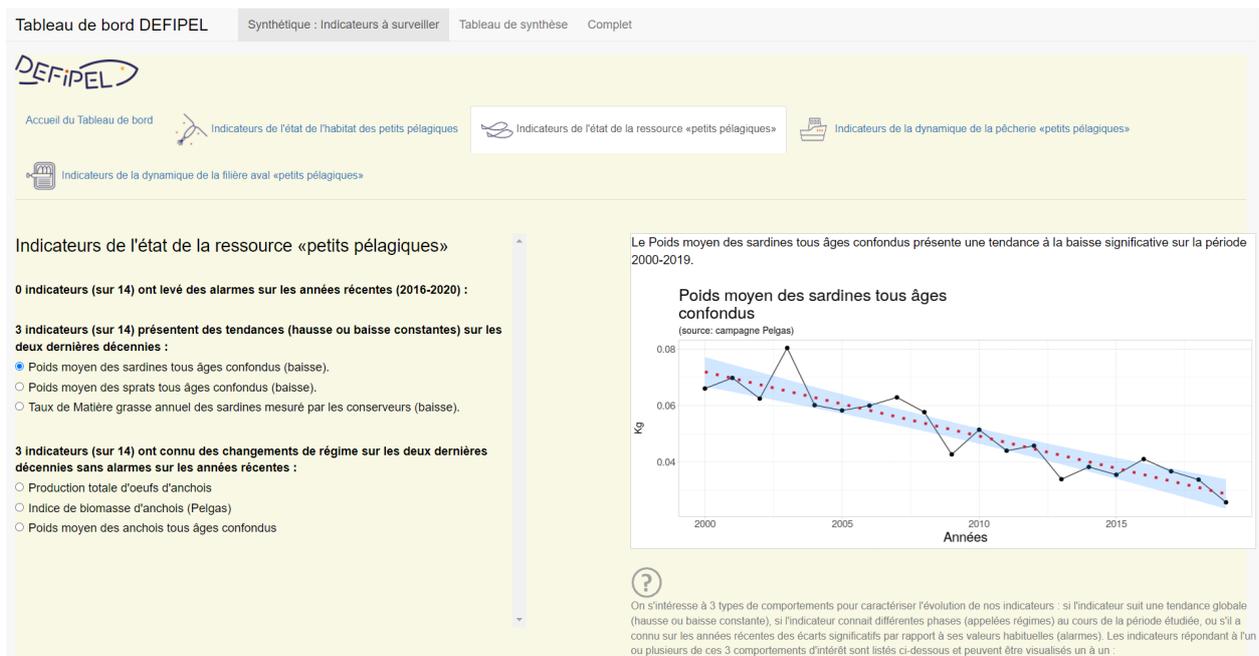


Figure 2.5.1.1 : Exemple de visualisation des indicateurs – ici concernant l'évolution de l'état de la ressource « petits pélagiques » et plus particulièrement le poids moyen des sardines entre 2000 et 2019 – via l'application shiny du tableau de bord.

A retenir

Plus de 300 séries temporelles ont été collectées, bien que nous nous soyons limités au Golfe de Gascogne et à une analyse interannuelle, et une sélection forte a dû être faite. L'approche hybride que nous avons suivie, couplant analyse statistique et avis d'expert, a une reproductibilité limitée mais correspond à une démarche consensuelle au sein du projet. Les séries sélectionnées par les experts se sont révélées être de bons indicateurs des dynamiques passées. La caractérisation automatique des séries temporelles est informative, et pourrait être analysée plus en détail dans le futur. Parmi la centaine de séries sélectionnées, seulement 18 montrent une tendance (à la hausse ou à la baisse en fonction des indicateurs) mais 63 séries indiquent des changements de régime. Certaines séries collectées restent courtes et/ou difficiles à maintenir dans le temps, ce qui limitera leur utilisation dans un tableau de bord comme celui-ci.

Le tableau de bord permet d'illustrer les crises passées, que l'on peut suivre via différents indicateurs. Il nous permet également de mettre en évidence certains liens entre indicateurs, qui mériteront d'être explorés plus en détail. Enfin, via le système d'alerte, le tableau de bord pourrait servir d'outil de surveillance du socio-écosystème.

En savoir plus

Le tableau de bord des indicateurs est accessible en ligne : <https://defipel-tdb.ifremer.fr/>

Travers-Trolet Morgane, Herve Hugo (2024). Document de Méthodologie. WP5 indicateurs et Tableau de bord du projet DEFIPEL. (Rapport disponible sur Archimer)

Travers-Trolet Morgane, Herve Hugo, Doray Mathieu, Romagnan Jean-Baptiste, Daures Fabienne, Huret Martin, Lehuta Sigrig (2024). Tableau de bord d'indicateurs: Outil d'intégration, de suivi et de partage de connaissances autour du socio-écosystème de la filière française de petits pélagiques. Colloque de l'AFH. (Présentation disponible sur Archimer)

T5.2. Développement du modèle de dynamique de la pêche

Contributeurs: Pierre Bourdaud, Sigrid Lehuta

Objectifs

Afin de simuler les futurs possibles de la pêche petits pélagiques du Golfe de Gascogne sous différentes hypothèses de stratégie de pêche, de gestion et d'état des populations, un modèle de simulation de pêche est nécessaire. La paramétrisation et calibration du modèle est l'objet de cette tâche. Elle fait appel à l'ensemble des connaissances disponibles, créées ou mobilisées dans les autres WPs de DEFIPEL pour reproduire le cycle de vie et la dynamique des populations, ainsi que la dynamique de l'activité de pêche de chaque flottille. Un résumé succinct des étapes, hypothèses et données utilisées est fourni ici. La paramétrisation complète du modèle dans tous ses détails sera prochainement publiée.

Méthode

La plateforme de simulation ISIS-Fish

Le modèle doit permettre de détailler l'activité des différentes flottilles d'intérêt et le cycle de vie spatialisé des espèces à une échelle saisonnière. La plateforme de simulation ISIS-Fish (Pelletier et al. 2009, ISIS-Fish.org) a été choisie car elle est adaptée à ces échelles et permet la simulation réaliste de mesures de gestion (fermetures spatiales et saisonnières, quota et HCRs...). En revanche, elle ne représente pas explicitement les effets de l'environnement sur les paramètres biologiques qui doivent être intégrés sous forme de forçages.

Paramétrage

Le modèle couvre la zone CIEM 27.8abd et est spatialisé selon une grille régulière de $0.125^\circ \times 0.25^\circ$ (Lat. x Long.). Les stocks considérés sont la sardine, l'anchois, le germon, le thon rouge, le bar, le maquereau, le merlu, le chinchard et le chinchard à queue jaune. Le paramétrage du merlu est emprunté au modèle ISIS-Fish de la pêche démersale du Golfe de Gascogne (Vigier et al., 2022). Sardine et anchois sont finement décrits via des modèles structurés en âge qui s'appuient sur les modèles d'évaluation du CIEM pour la structure en âge (0-6+ pour sardine et 0-3+ pour anchois), la mortalité naturelle et la maturité. La croissance et la distribution spatiale ont bénéficié d'un traitement minutieux.

Croissance

L'analyse statistique des longueurs et poids aux âges dérivées des données PELGAS, a montré l'existence de régimes de croissance suivant les cohortes entre 2010 et 2021. Les prédictions de la modélisation Dynamic Energy Budget (DEB, Menu et al., 2023) par une fonction de croissance de Von Bertalanffy (VBGF), pour les recrues nées dans les périodes 2010-2014, 2015-2021 pour la sardine -2010-2011 et 2012-2021 pour l'anchois- montrent des L_{inf} , K et t_0 différents. Ainsi dans ISIS-Fish, pour chaque mois, la longueur moyenne à l'âge (âge de la cohorte) est calculée selon la VBGF associée en considérant les proportions de recrutement par mois tout au long de l'année et les différents âges dans les mois. Elle imite donc le changement saisonnier de la composition de la longueur de la sardine, mais ne peut toutefois pas prendre en compte la variabilité individuelle au sein de chaque cohorte. Le poids est déduit de la longueur ($a.L^b$) par une relation estimée par période à partir du modèle DEB (Menu et al., 2023).

Distribution spatiale

Les zones de présence de la sardine et de l'anchois ont été obtenues à partir des cartes saisonnières moyennes dérivées des campagnes PELGAS (mai) et JUVENA (septembre), d'après Petitgas et al. (2023). Elles décrivent la probabilité de présence des individus par classe de taille de 5 cm (<5; 5-10; 10-15; >15 cm) sur une grille régulière de 0.25° de côté. Pour la sardine, une analyse de cluster avec contrainte de continuité (Mahévas et al. 2008) a permis de

dériver 14 zones de densité homogène pour les 4 classes de taille et les 2 saisons. Pour l'anchois, on distribue les individus entre les 4 grands habitats définis par Doray et al. (2018a, DEFIPEL T2.5) en supposant la densité homogène au sein d'un habitat.

Saisonnalité

La reproduction n'est pas modélisée explicitement. On décrit l'arrivée progressive des recrues à l'âge 0 (issues des estimations CIEM) aux différents mois de l'année : pour la sardine mars (7 %), avril (13 %), mai (10 %) et juin (70 %) et pour l'anchois mai (17%), juin (63%), juillet (12%) et août (8%) prédits par le modèle DEB-IBM (Menu et al., 2023). Les migrations entre les zones de printemps et d'automne ont lieu instantanément en mars et juillet pour la sardine, mai et septembre pour l'anchois.

Les autres espèces cibles

Les autres populations ne sont modélisées que pour simuler les variations de revenus générées pour les flottilles par leurs variations d'abondance et de quota. Elles sont plus largement distribuées que le Golfe de Gascogne avec une fraction de la population présente dans le golfe possiblement seulement à certaines périodes de l'année. Les flottilles pélagiques françaises ne représentent pas la majeure partie de la pression de pêche les affectant (sauf bar). Une seule classe de population est modélisée avec une taille, un poids, une mortalité constante. Les abondances et recrutements sont tirés des évaluations de stock et le ratio de captures dans le Golfe de Gascogne sur les captures totales est utilisé pour estimer la part du stock présent dans le golfe.

Prix

Un modèle statistique de formation des prix est appliqué à l'ensemble des espèces. Le modèle quantifie l'effet sur le prix, du mois, de la quantité mensuelle totale débarquée et, pour les espèces structurées en âge, de la catégorie commerciale (dérivée du poids). Si l'effet des débarquements n'est pas significatif, on ne garde qu'un prix constant par mois.

Flottilles

Les flottilles et stratégies sont celles définies par la tâche 3.1. Les métiers pratiqués sont identifiés par l'algorithme Sacrois sur la base de l'engin et des captures déclarées dans les journaux de bord. Comme démontré par les analyses conduites dans le WP3, les métiers sont très purs et on considère une espèce cible par métier. L'analyse des données VMS a permis de délimiter la zone de pêche de chaque métier, possiblement différente selon les saisons. Si la distribution de l'effort est très hétérogène dans la zone, 2 à 3 zones de pêche sont distinguées en fonction de la densité de l'effort (Mahévas et al. 2008) et un métier par zone (dit métier-zone) est considéré. L'effort (en nombre de jours de mer) est quantifié par année, par flottille, par mois, par métier-zone à partir des données Sacrois 2010-2018. Un coefficient par engin et un coefficient de ciblage par métier-espèce sont calculés par un modèle statistique pour standardiser l'effort entre métiers (un jour de pêche à la senne ne produisant pas les mêmes captures qu'un jour de pêche au chalut pélagique en bœufs -PTM- ou à panneaux -OTM-).

Afin de décrire de manière exhaustive la pression de pêche sur anchois et sardine, les flottilles espagnoles et le reste des navires capturant ces espèces dans le Golfe de Gascogne ont été modélisées de manière plus grossière sur la base des données CSTEP. On considère un unique métier pour les bolincheurs espagnols capturant anchois et sardine et distribué spatialement selon l'effort par rectangle statistique reporté dans les données CSTEP pour les différents trimestres. Pour les autres navires, l'effort d'un métier 'autre' est distribué sur toute la zone. L'effort de ces deux métiers n'a pas pu être standardisé avec celui des autres métiers car il n'est pas reporté à la même échelle temporelle.

Sélectivité

La sélectivité pour la sardine et l'anchois a été estimée qualitativement sur la base de captures par classe de longueur reportées dans les rapports d'évaluation CIEM par trimestre et pays. La taille de première capture de la sardine par les flottilles françaises diminue au cours des trimestres (14.5cm, 13.5cm, 10cm), la probabilité de capture est donc réduite en dessous de ces tailles et supposée égale à 1 au delà. Pour les espagnols l'effet trimestre est moins marqué

mais la probabilité de capture est très faible en dessous de 16.5 cm. Pour l'anchois on suppose une probabilité de 1 au-delà de 9 cm pour les espagnols 12.5cm pour les français, et zéro en dessous.

Calibration

A l'issue du paramétrage, le paramètre d'accessibilité à la pêche des différentes espèces et potentiellement des classes d'âge ($q_{\text{esp,age}}$) est inconnu et doit être estimé. Il règle l'impact de l'effort standardisé sur les différentes classes d'âge et donc le niveau des captures obtenu pour un jour de pêche simulé. De même, les paramètres de standardisation (Fstd) de l'effort pour le métier espagnol et le métier 'autre' doivent être estimés. La calibration consiste à ajuster l'accessibilité par âge et les deux Fstd manquants pour que les captures en sortie du modèle soient proches des captures aux âges observées pour les flottilles DEFIPEL, espagnoles et 'autres'. Les captures d'une classe d'âge donnée dépendent du $q_{\text{esp,cl}}$ de la classe et des Fstd, les paramètres ne sont donc pas indépendants. Pour sardine et anchois un plan d'échantillonnage (par hypercube latin) a permis de réduire l'espace des valeurs possibles en explorant des centaines de combinaisons de valeurs des q_{cl} et Fstd et filtrant celles permettant de reproduire les données fidèlement. Un ajustement plus fin a ensuite été réalisé à la main. Pour les autres espèces un seul paramètre q_{esp} étant à estimer, on a réalisé l'ajustement entièrement à la main. La calibration a été réalisée une année à la fois en forçant les effectifs, recrutements et efforts à ceux observés cette année-là. Pour la sardine et l'anchois, on a d'abord estimé les valeurs sur 2020 puis vérifié l'ajustement les années 2018 et 2019. Pour les autres espèces, on a uniquement utilisé l'année 2020 pour des questions de temps disponible.

L'ajustement du modèle pour les captures des flottilles DEFIPEL et les captures par saison sont vérifiées dans un second temps. Si un écart trop important est constaté, le facteur de ciblage des métiers est modifié.

A retenir

- Le modèle intègre la meilleure connaissance disponible sur l'anchois et la sardine et s'appuie en grande partie sur les résultats du projet DEFIPEL obtenus dans les différents WPs (croissance, distribution spatiale, typologie et dynamique des flottilles).
- Malgré une méthode *ad hoc*, l'ajustement des captures de sardine est satisfaisant (Fig.2.5.2.1, 2.5.2.2). Les captures d'âge 0 sont négligeables mais le modèle ne parvient pas à les reproduire du fait des hypothèses de croissance et sélectivité. En effet, le modèle ne reproduisant pas la variabilité individuelle de croissance, tous les âges 0 ont la même taille à un mois donné et ils ne deviennent capturable que tard dans l'année (lorsqu'ils dépassent 12.5cm) réduisant les opportunités de capture. Le passage à un modèle en longueur (bien que techniquement difficile) pourrait permettre d'améliorer cet aspect, mais ne paraît pas prioritaire étant donnée la faible part de l'âge 0 dans les débarquements. La validation sur 2019 et 2018 a montré une certaine robustesse des valeurs de q pour les âges 2+. En revanche l'accessibilité de la classe d'âge 1, varie fortement (de l'ordre de 0.01 en 2020, 0.001 en 2019). Ces écarts d'ordre de grandeur témoignent probablement de différences de capturabilité (CPUE) et/ou de ciblage de cette classe d'une année à l'autre en lien avec les tailles disponibles et le contenu en matière grasse. L'erreur est également plus grande en 2019 sur les deux premiers mois de l'année témoignant peut-être de l'arrivée plus tardive des calibres d'intérêt commercial en 2019. L'estimation élevée en 2020 est cohérente avec les retours des professionnels identifiant 2020 comme une 'bonne année'. Pour éviter de biaiser les simulations, une valeur de 0.005 a été utilisée en projection. Ces résultats soulignent aussi les limites de l'utilisation du modèle DEB en hindcast, puisqu'il a fourni des estimations de croissance par période, quand la variabilité inter-annuelle au sein d'une période peut aussi être importante.

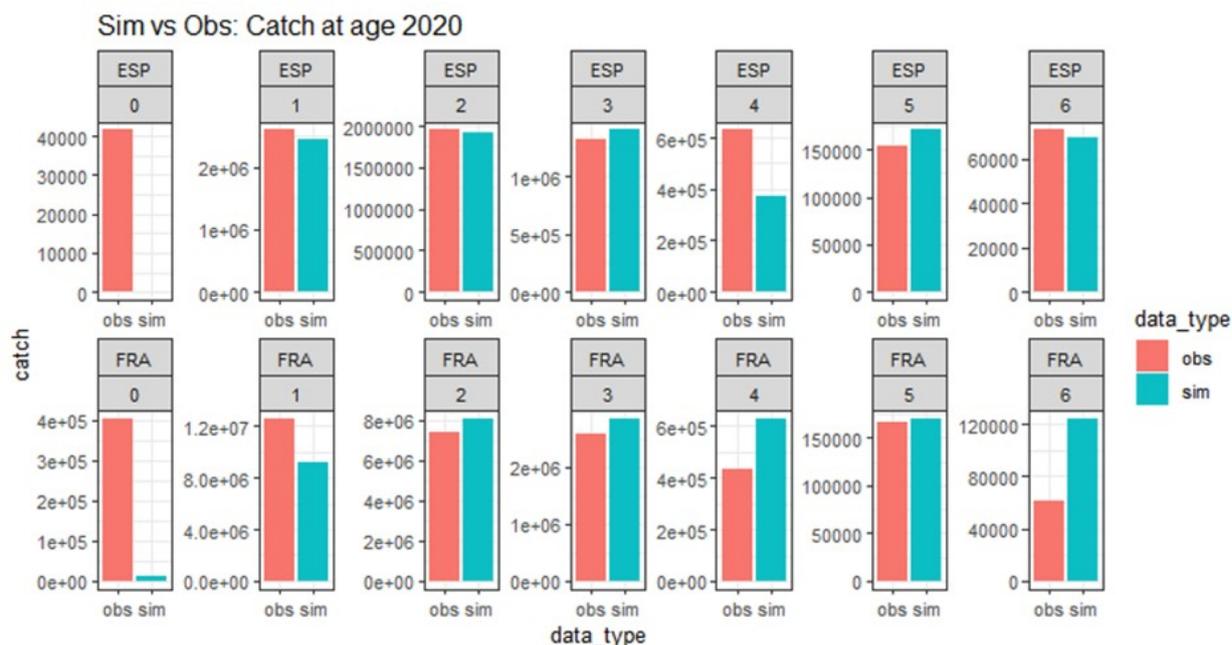


Figure 2.5.2.1: Ajustement du modèle aux captures de sardine aux âges (0-6) par pays (FRA : France/ESP : Espagne) pour l'année 2020 après calibration

- L'ajustement des paramètres pour les bars, thons, maquereau, chinchards paraît suffisante pour informer les revenus attendus.
- En revanche il n'a pas été possible de trouver des valeurs de paramètres satisfaisants pour le merlu -- probablement car une trop grande part de la mortalité par pêche est exercée par des flottilles non explicites dans le modèle -- et pour l'anchois. Pour ce dernier, il paraissait impossible de reproduire conjointement les captures par âge et leur distribution sur les flottilles (notamment espagnols vs. françaises). La paramétrisation notamment sélectivité, ciblage et la superposition distribution spatiale de la population et de l'effort sont questionnées. Cependant, il apparaît aussi que le caractère opportuniste des captures d'anchois rend la relation effort-captures moins prévisible que pour les autres espèces.
- De nombreux ajustement des facteurs de standardisation de l'effort à l'échelle des métiers ont dû être réalisés lors de la calibration. Ceci met en lumière les limites de l'estimation statistique réalisée indépendamment du modèle et qui ne permet pas de standardiser les captures en fonction de la biomasse disponible localement (inconnue). Une procédure complètement intégrée d'ajustement de ces paramètres (calibration) serait préférable mais n'est actuellement pas envisageable du fait de contraintes techniques.
- La calibration sera révisée avant publication du modèle et des scénarios, pour s'appuyer sur au moins trois années d'observations et pour permettre l'inclusion de l'anchois dans les résultats.

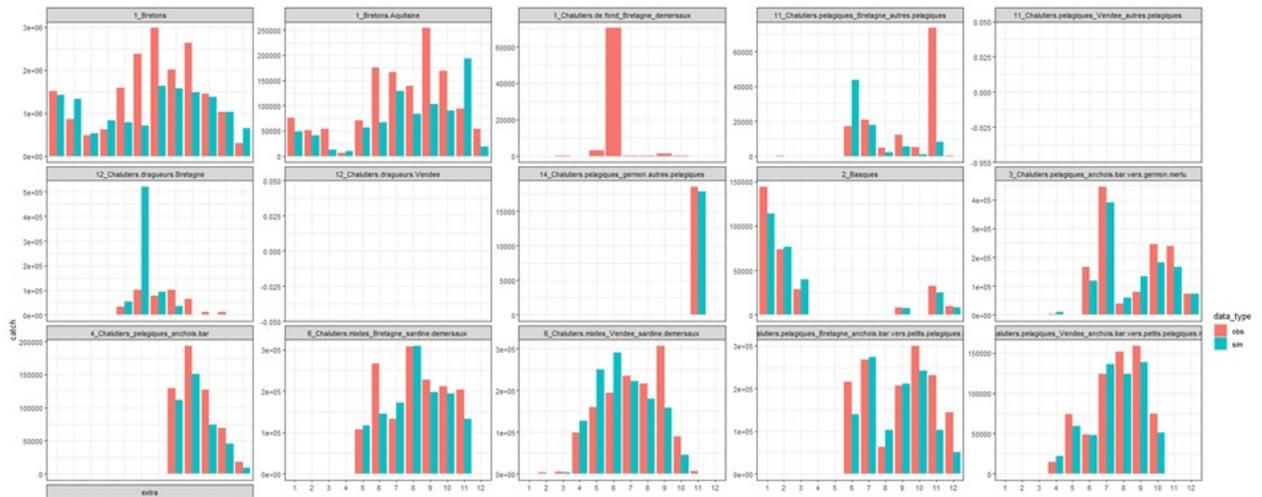


Figure 2.5.2.2 : Ajustement du modèle aux données de débarquements de sardine par mois et par flottille pour l'année 2020

En savoir plus

Livraison D5.3 : Manuscrit sur la scénarisation et les résultats des simulations. Lehuta et Bourdaud, article en préparation sur la combinaison des scénarios narratifs et quantitatifs intégrant les détails de paramétrisation du modèle.

T5.3. Atelier d'identification des objectifs de gestion et de co-construction de scénarios d'évolution et des stratégies d'adaptation

Contributeurs : Pierre Bourdaud, Sigrid Lehuta

Objectifs

Afin de réfléchir collectivement et de se préparer aux changements, adaptations et solutions nécessaires à la poursuite d'une exploitation durable des espèces pélagiques du Golfe de Gascogne, neufs scénarios narratifs exploratoires du futur de la filière ont été co-construits par des scientifiques, gestionnaires, et des représentants des professionnels de la pêche et de la transformation de ces espèces. Ces scénarios reflètent la diversité des points de vue sur les trajectoires possibles de la filière et la complexité du fonctionnement de ce socio-écosystème. Ils s'accompagnent d'objectifs et de leviers pour permettre leur atteinte, identifiés par les participants.

Méthode

Construction des scénarios

Le développement de scénarios du futur s'est principalement déroulé au cours de plusieurs ateliers, calés sur les restitutions du projet DEFIPEL, afin d'assurer la participation de tous les partenaires. Au cours du premier atelier (juin 2022), les participants répartis en trois groupes hétérogènes en termes de métiers et disciplines, ont échangé sur leur vision de futurs pessimiste, optimiste et probable de la filière petits pélagiques. L'horizon temporel des scénarios choisi collectivement en amont est de 10 ans, permettant de discuter des changements significatifs de la filière tout en restant connecté aux préoccupations actuelles. La consigne était de renseigner au maximum la situation en termes de ressource, écosystème, flottes, gestion, contexte économique/secteur aval, et culture/image de la filière dans chacun des scénarios.

Afin de faciliter l'implémentation des scénarios dans le modèle ISIS-Fish, les participants ont également été consultés sur les valeurs quantitatives de variables clés des scénarios (taille de la sardine, prix des espèces, nombres de navires...) qu'ils considéraient correspondre aux projections mentionnées dans les scénarios. Ceci a été réalisé sur un nombre restreint de variables, avec un choix entre plusieurs valeurs prédéfinies.

Au cours de l'été, les scénarios et les valeurs de projection des variables ont été diffusés et soumis aux commentaires et compléments des partenaires et des professionnels de la filière eux-mêmes (et non seulement les représentants). Pour ce faire les scénarios ont été synthétisés dans de courts textes ('narratifs'), dans une [infographie](#) intégrée à un livret et une enquête en ligne a été développée (R package shiny, [lien](#)). Elle permettait de lire ou écouter les scénarios (lus et enregistrés en fichiers .wav), de les commenter ligne par ligne ou globalement, d'inclure des remarques sur certaines variables et enfin de prolonger graphiquement (en dessinant) les séries temporelles de variables clés des scénarios depuis la dernière année connue jusqu'en 2032. Le peu de retours des pêcheurs (et parfois la difficulté d'utilisation, notamment des bogues d'enregistrement) a incité à compléter l'enquête par une version simplifiée sous forme de questionnaire à choix multiples sur formulaire papier et par des rendez-vous avec des pêcheurs. Deux réponses (dont une d'un groupe de pêcheurs) ont été obtenues.

Un nouvel atelier (Novembre 2022) a permis de réviser les scénarios en intégrant les commentaires issus de l'enquête, et de faire vérifier leur cohérence et leur exhaustivité en les faisant relire par les groupes n'ayant pas participé à leur rédaction.

Elicitation d'objectifs partagés

L'atelier a eu lieu en visio-conférence en Janvier 2023. Une partie des partenaires étant absents, un second atelier a eu lieu début février avec uniquement les partenaires absents au premier. La méthode mélangeait [idéation](#) individuelle sur la base d'un tableau de post-it en ligne (Fig.2.5.3.1) et discussion de groupe et a permis de lister et prioriser des objectifs concernant les différents compartiments/aspects de la filière (ressource, écosystème, flottilles, gestion, contexte économique/filière aval, image/culture). Des leviers d'atteinte de ces objectifs ont également été discutés.



Figure 2.5.3.1 : Tableau de post-it utilisé pour l'idéation des objectifs pour la filière

A retenir

- L'exercice de scénarisation a été fortement apprécié par les participants. Il a offert une opportunité de discussion entre experts de différents maillons sur leur vision du système et de son évolution. Ceci a permis à des experts de certains domaines d'élargir le spectre de leur compréhension du système et ainsi réaliser les connexions et interactions existantes entre les différents compartiments. D'autre part, cet exercice a

permis de confronter de multiples interprétations de ce système pour en tirer collectivement une vision plus cohérente. Le cadre théorique sans implications opérationnelles directes, est propice à l'écoute, à la prise de recul vis-à-vis des crises immédiates et permet de s'affranchir de certains tabous ou postures.



Figure 2.5.3.2 : Nuage de mots réalisé sur la base des thèmes récurrents des narratifs

- Les neuf scénarios sont extrêmement riches et précis. Les thèmes récurrents reflètent les préoccupations des scientifiques et de la profession et les drivers supposés du système (Fig.2.5.3.3) : abondance et taille de la sardine, équilibres écologiques, opportunités de pêche sur les autres espèces, gestion et stratégies d'adaptation des pêcheurs, augmentation des coûts, concurrence entre métiers et usages, débouchés et demande des consommateurs. Les noms des scénarios reflètent leurs hypothèses principales : pour les scénarios probables « Réglementation et compétition »(R&C), « Coûts et changements = résilience durable » (C&C) et « Perturbations et déplacements » (P&D) ; les pessimistes : “Flou et engorgement” (F&E), “Coûts et fermetures” (C&F) et “Déséquilibres et mutation” (D&M), et les optimistes : “Collaboration entre pêcheurs et scientifiques” (CP&S), “Gestion et diversification des cibles” (G&D) et « Anticipation et cercle vertueux »(A&CV).
- Le classement des scénarios en pessimistes, optimistes ou probables fait ressortir les craintes et préférences des participants concernant la gestion de la sardine, les stratégies de pêche, les relations avec les transformateurs, les opportunités de pêche sur les autres espèces et les changements environnementaux. Notamment, les scénarios optimistes présentent une majorité d'*auto-gestion* (c'est-à-dire une absence de mesure réglementaire sur la sardine) tandis que les pessimistes prédisent la mise en place d'un quota pour la sardine, les participants s'accordent sur la forte probabilité de mise en place de ce dernier mode de gestion. La préférence en termes de stratégie va vers un maintien fort des métiers sardine, possiblement concentrés en été. La polyvalence est vue de manière ambiguë comme une contrainte (qualité de travail) mais aussi une sécurité (report les mauvaises années de sardine) et est souhaitable si les opportunités sur les autres espèces sont élevées. Ce dernier aspect ressort comme une préoccupation principale partagée. Enfin tous les scénarios optimistes supposent que

l'industrie parviendra à valoriser les sardines de petite taille améliorant les débouchés des professionnels.

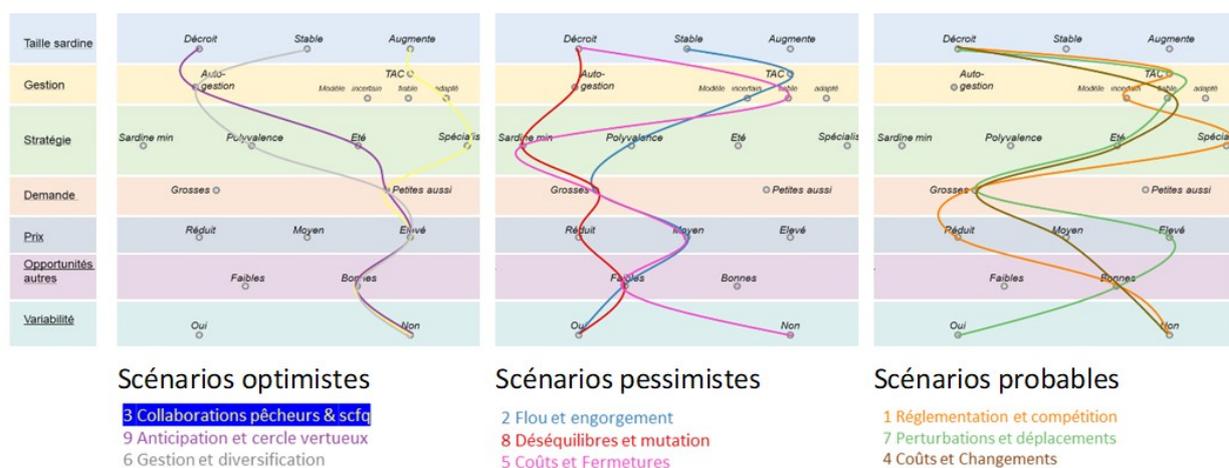


Figure 2.5.3.3: Résumé des principales hypothèses des neuf scénarios co-construits avec les partenaires DEFIPEL mettant en évidence les corrélations entre hypothèses au sein des familles de scénarios optimistes, pessimistes et probables.

- Les hypothèses des scénarios probables sont proches, ce qui dénote d'une bonne cohérence de visions du futur probable entre les acteurs. On note quelques incohérences tout de même, l'un des scénarios pessimistes suppose une stabilisation de la taille de la sardine alors que tous les scénarios probables la voyaient décroître et les trois options sont présentes (augmente, stable et décroît) dans les scénarios optimistes.
- L'atelier 'objectifs' confirme ces préférences et fait ressortir 5 grands axes : Amélioration des perspectives d'avenir pour les flottilles de pêche, transparence, valorisation et optimisation de la filière aval, image et collaboration au sein de la filière, approche écosystémique. Plus spécifiquement, ils concernent l'adéquation des outils de suivi et de gestion aux spécificités des petits pélagiques et la pérennisation du suivi. Du point de vue des pêcheurs, on vise la réduction de la dépendance des flottilles à la sardine, une plus grande stabilité et prévisibilité des opportunités de pêche et des débouchés et une meilleure valorisation. La communication intra-filière et externe apparaît aussi comme une priorité.
- On met en évidence une apparente opposition entre le besoin d'une gestion réactive permettant de saisir les opportunités et de détecter les situations à risques ; et un besoin de stabilité et de visibilité à long-terme. Des leviers vers la réconciliation de ces objectifs ont été mis en évidence à différents niveaux du système au travers des scénarios et des ateliers. Elle nécessite de meilleures connaissances scientifiques et le développement d'outils de suivi et de gestion écosystémiques adaptés à la variabilité du système pélagique : anticipation, réactivité et protection du potentiel reproducteur. Ils doivent aboutir à la mise en place d'actions préventives contre les aléas environnementaux (fermetures spatiales ou saisonnières, quotas pluri-annuels, prise en compte d'indicateurs de santé des populations...) et de suivi régulier d'indicateurs complémentaires (environnement, état de santé, prédation, saisonnalité), possiblement en collaboration avec la profession. L'acceptation et la viabilité économique de ces mesures pour la profession est conditionnée à une meilleure valorisation de la production (notamment via la concentration de l'activité pendant les périodes où les prix

sont plus élevés ou via la labellisation) et une plus grande flexibilité dans la distribution des opportunités de pêche, au moins à titre exceptionnel en cas de crise, permettant l'optimisation du portfolio d'espèces pélagiques. La sécurisation des débouchés devra inciter les pêcheurs à maintenir leur polyvalence, à adapter leurs pratiques de pêche vers un plus grand respect de la biodiversité et un meilleur ajustement à la disponibilité de la ressource (améliorer la sélectivité et le ciblage, réduire l'activité ou modifier leurs zones ou saisons de pêche). Une planification spatiale équitable limitant les conflits entre usages pourra aider ces adaptations. Les leviers existent également au niveau des distributeurs et consommateurs qui devront être éduqués pour augmenter la demande en produits, français, diversifiés (frais et conserve) et en adéquation avec la production tant en termes d'espèces que de taille. La communication des aspects santé, local et respect de l'environnement des produits sera un atout. Les transformateurs auront pour rôle de satisfaire et entretenir la demande (ex. marketing, nouveaux débouchés dans les petites surfaces, les collectivités, l'export) et de la répercuter le long de la chaîne de valeur, en offrant une juste rémunération aux pêcheurs. Les aides publiques et la modernisation des moyens de production apparaissent comme une solution pour palier à l'augmentation des coûts. La communication et coopération entre maillons de la filière et entre professionnels et scientifiques apparaît comme un levier à un meilleur pilotage de la filière (gestion et valorisation) et à la communication auprès des consommateurs.

- L'atelier 'Objectifs' a aussi été l'occasion d'évoquer des mesures de gestion possiblement d'intérêt pour la pêcherie petits pélagiques telles qu'un plan de gestion pour la sardine, des quotas pluri-annuels, des quotas multi-spécifiques pour les poissons fourrage préservant un pool de proies pour les prédateurs, des fermetures de zones d'habitats essentiels possiblement dans un système de jachère, un système de limitation des prises saisonnier et/ou temps réel sur la base d'un suivi fin de la pêcherie par indicateurs, et une levée des restrictions de moule (sous réserve d'une évaluation du risque écologique).
- Le bilan est plus mitigé en ce qui concerne la quantification des scénarios et l'implication des pêcheurs. L'ergonomie et la complexité de l'outil d'enquête est en question. Le nombre et la complexité des scénarios ne facilitent pas leur appropriation par des personnes non impliquées dans leur création. L'infographie a pu offrir une vision trop caricaturale des narratifs gommant la finesse et la logique des raisonnements, détrimentaire à leur diffusion. Enfin l'exercice de scénarisation s'inscrit dans un temps long, de partage de connaissances et de visions, bien compris dans le contexte du projet mais dont les objectifs peuvent paraître obscurs, douteux voire risqués dans le cadre d'une consultation ponctuelle.

En savoir plus

- Une plaquette illustrant les 9 scénarios co-construit est disponible ici : https://peche.ifremer.fr/content/download/172871/file/084711_Defipel_4pages_2.pdf
- Le tableau de post-it utilisé pour l'idéation des Objectifs pour la filière est disponible ici : <https://app.klaxoon.com/animate/board/3RNSXVX>
- Application shiny de commentaire et quantification des scénarios : https://halieut.agrocampus-ouest.fr/discardless_app/defipel/
- Livrables D5.1 et D5.3 (articles en préparation)

T5.4. Simulation des scénarios d'évolution de la pêche co-construits

Contributeurs : Sigrid Lehuta, Pierre Bourdaud

Objectifs

Afin d'évaluer quantitativement la performance des solutions imaginées dans les scénarios narratifs au vu des objectifs (T5.3 ; D5.1), le modèle du socio-écosystème développé en utilisant la plateforme ISIS-Fish (T5.2) a été utilisé pour simuler les scénarios. Une méthodologie de traduction des scénarios narratifs en valeurs quantitatives de paramètres pour le modèle a été mise au point, aboutissant à un total de 57 scénarios simulés (D5.3). Les résultats chiffrés des simulations sont confrontés aux objectifs.

Méthode

Avant de pouvoir simuler les scénarios, il a fallu les implémenter dans ISIS-Fish et traduire de manière quantitative leur contenu. Ceci a nécessité plusieurs étapes : i) d'abord, une analyse des textes des narratifs, pour l'identification des variables correspondantes disponibles dans ISIS-Fish et des forçages, puis ii) l'estimation des valeurs à attribuer aux paramètres et forçages. Enfin le plan d'expérience a été simulé et les résultats interprétés au regard des objectifs de durabilité de la filière identifiés en atelier par les participants au projet.

1. Analyse des textes des narratifs

La première étape a consisté à « décortiquer » les narratifs afin de mettre en évidence les processus et les variables mis en jeu. Chaque phrase nommée « assertion » a été reliée à un paramètre ou plusieurs paramètres d'ISIS-Fish soit i) directement si le paramètre était explicite dans ISIS-Fish (ex. taille de sardine, quota, nombre de navires...), soit indirectement si le processus n'était pas explicite dans ISIS-Fish mais utilisable comme forçage de variables présentes dans le modèle (ex. climat, compétition avec les dauphins). Certaines variables des scénarios (ex. prix, recrutements) peuvent être considérées soit comme des paramètres (dont la valeur est décidée par le modélisateur), soit comme des variables émergentes si le mécanisme sous-jacent est décrit (modèle de prix, relation stock-recrutement). Lorsque c'était possible, les deux options ont été conservées, augmentant le nombre de simulations pour un même scénario. En revanche, les variables considérées comme des sorties principales du modèle (ex. biomasse de sardine, revenus de la pêche) 'émergentes' du paramétrage des scénarios n'ont pas été contraintes et serviront à l'évaluation des objectifs. Enfin certains processus ou variables n'ont pas pu être reliés à des paramètres et sont conservés comme information qualitative (ex. bien-être au travail des marins).

Deux outils ont été développés pour tracer l'articulation entre narratifs et paramètres du modèle :

Un tableau récapitulatif pour chaque scénario et assertion, les variables d'ISIS-Fish à modifier, l'origine des valeurs, les éventuelles sources alternatives de valeurs, les éventuels problèmes de traduction quantitative, des commentaires issus de discussions avec les experts concernant les valeurs possibles et une évaluation qualitative de la qualité de la traduction de l'assertion en valeurs.

Des infographies mettant en évidence les relations directes et indirectes entre forçages et paramètres du modèle. Elles sont particulièrement utiles pour mettre en évidence les chaînes de causalité au sein des scénarios, c'est-à-dire tous les intermédiaires entre un forçage et ses effets sur les variables du modèle (ex. climat → zooplancton → croissance) (Fig.2.5.4.1, D5.3).

imports, valorisation du circuit court etc.), un multiplicateur d'une valeur constante était appliqué au prix issu du modèle.

Un modèle Dynamique Energy Budget (DEB) de la croissance de la sardine et de l'anchois sous hypothèses de température et de disponibilité en nourriture (Menu et al., 2023) a été utilisé, en complément des courbes issues des sondages, pour projeter l'évolution des tailles et poids des sardines et anchois selon les scénarios (détails en D5.3).

Pour certaines variables des estimations issues de plusieurs des trois méthodes étaient disponibles (taille des anchois et sardines, prix...). Des scénarios quantitatifs alternatifs ont ainsi été construits aboutissant à un total de 37 scénarios quantitatifs pour les 9 scénarios narratifs.

3. *Simulation et évaluation qualitative et quantitative des scénarios*

Les résultats ont été analysés suivants deux axes : l'atteinte des objectifs (T5.3) et la complémentarité et cohérence entre narratifs et simulations.

Les sorties du modèle analysées ont été sélectionnées en relation avec les objectifs. En particulier les objectifs de durabilité du stock de sardine (biomasse de reproducteurs et mortalité par pêche), de stabilité et rentabilité de la pêche (variance des débarquements et revenus, prix de la sardine, nombre d'années de fermeture de la pêche), et de moindre dépendance à la sardine.

Les narratifs et les simulations du modèle ISIS-Fish résultent de deux représentations du fonctionnement de l'écosystème pélagique (l'une qualitative, l'autre analytique et quantitative) reposant toutes les deux sur des hypothèses (plus ou moins conscientes et explicites) et des estimations dans le cas d'ISIS-Fish. La confrontation des deux permet d'évaluer la cohérence, ou l'incohérence entre le schéma mental des participants à la scénarisation et les hypothèses d'ISIS-Fish. Sans permettre de conclure sur la représentation la plus juste ou réaliste, elle permet de pointer la robustesse ou au contraire l'incertitude des projections. Pour les mettre en évidence, on a d'abord classé les résultats de simulation selon qu'ils émanaient d'un scénario optimiste, pessimiste ou probable. On a ensuite vérifié la concordance entre assertions des narratifs et variables de sorties correspondantes.

A retenir

Performance des scénarios au regard des objectifs

- Le niveau d'atteinte des objectifs par les différents scénarios est représenté sur des graphes en radar dont la valeur maximum représente la meilleure valeur obtenue en simulation et le minimum, la moins bonne (Fig. 2.5.4.2). La distinction entre scénarios optimistes, pessimistes et probables est loin d'être intuitive à la lecture des graphiques. Les trois scénarios probables, dont les hypothèses sont proches (taille de sardine en baisse, gestion par TAC, et bonnes opportunités sur les espèces de report), donnent des résultats proches, en particulier de bonnes performances sur les indicateurs biologiques et la stabilité des revenus. La variabilité du recrutement de sardine simulée dans 'P&D' (sc. marron) est tamponnée par la faible pression de pêche et ne se propage pas. En revanche, la spécialisation supposée dans 'R&C' (sc. rouge) entraîne une plus grande dépendance à la sardine et une pression de pêche qui engendre des fermetures fréquentes et une oscillation de la sardine entre ces points de référence.

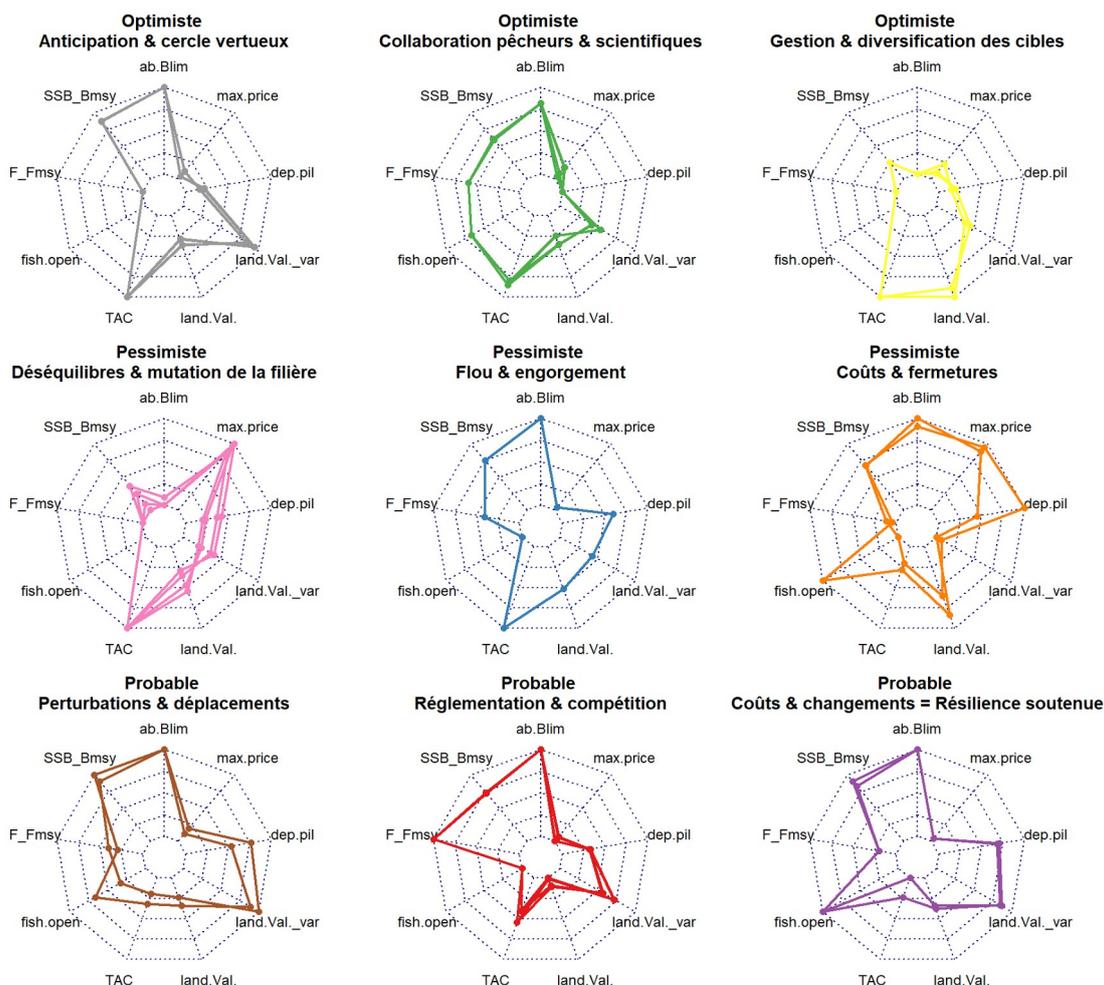


Figure 2.5.4.2: Niveau d'atteinte des objectifs dans les 9 scénarios. Les multiples lignes représentent les alternatives d'implémentation du scénario. *ab.Blim*: nombre d'années avec SSB de sardine > *Blim*; *SSB_Bmsy*: ratio de la SSB de sardine sur *MSY B trigger*; *F_Fmsy*: 1/ratio de la mortalité par pêche de sardine sur *FMSY*; *fish.open*: nombre d'années sans fermeture de pêche; *TAC*: valeur du quota de sardine; *land.Val*: valeur débarquée des espèces modélisées; *land.Val_var*: 1/déviations standard de la valeur débarquée des espèces modélisées; *dep.pil*: 1/dépendance à la sardine des bolincheurs. Les variables sont standardisées afin que les valeurs désirables soient à l'extérieur du radar.

- Les scénarios optimistes et pessimistes sont plus hétérogènes dans leurs hypothèses concernant l'évolution des tailles de sardine, la gestion et les stratégies et aboutissent à des résultats contrastés. Cela laisse supposer, sans surprise, qu'il s'agit des drivers principaux des résultats quantitatifs étudiés. Le bilan vis-à-vis des objectifs est inattendu voire parfois contre-intuitif.
- Par exemple, parmi les scénarios optimistes, le scénario G&D (sc. jaune) surprend par ses très faibles performances sur les indicateurs biologiques. La spécialisation et l'absence de gestion dans ce scénario permet en effet de bonnes performances économiques mais au dépend des objectifs biologiques. Cette situation ne serait probablement pas durable si le recrutement était modélisé comme dépendant du stock.
- Au contraire, les scénarios pessimistes F&E (sc. bleu) et surtout C&F (sc. Orange), montrent pratiquement les meilleurs compromis biologie/économie. Leur limite concerne la forte variabilité des revenus causée par de fréquentes fermetures de pêcherie.

Bilan par objectif

- Le bilan par indicateur suggère des pistes d'amélioration des scénarios. Sur les critères biologiques, les deux scénarios les moins satisfaisants (G&D, jaune et D&M, rose) supposent l'autogestion du stock de sardine, dans un cas combiné à une stratégie de pêche (polyvalence) assez intensive sur la sardine et dans l'autre à une forte variabilité du recrutement. Cependant l'autogestion ne conduit pas systématiquement à un dépassement des limites biologiques, comme le montre le scénario A&CV (sc. gris) qui suppose aussi l'autogestion mais avec la stratégie « été » et sans variation de recrutement. De manière général, la stratégie « été », sans surprise, permet de maintenir le stock au-dessus de Bmsy. Les autres stratégies couplées à des TACs le maintien entre ces points de référence avec de fortes variations interannuelles. Il serait intéressant d'isoler les effets de la fiabilité du modèle d'évaluation et l'exploitation de petites sardines qui ne peuvent pas être séparés des autres facteurs à ce stade.
- Le scénario présentant les meilleures performances en termes de TAC, F&E (bleu), prévoit en fait des fermetures fréquentes et donc, une grande variabilité des valeurs débarquées. Globalement TAC et fermetures sont anti-corrélés. L'exception est le scénario CP&S (vert), dans lequel le TAC est élevé mais l'effort sur la sardine ne permet pas de le capturer entièrement entraînant de faibles performances économiques.
- Les objectifs économiques sont à interpréter avec précaution (et à consolider avant publication) car ni l'anchois, ni le merlu ni les autres espèces non explicitement modélisées ne sont prises en compte dans la valeur débarquée et la dépendance. Ils sont cependant peu présents dans les scénarios et les résultats peuvent être interprétés en relatif d'un scénario à l'autre. Comme mentionné, les meilleures valeurs débarquées sont obtenues pour G&D (jaune) et C&F (orange) soit un scénario optimiste et un pessimiste, le premier au prix d'une forte dépendance à la sardine et prix élevés, le second sous réserve de bonne disponibilité en chinchard et maquereau. L'hétérogénéité est grande entre flottilles, pour les bolincheurs bretons, les revenus les plus élevés sont obtenus pour C&F et D&M avec une stratégie « min » limitant l'effort sur la sardine et favorisant le chinchard. Pour les chalutiers sardiniers bretons en revanche les scénarios de spécialisation sont de loin les plus rentables avec une forte dépendance à la sardine et un complément au thon rouge (résultats détaillés dans D5.3).
- L'incertitude d'implémentation a finalement un assez faible impact sur les résultats et ne remet pas en question les diagnostics. L'exception est le scénario C&F, qui selon la manière d'implémenter la croissance de la sardine, peut montrer de nombreuses fermetures de pêcherie ou presque aucune. Elle touche particulièrement la dépendance à la sardine (scénarios 'coûts et fermetures', 'perturbations et déplacements' et 'déséquilibre et mutation'), le nombre d'années d'ouverture de la pêche (scénarios 'perturbations et déplacements' et 'coûts et fermetures'), la valeur débarquée et ses variations ('déséquilibre et mutation'), et la valeur de quota ('coûts et changements').

Cohérence des narratifs et des simulations

- Au-delà des résultats obtenus pour la filière pélagique, les approches de scénarisation couplant prospective et modélisation sont de plus en plus populaires et la méthodologie proposée ici pourra être aisément transposée à d'autres cas d'étude. De plus, nous démontrons la véritable complémentarité de ce couplage : en effet, le passage au quantitatif permet d'une part d'explicitement concrètement la vision partielle et simplificatrice du système offerte par le modèle et d'en identifier les limites et les priorités d'amélioration. Inversement, cette traduction force les acteurs à préciser leur discours et met en lumière la diversité des visions qui peuvent se cacher derrière les narratifs, même lorsque ceux-ci sont le résultat d'une co-construction. Le dialogue quali-quantitatif offre une évaluation de la robustesse/l'incertitude des projections par la confrontation i)

des visions (pessimistes, optimistes) à l'atteinte des objectifs, ii) des narratifs aux simulations et iii) celle des implémentations quantitatives alternatives entre elles.

- Si les résultats des scénarios permettent d'évaluer l'atteinte des objectifs, ils ne répondent pas entièrement aux attentes des professionnels. En effets, les scénarios étant très complexes avec de nombreux détails et les effets des facteurs étant confondus, il est difficile d'en retirer un message simple sur l'effet d'un facteur, généralisable à un autre contexte. Une analyse de sensibilité des facteurs principaux des scénarios est donc nécessaire (en progrès).
- En revanche les narratifs quali-quantifs (D5.4) permettent de raconter une seule histoire nourrie de savoirs experts et scientifiques, en particulier de mettre en avant des diagnostics partagés par les experts même s'ils ne sont pas complètement supportés par des données. Ils donnent aux résultats scientifiques complexes un support de communication accessible au grand public.

En savoir plus

Livrable D5.3 : Manuscrit sur la scénarisation et les résultats des simulations. Lehuta et Bourdaud, article en préparation sur la combinaison des scénarios narratifs et quantitatifs intégrant les détails de paramétrisation du modèle.

T5.5. Atelier de transfert aux acteurs des indicateurs pour l'évaluation des stocks, et des outils de gestion : modèles, simulations et tableau de bord d'indicateurs

Contributeurs : Sigrid Lehuta, Martin Huret

Nous n'avons pas organisé d'atelier dédié à la restitution et au transfert des outils du projet développés dans le WP5 d'intégration. Le tableau de bord définitif et les résultats aboutis de simulation sont arrivés en fin de projet, et demandent encore à être stabilisés pour être complètement transférés. Cependant l'implication des différents acteurs et notamment des représentants des pêcheurs (OPs, CNPMEM, CDPMEM29) aux différentes réunions et ateliers de définition des indicateurs et de mise en place des narratifs a assuré une appropriation progressive de nos outils. Par ailleurs, nous avons listé l'ensemble des actions entreprises au cours du projet pour une acculturation et une appropriation maximale de nos développements méthodologiques par les acteurs. Ceux-ci sont rappelés dans la tâche 6.4 « Transfert des résultats et outils au sein des structures de gestion », et des pistes de réflexion pour aller plus loin sont discutées en fin de la partie synthèse globale de ce rapport.

En ce qui concerne les résultats de simulations, deux formats sont envisagés pour une diffusion et une appropriation plus aisée par les partenaires et la profession. D'une part, une application web (package R shiny) pourrait permettre l'exploration graphique des résultats de simulation via une interface. Ceci permettrait aux utilisateurs de visualiser les variables de leur choix au format désiré et d'appliquer des filtres sans avoir besoin de programmer. Ce format a déjà été proposé dans le cadre du projet DiscardLess (http://sirs.agrocampus-ouest.fr/discardless_app/app10/). Le second format consiste à compléter les narratifs des scénarios avec les informations issues des simulations offrant une approche plus qualitative et moins experte aux utilisateurs (Fig.2.5.5.1). Un exemple pour l'un des scénarios est proposé ci-dessous. Dans les deux cas, le travail nécessaire à la création de ces produits est conséquent et il apparaît prudent de s'assurer avec les partenaires et autres acteurs de l'intérêt et de l'adéquation du format proposé.

Perturbations et déplacements

Dans dix ans, la température dans le golfe de Gascogne augmentera progressivement pour atteindre +0,1 °C en 2040. La population de thon rouge restera dans un bon état grâce à une gestion prudente. Les petits pélagiques d'âge supérieur ~~ou égal à deux ans seront moins abondants~~ tandis que leur taille se stabilisera autour d'une valeur réduite. L'écosystème dans son ensemble sera légèrement moins stable, ce qui induira plus fréquemment des variations d'abondance abruptes et imprévisibles. Les « blooms » d'espèces moins présentes historiquement comme le poulpe seront à la fois plus fréquents et plus intenses.

Le nombre de navires diminuera suite aux départs à la retraite qui ne seront pas remplacés. Les zones de pêche seront amenées à évoluer, avec notamment une extension vers la Manche et le Sud de la Mer du Nord pour les navires polyvalents. La direction et la magnitude de cette expansion sera déterminée par la disponibilité la ressource. Parallèlement, les pêcheurs espagnols se replieront vers la côte Ibérique suite, d'une part, au retour des sardines dans leurs eaux, et d'autre part, à la mise en place d'un plan de gestion comprenant des quotas peu contraignants. Dans ce contexte, les périodes d'activité seront optimisées pour ne pêcher que quand les prix de la sardine seront attractifs. Cette gestion précautionneuse et cette pression de pêche réduite permettra, après quelques années difficiles, de tamponner la variabilité. La dépendance à la sardine diminuera pour les bolincheurs mais restera élevée pour les chalutiers. Le niveau des captures sera très inférieur aux niveaux historiques (et restera sous le TAC. Il sera compensé par la hausse des prix, un maintien des opportunités sur les autres espèces cibles notamment le chinchard et le thon rouge et par la légère diminution du nombre de navires. Dans ces conditions, les objectifs de stabilité et perspectives pour les flottilles, de moindre dépendance à la sardine seront atteints.

La consommation de sardine sera divisée en deux parties distinctes. D'une part, il existera une offre locale, qui souffrira d'une augmentation des coûts tels que celui de l'essence, ainsi que d'une difficulté à recruter, mais qui bénéficiera de la sensibilisation des consommateurs sur la qualité du produit et de leur attrait grandissant pour les produits locaux. D'autre part, on trouvera des produits à moindre prix en provenance de pays étrangers tels que le Maroc.

Fig.2.5.5.1. Exemple de narratif complété par les résultats de simulation. Les sections en noir et bleu proviennent des narratifs initiaux. Les parties en bleu correspondent à des aspects n'ayant pas été intégrés aux simulations et qui n'existent donc que dans le narratif. Les sections en vert proviennent des résultats de simulation. Les éléments barrés signifient que l'hypothèse du narratif n'est pas vérifiée en simulation.

T6.1. Vecteurs de communication interne et tenue des réunions

Contributeurs : Martin Huret, Sigrid Lehuta

Réunions de projet

Au cours du projet, nous avons maintenu un rythme de réunion bi-annuel en plénière (1 Kick-off, 9 réunions dont une finale), chacune suivie d'un comité de pilotage dans lequel l'ensemble des partenaires était représenté. Ces réunions se sont tenues en présentiel (PNMI au Conquet, Ifremer Lorient et Nantes), sauf quand le COVID ne l'a pas permis. Quand nécessaire, nous avons également organisé des réunions spécifiques à certains Workpackages. Des comptes-rendus de chacune de ces réunions ont systématiquement été rédigés, disponibles sur le site collaboratif Defipel dédié du projet.

Site collaboratif

Ce site collaboratif a été utilisé pour rassembler l'ensemble des présentations partagées lors des réunions ou faites dans diverses conférences, les articles publiés, les rapports de stage ou de thèse, ainsi que les articles de presse.

Newsletter

En complément, nous avons produit une Newsletter (Fig.2.6.1.1) diffusée au sein du projet, dans le but de partager sur la vie interne au projet en présentant notamment les nouvelles personnes participantes, ainsi que les premiers résultats scientifiques au fil de l'eau. Celle-ci était produite sur une fréquence trimestrielle, puis moins soutenue le projet avançant.

Newsletter - Décembre 2019

- ✓ **Tenue de la réunion de lancement du projet au siège du PNMI les 1 et 2 octobre 2019**

WP1

- ✓ Publication de '*The seasonal and inter-annual fluctuations of plankton abundance and community structure in a North Atlantic Marine Protected Area*', par Fabio Benedetti, Laëtitia Jalabert, Marc Sourisseau, Beatriz Beker, Caroline Cailliau, Corinne Desnos, Amanda Elineau, Jean-Olivier Irisson, Fabien Lombard, Marc Picheral, Lars Stemmann, Patrick Pouline, *Frontiers In Marine Science* , 6(214)



- ✓ Arrivée de Nina Grandremy en thèse dans l'unité EMH d'Ifremer Nantes, sur le sujet 'Relation entre mésozooplancton et petits poissons pélagiques, dans le Golfe de Gascogne, dans un contexte de changements environnementaux' sous l'encadrement de J.B. Romagnan, P. Petitgas et C. Dupuy.

WP2



- ✓ Arrivée de Quentin Schull dans l'unité MARBEC de l'Ifremer de Sète. Quentin est écologue spécialisé en biologie évolutive. Il sera fortement impliqué dans l'expérience de mise en bassin commun ('common garden') de sardines Atlantiques et Méditerranéennes.
- ✓ Publication du rapport final du projet CAPTAIN, disponible sur le site collaboratif <https://share.ifremer.fr/share/page/site/defipel/dashboard> dans l'espace documentaire / biblio / Rapports.

WP3-4



- ✓ Recrutement de Gabriel Lahellec pour un stage de 6 mois à partir de mars 2020. Gabriel a une formation d'ingénieur agronome qu'il complète actuellement par un master d'halieutique après avoir été matelot à la petite pêche durant 2 ans en Bretagne Nord. Il aura pour mission de définir la typologie Defipel en collaboration avec les professionnels et de réaliser des enquêtes sur les facteurs influençant les stratégies de pêche des flottilles pélagiques du Golfe de Gascogne

Fig.2.6.1.1 Première page de la Newsletter n°1 du projet.

T6.2. Mise en place des vecteurs de communication externe

Site internet

Un [site internet](#) a été ouvert rapidement en début de projet. Il regroupe aujourd'hui l'essentiel des produits du projet, notamment les produits de vulgarisation ([Poster Sardine](#) -Annexe 1-, Fiches Synthétiques -Annexe 2-), et fait le lien vers le tableau de bord ou les scénarios narratifs, et vers les différents livrables.

Plaquette du projet

Nous avons rapidement créé et imprimé une [plaquette de présentation](#) du projet (Fig. 2.6.2.1) pour faire connaître notre projet à l'ensemble des acteurs de la filière. Elle nous a largement servi pour les aborder en amont d'ateliers et d'enquêtes réalisés avec ou auprès d'eux.

DEFIPEL

DEveloppement d'une approche
de gestion intégrée de la Filière
petits PELagiques française



Fig.2.6.2.1. Première page de la plaquette de présentation du projet.

Journées 'filiale sardines'

A l'initiative des conserveurs Chancerelle et Furic, portés par les relations établies entre acteurs de la filière et scientifiques, notamment dans le cadre du projet DEFIPEL, une journée de rencontre a été initiée dès 2022, ouverte à l'ensemble des acteurs de la filière sardine (pêcheurs, mareyeurs, conserveurs, distributeurs, gestionnaires, scientifiques) de la façade Atlantique. Le succès de la première édition, et l'intérêt suscité parmi les acteurs présents, a ouvert la voie aux éditions 2023 et 2024 (50 participants). Ces 3 années, courant juin, ces rencontres ont permis de faire le point sur les derniers résultats sur l'état du stock suite à la campagne PELGAS du mois de mai, sur les avancées du projet DEFIPEL, et sur l'actualité de la filière (durabilité, certification MSC, qualité du produit, échanges internationaux, bien être animal, etc.). Le souhait existe de poursuivre au-delà de la fin du projet. En 2025, ces échanges seront intégrés dans le colloque [TRANSEPEL](#) : Colloque interdisciplinaire sur les petits pélagiques, du 1 au 3 avril à Plouzané.

Les acteurs de la filière « sardines »

Rendez-vous national de la sardine atlantique

Vendredi 5 juillet 2024 – 10h00 – 16h00

Centre de conférence du Chapeau rouge – Salle JET (R+2)

1, rue du Paradis - 29000 Quimper

Programme

Café d'accueil à partir de 10H00

10H30 - Introduction : par M. Jean MAUVIEL (FIAC) et un représentant de l'OP

Matin : 10H40 -12H30

Etat biologique du stock sardine / anchois du Golfe de Gascogne (IFREMER) ;

- **PELGAS** : tendances à chaud suite à la campagne 2024 (Erwan Duhamel, Martin Huret)
- **DEFIPEL** : Ifremer (Martin Huret et Sigrid Lehuta)
 - Retour sur les résultats essentiels
 - Livrables : tableaux de bord + scénarios pour les pêcheries
 - La suite : perspectives pour faire vivre les outils, nouveau projet, annonce colloque petits pélagiques 2025
- Développements en vue d'améliorer le **modèle d'évaluation** (Maxime Olmos)
- Info projet **DELMOGES** : objectifs de l'enquête sur les impacts de la fermeture (Sigrid Lehuta)
- Discussion

Déjeuner Buffet – Réseautage – Centre de conférence RdC

Après-midi : 13H30 -16H00

Benchmark autres stocks & impacts filières

- Flux matières et flux conserves (EUROSTAT – Présentation FIAC)
- Etat des stocks Portugal, Espagne et Maroc et leurs différentes règles de gestion (→Elsa GAUTHERET - Bureau Veritas)
- Règles de gestion Portugal ayant contribué à la reconstitution du stock (→idem)
- Discussion : y compris aspects habitats (zone d'upwellings)

Projets et sujets connexes

- Projet SABRE (Morgane Ramonet - CRPMEM 29)
- Projet OMEGA (IFREMER - Martin Huret)
- Bilan carbone filières - Témoignage entreprise (Jean-François Feillet)
- Point d'actualité MSC (Caroline Gamblin)

Conclusions : réflexion collective : y a-t-il des pistes pour améliorer collectivement le fonctionnement de la filière ?

Fig. 2.6.2.2. Programme de l'édition 2024 de la journée 'filiale Sardines'

T6.3. Organisation et animation d'ateliers de travail

Contributeurs : Sigrid Lehuta, Pierre Bourdaud

Le projet a été l'occasion de discussions entre scientifiques et partenaires professionnels au cours d'ateliers en particulier en ce qui concerne la scénarisation. L'ensemble des ateliers impliquant les professionnels directement n'ont pas pu avoir lieu et ont été remplacés par des enquêtes ou réunion ponctuelles. Les enquêtes auprès des pêcheurs sont couvertes par la protection des données personnelles et anonymes. Leur description peut être retrouvée dans la tâche 3.2. De même la liste 4.2 recense l'ensemble des enquêtes réalisées auprès des acteurs de la filière aval et les résultats sont restitués dans le livrable 4.2. La table ci-dessous liste et détaille les ateliers avec les partenaires du projet dans le cadre du WP5, leurs dates, configuration et objectifs. En complément, une réunion avec des pêcheurs a eu lieu le 29 novembre 2022, dans le cadre de la scénarisation en remplacement des enquêtes en ligne. Elle est reportée dans le livrable D5.1.

Calendrier des ateliers

Atelier	Consigne	Configuration
Atelier 1 : développement des scénarios initiaux (« narratifs »)	Construire 3 scénarios cohérents en groupe : 1 optimiste, 1 pessimiste, 1 probable du futur de la filière dans 10 ans en décrivant les compartiments ressource, écosystème, les flottes, la gestion, le contexte économique/secteur aval, et culture/image. Discussion ouverte.	Durée : 1h Date : 1er juin 2022. Participants : partenaires. 3 groupes (8 en présentiel, et 7 et 5 en visioconférence) Media : grille de prise de notes scénario x composant Produit : Livrable 5.1
Atelier 2 : Production de courbes quantitatives à associer aux scénarios	Enquête individuelle sur la perception des participants de l'évolution de séries temporelles à 10 ans. Les graphiques représentant les séries temporelles collectées dans le cadre de la tâche 5.1 ont été intégrées à une application d'enquête pour servir de support à la réflexion sur leur évolution future.	Durée : 1h Date : 1er juin 2022. Participants : partenaires. 3 groupes (8 en présentiel, et 7 et 5 en visioconférence) Media : Framiform Produit : Livrable 5.1
Atelier « petites histoires »	Analyse visuelle des séries temporelles collectées dans le cadre de la tâche 5.1 et identification experte des potentielles anomalies. Discussion sur les évolutions ou pics détectés et les raisons sous-jacentes (les « petites histoires » des séries).	Durée : 25 min Date : 29 Novembre 2022 Participants : partenaires organisés par groupe de WP en fonction de l'expertise Media : tableau de post-it avec l'ensemble des séries temporelles collectées dans le cadre de la tâche 5.1. https://app.klaxoon.com/join/NHQSCBJ
Atelier3 : Finalisation des scénarios (révision croisée)	Révision de 3 des scénarios construits par les autres groupes en intégrant les commentaires recueillis et les courbes de projection des	Durée : 1h Date : 30 Novembre 2022. Participants : partenaires. 3 même

	séries.	groupes que l'atelier 1 Média : Textes des narratifs Produit : Livrable 5.1
Atelier 4 : Elicitation d'objectifs socio-écossystémiques partagés pour la filière petits-pélagiques.	<p>Etape 1 : 10 min d'idéation sur les objectifs ou métriques de suivi (si possible avec seuils) par thème (ressource, écosystème, flottilles, gestion, contexte économique/filière aval, image/culture) puis 25min de discussion et 5min de vote pour les 6 objectifs prioritaires.</p> <p>Etape 2 : 10 min d'idéation sur les leviers pour atteindre ces objectifs, puis 15 min de discussion et 5 min de vote pour les 6 leviers prioritaires.</p>	<p>Durée : 1h30</p> <p>Date : 26 Janvier 2023</p> <p>Participants : partenaires. Certains représentants des professionnels n'ont pas pu assister à l'atelier (session de rattrapage)</p> <p>Média : Tableau de post-it virtuel (Klaxoon)</p> <p>Lien : https://app.klaxoon.com/join/3RNSXVX</p> <p>Produit : Livrable 5.1</p>
		<p>Durée : 1h30</p> <p>Date : 7 Février 2023</p> <p>Participants : 3 représentants des pêcheurs (Ops) n'ayant pas pu assister à l'atelier précédent (ou pas en totalité).</p>

T6.4. Transfert des résultats et outils au sein des structures de gestion

Contributeurs : Martin Huret, Sigrid Lehuta

Constitution d'un réseau

La conduite d'un projet à l'échelle nationale sur la filière des petits pélagiques, au sens large, est une première. Une des réussites en est la constitution d'un réseau de collaborateurs, parmi lesquels des scientifiques, des représentants de pêcheurs (Pêcheurs de Bretagne, FROM Nord, OP Vendée, Pêcheurs d'Aquitaine et CNPMEM et CDPMEM29), de l'industrie de la conserve (CITPPM, FIAC), et des gestionnaires de l'espace maritime (PNMI). La tenue de la journée 'Filière Sardine' 3 ans de suite (T6.3, Fig.2.6.4.1), et la volonté des parties prenantes que cela se poursuive au-delà de l'existence du projet, attestent de la réalité et de la solidité de ce réseau.

Une action assez incertaine du projet concernait l'évolution du modèle d'évaluation du stock de sardine, en lien avec le changement de responsable au sein de l'IFREMER. Le recrutement d'un nouveau chercheur à l'IFREMER, seulement en fin de projet, n'a pas permis d'intégrer de nouveaux développements dans le projet lui-même. Néanmoins, des actions de recherche ont été lancées, et la participation de Maxime Olmos aux réunions de fin de projet lui a permis de pleinement intégrer ce réseau et d'en identifier les acteurs clés (OPs, CNPMEM) pour l'accompagner dans les nouveaux développements du modèle.



Fig. 2.6.4.1. 'Comment ça marche'. Présentation lors de la journée sardine 2023 par Sigrid Lehuta.

Vulgarisation

Afin de toucher un public varié parmi les acteurs de la filière et au-delà, nous avons fait un effort de vulgarisation dans la présentation de nos résultats. Nous avons notamment répondu aux nombreuses sollicitations de journalistes, notamment pour Le Marin (cf. T6.5). Nous avons surtout réalisé des fiches synthétiques présentant les résultats principaux du projet sous forme d'histoires de la filière (Annexe 2) : « [La saisonnalité de la filière sardine](#) », « [Les petits poissons](#)

pélagiques et leurs proies rétrécissent », « Dépendance et vulnérabilité des pêcheries et filières », « Organisation de la filière sardine en France ». Ces histoires font communiquer les différents compartiments de la filière entre eux, de l'habitat à la filière aval, et font ressortir la nécessité d'une vision intégrée de cette filière pour donner une cohérence à sa gestion. Ces 'histoires' font réellement ressortir les dynamiques à l'œuvre entre 2000 et 2020, au sein de l'écosystème pélagique, en termes de stratégie des flottilles concernées, et dans la structuration de la filière aval. En tant que synthèse accessible des résultats essentiels du projet, elles mettent en évidence les éléments à prendre en compte pour une gestion équilibrée entre les enjeux environnementaux en lien avec les changements globaux, d'état de la ressource, et les intérêts économiques des pêcheurs et de la filière aval.

Diffusion des résultats pour la gestion

Le tableau de bord (T5.1) est un outil partagé sous forme de page internet (<https://defipel-tdb.ifremer.fr/>), qui donne une vision rapide de l'évolution et de l'état récent de la filière, ceci à l'ensemble des acteurs de la filière au travers de nombreux indicateurs. Il s'agit donc d'une référence commune facilitant les échanges, mettant chacun au même niveau de connaissance, dans l'objectif de contribuer à l'élaboration d'un système de gestion partagé.

Les partenaires du projet, en tant que représentants des professionnels, ont largement contribué à relayer les résultats présentés lors des réunions de projet (T6.1). Le PNMI, en lien avec le CDPMEM29, a diffusé ces résultats tout au long du projet auprès des bolincheurs et au sein des instances de gestion des parcs marins français (cf. liste des présentations de C. Cailliau dans T6.5). Issu de cette collaboration locale et inspiré par le projet DEFIPEL, un nouveau projet, SABRE (financement DLAL FEAMPA), a été décliné dans le Finistère sur les aspects écosystémiques.

Nous avons régulièrement participé à la Commission des Espèces Pélagique du Golfe de Gascogne (CEPGG) du CNPMM pour présenter notre démarche et nos résultats.

A l'échelle européenne, nous avons été invité à partager nos résultats et discuter de nos outils dans des réunions des Comités Consultatifs Régionaux, qui regroupent les acteurs concernés par la gestion aux échelles régionales et en fonction des groupes d'espèces concernées. Ce fut le cas en octobre 2023 au CC Sud (<https://cc-sud.eu/>), puis en juillet 2024 au PelAc (Pelagic Advisory Council, <https://www.pelagic-ac.org/>).

T6.5. Communications scientifiques, auprès des acteurs de la filière, et du grand public.

Liste des publications

- Favreau A., Doray M., Spitz J., Le Mestre S., Huret M. 2024. Condition states in anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) revealed by energy and proximate composition relationships. *Journal of Fish Biology*. <https://doi.org/10.1111/jfb.15948>
- Favreau, A., Doray, M., Spitz, J. and Huret, M. Comparison of methods for energy content estimation in small pelagic fish. *Ecol. Indicators*. Soumis.
- Grandremy, N., et al., 2024. Metazoan zooplankton in the Bay of Biscay: a 16-year record of individual sizes and abundances obtained using the ZooScan and ZooCAM imaging systems. *ESSD* 16, 1265–1282. <https://doi.org/10.5194/essd-16-1265-2024>
- Grandremy, N., et al., 2023a. The ZooScan and the ZooCAM zooplankton imaging systems are intercomparable: A benchmark on the Bay of Biscay zooplankton. *Limnol. & Oceanogr.: Methods* 21, 718–733. <https://doi.org/10.1002/lom3.10577>
- Grandremy, N., et al., 2023b. Hydrology and small pelagic fish drive the spatio-temporal dynamics of springtime zooplankton assemblages over the Bay of Biscay continental shelf. *Progr. Oceanogr.* 210, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102949>
- Huret, M., Lebigre, C., Iriondo, M., Montes, I., Estonba, A. (2020). Genetic population structure of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in North-western Europe and variability in the seasonal distribution of the stocks. *Fisheries Research*, 229, 105619 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105619>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74178/>
- Lahellec, G., Daurès, F., Lehuta, S. (2024). Revealing the adaptation strategies of pelagic fleets in the Bay of Biscay by combining fishery data and fishers' knowledge. *ICES Journal of Marine Science*. fsae171, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae171>
- McKeown, N., Lebigre, C. van der Kooij, J., Huret, M. Genome wide SNP analysis of the European sardine (*Sardina pilchardus*) reveals hierarchical neutral and non-neutral spatial structuring suggesting a reconsideration of current management units. En révision. *Evolutionary Applications*.
- Menu C., Pecquerie L., Bacher C., Doray M., Hattab T., Van Der Kooij J., Huret M. (2023). Testing the bottom-up hypothesis for the decline in size of anchovy and sardine across European waters through a bioenergetic modeling approach. *Progress In Oceanography* , 210, 102943 (20p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102943> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00812/92434/>
- Van Der Kooij J., McKeown N., Campanella F., Boyra G., Doray M., Santos Moco-roa M., Fernandes Da Silva J., Huret M. (2024). Northward range expansion of Bay of Biscay anchovy into the English Channel. *Marine Ecology Progress Series* , 741, 217-236 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.3354/meps14603> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00897/100843/>

Manuscrits de thèses et stages de Master

- Biéchy Camille. 2021. Étude de l'impact de la perte de la certification MSC par les bolincheurs membres de l'Association des Bolincheurs de Bretagne pêchant la sardine (*Sardina Pilchardus*) dans le Golfe de Gascogne et en Mer d'Iroise sur la filière française de sardine. Ref. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agrocampus Ouest. Spécialité Sciences Halieutiques et Aquacoles (SHA), Production et Valorisation Halieutique (PVH). Agrocampus Ouest, UBO. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00723/83552/>
- Bocher Enora. 2021. Caractérisation de l'évolution du contenu énergétique du plancton en mer d'Iroise de 2011 à 2020. Mémoire de fin d'études. Master Sciences de la Mer et du Littoral. Université de Bretagne Occidentale.

- Bordes Alice. 2023. Exploration des mécanismes de mortalité, de croissance et de recrutement chez les petits poissons pélagiques via la construction d'un modèle hiérarchique bayésien multi-espèces de cycle de vie Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Institut Agro, Parcours SHA (Ressources Ecosystèmes Aquatiques).
- Daniaud, J. Duval, C. Mathieu, L. 2023. Application de méthodes d'apprentissage supervisé pour la compréhension et la prédiction du comportement de navires de pêche. Projet statistique de 2e année. ENSAI. Délivrable D3.3c.
- Frisch Dorian. 2021. Modélisation du comportement de pêche des flottilles pélagiques du Golfe de Gascogne. Master Modélisation en Ecologie et Statistiques. Université de Rennes 1 - Institut Agro.
- Frisch Dorian. 2021. Étude des différents modèles servant à modéliser la dynamique des flottes de pêche. Rapport bibliographique. Master MODE, Mention BEE. Université de Rennes 1 - Institut Agro. Délivrable D3.3b.
- Grandrémy Nina. 2023. Dynamiques spatio-temporelles du zooplancton, en lien avec l'habitat et les petits poissons pélagiques, dans le Golfe de Gascogne. Thèse de Doctorat de l'université de Nantes.
- Lahellec Gabriel (2020). Typologie de la flotte de pêche exploitant les petits pélagiques dans le Golfe de Gascogne et identification des facteurs influençant leur stratégie d'exploitation. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agrocampus Ouest. Spécialité SML Biologie, Parcours SHA (Gestion des Ecosystèmes Côtiers et Continentaux).
- Menu Clara. 2020. Modélisation bioénergétique de la variabilité des traits d'histoire de vie de l'anchois et de la sardine entre le Golfe du Lion, le Golfe de Gascogne et la Manche. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agrocampus Ouest. Spécialité SML Biologie, Parcours SHA (Ressources Ecosystèmes Aquatiques).
- Menu Clara. 2024. Modélisation de la dynamique de population et de l'évolution des traits biologiques de l'anchois et de la sardine du Golfe de Gascogne au travers d'une approche couplée DEB-IBM. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.
- Morvan, M. 2024. Saisonnalité des communautés zooplanctoniques dans le Golfe de Gascogne et en Mer d'Iroise. Une approche comparative basée sur des campagnes et des instruments d'imagerie, de 2016 à 2022. Rapport de Stage de Master 2, Sorbonne Université.
- Moulin Nina. 2021. Distribution et exploitation du maquereau, du chinchard et du sprat par les pêcheries françaises dans l'Atlantique Nord-Est. Mémoire de Master 1, Sciences de la mer et du littoral, Université de Bretagne Occidentale. <https://archimer-intranet.ifremer.fr/doc/00910/102143/>
- Pierre Laurine. 2021. Etude de l'alimentation des petits poissons pélagiques en fonction de la disponibilité des proies zooplanctoniques dans le Golfe de Gascogne. Master Science de la Terre et des Planètes, Environnement Option Écosystème et Bioproduction Marine. Université de Nantes.
- Souilah Ghada. 2020. Télédétection spatiale des groupes fonctionnels phytoplanctoniques dominants au nord-ouest de la Méditerranée par application d'outils de classification automatique. Mastère 2 : Géomatique Appliquée à l'Agriculture et à l'Environnement, Université de Carthage, Tunisie.

Communications scientifiques orales

- Cailliau, C., Poulaine, P. Nouvelle approche intégrée de l'étude de la relation entre le Plancton et la Sardine" dans l'aire marine protégée d'Iroise caractérisée par un système frontal. 5ième Congrès International des Aires Marines Protégées (IMPAC5), Vancouver, Canada, Février 2023.
- Daurès F., Alban F., Le Grand C., Merzereaud M., Huret M., Lehuta S., Traore A. and Hervé H. 2024. A social-ecological approach for managing a small-pelagic fishery : the case of sardine (*Sardina pilchardus*) in France. MSEAS Symposium, June 2024, Yokohama.
- Daurès F. 2024. Sardines or How to meet the challenges of sustainability and Food security in the context of climate change. Keynote speech at GERLI Conference, Sept. 2024, Brest
- Doray M., Romagnan J-B. Petitgas P. and Huret M. 2022. Combination of continuous underwater fish egg sampler and acoustic data for estimating and mapping fish daily fecundity. Symposium international ICES/PICES on Small Pelagic
- The energy seascapes of common dolphin based on the spring distribution of small pelagic fish in the Bay of Biscay. Bay of Biscay Symposium Isobay, June 2024, La Rochelle.

- Grandrémy, N., Romagnan, J.B., Doray, M., Dupuy, C., Huret, M., Petitgas, P. Spatio-temporal dynamics of zooplankton assemblages, over the Bay of Biscay continental shelf, in the context of local environmental changes. Annual Science Conference (ASC), International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 6-10/09/2021, visioconférence.
- Grandrémy, N., Romagnan, J.B., Doray, M., Dupuy, C., Huret, M., Petitgas, P. Dynamiques spatio-temporelles du mésozooplancton, dans le Golfe de Gascogne. Evoleco, 02-05/11/2021, La Rochelle, France.
- Huret, M., Lehuta S., Daurès F., Doray M., Romagnan J-B., Travers-Trollet M., Alban F., Cailliau C., Hattab T., Pouline P. 2022. Dynamique de la filière française des petits pélagiques entre 2000 et 2020. Une approche intégrée et partenariale. Colloque AFH, Juin 2022, Brest.
- Huret, M., Lehuta S., Daurès F., Doray M., Hattab T., Romagnan J-B., Alban F., Duhamel E., Petitgas P., Travers-Trollet M. 2022. Fish quality impacts french small pelagic fisheries through bottom-up and industry control. Symposium international ICES/PICES on Small Pelagic Fish, Novembre 2022, Lisbonne.
- Huret, M., Cailliau C., Bourriau P., Le Mestre S., Danielou M-M., Forest B., Doray M., Petitgas P., Pouline P., Romagnan J-B. 2023. Combinaison de réseaux d'observation pour caractériser les frayères sur la façade Atlantique. Séminaire IFREMER/OFB 'Zones Fonctionnelles Halieutiques', Novembre 2023, Nantes.
- Huret M., Doray M., Lehuta S. Romagnan J-B., Bourdaud P., Duhamel E., Grandremy N., Hervé H., Menu C., Travers-Trolet M. 2023. Effets du dérèglement climatique sur l'écosystème et la filière petits pélagiques du Golfe de Gascogne. AG de l'UMR DECOD, Juin 2023, St Jacut de la mer.
- Huret, M., Daurès F., Doray M., Hervé H., Romagnan J-B., Travers-Trollet M., Lehuta S. 2024. Dynamics of the social-ecological system of the french sardine fishery in the bay of Biscay over 2000-2020. Bay of Biscay Symposium Isobay, June he energy seascapes of common dolphin based on the spring distribution of small pelagic fish in the Bay of Biscay. Bay of Biscay Symposium Isobay, June 2024, La Rochelle.
- Lehuta S. et Bourdaud P. 2024. Du narratif au quantitatif : Evaluation de scénarios co-construits du futur de la filière pélagique du Golfe de Gascogne. Colloque AFH, Juin 2024.
- Lehuta S. et Bourdaud P. 2024. Hybridizing narratives and simulations to produce socio-ecosystem-based management strategy evaluation. ICES Annual Science Conférence. September 2024. UK.
- Menu C., Huret M., Doray M., Hattab T., van der Kooij J. 2021. Bioenergetic modelling of the variability of the life history traits for anchovy and sardine between the gulf of Lion, the Bay of Biscay and the English Channel. ICES Annual Science Conference, Septembre 2021, Visioconférence.
- Menu C., Pecquerie L., Bacher C., Huret M. 2022. Diminution de la taille et de la condition des petits pélagiques du Golfe de Gascogne : exploration des processus sous-jacents via une approche de modélisation bioénergétique. Colloque AFH, Juin 2022, Brest.
- Menu C., Bacher C. Doray M., Hattab T., van der Kooij J., Huret M. 2022. Decreasing trend in size for small pelagic fish across European waters : Bioenergetic modelling to explore the underlying processes from individual to population scale. Symposium international ICES/PICES on Small Pelagic Fish, Novembre 2022, Lisbonne.
- Travers-Trolet M., Hervé H., Doray M., Huret M., Lehuta S. 2024. Le tableau de bord d'indicateurs : outil d'intégration, de suivi et de partage de connaissances autour du socio-écosystème de la filière françaises de petits pélagiques. Colloque AFH, Juin 2024. 2024, La Rochelle.

Communication auprès des acteurs de la filière

Liste des interventions du partenaire OFB/PNMI

- Cailliau, C. Point projet DEFIPEL, Conseil de Gestion du PNMI, Le Conquet, Mars 2021.
- Cailliau, C. Suivi planctonique dans le PNMI en lien avec le Front Thermique d'Ouessant - Présentation du projet DEFIPEL. Séminaire OFB-IFREMER, Visioconférence. Mars 2021.
- Cailliau, C. Présentation du projet DEFIPEL auprès du CDPMEM 29 et des bolincheurs. Penmarc'h. Juin 2021.

- Cailliau, C. Etude du plancton dans le PNMI - Projet DEFIPEL. Séminaire Inter-Parc. La Rochelle, Mai 2022.
- Cailliau, C. Etude du plancton dans le PNMI - Projet DEFIPEL. Table Ronde « Journée mondiale de l'océan », Penmarc'h. Juin 2022.
- Cailliau, C. Etude du plancton dans le PNMI, Journées Portes Ouvertes du PNMI, Le Conquet, Septembre 2022.
- Pouline, P. et Cailliau, C. Suivis du phytoplancton en Mer d'Iroise en lien avec le front thermique d'Ouessant et l'activité de la pêche à la sardine. Sessions scientifiques PHYTOBS 2022, Roscoff, Septembre 2022.
- Cailliau, C. Programme DEFIPEL et étude du plancton dans le PNMI. Journée "Guides Partenaires PNMI", Douarnenez, Nov. 2023.
- Cailliau, C. Résultats du projet DEFIPEL, Conseil de Gestion du PNMI, Le Conquet, Décembre 2023.

Liste des interventions du partenaire IFREMER

- Daurès F. Quelles données sont utilisées pour décrire la filière ? Des séries de débarquement-vente aux données qualitatives. Journée Sardine de la filière, Juin 2023. Quimper.
- Hervé H. et l'équipe DEFIPEL. 2023. L'approche tableau de bord d'indicateurs DEFIPEL, sur les différentes composantes de la filière (habitat, ressource, pêcherie, filière aval). Journée Sardine de la filière, Juin 2023. Quimper.
- Huret M. et l'équipe DEFIPEL. 2021. DEFIPEL : DEveloppement d'une approche de gestion intégrée de la Filière petits PELagiques française, Commission Technique Sardine de la CITPPM, 17 Sept. 2021. Quimper.
- Huret M. 2021. Effets du changement climatique sur les petits pélagiques et leur filière française. Webinaire OFB/CNPMEM, 24 Septembre 2021.
- Huret M., Doray M. et Fromentin J-M. 2021. Le partenariat Scientifique-Pêcheur autour des petits pélagiques. Les Webimer de France Filière Pêche. 24 Nov. 2021. Visioconférence.
- Huret M., Lehuta S. 2022. DEFIPEL : DEveloppement d'une approche de gestion intégrée de la Filière petits PELagiques française, Journée Sardine de la filière, Juin 2022. Quimper.
- Huret M. et l'équipe DEFIPEL. 2023. Eléments sur l'écologie de la sardine du Golfe de Gascogne, et changements en cours. Journée Sardine de la filière, Juin 2023. Quimper.
- Huret M. 2023. Situation des stocks et de la filière sardine - Enjeux et solutions de durabilité. Journées Enjeux de la Pêche Durable de la FIAC, 27 Sept. 2023, Paris.
- Huret M. et l'équipe DEFIPEL. 2023. Etat de la ressource (et de la filière) anchois du Golfe de Gascogne. Commission Technique Anchois de la CITPPM, 13 Oct. 2023. Visioconférence.
- Huret M. et Lehuta S. Le projet DEFIPEL : DEveloppement d'une approche de gestion intégrée de la Filière petits PELagiques française. Conseil Consultatif Sud (CCS), 24 Oct. 2023. Visioconférence.
- Huret M., Lehuta S. 2024. DEFIPEL : Retour sur les résultats essentiels, Les Livrables, La suite. Journée Sardine de la filière, Juin 2024. Quimper.
- Huret M. et Lehuta S. Le projet DEFIPEL : DEveloppement d'une approche de gestion intégrée de la Filière petits PELagiques française. Pelagic Advisory Council (PelAC), 4 Juillet 2024. Visioconférence.
- Huret M. et Lehuta S. Le projet DEFIPEL : DEveloppement d'une approche de gestion intégrée de la Filière petits PELagiques française. Commission des Espèces Pélagiques du Golfe de Gascogne (CEPGG), 6 Décembre 2024. Visioconférence.
- Lehuta S., Duhamel E. et Olmos M. 2023. Contribution des différentes sources de données à l'évaluation de la sardine du Golfe de Gascogne. Journée Sardine de la filière, Juin 2023. Quimper.
- Lehuta S., et Bourdaud P. 2023. Définition des objectifs de gestion multicritères pour la filière. Journée Sardine de la filière, Juin 2023. Quimper.
- Olmos M., Lehuta S., Pawlowski L., Huret M., Duhamel E. 2024. Développements en vue d'améliorer le modèle d'évaluation. Journée Sardine de la filière, Juin 2024. Quimper.

Communication auprès du Grand Public / Revue de Presse

Le Monde. La taille des anchois et des sardines diminue sous l'effet du réchauffement. 31 janvier 2020. https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/31/la-taille-des-anchois-et-des-sardines-diminue-sous-l-effet-du-rechauffement_6028015_3244.html

France-Inter. Des sardines plus petites, qui vivent moins longtemps. 31 janvier 2020.

BFM-TV. 'Mais pourquoi nos sardines et anchois sont-ils de plus en plus petits ?' 2 Février 2020.

Usine nouvelle. 'Pourquoi la taille des sardines et des anchois diminue ?'. 3 Février 2020. <https://www.usinenouvelle.com/article/la-peche-francaise-soigne-un-peu-son-impact-environnemental.N925149>.

Sciences et avenir. 'Des sardines de plus en plus petites à cause du réchauffement climatique !' 3 Février 2020. https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/animaux-marins/des-sardines-de-plus-en-plus-petites_141109.

La Provence. Des sardines de plus en plus petites à cause du réchauffement climatique ? 10 février 2020. <https://www.laprovence.com/article/edition-marseille/5884179/les-sardines-nont-plus-la-peche.html>

Curieux ! Les sardines maigrissent ! Le changement climatique mis en cause. 22 avril 2020. <https://www.curieux.live/2020/04/22/les-sardines-maigrissent-le-changement-climatique-mis-en-cause/>

Ca m'intéresse. 'Petites sardines, un problème de taille'. 30 Juillet 2020.

Ca m'intéresse. Environnement. 'La taille des sardines diminue et ce n'est pas une bonne nouvelle'. 23 Octobre 2020. <https://www.caminteresse.fr/environnement/environnement-la-taille-des-sardines-diminue-et-ce-nest-pas-une-bonne-nouvelle-148329/>

Hors Série FFP Le Marin. Pour une gestion des petits pélagiques de l'amont à l'aval. Novembre 2020.

Ouest France. 'Pourquoi les sardines bretonnes sont-elles plus petites ? Un programme inédit veut comprendre'. 7 Juin 2023. <https://www.ouest-france.fr/environnement/environnement-en-finistere/pourquoi-les-sardines-bretonnes-sont-elles-plus-petites-un-programme-inedit-veut-comprendre-0e71fad4-0471-11ee-ba53-20eb6006433b>

La Voix du Nord. 'Au large de Boulogne, la sardine prend de l'épaisseur'. 25 Juin 2023. <https://www.lavoixdunord.fr/1344463/article/2023-06-25/au-large-de-boulogne-la-sardine-prend-de-l-epaisseur>

Les Echos du Touquet. 'La sardine est-elle une ressource en danger sur notre territoire ? Un scientifique de l'IFREMER, Martin Huret, répond'. 17 Sept. 2024. <https://www.nordlittoral.fr/222172/article/2024-09-17/la-sardine-est-elle-une-ressource-en-danger-sur-notre-territoire-un-scientifique>.

Hors Série FFP Le Marin. 'Defipel, un projet d'ampleur pour la filière petits pélagiques' / 'Des narratifs et un modèle de l'évolution de la filière petits pélagiques' / 'Defipel satisfait les représentants professionnels'. 13 Juin 2024. <https://lemarin.ouest-france.fr/parutions/hors-series-le-marin/>. Voir Fig..

Leonardi S., Huret M.. Nuit des Chercheurs, Stand OMEGA/DEFIPEL, Oceanopolis, Brest, 27 Septembre 2024. <https://www.oceanopolis.com/nuit-des-chercheur-e-s/>

DEFIPEL (équipe). Fête de la Science, Stand OMEGA-DEFIPEL, Brest, 10-14 Septembre 2024. <https://www.oceanopolis.com/enseignants/projets-pedagogiques/fete-de-la-science/>

Defipel, un projet d'ampleur pour la filière des petits pélagiques



En produisant et agrégeant une immense somme de contenus pluridisciplinaires, grâce à la collaboration de l'ensemble des acteurs de la filière et des scientifiques, le projet Defipel ambitionne de nourrir, scénarios à l'appui, la future stratégie de gestion du secteur des petits pélagiques.

Defipel, acronyme de « développement d'une approche de gestion intégrée de la filière petits pélagiques française » arrive à son terme. Ce projet ambitieux et inédit, porté par l'Iremer, a regroupé pour la première fois des scientifiques (écologues, halieutes, économistes) et l'ensemble des acteurs du secteur des petits pélagiques (pêcheurs, transformateurs, gestionnaires des pêches et de l'espace maritime) pour travailler en concertation sur le fonctionnement de cette filière. Pendant cinq ans, ce projet d'envergure nationale, couvrant les trois façades Manche, Côtier et Méditerranée, a produit et intégré une incroyable quantité de connaissances sur l'écosystème de la filière, du plancton aux conserveurs en passant par les sardines, les anchois, et les pécherons.

L'intégration de cette connaissance a permis d'étudier la filière sous toutes ses coutures et de proposer une approche socio-écologique inédite. Elle s'est matérialisée par un tableau de bord synthétisant le savoir acquis sur les deux dernières décennies, avec plusieurs indicateurs sur l'état de l'habitat, l'état de la ressource, les dynamiques de la pêche et les enjeux de la filière. Ce tableau de bord Defipel a également permis d'élaborer un premier état mis sur pied par l'équipe modélisation halieutique de l'Iremer,

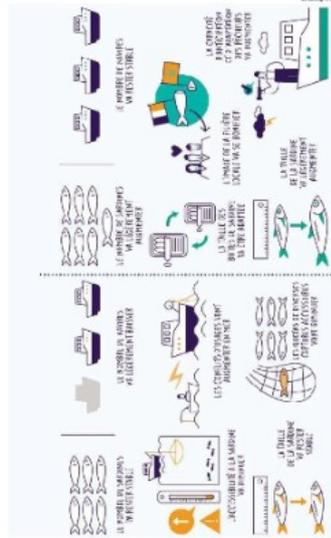
afin de tester les conséquences de différentes stratégies de gestion dans le futur en fonction des paramètres d'habitat, biologiques ou encore réglementaires (lire par ailleurs).

Les frontières bougent entre les stocks

Jusqu'à présent, la connaissance scientifique était partielle, « surtout écologique, notamment pour la sardine du golfe de Gascogne », souligne Martin Huret, responsable du laboratoire de biologie halieutique de l'Unité halieutique Grand Ouest de l'Iremer, et qui coordonne Defipel avec Signif (anada). **Il y a eu le projet Defipel, qui a apporté des connaissances biologiques sur les stocks et les anchois, et a permis Defipel. C'est le premier projet à l'initiative, à l'échelle nationale, aux quatre com-**

F. J.

Des narratifs et un modèle de l'évolution de la filière des petits pélagiques



Le modèle alimenté par la multitude de connaissances produites et collectées dans le cadre de Defipel se révèle être un précieux outil d'aide à la décision.

C'est un modèle très complexe qui permet d'analyser l'effet de très nombreux paramètres (effort de pêche, nombre de navires, quotas, effets du changement climatique, etc.) sur la filière des petits pélagiques. « Nous avons d'abord travaillé avec les professionnels répartis en trois groupes pour que chacun d'entre eux élabore trois scénarios (possimiste, optimiste et probable) en fonction du contexte réglementaire, économique ou encore culturel », explique Signif (leahia), chercheur en modélisation à l'Iremer.

Parmi les différents scénarios mis en avant par les professionnels figurent la question de la dépendance à la sardine qui fragilise la profession. En outre, c'est le modèle mathématique qui a travaillé sur les 57 déclinaisons possibles de leur scénario, et ont été simulées à ce stade. Si les résultats doivent être interprétés avec précaution, ils ont permis d'analyser des conséquences parfois inattendues.

« Les scénarios identifiés comme possibles donnent parfois de bons résultats économiques et ne sont pas systématiquement les pires à un point de vue écologique », décrit Signif. Cependant, ce n'est ni le profit, ni les indicateurs sur l'évolution possible

Franck JOURDAN

Defipel satisfait les représentants professionnels

Les représentants professionnels acteurs du projet Defipel se sont réjouis des apports concrets qu'il apporte.

Sur la méthode tout d'abord, Jean-Marie Robert, directeur de l'Unité de Recherche de l'OP de la Pêche de Bretagne, a été félicité pour le potentiel énergétique des interactions. « Les professionnels ont été associés à toutes les étapes du projet sur la durée. » Il précise également : « C'est quelque chose qu'on pensait et qui semble être confirmé », souligne Jean-Marie Robert.

Un retour aux pêcheurs à la transformation en passant par la ressource et les flottilles », aborde Fiona Bigby, chargée de mission à l'organisation de producteurs OP Vendée. Sur ce point, Fiona Bigby se réjouit de voir qu'un tel projet concret que la variabilité des stocks « n'est pas due à la surpêche, mais à l'évolution de l'habitat ». Aussi, « se cette situation se confirme dans le temps, on pourra plus facilement prendre des mesures de gestion qui pourront avoir un impact de la taille des sardines dans le golfe de Gascogne

F. J.

Fig. 2.6.5.1. Article DEFIPEL dans le complément FFP du Marin (Juillet 2024).

3. Synthèse globale

Au travers du projet DEFIPEL et de quelques tâches bien spécifiques, nous avons tout d'abord contribué à améliorer la description de la **structure** des différents compartiments du socio-écosystème de la filière française des petits pélagiques. Cependant, nos efforts se sont surtout concentrés sur la caractérisation des **dynamiques** à l'œuvre au sein de ce socio-écosystème. Ces dynamiques sont de nature saisonnière et inter-annuelle (2000-2020), et existent au sein de chacun des compartiments de la filière, avec des forçages, des signaux ou des effets qui se propagent de l'écosystème vers les pêcheries puis la filière aval, et inversement. Finalement, au travers de l'exercice de scénarisation réalisé, nous nous sommes projetés sur les évolutions possibles de la filière à un horizon de 10 ans.

3.1. Structuration du socio-écosystème

L'écosystème pélagique

Les écosystèmes pélagiques des golfes du Lion et de Gascogne sont fortement structurés spatialement. Une analyse de la communauté méso-zooplanctonique du Golfe de Gascogne a révélé que les assemblages du zooplancton au printemps sont remarquablement stables spatialement et d'un point de vue faunistique (Grandremy et al., 2023) : les petits copépodes, les organismes gélatineux et méroplanctoniques caractérisent les zones côtières, les larves des Euchaetidae et des crustacés méroplanctoniques présentent une biomasse plus élevée dans la partie nord, tandis que les Metridinidae, Cladocera, Appendicularia et Echinodermata ont une biomasse plus élevée dans la partie sud. Cette structuration côte-large et Nord-Sud caractérise également la structure en taille (spectre de taille) de cette communauté, elle-même également très stable dans le temps (Grandremy, 2024 ; Vandromme et al., 2014). Pour la première fois, la structure spatiale a été analysée également à l'automne qui s'est révélée semblable à celle du printemps (Morvan et al., 2024). La mer d'Iroise est quand à elle fortement structurée de la côte vers le large par le front d'Ouessant (Cailliau et al., 2022). Au printemps, les structures hydrologiques et planctoniques semblent structurer la distribution spatiale de la communauté des petits pélagiques, notamment en fonction de la taille des individus de sardine et d'anchois (Tâche 2.5 ; Doray et al., 2018), avec dans le Golfe de Gascogne les plus petits individus à la côte et plutôt au sud, et les plus gros plutôt au large au nord. Cependant, les poissons semblent être plus concentrés à la côte à l'automne, notamment pour la sardine.

Les analyses de génétique des populations ont confirmé de manière nette les unités de gestion actuelles pour l'anchois (Huret et al., 2020), avec une limite nord à la pointe bretonne pour le stock Gascogne. Cependant, l'augmentation de la biomasse de ce stock, et un environnement sans doute de plus en plus favorable dans le nord de la zone, a provoqué un débordement de ce stock en Manche Ouest depuis 2019 aux stades larvaire et juvénile (van der Kooij et al., 2024), qui pourrait remettre en cause les limites des unités de gestion pour l'anchois. Pour la sardine, l'analyse n'a pas confirmé les unités de gestion actuelles (McKeown et al. en révision), la population du Golfe de Gascogne semblant s'étendre jusqu'en Manche-Ouest au-delà de la limite actuelle correspondant au 48^{ème} parallèle nord.

Les pêcheries

Le projet a permis de définir une segmentation des flottilles pêchant l'anchois et la sardine adaptée à l'activité pélagique (Lahellec et al., 2024). La méthode mettait en particulier en exergue le rôle structurant de la saisonnalité dans la segmentation des flottilles et a bénéficié de la connaissance experte des partenaires. Les flottilles du Golfe de Gascogne capturant anchois et sardine sont très diverses et montrent des niveaux de dépendance à la sardine différents. La majorité des débarquements de sardine sont réalisés par les bolincheurs de

Bretagne entre Auray et Douarnenez. Il s'agit d'une vingtaine de navires ayant toujours exploité l'espèce en complément d'autres cibles en particulier l'anchois, le maquereau et le chinchard, voire le bar. Il existe 5 bolincheurs dans le Pays Basque dont l'activité est plus diversifiée avec notamment en plus de sardine, anchois, chinchard, maquereau et bar, un ciblage important du thon rouge, des bonites et de la dorade royale.

Depuis l'effondrement de l'anchois (2005-2010), la flottille des chalutiers est réduite à une soixantaine de navires qui utilisent le chalut pélagique en paire ou simple mais également le chalut de fond. Ils s'étalent majoritairement entre Lorient et les sables d'Olonne et présentent un gradient de dépendance aux petits pélagiques. Les plus petits navires de saint-gilles-croix-de-vie et Quiberon exploitent principalement la sardine et vont possiblement à la drague ou au chalut de fond l'hiver. Les navires plus grands (>18m) exploitent le thon germon au large l'été et pêchaient historiquement le bar en Manche. Ils ciblent le merlu au chalut de fond en hiver. Enfin, des navires plutôt catégorisés comme chalutiers démersaux (ciblant la langoustine notamment) pêchent la sardine de manière plus opportuniste.

La filière aval

Pour la première fois, nous avons réalisé une analyse exhaustive de la structure et du fonctionnement de la filière aval des petits pélagiques, principalement de la filière sardine, et ce pour chacun de ses maillons. Nous avons été confronté au fait que les données sont diversement accessibles et complètes selon le maillon de filière concerné (Tâche 4.1) : les données de consommation et d'échanges extérieurs sont accessibles publiquement et les données de pêche, d'achats à la première vente et d'activité des conserveries sont en accès restreint. Pour caractériser les flux entre les maillons intermédiaires (mareyeurs, grossiste et conserveries), la couverture en données est très faible et elle devient inexistante lorsque l'on s'intéresse à la consommation de sardines hors foyers. Ces données ont été complétées par la réalisation d'enquêtes auprès de l'ensemble des acteurs (Tâche 4.2). Les résultats donnent une vision riche de la structure de cette filière aval et des flux entre maillons, même si contrairement aux autres compartiments, l'analyse structurelle est représentative d'une année récente et non pas d'une situation moyenne des décennies 2000-2020.

Cette organisation de la filière est bien illustrée dans la fiche synthétique '[Organisation de la filière sardine en France](#)' (Annexe 2). En résumé, la filière de la sardine en France recoupe une diversité d'acteurs répartis dans quatre maillons essentiels : les pêcheurs, les mareyeurs (y compris grossiste), les conserveries et la distribution représentée essentiellement par les Grandes et Moyennes Surfaces (GMS). La sardine du Golfe de Gascogne joue un rôle majeur pour l'approvisionnement des conserveries nationales. Les échanges extérieurs sont essentiels à l'organisation de la filière et sa capacité d'adaptation aux dynamiques de ressources et de marchés. La filière de sardine en France renvoie au final à trois types de produits : la sardine fraîche qui caractérise plutôt les activités situées en amont de la filière (pêche, mareyage et conserveurs), la sardine en conserves pour les maillons plutôt en aval (consommateurs et conserveries) et la sardine congelée pour les maillons intermédiaires (mareyeurs-grossistes et conserveries).

3.2. Dynamiques du socio-écosystème

Dynamique saisonnière

De manière diffuse dans différentes tâches des différents workpackages, nous avons illustré la forte variabilité saisonnière au sein des différentes composantes de la filière. La dynamique saisonnière dans l'ensemble des composantes illustrent la propagation des signaux environnementaux au sein de l'écosystème, et une réponse humaine à ces variations notamment en ce qui concerne la filière sardine. Nous avons dédié une fiche synthétique à la

saisonnalité ('La saisonnalité de la filière sardine', Annexe 2). Nous en reprenons ici les éléments principaux.

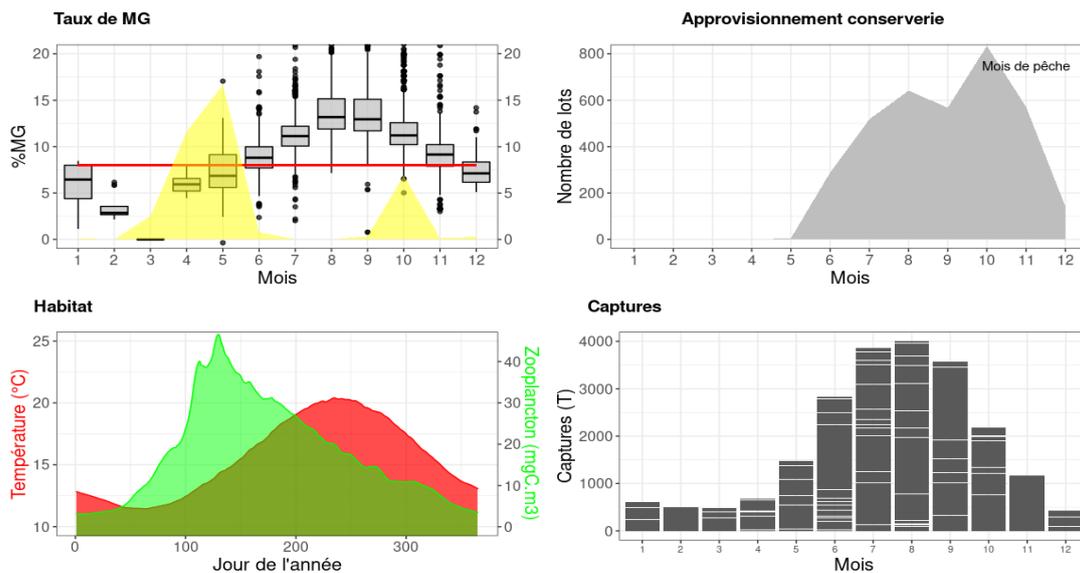


Fig.3.1. Illustration de la variabilité saisonnière au sein des différents compartiments de la filière sardine. En haut à g. : Taux de matière grasse dans les sardines (boxplot) avec seuil des 8 %, et saison de reproduction (en jaune, à partir des comptage d'œufs dans la baie de Douarnenez, PNMI). En bas à g. : Saisonnalité de la température et de la concentration en zooplancton (données Seapodym) du Golfe de Gascogne. En haut à dr. : Nombre de lots de sardine dans l'approvisionnement d'une conserverie bretonne (le mois est en référence à la pêche du lot de sardine, et non à son achat, ce lot ayant pu être congelé et stocké entre la pêche et l'achat). En bas à dr. : Saisonnalité des captures de sardine dans le Golfe de Gascogne. Moyennes sur 2000-2020 pour les données de l'habitat et des captures, sur 2007-2020 pour les données des conserveries.

La teneur en matière grasse des sardines varie fortement au fil des saisons ce qui influence profondément les pêcheries et l'aval de la filière (conserverie, mareyeurs...) au cours de l'année (Fig.3.1). Le taux de matière grasse est fonction du cycle saisonnier de l'écosystème pélagique, et en particulier de celui du zooplancton. Les blooms de micro-algues (phytoplancton) ont lieu au printemps dans le Golfe de Gascogne, et vont alimenter la production zooplanctonique. Celle-ci est maximale au printemps et bien inférieure à l'automne (Morvan, 2024 ; Cailliau, 2024). Suite à ces blooms et pendant toute la période productive jusqu'à l'automne, le poisson va pouvoir se reproduire puis grandir, mais surtout constituer des réserves de lipides, ce qui lui permettra de passer l'hiver, saison pendant laquelle la disponibilité en nourriture est bien plus faible. Les conserveurs recherchent des teneurs en lipides élevées (par exemple +8 % pour le label rouge) pour des raisons organoleptiques et nutritionnelles. La sardine mise en conserve provient donc principalement de la pêche au second semestre, à partir de juin ou juillet selon les années. L'approvisionnement des conserveries se fait au second semestre en sardine fraîche, et au premier semestre en sardine congelée issue de la saison précédente. Ceci garantit une activité des usines sur l'ensemble de l'année avec un produit riche en matière grasse. Certaines conserveries importent également de la sardine congelée, en majorité du Maroc, et préférentiellement au second semestre (Fig.3.2). Par ailleurs, les consommateurs concentrent leurs achats de sardine fraîche non transformée en été, ce qui accentue la saisonnalité de la demande (Fig.3.2).

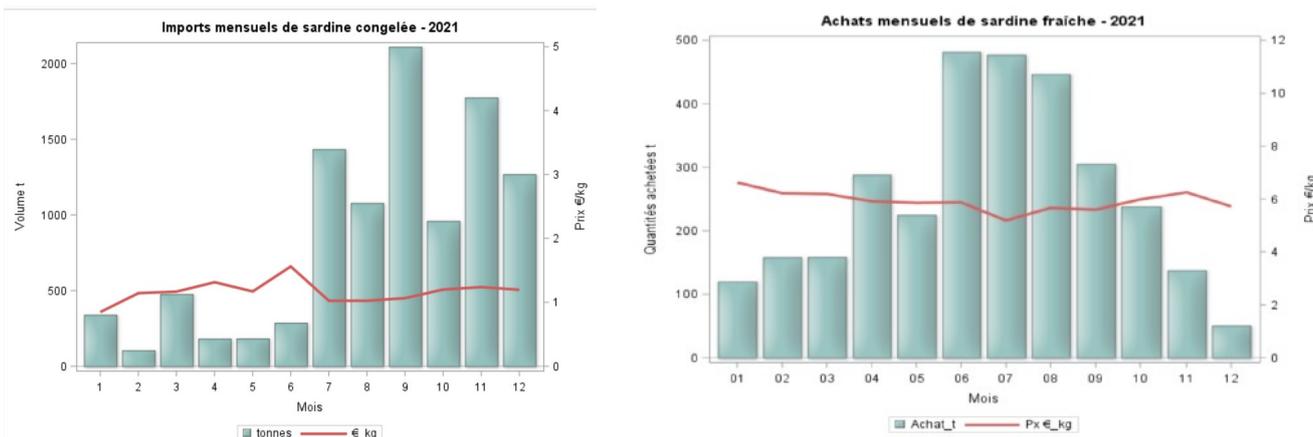


Fig.3.2. Saisonnalité des imports en sardine congelée (à g., données COMEXT) et des achats par les consommateurs français de sardine fraîche et prix associés (2021).

Pour les pêcheurs, les débouchés sont donc bien meilleurs en été et en automne, d'où un effort de pêche et des captures plus importantes pendant ces saisons (Fig.3.1). Les ventes de sardine se font alors principalement de gré à gré (volume et prix négociés en amont entre l'acheteur et le vendeur). Les enchères sont plutôt réservées à l'hiver en particulier pour les chalutiers (Fig.3.3). Les captures de sardine vendues en hiver et au printemps sont encadrées quotidiennement par les Organisations de Producteurs, afin d'assurer à tous les navires un minimum de débouchés à cette période où la demande est faible. Les captures du 1er semestre intéressent peu les conserveries et sont vendues sur le marché national ou à l'export, pour la consommation humaine ou servir d'appâts pour d'autres pêcheries.

Saisonnalité du mode de transaction par flottille

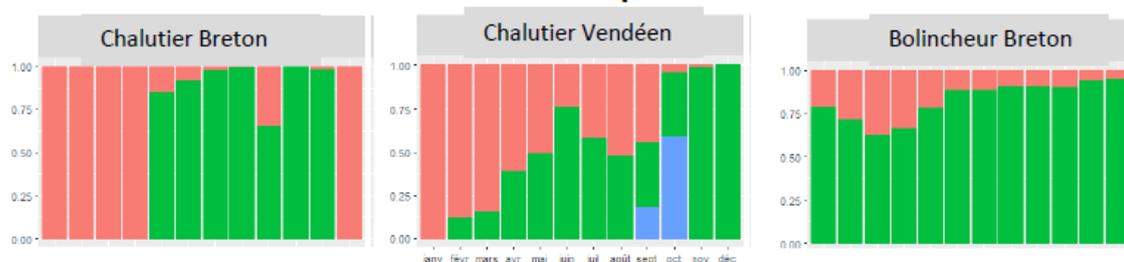


Fig.3.3. Saisonnalité du mode de transaction par flottille. Ventes aux enchères en halle-à-marée (rouge), de gré-à-gré (vert) ou sur contrat (bleu).

C'est donc le marché qui détermine la saisonnalité de l'exploitation, en fonction de la qualité de la sardine, et non la disponibilité de celui-ci comme c'est le cas pour une majorité des autres espèces. En effet, même si la distribution des sardines semble différente à l'échelle régionale selon la saison (sous tâche 2.5.3), elle reste accessible toute l'année à la côte. A plus fine échelle, son accessibilité peut par contre fluctuer, par exemple entre Belle-île et les baies de Concarneau, d'Audierne ou de Douarnenez. Au contraire, les autres espèces exploitées par les chalutiers pélagiques ne sont disponibles que ponctuellement dans l'année (maquereau, germon, bar). Pour l'anchois, la réglementation (fermeture entre mars et avril) et l'accessibilité

structurent l'activité, car il migre saisonnièrement entre le sud et le nord du golfe, la saison démarre avec les flottilles du sud puis de Vendée et de Bretagne. Ces contraintes saisonnières font dire aux professionnels que la saison n'est pas une échelle de temps de prise de décision car elle est « subie » du fait des contraintes écologiques et économiques, avec possiblement les bonnes années, une petite marge de manœuvre sur le moment de transition entre les métiers (ex. sardine/thon ou thon/anchois) (T3.1 et T3.2, Lahellec et al., 2024).

La saisonnalité a donc bien été caractérisée. Certains facteurs liés à la saisonnalité ont été relevés par les acteurs dans l'exercice d'élaboration des scénarios narratifs (T5.2), et la saisonnalité des traits biologiques et des stratégies des flottilles a été intégrée dans la modélisation des scénarios d'évolution de la pêche (T5.4). Cependant, cette échelle temporelle n'a pas été retenue dans la définition des indicateurs pour le tableau de bord (T5.1). Tous nos indicateurs sont annuels, soit intégrés sur l'année (ex : captures annuelles d'une espèce), soit représentatifs d'un mois ou d'une saison (ex : indicateurs issus de la campagne PELGAS). Des indicateurs saisonniers auraient pu témoigner de changements phénologiques, tels que le décalage de la saison de ponte d'une espèce, l'étalement de la saison de pêche, ou le décalage du dépassement du seuil des 8 % de matière grasse. Pour certaines variables nous n'avons pas de séries infra-annuelles, d'autres séries nous semblaient trop courtes en nombre d'années pour caractériser de tels phénomènes. Cependant, les séries s'allongeant, l'intérêt de la prise en compte de tels indicateurs s'avérera de plus en plus pertinente et constitue une perspective de travail.

Dynamique inter-annuelle

Les écosystèmes pélagiques se caractérisent par leur grande variabilité inter-annuelle du fait de leur forte dépendance aux facteurs environnementaux. Comme pour la dynamique saisonnière, le projet a permis de mettre en lumière la propagation des variations entre les compartiments du socio-écosystème. Le tableau de bord (T5.1), avec ses nombreux indicateurs sous forme de séries temporelles, et la mise en évidence de tendances ou de changements de régime, nous semble un outil idéal pour analyser les changements importants au cours des deux décennies 2000-2020, et essayer dans un premier temps de les relier entre eux de manière descriptive.

Au sein de l'écosystème pélagique

Un changement majeur dans l'habitat des petits pélagiques que nous avons identifié dans le Golfe de Gascogne et au sein du Parc National Marin d'Iroise, au-delà du réchauffement des eaux qui est maintenant largement avéré, correspond à la diminution de la taille du mésozooplancton et en particulier des copépodes (Grandremy, 2023 ; Cailliau, 2022 ; Fig.3.4), proies principales des petits pélagiques. Cette diminution de la taille s'accompagne d'une augmentation de leur abondance causant un maintien dans le temps de leur biomasse. Dans le cadre de projets de recherche dans le Golfe du Lion, la baisse de qualité du zooplancton était ressortie comme l'hypothèse la plus plausible pour expliquer la diminution des taille et poids des sardines et anchois de la zone, notamment suite à des expérimentations en bassin sur des sardines nourries avec différentes tailles de particules (Saraux et al., 2019 ; Queiros et al., 2019). Nos observations *in-situ* donnent de nouveaux arguments tendant à confirmer cette hypothèse, comme détaillé dans la fiche « Les petits poissons pélagiques et leurs proies rétrécissent » (Annexe 2). La diminution de la taille des organismes dans un contexte de réchauffement global est un phénomène attendu théoriquement, quand on se base sur des mécanismes différents mais convergents dans leurs effets, et se confirme de plus en plus empiriquement dans différents écosystèmes à travers le monde.

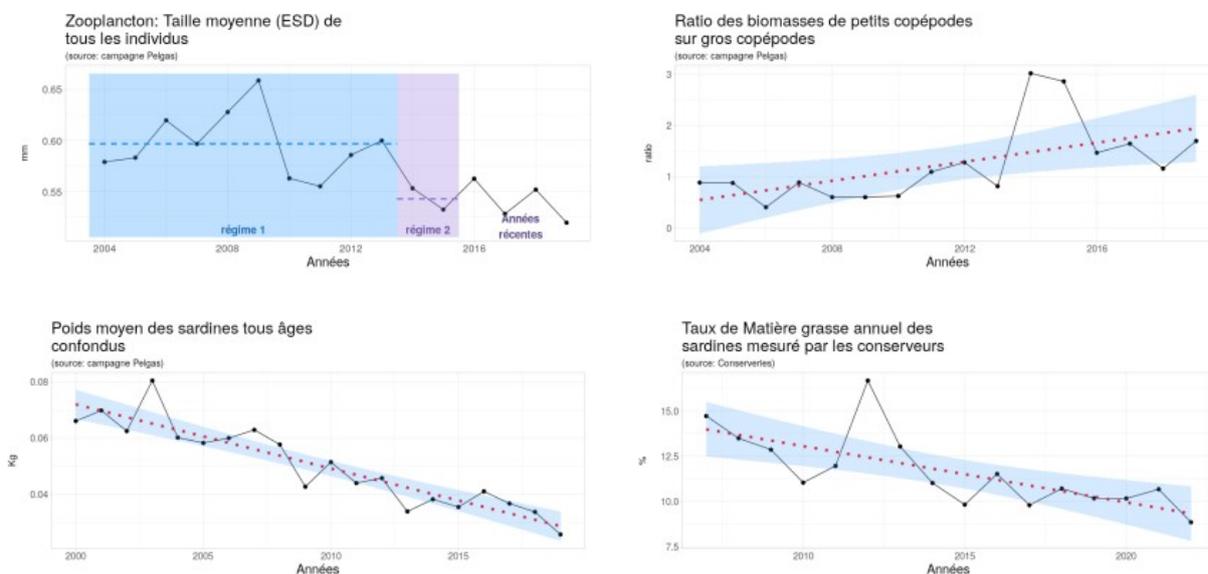


Fig.3.4. Tendances dans les tailles du zooplancton, le poids et taux de matière grasse des sardines du Golfe de Gascogne.

La diminution de la taille des sardines s'accompagne d'une diminution de leur condition et teneur en matière grasse (Véron et al., 2020a ; sous-tâche 2.5.2). L'impact sur la reproduction et la fécondité semble plus complexe. Brosset et al. (2016b) et Véron et al. (2020b) ont montré une diminution de la taille à maturité dans les golfes du Lion (sardine et anchois) et de Gascogne (sardine uniquement), respectivement. Brosset et al. (2016b) décrivent pour le Golfe du Lion une augmentation de l'indice gonadosomatique pour la sardine et un maintien pour l'anchois. Dans la sous-tâche 2.5.6 nous avons montré pour le Golfe de Gascogne que la fécondité de l'anchois avait eu tendance à augmenter légèrement, alors qu'elle a diminué pour la sardine. Par ailleurs, les changements dans les distributions spatiales des adultes à l'échelle des espèces ou de la communauté des petits pélagiques (sous-tâche 2.5.4), ainsi que de la ponte (sous-tâche 2.5.5), reflètent les diminutions de taille. En effet, en Méditerranée en été, les grosses sardines ont globalement cédé la place aux petits sprats et petites sardines dans toute la zone. La diminution de taille était homogène dans l'espace. En Atlantique au printemps, les grosses sardines ont disparu au Nord-Ouest de la zone, tandis que l'abondance des petits anchois augmentait dans le Sud Est.

Propagation des changements dans les pêcheries et la filière aval, et réactions

Ces tendances et changements ont eu des conséquences fortes pour les pêcheries et la filière aval. Nous les avons détaillées dans une fiche synthétique dédiée : « [Dépendance et vulnérabilité des pêcheries et filières](#) » (Annexe 2). A l'échelle nationale, les changements se sont traduits par une nette diminution des captures d'anchois et de sardine (Fig.3.5). Le tableau de bord va ici encore nous aider à en comprendre les causes biologiques et les conséquences pour la filière aval.

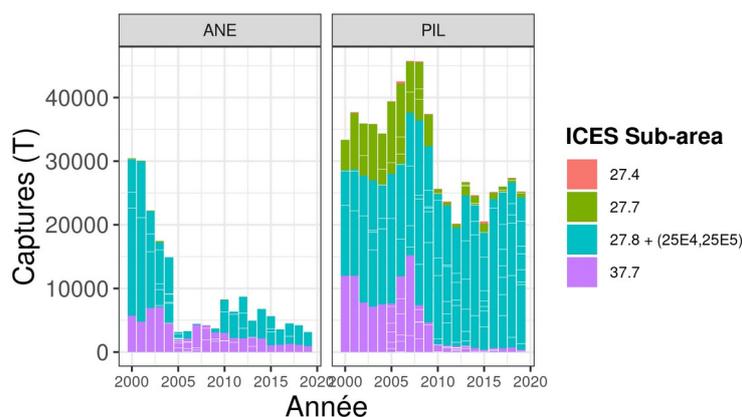


Fig.3.5. Captures fr. d'anchois (à g.) et sardine (à dr.) sur nos différentes façades (vert : Manche ; bleu : Golfe de Gascogne ; violet : Golfe du Lion.)

Pour l'anchois, dans le Golfe du Lion, une nette diminution des captures a eu lieu dès 2005 et s'est confirmée dans les années 2010 (Fig.3.5), avec déjà en cause la diminution de taille des poissons ayant provoqué la perte d'intérêt des acheteurs. Dans le Golfe de Gascogne, un choc majeur a été la fermeture de la pêche entre 2005 et 2009 suite à l'effondrement de la population d'anchois (Fig.3.6). Depuis la réouverture en 2010, la population s'est bien reconstituée, mais les captures ne sont pas revenues au niveau d'avant la fermeture. Une première raison est la sortie de flotte de nombreux navires concernés pendant la fermeture, essentiellement des chalutiers ce qui explique la nette diminution de l'effort pour ces navires dès 2005, sans reprise en 2010 contrairement aux bolincheurs bretons (Fig.3.6). Mais la raison principale est que le marché espagnol, principal marché pour les pêcheurs français d'anchois, s'approvisionne hors du Golfe de Gascogne depuis la fermeture. Cette tendance ne s'est pas inversée depuis la ré-ouverture de la pêche, notamment du fait de la diminution de la taille

des anchois du Golfe de Gascogne (Beckensteiner et al., 2024). Depuis 2020, les captures d'anchois diminuent également pour les bolincheurs qui finissent par ressentir eux aussi les effets de la réorganisation du marché espagnol et de la diminution des tailles, rappelant malheureusement ce qui s'est passé 10 ans plus tôt dans le Golfe du Lion.

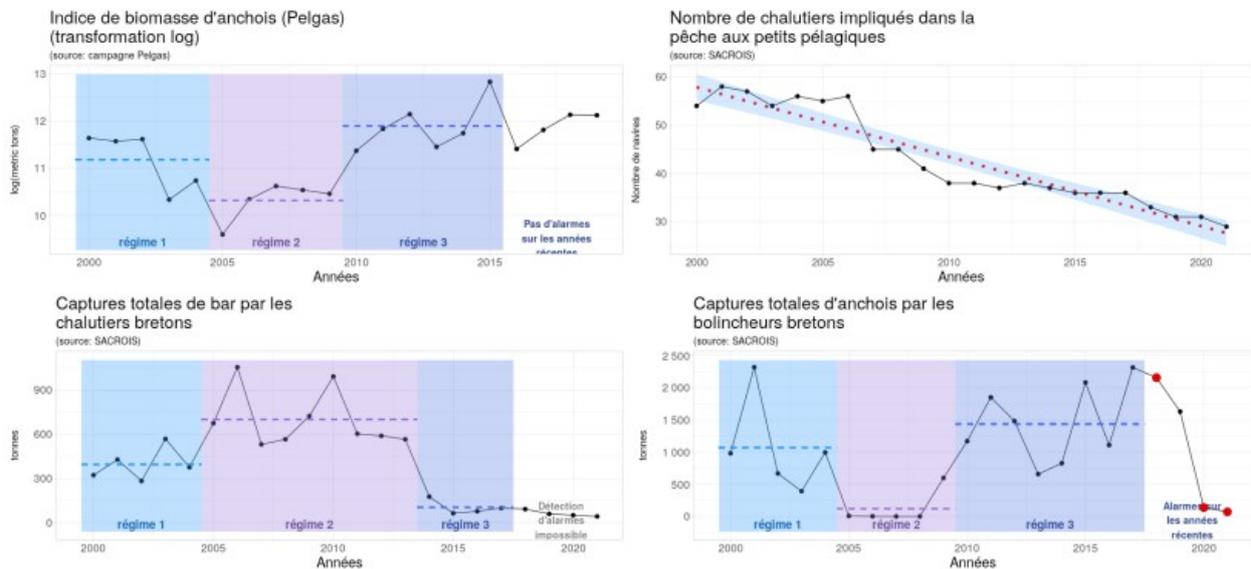


Fig.3.6. Illustration d'une cause biologique et ses conséquences pour la pêcherie d'anchois dans le Golfe de Gascogne

Concernant la sardine, les captures en Manche qui s'élevaient à 10,000 t/an dans les années 2000, ont été brusquement arrêtées en 2010 (Fig.3.5) par une interdiction de la pêche en Baie de Seine à cause de teneurs en PCBs trop élevées. La pêche y a repris seulement en 2022 et au printemps, saison pendant laquelle les teneurs sont plus faibles. Dans le Golfe du Lion, les captures ont nettement diminué également à la fin des années 2000 (Fig.3.5) avec toujours en cause la diminution de la taille du poisson et la perte d'intérêt des acheteurs. Suite à ces différents chocs, les conserveries et mareyeurs au niveau national dépendent essentiellement du Golfe de Gascogne pour leur approvisionnement en poisson pêché sur nos côtes. En réponse à ce phénomène et à la raréfaction de la sardine le long des côtes ibériques, les captures de sardine dans le Golfe de Gascogne ont progressivement augmenté au cours des années 2010. Dans le même temps, l'ensemble des flottilles ciblant les petits pélagiques ont vu leur dépendance augmenter vis-à-vis de la sardine (Fig.3.7), et ce de manière accrue sur l'ensemble de l'année. Maintenir la diversité des espèces pêchées (sardine, anchois, maquereau, chinchard...), selon les années ou la saison, est de moins en moins possible pour différentes raisons : manque de marché intéressant pour l'anchois, interdiction de la pêche au bar pour ces flottilles à partir de 2014 (Fig.3.6), absence ou faibles quotas pour le maquereau ou le chinchard. Il en résulte également un changement de saisonnalité sur la sardine, dernière espèce non réglementée du portfolio sur laquelle les pélagiques se reportent même en hiver comme le montre l'augmentation de la dépendance à la sardine sur les mois d'hiver pour trois des quatre principales organisations de producteurs et l'augmentation nette de l'effort sur le métier sardine en hiver entre 2010 et 2019 (Fig. 3.8 et 3.9).

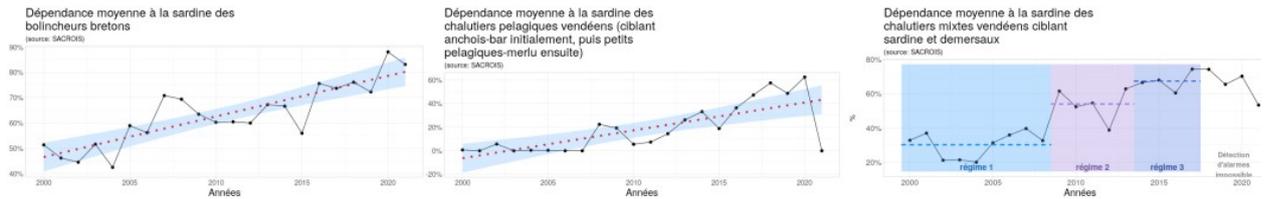


Fig.3.7. Dépendance à la sardine des flottilles ciblant les petits pélagiques (part de la sardine dans leurs débarquements).

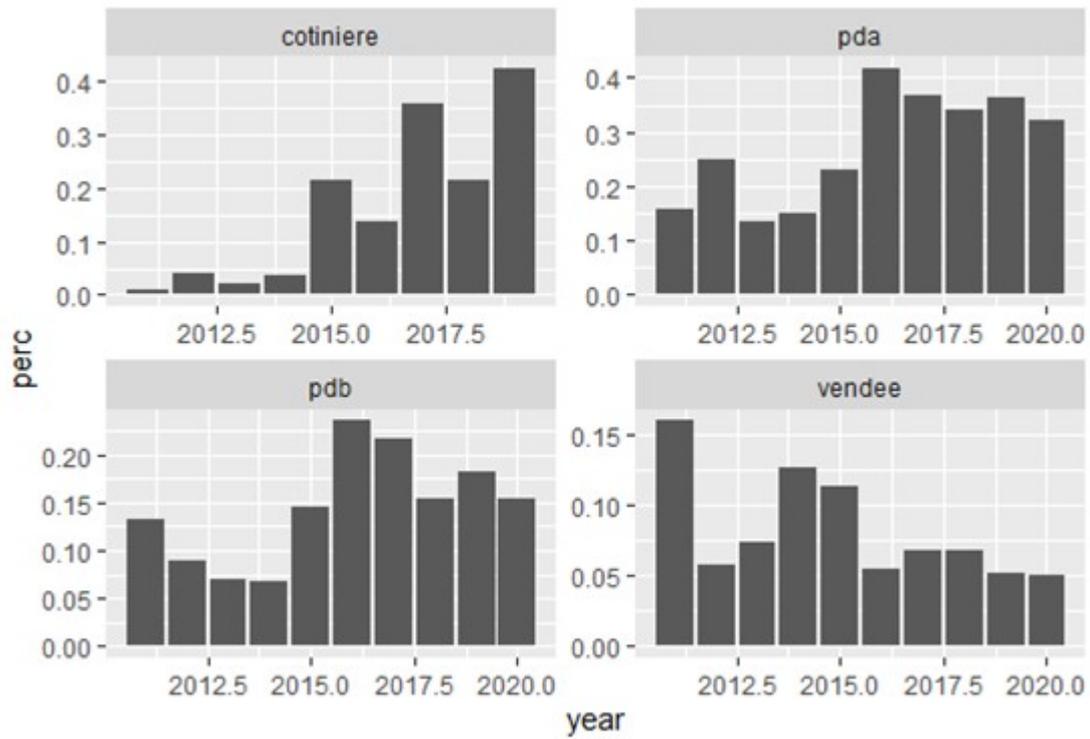


Fig.3.8. Evolution de la dépendance (proportion des revenus mensuels) des navires des quatre organisations de Producteurs (4 panneaux) à la sardine entre décembre et avril entre 2010 et 2020.

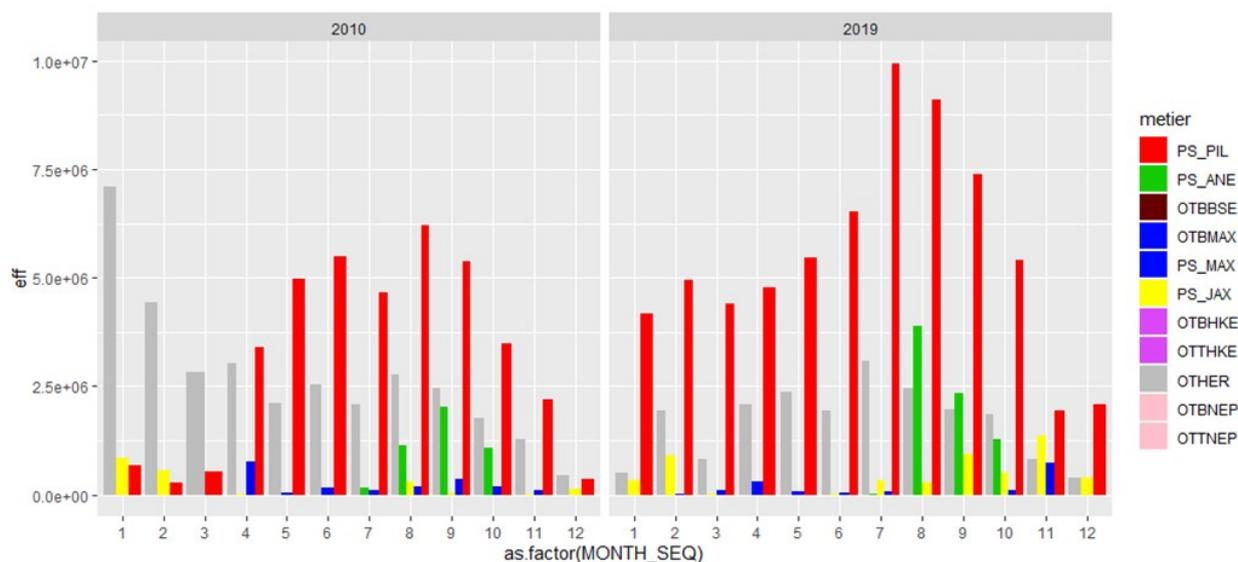


Fig.3.9. Effort par métier des bolicheurs bretons en 2010 (gauche) et 2019 (droite) selon le mois de l'année. Le temps passé sur la sardine est en rouge.

En parallèle, le consommateur français a réduit de moitié (6 000 t → 3 000 t) la part de sardine fraîche dans ses achats entre 2000 et 2020 (Fig.3.10). La consommation de sardine en conserve a au contraire augmenté d'un tiers sur la même période. La sardine fraîche est pêchée localement, ce qui n'est pas forcément le cas de la sardine en boîte qui a pu être pêchée (et mise en boîte) loin de nos côtes. Du point de vue du pêcheur français, ces dynamiques de consommation conduisent à une perte de débouchés et contribuent à accroître leur dépendance vis-à-vis des conserveurs. Pour faire face à l'augmentation de la demande, la filière peut avoir recours à l'import de sardine en conserve, qui a effectivement augmenté entre 2000 et 2020 (Fig.3.10). Certaines conserveries françaises se sont implantées à l'étranger (Maroc, Croatie, Portugal) et contribuent à cet import à partir de leurs usines ou via une activité de négoce. Elles importent également de la sardine congelée pour la mettre en boîte sur le territoire, avec de fortes fluctuations sur les 10 dernières années. Cette capacité de recours à des productions étrangères rend les conserveurs plus flexibles et moins vulnérables que les pêcheurs, sous réserve de disponibilité pérenne de sardine d'importation dans un contexte international très concurrentiel.

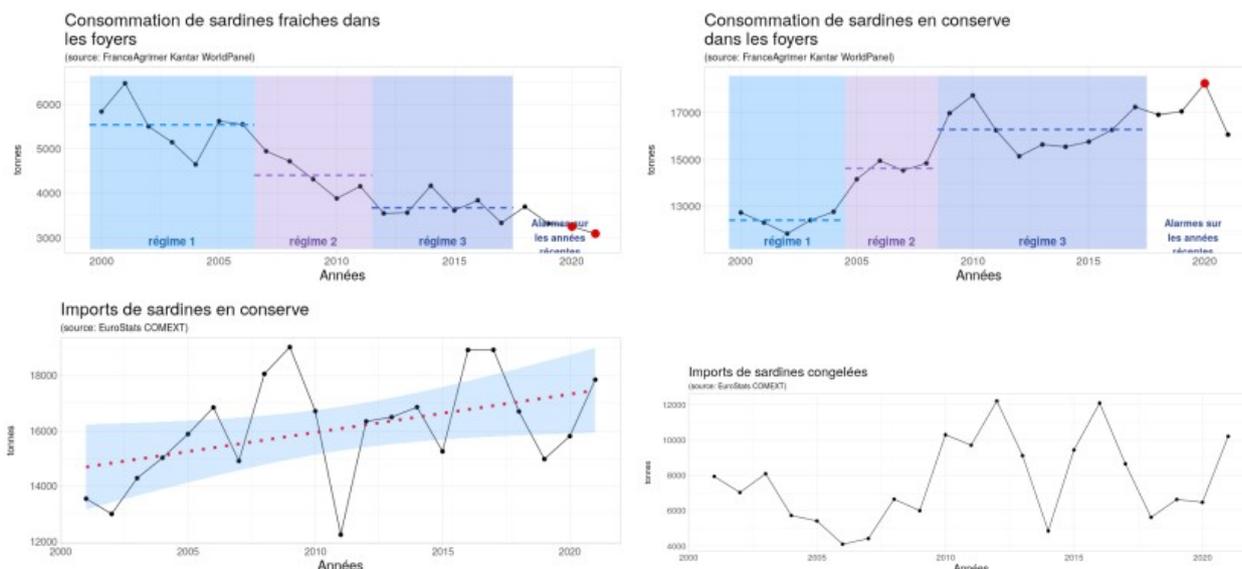


Fig.3.10. Illustration des changements au sein de la filière aval.

Dans un contexte où la sardine du Golfe de Gascogne est considérée depuis quelques années comme surpêchée, la dépendance accrue des flottilles à cette espèce les rend particulièrement vulnérables. Les conserveries qui privilégient la sardine du Golfe de Gascogne sont également vulnérables à l'état de santé de cette population, même si certaines usines peuvent par ailleurs se fournir en sardine congelée sur le marché international. Ces différents niveaux de dépendance illustrent bien les fortes interactions entre les compartiments du socio-écosystème gravitant autour des petits poissons pélagiques. Cependant, la compréhension des dynamiques conjointes entre compartiments a reposé essentiellement sur une analyse descriptive combinée à une connaissance experte. A l'avenir, une analyse croisée davantage quantitative de ces séries apporterait une cohérence statistique à nos réflexions, et permettrait de se projeter dans l'avenir de la filière avec davantage de pertinence en se basant sur les liens de causalité entre indicateurs.

3.3. Vers une gestion intégrée de la filière petits pélagiques

Un langage et des outils communs

Le projet DEFIPEL a mis autour de la table des scientifiques de différentes disciplines et l'ensemble des acteurs de la filière pendant près de 5 ans. Il a permis d'apprendre à mieux se connaître, de comprendre les intérêts et enjeux de chacun, et d'établir un constat commun sur l'état de la filière. Cependant certains maillons intermédiaires (mareyeurs, grossistes) ou finaux (distributeurs tels que GMS et épicerie fines) de la filière n'étaient pas bien représentés, et une gestion intégrée gagnerait à leur implication à l'avenir.

Les outils mis en œuvre dans le projet ont largement contribué à cette mise en commun. Le tableau de bord est maintenant une base d'indicateurs à laquelle chacun peut se référer, qui est déjà largement validée parmi les scientifiques du projet (cf. son utilisation ci-dessus). Les scénarios prospectifs permettent quant à eux de s'inspirer de narratifs partagés. En cela, nous avons préparé le terrain à la mise en place d'un système de gestion prenant en compte l'ensemble des dimensions du socio-écosystème de la filière française des petits pélagiques.

Le constat partagé aujourd'hui est que nombre d'indicateurs sont malheureusement plutôt au rouge, et ce pour des causes qui nous échappent en partie (état de l'écosystème pélagique, marchés internationaux). Face à ce constat, un consensus existe pour dire qu'il faut réagir de

manière concertée. Et nous avons commencé à identifier quelques leviers permettant d'espérer un meilleur avenir, durable, pour la filière.

Nos pistes pour assurer la durabilité de la filière

Les résultats de nos échanges qui ont abouti aux narratifs, et des simulations de scénarios d'évolution des pêcheries, révèlent que la durabilité de l'ensemble de la filière nécessite :

- une évaluation des stocks tenant compte de la mise à jour de leurs limites à partir de la génétique des populations, et tenant compte de leurs évolutions probables liées aux changements rapides dans les écosystèmes,
- une évaluation des stocks tenant compte de variabilité des traits d'histoires de vie (croissance, condition, fécondité, mortalité), aux échelles saisonnières et interannuelles,
- une gestion de la ressource tenant compte d'un environnement fortement changeant. Pour cela, il est essentiel de poursuivre une observation écosystémique de la ressource dans son environnement, notamment planctonique, permettant de comprendre au mieux l'état actuel et anticiper les évolutions futures des traits biologiques telles que la croissance, la survie ou la distribution spatiale,
- une gestion à la fois pluri-annuelle, différente des règles de gestion utilisées pour les espèces démersales qui génèrent trop de variabilité, et qui en lien avec le point précédent donnerait des perspectives plus stables aux pêcheries et filières ; et plus réactive notamment en fonction des alertes soulevées par nos indicateurs mis à jour annuellement voire saisonnièrement,
- le maintien d'un portfolio d'espèces disponibles pour les pêcheurs pour limiter la dépendance à la sardine et la spécialisation, qui si elle est désirable pour les professionnels entraîne une trop forte pression de pêche sur celle-ci. Ceci passera pas la bonne gestion des autres espèces cibles à l'échelle européenne, sur lesquels les flottilles françaises étudiées n'ont finalement que peu d'impact étant donné leurs faibles quotas (exemple du chinchard et du maquereau). Cela passera sans doute également par le développement de nouvelles filières de valorisation en France, quand la ressource devient largement disponible mais sans marché extérieur (exemple de l'anchois). Une meilleure valorisation localement de 'nouvelles espèces', avec une réactivité plus importante de l'ensemble des acteurs quand l'abondance augmente sur quelques années seulement comme ce fut le cas sur le poulpe récemment. Une adaptation plus rapide de la réglementation serait également favorable pour que certaines flottilles puissent profiter d'espèces comme le thon rouge qui semble s'installer durablement. Tous ces facteurs doivent permettre aux flottilles d'avoir des stratégies plus opportunistes aux échelles saisonnières, en fonction du cycle des espèces et de la valorisation des produits, et interannuelles en fonction de l'état des stocks,
- une communication auprès des consommateurs sur l'origine des produits et pour le maintien d'une consommation locale en frais, éventuellement sur des poissons plus petits,
- une optimisation des échanges commerciaux, en limitant au maximum les exports afin de limiter les captures au premier semestre pour diminuer la pression sur le stock, et/ou en limitant d'autant les imports avec pour effet la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées au transport,

- De poursuivre l'effort de coopération entre acteurs pour optimiser le fonctionnement de la filière et tendre vers une répartition équitable de la valeur ajoutée qu'elle génère. La rémunération de l'exploitation doit permettre aux flottilles de relâcher la pression sur la sardine lorsque c'est nécessaire écologiquement.

Cependant, le tableau n'est pas tout noir, et certains signaux sont plutôt optimistes. C'est par exemple le cas de la réouverture de la baie de Seine, partiellement pour le moment au printemps, et une pêcherie sardine qui tend à se développer dans le Pas-de-Calais depuis quelques années. Il faudra accompagner ces développements et trouver des voies de valorisation pertinentes, de préférence localement pour cette pêcherie.

Les échanges initiés durant le projet, ont montré la volonté de tous les acteurs de contribuer à une meilleure connaissance de l'état des stocks, éventuellement par le partage de données. Ils s'accordent également sur un objectif commun : le maintien de l'activité de pêche et de transformation et des conditions de travail, donc de la durabilité du stock de sardine, ceci possiblement au prix de modifications des pratiques (stratégies de pêche, rémunération, taille des boîtes...).

Par ailleurs, de nouveaux enjeux prennent de l'importance et devront être considérés au plus tôt. Nous avons par exemple abordé dans DEFIPEL la dimension internationale de la filière des petits pélagiques et en particulier de la sardine européenne (*Sardina pilchardus*), avec une zone de production majeure qu'est l'Afrique de l'ouest et notamment le Maroc, et dont profite la filière aval et les GMS en France. Une partie de la production de l'Afrique de l'Ouest est destinée à l'industrie minotière pour alimenter la production aquacole européenne et asiatique, dans un contexte où l'état des stocks semble se dégrader. En participant à l'export de sardine du Maroc, la filière française doit se confronter à la question de l'équité du partage de la ressource entre pays du sud et du nord.

Perspectives

Nous avons développé et proposé des démonstrateurs d'outils d'aide à la décision : tableau de bord d'indicateurs, modèle de simulation de scénarios d'évolution des pêcheries. Néanmoins, le chemin est long dans la mise en place d'un réel système de gestion socio-écosystémique. Nous n'avons par ailleurs pas prévu, au-delà du cadre de notre projet, une véritable opérationnalisation de nos outils.

Pour aller plus loin, il nous apparaît maintenant judicieux de mettre en place les moyens opérationnels d'un tel système de gestion. Cela passerait par la mise à jour régulière des indicateurs du tableau de bord. Celle-ci sera plus ou moins aisée selon l'origine des variables utilisées. Elle passera dans tous les cas par l'implication continue des différents partenaires représentant les différentes disciplines scientifiques, mais également des acteurs professionnels ayant contribué à la constitution des jeux de données. Cette mise à jour permettrait un réel fonctionnement du système d'alerte mis en place à l'échelle annuelle. Une approche de gestion à moyen terme doit également s'appuyer sur des projections telles que celles mises en œuvre de manière qualitative, puis quantitative, pour les pêcheries (T5.4). L'aboutissement de cette scénarisation n'ayant pu avoir lieu qu'en fin de projet, il serait maintenant intéressant de partager ces résultats de manière plus approfondie avec l'ensemble des acteurs. Au delà des scénarios, de futures simulations doivent permettre de hiérarchiser les solutions évoquées et d'évaluer de manière plus spécifique et précise le succès d'aménagements de l'activité de pêche (spatial ou saisonnier, sélectivité, effort). Certaines questions restent en suspens relatives à la durabilité de l'exploitation des petits individus et la pertinence des points de référence, que le développement d'un modèle d'évaluation prenant davantage en compte la dimension évolutive de l'habitat et une approche opérationnelle

d'évaluation de stratégie de gestion pourra aider à résoudre. Il nous semble qu'assurer la pérennité de l'engagement des scientifiques impliqués dans le projet sur le moyen terme, et la formalisation d'un forum collaboratif tel que la journée annuelle de la filière sardine, représentent des éléments essentiels à la mise en œuvre de cette gestion socio-écosystémique. Un nouveau projet à vocation cette fois davantage opérationnelle semble un bon moyen d'assurer l'engagement de chacun.

Références

- Alvain, S., Moulin, C., Dandonneau, Y., & Bréon, F.-M. (2005). Remote sensing of phytoplankton groups in case 1 waters from global SeaWiFS imagery. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 52, 1989–2004.
- Alvain, S., Moulin, C., Dandonneau, Y., & Loisel, H. (2008). Seasonal distribution and succession of dominant phytoplankton groups in the global ocean: A satellite view. *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB3001. <http://dx.doi.org/10.1029/2007GB003154>.
- Alvain, S., Loisel, H., & Dessailly, D. (2012). Theoretical analysis of ocean color radiances anomalies and implications for phytoplankton groups detection in case 1 waters. *Optics Express*, 20, 1070–1083.
- Beckensteiner J., Villasante S., Charles A., Petitgas P., Le Grand C., Thebaud O. (2024). A systemic approach to analyzing post-collapse adaptations in the Bay of Biscay anchovy fishery. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences* , 81(8), 1154-1173 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1139/cjfas-2023-0087> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00883/99495/>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). Classification and regression trees. Wadsworth & Brooks. Cole Statistics/Probability Series.
- Brosset P., Menard F., Fromentin J.-M., Bonhommeau S., Ulses C., Bourdeix J.-H., Bigot J.-L., Van Beveren E., Roos D., Saraux C. (2015). Influence of environmental variability and age on the body condition of small pelagic fish in the Gulf of Lions. *Marine Ecology Progress Series* , 529, 219-231 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.3354/meps11275> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00272/38334/>
- Brosset Pablo, Le Bourg Baptiste, Costalago David, Banaru Daniela, Van Beveren Elisabeth, [Bourdeix Jean-Herve](#), Fromentin Jean-Marc, Menard Frederic, Saraux Claire (2016a). Linking small pelagic dietary shifts with ecosystem changes in the Gulf of Lions. *Marine Ecology Progress Series* , 554, 157-171 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.3354/meps11796> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00347/45822/>
- Brosset Pablo, Lloret Josep, Munoz Marta, Fauvel Christian, Van Beveren Elisabeth, Marques Virginie, Fromentin Jean-Marc, Menard Frederic, Saraux Claire (2016b). Body reserves mediate trade-offs between life-history traits: new insights from small pelagic fish reproduction. *Royal Society Open Science* , 3(10), 160202 (1-15) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1098/rsos.160202> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00353/46458/>
- Bueno-Pardo Juan, [Petitgas Pierre](#), Kay Susan, Huret Martin (2020). Integration of bioenergetics in an individual-based model to hindcast anchovy dynamics in the Bay of Biscay. *Ices Journal Of Marine Science* , 77(2), 655-667 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz239> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00598/70984/>
- Cailliau, C. (2024). Projet DEFIPEL : Variabilité spatiale et temporelle de l'abondance et de la composition du plancton et dynamique de la sardine dans le Parc naturel marin d'Iroise entre 2019 et 2022. <https://parc-marin-iroise.fr/documentation/defipel-en-iroise-rapport-pnmi>
- Checkley Jr, D.M., Ortner, P.B., Settle, L.R. and Cummings, S.R. (1997), A continuous, underway fish egg sampler. *Fisheries Oceanography*, 6: 58-73. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1997.00030.x>
- Dandonneau, Y., Deschamps, P.Y., Nicolas, J.M., Loisel, H., Blanchot, J., Montel, Y., Thieuleux, F., & Bécu, G. (2004). Seasonal and interannual variability of ocean color and composition of phytoplankton communities in the North Atlantic, Equatorial Pacific and South Pacific. *Deep-Sea Research II*, 51 : 303-318
- Daurès, F., Rochet, M.-J., Van Iseghem, S., and Trenkel, V. M. 2009. Fishing fleet typology, economic dependence, and species landing profiles of the French fleets in the Bay of Biscay, 2000-2006. *Aquatic Living Resources*, 22: 535–547.
- Doray Mathieu, Petitgas Pierre, Romagnan Jean-Baptiste, Huret Martin, Duhamel Erwan, Dupuy Christine, Spitz Jerome, Authier Matthieu, Sanchez Florence, Berger Laurent, Doremus Ghislain,

- Bourriau Paul, Grellier Patrick, Masse Jacques (2018). The PELGAS survey: ship-based integrated monitoring of the Bay of Biscay pelagic ecosystem. *Progress In Oceanography*. 166. 15-29. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.09.015>, <https://archimer.ifremer.fr/doc/00407/51801/>
- Doray Mathieu, Hervy Camille, Huret Martin, Petitgas Pierre (2018a). Spring habitats of small pelagic fish communities in the Bay of Biscay. *Progress In Oceanography*, 166, 88-108. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.11.003>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00411/52236/>
- Doray Mathieu, Petitgas Pierre, Huret Martin, Duhamel Erwan, Romagnan Jean-Baptiste, Authier Matthieu, Dupuy Christine, Spitz Jerome (2018b). Monitoring small pelagic fish in the Bay of Biscay ecosystem, using indicators from an integrated survey. *Progress In Oceanography*, 166, 168-188. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.12.004>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00414/52552/>
- Doray, M., Van Der Kooij, J., Boyra, G. (Eds.), 2021. ICES Survey Protocols - Manual for acoustic surveys coordinated under the ICES Working Group on Acoustic and Egg Surveys for Small Pelagic Fish (WGACEGG). <https://doi.org/10.17895/ICES.PUB.7462>
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. doi: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FranceAgrimer. Données de ventes déclarées en halles à marée en 2023. 2024. <https://www.franceagrimer.fr>
- Gatti Paul, Cominassi Louise, Duhamel Erwan, Grellier Patrick, Le Delliou Herve, Le Mestre Sophie, Petitgas Pierre, Rabiller Manuella, Spitz Jerome, Huret Martin (2018). Bioenergetic condition of anchovy and sardine in the Bay of Biscay and English Channel. *Progress In Oceanography*, 166, 129-138. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.12.006>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00416/52754/>
- Gohin F., Bryere, P., & Perrot, L. (2014). A new procedure for interpolating satellite-derived Suspended Particulate Matters within the Previmer context. *Mercator Newsletter - quarterly Newsletter*, 49, 26-28
- Gohin F., Druon J., & Lampert, L. (2002). A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal Of Remote Sensing*, 23(8), 1639-1661. <https://doi.org/10.1080/01431160110071879>.
- Grandrémy, N., 2023. Dynamiques spatio-temporelles du zooplancton, en lien avec l'habitat et les petits poissons pélagiques, dans le Golfe de Gascogne. Doctorat. Nantes Université.
- Grandremy Nina, Romagnan Jean-Baptiste, Dupuy Christine, Doray Mathieu, Huret Martin, Petitgas Pierre (2023). Hydrology and small pelagic fish drive the spatio-temporal dynamics of springtime zooplankton assemblages over the Bay of Biscay continental shelf. *Progress In Oceanography*, 210, 102949 (18p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102949>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00813/92490/>
- Huret Martin, Bourriau Paul, Doray Mathieu, Gohin Francis, Petitgas Pierre (2018). Survey timing vs. ecosystem scheduling: Degree-days to underpin observed interannual variability in marine ecosystems. *Progress In Oceanography*, 166, 30-40. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.07.007>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00394/50584/>
- Huret Martin, Lebigre Christophe, Iriondo Mikel, Montes Iratxe, Estonba Andone (2020). Genetic population structure of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in North-western Europe and variability in the seasonal distribution of the stocks. *Fisheries Research*, 229, 105619 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105619>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74178/>
- Lahellec, G., Daurès, F., Lehuta, S. (2024). Revealing the adaptation strategies of pelagic fleets in the Bay of Biscay by combining fishery data and fishers' knowledge. *ICES Journal of Marine Science*. fsae171, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae171>
- McKeown, N., Lebigre, C. van der Kooij, J., Huret, M. Genome wide SNP analysis of the European sardine (*Sardina pilchardus*) reveals hierarchical neutral and non-neutral spatial structuring suggesting a reconsideration of current management units. *Soumis à Evolutionary Applications*.

- Menu Clara, Pecquerie Laure, Bacher Cedric, Doray Mathieu, Hattab Tarek, van der Kooij Jeroen, Huret Martin (2023). Testing the bottom-up hypothesis for the decline in size of anchovy and sardine across European waters through a bioenergetic modeling approach. *Progress In Oceanography*. 210. 102943 (20p.). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102943>, <https://archimer.ifremer.fr/doc/00812/92434/>
- Mahevas Stephanie, Bellanger Lise, Trenkel Verena (2008). Cluster analysis of linear model coefficients under contiguity constraints for identifying spatial and temporal fishing effort patterns. *Fisheries Research*, 93(1-2), 29-38. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.02.008>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/4302/>
- Morvan, M. 2024. Saisonnalité des communautés zooplanctoniques dans le Golfe de Gascogne et en Mer d'Iroise. Une approche comparative basée sur des campagnes et des instruments d'imagerie, de 2016 à 2022. Rapport de Stage de Master 2, Sorbonne Université.
- Moore, C., Davie, S., Robert, M., Pawlowski, L., Dolder, P., and Lordan, C. 2019. Defining métier for the Celtic Sea mixed fisheries: A multiannual international study of typology. *Fisheries Research*, 219: 105310.
- Nerini D., Monestiez P., Manté C. (2010). Cokriging for spatial functional data. *Journal of Multivariate Analysis*, 101 : 409-418. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2009.03.005>
- Queiros Quentin, Fromentin Jean-Marc, Gasset Eric, Dutto Gilbert, Huiban Camille, Metral Luisa, Leclerc Lina, Schull Quentin, McKenzie David, Saraux Claire (2019). Food in the Sea: Size Also Matters for Pelagic Fish. *Frontiers In Marine Science*, 6(385), 13p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00385>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00505/61669/>
- O'Reilly, J. E., Maritoner, S., Michell, B. G., Siegel, D. A., Carder, K. L., Garver, S. A., Kahru, M., & McClain, C. (1998). Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research*, 103 : 24937-24953
- O'Reilly, J. E., et al. (2000). Ocean color chlorophyll-a algorithms for SeaWiFS, OC2 and OC4, In : *SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses: Part 3, SeaWiFS Postlaunch Tech. Rep. Ser.*, vol. 11, version 4, edited by S. B. Hooker and E. R. Firestone : 9-23, NASA Goddard Space Flight Cent., Greenbelt, Md.
- Pelletier, D., and Ferraris, J. 2000. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 51–65.
- Pelletier, D., Mahevas, S., drouineau, H., Vermard, Y., Thebaud, O., Guyader, O., and Poussind, B. 2009. Evaluation of the bioeconomic sustainability of multi-species multi-fleet fisheries under a wide range of policy options using ISIS-Fish. *Ecological Modelling*, 220: 1013–1033.
- Petitgas P., Doray D., Massé J., Grellier P. (2011). Spatially explicit estimation of fish length histograms, with application to anchovy habitats in the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 68(10) : 2086–2095. <https://doi.org/10.1093/icesjms/ffsr139>
- Petitgas Pierre, Doray Mathieu, Huret Martin, Masse Jacques, Woillez Mathieu (2014). Modelling the variability in fish spatial distributions over time with empirical orthogonal functions: anchovy in the Bay of Biscay. *Ices Journal Of Marine Science*, 71(9), 2379-2389. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu111>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00222/33365/>
- Petitgas Pierre, Doray Mathieu, Boyra Guillermo, Duhamel Erwan, Sobradillo Bea, Martinez Urdane (2023). Maps of sardine and anchovy length distributions in the Bay of Biscay in spring and autumn. *SEANOE*. <https://doi.org/10.17882/92818>
- Santoleri, R., Volpe, G., Marullo, S., & Buongiorno Nardelli, B. (2008). "OpenWaters Optical Remote Sensing of the Mediterranean Seas." In *Remote Sensing of the European Seas*, edited by V. Barale and M. Gade, 103–116. Netherlands: Springer
- Saroux Claire, Van Beveren Elisabeth, Brosset Pablo, Queiros Quentin, Bourdeix Jean-Herve, Dutto Gilbert, Gasset Eric, Jac Cyrielle, Bonhommeau Sylvain, Fromentin Jean-Marc (2019). Small pelagic fish dynamics: a review of mechanisms in the Gulf of Lions. *Deep-sea Research Part li-topical Studies In Oceanography*, 159, 52-61. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2018.02.010>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00427/53861/>

- Schadeberg, A., Kraan, M., and Hamon, K. G. 2021. Beyond métiers: social factors influence fisher behaviour. *ICES Journal of Marine Science*, 78: 1530–1541.
- Secor, D.H., 1999. Specifying divergent migrations in the concept of stock: the contingent hypothesis. *Fisheries Research* 43, 13–34. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00064-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00064-8)
- Ulrich, C., Wilson, D. C. K., Nielsen, J. R., Bastardie, F., Reeves, S. A., Andersen, B. S., and Eigaard, O. R. 2012. Challenges and opportunities for fleet- and métier-based approaches for fisheries management under the European Common Fishery Policy. *Ocean & Coastal Management*, 70: 38–47.
- Van Beveren Elisabeth, Bonhommeau Sylvain, Fromentin Jean-Marc, Bigot Jean-Louis, Bourdeix Jean-Herve, Brosset Pablo, Roos David, Saraux Claire (2014). Rapid changes in growth, condition, size and age of small pelagic fish in the Mediterranean. *Marine Biology* , 161(8), 1809-1822 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1007/s00227-014-2463-1> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00192/30335/>
- van der Kooij J, McKeown N, Campanella F, Boyra G and others (2024) Northward range expansion of Bay of Biscay anchovy into the English Channel. *Mar Ecol Prog Ser* :SPF2av16. <https://doi.org/10.3354/meps14603>
- Vandromme Pieter, Nogueira Enrique, Huret Martin, Lopez-Urrutia Angel, Gonzalez-Nuevo Gonzalez G., Sourisseau Marc, Petitgas Pierre (2014). Springtime zooplankton size structure over the continental shelf of the Bay of Biscay. *Ocean Science* , 10(5), 821-835 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.5194/os-10-821-2014> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00221/33246/>
- Veron Matthieu, Duhamel Erwan, Bertignac Michel, Pawlowski Lionel, Huret Martin (2020a). Major changes in sardine growth and body condition in the Bay of Biscay between 2003 and 2016: Temporal trends and drivers. *Progress In Oceanography* , 182, 102274 (14p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102274> , Open Access version : https://archimer.ifremer.fr/doc/00604/71562/*
- Véron Matthieu, Duhamel Erwan, Bertignac Michel, Pawlowski Lionel, Huret Martin, Baulier Loic (2020b). Determinism of Temporal Variability in Size at Maturation of Sardine *Sardina pilchardus* in the Bay of Biscay . *Frontiers In Marine Science* , 7, 567841 (17p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.567841> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00660/77203/>
- Vigier Audric, Bertignac Michel, Mahévas Stephanie (2022). Monthly spatial dynamics of the Bay of Biscay hake-sole-Norway lobster fishery: an ISIS-Fish database . *Scientific Data* , 9(1), 306 (12p.) . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01408-0> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00777/88899/>
- Wuillez Mathieu, Rivoirard Jacques, Petitgas Pierre (2009). Using min/max autocorrelation factors of survey-based indicators to follow the evolution of fish stocks in time. *Aquatic Living Resources* , 22(2), 193-200 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1051/alr/2009020> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6759/>

4. Annexes

Annexe 1 : Poster Sardine « Grand Public ».

LA SARDINE



QUI SUIS-JE?

SARDINA PILCHARDUS

- Petit poisson pélagique: vit entre le fond et la surface.
- Reproduction dès 1 an, au printemps et à l'automne en Gascogne, l'hiver en Méditerranée.
- Pond plus de 100 000 œufs par an.
- Croissance rapide, 15 cm en 1 an, peut atteindre 25 cm et plus de 10 ans.
- Des populations de plus en plus jeunes, et des individus de plus en plus petits.

OÙ JE VIS?

3 populations sur nos côtes, déterminées à partir de la génétique.



QU'EST-CE QUE JE MANGE?

Je me nourris surtout de zooplancton, en particulier de copépodes.

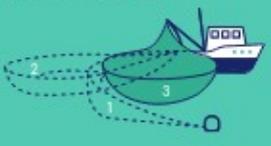


COMMENT ME PÊCHE-T-ON?

= 15% des débarquements de poissons en France

BOLINCHE (SENNE TOURNANTE ET COULISSANTE)

- ~ 27 bolincheurs
- Golfe de Gascogne, surtout sud Bretagne
- 75% des débarquements



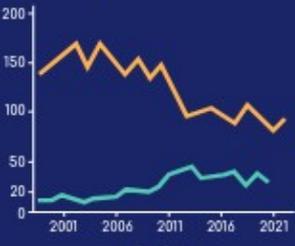
CHALUT PÉLAGIQUE, SIMPLE OU EN BŒUF

- ~ 30 chalutiers
- Atlantique
- Manche
- Méditerranée



JE SUIS SOUS PRESSION!

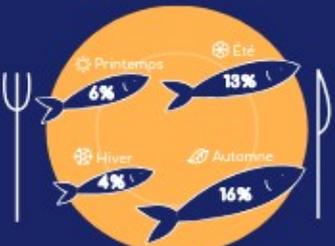
Captures et Biomasse adulte en milliers de tonnes dans le golfe de Gascogne.



Années	Captures (orange)	Biomasse adulte (green)
2001	140	10
2006	160	15
2011	140	20
2016	100	30
2021	80	35

LA MEILLEURE PÊCHE, C'EST EN AUTOMNE!

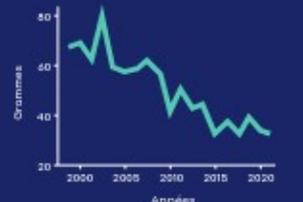
Pourcentages de matière grasse/saison dans le golfe de Gascogne.



Saison	Pourcentage de matière grasse
Printemps	6%
Été	13%
Hiver	4%
Automne	16%

ALORS QUE JE N'AI PLUS LA PÊCHE!

Poids individuel moyen divisé par 2 en 15 ans.



Années	Poids (g)
2000	75
2005	65
2010	55
2015	45
2020	35

Depuis 2019, le stock de sardine du golfe de Gascogne est évalué comme surpêché et dégradé. Des incertitudes sur la limite du stock et la biologie de l'espèce doivent cependant être levées.

- Pas de limite de capture, de simples recommandations.

- Part des foyers français qui la consomme: 50% en conserve et 10% fraîche -> 1,1 kg/an.
- 75 millions de conserves/an produite en France.



Cette diminution de taille s'expliquerait par une augmentation de la température, et surtout une diminution de la taille du zooplancton. Problèmes:

- Cela peut avoir des conséquences sur les populations et l'ensemble de l'écosystème.
- Les plus petits poissons ne trouvent pas d'acheteurs.



Scannez pour en savoir plus!







Annexe 2 : Les fiches synthétiques

4 fiches de synthèse des résultats du projet sont disponibles ci-dessous ainsi que sur le site internet du projet :

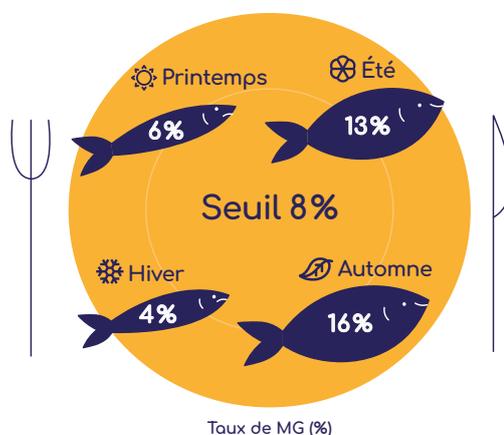
- [La saisonnalité de la filière sardine,](#)
- [Les petits poissons pélagiques et leurs proies rétrécissent,](#)
- [Dépendance et vulnérabilité des pêcheries et filières,](#)
- [Organisation de la filière sardine en France.](#)

LA SAISONNALITÉ DE LA FILIÈRE SARDINE

POURQUOI UNE SAISONNALITÉ SI MARQUÉE ?

LA QUALITÉ DU POISSON

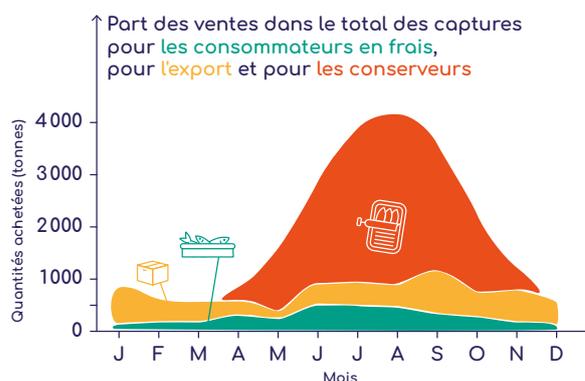
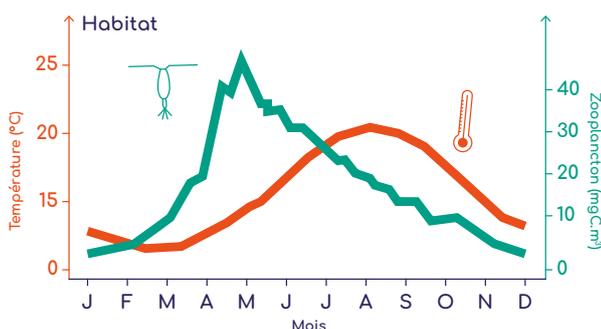
La qualité de la sardine, mesurée à travers son contenu en matière grasse, **varie fortement au cours des saisons**, ce qui influence profondément les pêcheries et l'aval de la filière (conserverie, mareyeurs...) au cours de l'année. Les conserveurs recherchent des **matières grasses** (par exemple +8% pour le label rouge), pour des raisons organoleptiques et nutritionnelles. Ces matières grasses, ou lipides, sont présents chez les petits pélagiques sous forme d'acides gras essentiels, dont les Omega 3. Les consommateurs concentrent leurs achats de **sardine fraîche non transformée en été**, ce qui accentue la saisonnalité de la demande.



POURQUOI LA SARDINE EST-ELLE PLUS GRASSE L'ÉTÉ & L'AUTOMNE ?

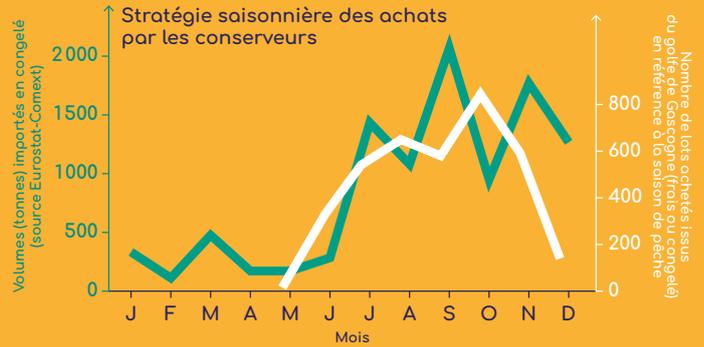
Le taux de matière grasse est fonction du **cycle saisonnier de l'écosystème pélagique**, et en particulier de celui du zooplancton. Celui-ci est composé principalement de **copépodes**, qui sont les proies principales des petits poissons pélagiques comme la sardine. **Les blooms de micro-algues (phytoplancton) ont lieu au printemps** dans le golfe de Gascogne.

Suite à ces blooms et pendant toute la période productive jusqu'à l'automne, le poisson va pouvoir se reproduire puis grandir, mais surtout **constituer des réserves de lipides**, qui lui permettront de passer l'hiver, saison pendant laquelle la disponibilité en nourriture est bien plus faible.



STRATÉGIE SAISONNIÈRE DES CONSERVEURS

La sardine mise en conserve provient principalement de la **pêche au second semestre**, à partir de juin ou juillet selon les années. L'approvisionnement se fait au second semestre en sardine fraîche, et au premier semestre en sardine congelée issue de la saison précédente. Ceci garantit une **activité des usines sur l'ensemble de l'année avec un produit riche en matière grasse**. Certaines conserveries importent également de la sardine congelée, en majorité du Maroc, et préférentiellement au second semestre.

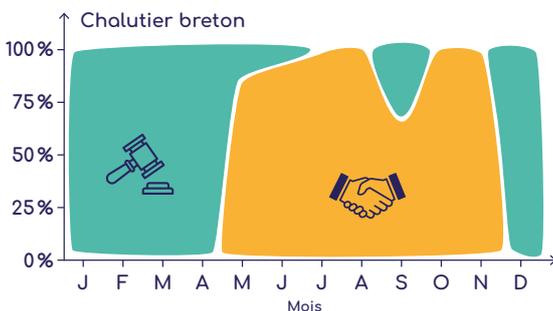
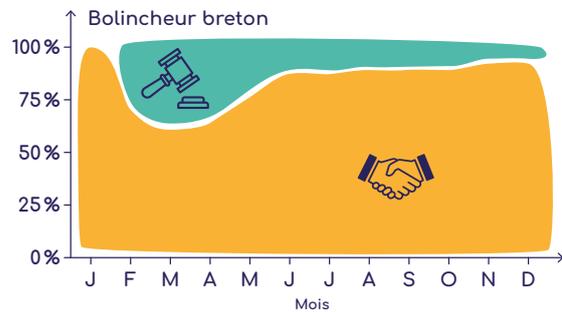
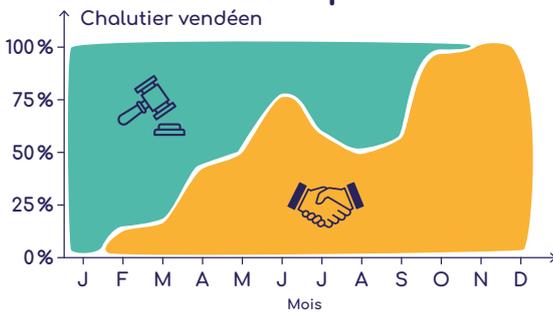
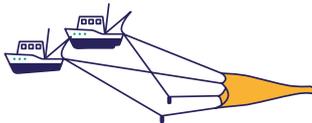


IMPACT SUR L'ACTIVITÉ DE PÊCHE

Pour les pêcheurs, **les débouchés sont donc bien meilleurs en été et en automne**, d'où un effort de pêche et des captures plus importantes pendant ces saisons.

Les ventes de sardine se font principalement de gré à gré (volume et prix négociés en amont entre l'acheteur et le vendeur) et un peu aux enchères, notamment l'hiver pour les chalutiers.

Les captures de sardine vendues en hiver et au printemps sont encadrées quotidiennement par les Organisations de Producteurs, afin d'assurer à tous un minimum de débouchés à cette période où la demande est faible. Les captures du 1^{er} semestre intéressent peu les conserveries et sont vendues sur le marché national ou à l'export, pour une consommation humaine ou servir d'appâts pour d'autres pêcheries.



Vente aux enchères en halle à marée



Vente sur contrat ou de gré à gré



QUELLE ÉVOLUTION DE LA SAISONNALITÉ DANS UN CADRE CLIMATIQUE & RÉGLEMENTAIRE CHANGEANT ?

L'écosystème pélagique a évolué sur les 20 dernières années (cf. fiche Diminution des tailles). Des évolutions de la saisonnalité au sein de cet écosystème sont également attendues, notamment sur le déclenchement des **blooms planctoniques** ou les dates de la **période de reproduction** des petits poissons pélagiques. Le taux de 8% de matière grasse est ainsi atteint à une date de plus en plus tardive. Par ailleurs, les pêcheurs qui se reportaient traditionnellement sur d'autres espèces en hiver et au printemps n'y ont plus accès, soit parce que

la ressource n'est pas en bon état (exemple: bar, chinchard), soit par **manque de quotas** (exemple: maquereau). L'évolution des contextes climatique et économique supposerait une diversification saisonnière des activités selon les opportunités. On observe à l'inverse que les pêcheurs de sardine, en particulier les bolincheurs, concentrent leur activité sur cette espèce tout au long de l'année, devenant ainsi de plus en plus vulnérables aux changements (cf. fiche Dépendance et vulnérabilité).



Sigrid Lehuta

sigrid.lehuta@ifremer.fr

Martin Huret

martin.huret@ifremer.fr

Mathieu Doray

mathieu.doray@ifremer.fr

Fabienne Daurès

fabienne.daurès@ifremer.fr



LES PETITS POISSONS PÉLAGIQUES & LEURS PROIES RÉTRÉCISSENT

2000-2020

L'ÉCOSYSTÈME PÉLAGIQUE DU GOLFE DE GASCOGNE EN MUTATION

TEMPÉRATURE

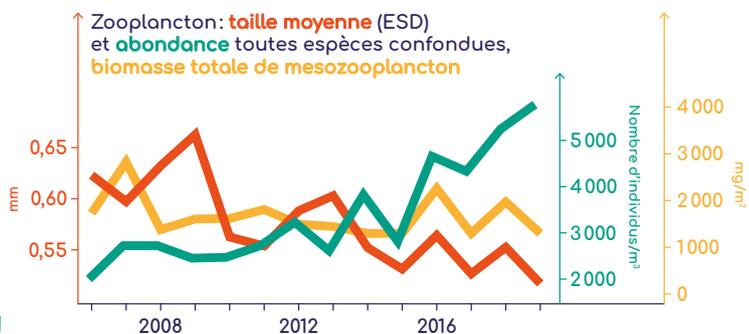
L'analyse des données satellitaires de température de surface révèle une **augmentation de l'ordre de 0,25°C par décennie** depuis le début des années 1980, avec un ralentissement dans les années 2000 et une **accélération dans les années les plus récentes**.

PHYTOPLANCTON

Les données satellitaires révèlent une légère **baisse de la concentration en micro-algues** (phytoplancton) en surface en hiver et début de printemps depuis 2000.

MÉSOZOOPLANCTON

Nos analyses révèlent des changements importants dans les principales proies des petits poissons pélagiques: le mésozooplancton. La **biomasse totale est stable** sur la période, mais la taille du groupe le plus abondant du mésozooplancton, les copépodes, a changé. **La proportion des petits copépodes a augmenté et celle des gros a diminué.**



Mésozooplancton plus petit, plus nombreux

Nous avons observé au printemps une **diminution conséquente de la taille** des principales **proies mésozooplanctoniques** des petits poissons pélagiques, parallèlement à une **augmentation de leur abondance**.

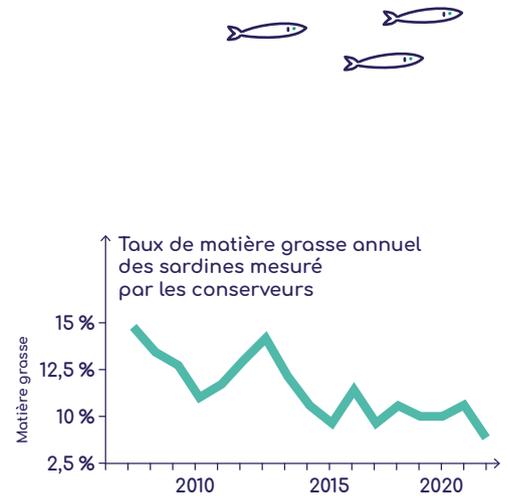
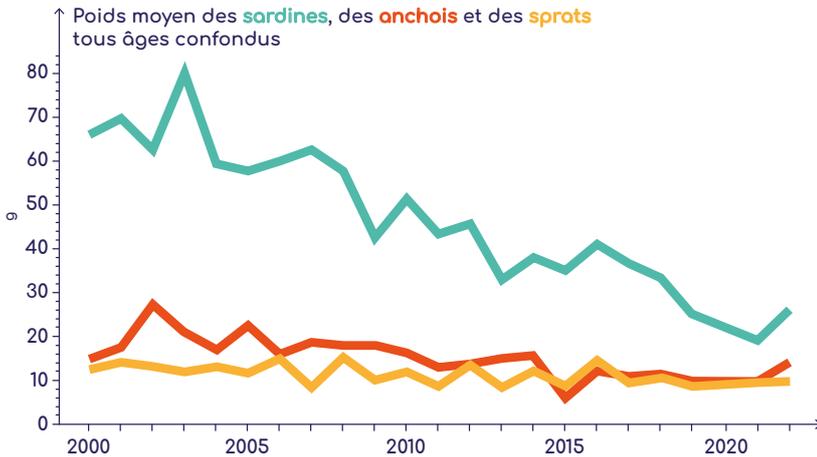


PETITS POISSONS PÉLAGIQUES



Cette **diminution de la taille des organismes** mésozooplanctoniques s'est répercutée au sein de la communauté des petits poissons pélagiques (sardine, anchois, sprat), qui ont vu **leur taille et leur poids diminuer** depuis 20 ans. Le suivi du **taux de matière grasse** par les conserveurs révèle également une diminution de la condition corporelle des sardines.

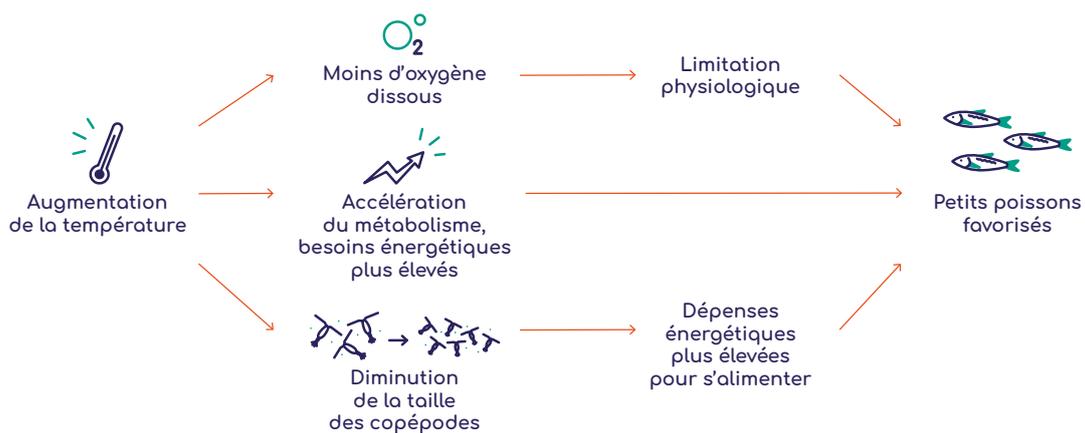
Ces diminutions sont accentuées par une **augmentation de la mortalité** des individus plus âgés (plus de 3 ans). Il y a donc moins de gros poissons âgés dans les populations, ce qui fragilise leur renouvellement, car celui-ci repose maintenant sur un nombre de classes d'âges réduit.



QUELS PROCESSUS À L'ŒUVRE ?

Il est difficile de démontrer formellement le lien entre dérèglement climatique, diminution de la taille du mésozooplancton,

et diminution de la taille des petits poissons pélagiques. Néanmoins, de nombreux éléments empiriques et théoriques vont dans ce sens.



D'un point de vue évolutif, **plus il fait chaud, plus les petits individus ont un avantage sur les plus gros**, et inversement. Il est aussi classique d'observer un effet de réduction de la taille moyenne des poissons par la

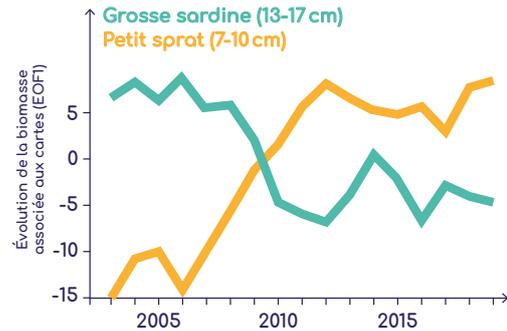
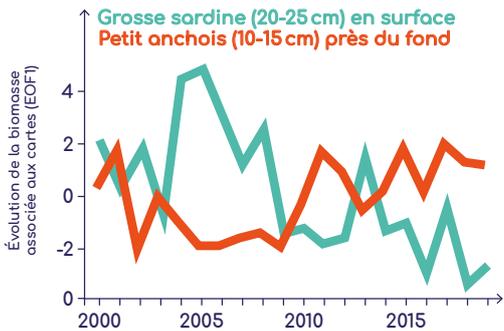
pêche. Pour nos petits poissons pélagiques, il est plus probable que la diminution de taille soit d'origine climatique, via le réchauffement et la diminution de la qualité (taille) du mésozooplancton.



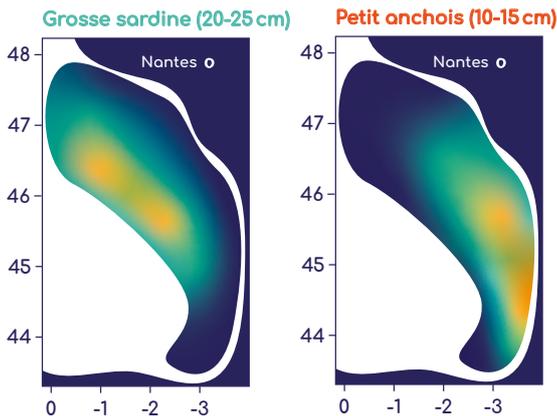
CHANGEMENTS DANS L'OCCUPATION DE L'ESPACE

La diminution globale de la taille des petits poissons pélagiques s'est traduite par des changements de la composition des communautés et de leur occupation de l'espace. Dans le golfe de Gascogne, les plus **grosses sardines** localisées au large au Nord-Ouest il y a 20 ans ont progressivement **disparu** depuis 2009. Après un **effondrement de la population d'anchois** du golfe de Gascogne entre 2005 et 2009, celle-ci s'est **reconstituée** et s'est

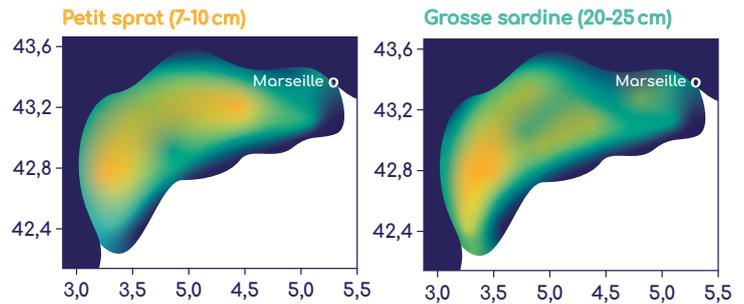
étendue à partir de son cœur de distribution dans le Sud-Est vers le reste de la zone. Dans le golfe du Lion, les **petits sprats** ont nettement **augmenté** après 2008, alors que les **grosses sardines** ont vu leur part **diminuer** fortement notamment dans l'ouest de la zone. Ces augmentations de biomasse d'anchois et de sprat induisent probablement un **accroissement de la compétition** alimentaire pour les proies méso-zooplanktoniques.



Cartes de biomasse moyenne



Cartes de biomasse moyenne



À PARTIR DE 2009 DANS LE GOLFE DE GASCogne:

- Disparition des grosses sardines de la zone nord-ouest
- Expansion des petits anchois à partir du Sud-Est

À PARTIR DE 2008 DANS LE GOLFE DU LION:

- Expansion globale du petit sprat
- Disparition globale de la grosse sardine
- Co-occurrence entre les deux espèces



RISQUES POUR LA FILIÈRE

Ces changements écosystémiques majeurs, en lien avec le réchauffement climatique, ont largement **fragilisé** la filière. Nous avons observé une nette baisse des débarquements d'anchois et sardine dans le **golfe du Lion**

car les poissons sont devenus trop petits et trop maigres et ne trouvent plus d'acheteurs. La **vulnérabilité des pêcheries** s'est accrue dans le **golfe de Gascogne** pour les mêmes raisons (cf. fiche Dépendance et vulnérabilité).



Sigrid Lehuta
sigrid.lehuta@ifremer.fr

Martin Huret
martin.huret@ifremer.fr

Mathieu Doray
mathieu.doray@ifremer.fr

Jean-Baptiste Romagnan
jean.baptiste.romagnan@ifremer.fr



DÉPENDANCE & VULNÉRABILITÉ DES PÊCHERIES & FILIÈRES

Les populations de petits poissons pélagiques (anchois, sardine) ont été rendues plus vulnérables (diminution de la taille des individus, augmentation de leur mortalité naturelle) sur les côtes françaises au cours des deux dernières décennies notamment sous l'impact des changements de leur environnement (cf. fiche Diminution des tailles). Mais qu'en est-il des pêcheurs et des filières qui les exploitent ?

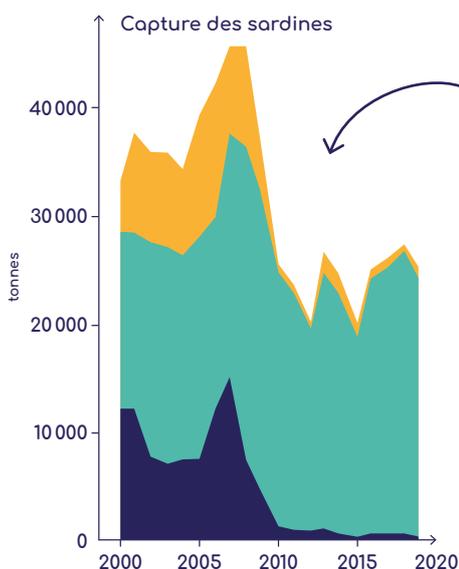
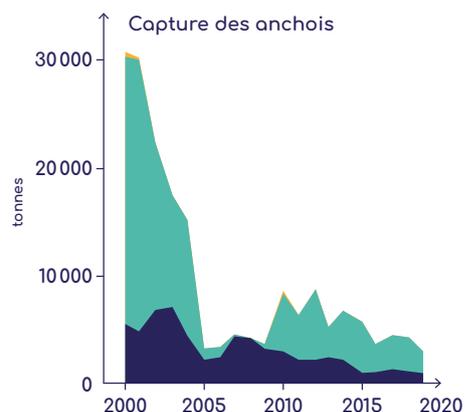
QUALITÉ DU POISSON & CONCENTRATION DES CAPTURES FRANÇAISES DANS LE GOLFE DE GASCOGNE

Entre 2000 et 2020, plusieurs événements majeurs ont eu lieu au sein des pêcheries de petits pélagiques.

ANCHOIS



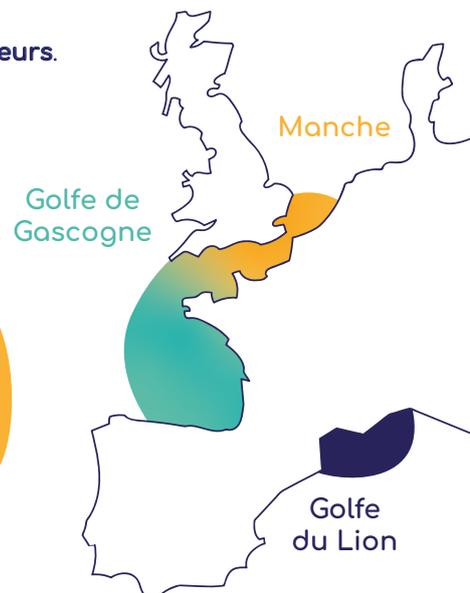
Le phénomène majeur a été la **fermeture de la pêche** dans le golfe de Gascogne entre 2005 et 2009 suite à l'effondrement de la population d'anchois. Dans le golfe du Lion, **une nette diminution des captures** a eu lieu depuis 2005, en conséquence de la perte d'intérêt des acheteurs suite à la diminution de taille des poissons.



SARDINE



Les captures en Manche qui s'élevaient à 10 000 t/an dans les années 2000, ont été brusquement arrêtées en 2010 par une **interdiction de la pêche en Baie de Seine** à cause de la trop forte pollution chimique (PCB). Dans le golfe du Lion, les captures ont nettement diminué également à la fin des années 2000 à cause de la **diminution de la taille du poisson et la perte d'intérêt des acheteurs**. A contrario, les captures de sardine dans le golfe de Gascogne ont progressivement augmenté au cours des années 2010.



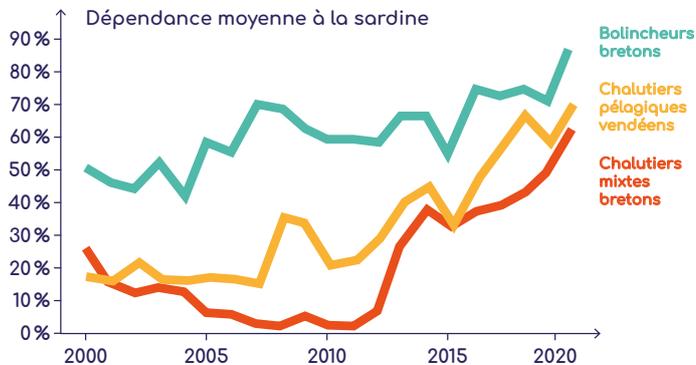
Suite à ces différents chocs, **les conserveries et mareyeurs au niveau national dépendent essentiellement du golfe de Gascogne** pour leur approvisionnement en poisson pêché sur nos côtes, notamment pour la sardine.



LA PÊCHERIE GASCOGNE & LA SARDINE

L'ensemble des flottilles ciblant les petits pélagiques ont vu leur **dépendance augmenter vis-à-vis de la sardine**. Maintenir la diversité des espèces pêchées (sardine, anchois, maquereau, chinchard...), selon les années

ou la saison, est de moins en moins possible, pour différentes raisons : manque de marché intéressant pour l'anchois, interdiction de la pêche au bar pour ces flottilles, absence ou faibles quotas pour le maquereau ou le chinchard.



Dans un contexte où **la sardine du golfe de Gascogne est considérée depuis quelques années comme surpêchée**, la dépendance accrue des flottilles à cette espèce les rend particulièrement vulnérables. Les conserveries qui privilégient la sardine du golfe de Gascogne sont également vulnérables à l'état de santé de cette population, même si certaines usines peuvent se fournir en sardine congelée sur le marché international.

MARCHÉS & INDUSTRIE DE LA CONSERVE



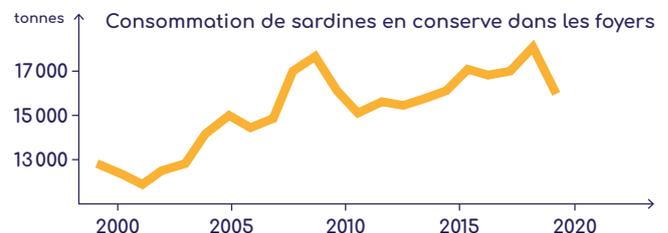
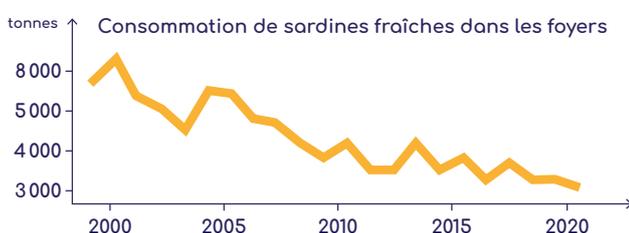
ANCHOIS

Depuis la réouverture de la pêche à l'anchois, la population s'est bien reconstituée, mais les captures ne sont pas revenues au niveau pré-fermeture. Une première raison est la **sortie de flotte de nombreux navires concernés** en réponse à la fermeture. Mais la raison principale est que le **marché espagnol**, principale débouché pour les pêcheurs français d'anchois, s'approvisionne hors du Golfe de Gascogne depuis la fermeture. Cette tendance ne s'est pas inversée depuis la ré-ouverture de la pêche, notamment du fait de la diminution de la taille des anchois du Golfe de Gascogne (cf. fiche Les petits poissons pélagiques & leurs proies rétrécissent).

SARDINE

Le consommateur français a **réduit de moitié** (6000t → 3000t) la part de **sardine fraîche** dans ses achats entre 2000 et 2020. La consommation de **sardine en conserve** a au contraire **augmenté d'un tiers** sur la même période.

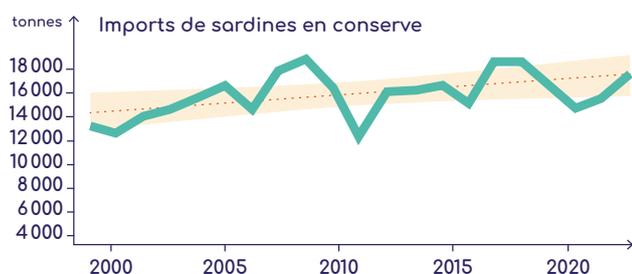
La sardine fraîche est pêchée localement, ce qui n'est pas forcément le cas de la sardine en boîte qui a pu être pêchée (et mise en boîte) loin de nos côtes. Du point de vue du pêcheur français, ces dynamiques de consommation conduisent à une **perte de débouchés** et contribuent à accroître leur **dépendance vis-à-vis des conserveurs**.



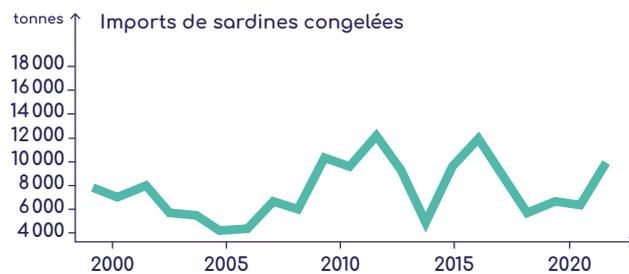
STRATÉGIES D'IMPORTATION



Pour faire face à l'augmentation de la demande, la filière peut avoir recours à l'**import de sardine en conserve**, qui a effectivement augmenté entre 2000 et 2020. Certaines conserveries françaises se sont implantées à l'étranger (Maroc, Croatie, Portugal) et contribuent à ces importations à partir de leurs usines ou via une activité de négoce. Elles importent également de plus en plus



de la **sardine congelée** pour la mettre en boîte sur le territoire, même si la quantité reste assez variable sur les 10 dernières années. Cette capacité de recours à des productions étrangères rend **les conserveurs plus flexibles et moins vulnérables que les pêcheurs**, sous réserve de disponibilité pérenne de sardine d'importation dans un contexte international très concurrentiel.



UNE FORTE VULNÉRABILITÉ... MAIS DES SOLUTIONS!

Ces différents niveaux de dépendance illustrent bien les fortes interactions entre les compartiments du socio-écosystème gravitant autour des petits poissons pélagiques.

La vulnérabilité de la filière commence au niveau de la ressource, avec des populations de petits pélagiques par nature **très variables**, et qui semblent de plus **fragilisées par l'impact du changement global**.

Dans le golfe du Lion, la diminution de la taille a provoqué la **diminution d'un facteur 10 des captures d'anchois et de sardine**. La filière dépend aujourd'hui essentiellement du golfe de Gascogne pour s'approvisionner en poisson local.

Or, dans ce golfe de Gascogne, la filière est fortement fragilisée par :

- **l'état de la ressource** (diminution de la taille des individus et état dégradé de la population de sardine);
- une **dépendance accrue des pêcheurs à la sardine** avec des capacités de report très limitées voire absentes pour les bolincheurs;
- une **dépendance accrue des pêcheurs vis-à-vis des conserveurs** face à la perte d'intérêt du consommateur pour la sardine fraîche.

Si les conserveurs peuvent être dépendants du golfe de Gascogne pour un approvisionnement en poisson frais et local, ils ont la possibilité, comme la distribution, de **se tourner vers l'international** pour s'approvisionner en sardine de conserve ou congelée.



LA DURABILITÉ DE L'ENSEMBLE DE LA FILIÈRE FRANÇAISE NÉCESSITE :

- une bonne **gestion de la ressource** dans un environnement fortement changeant;
- le maintien d'un **portfolio d'espèces disponibles** pour les pêcheurs;
- une meilleure **valorisation de la sardine locale**, notamment auprès des consommateurs, et aussi bien en frais qu'en conserve.
- un **renforcement de la coopération** entre acteurs pour optimiser le fonctionnement et répartir de manière plus équitable la valeur ajoutée générée par la filière;
- un **renforcement de la communication** auprès du consomm'acteur.



Sigrid Lehuta

sigrid.lehuta@ifremer.fr

Martin Huret

martin.huret@ifremer.fr

Mathieu Doray

mathieu.doray@ifremer.fr

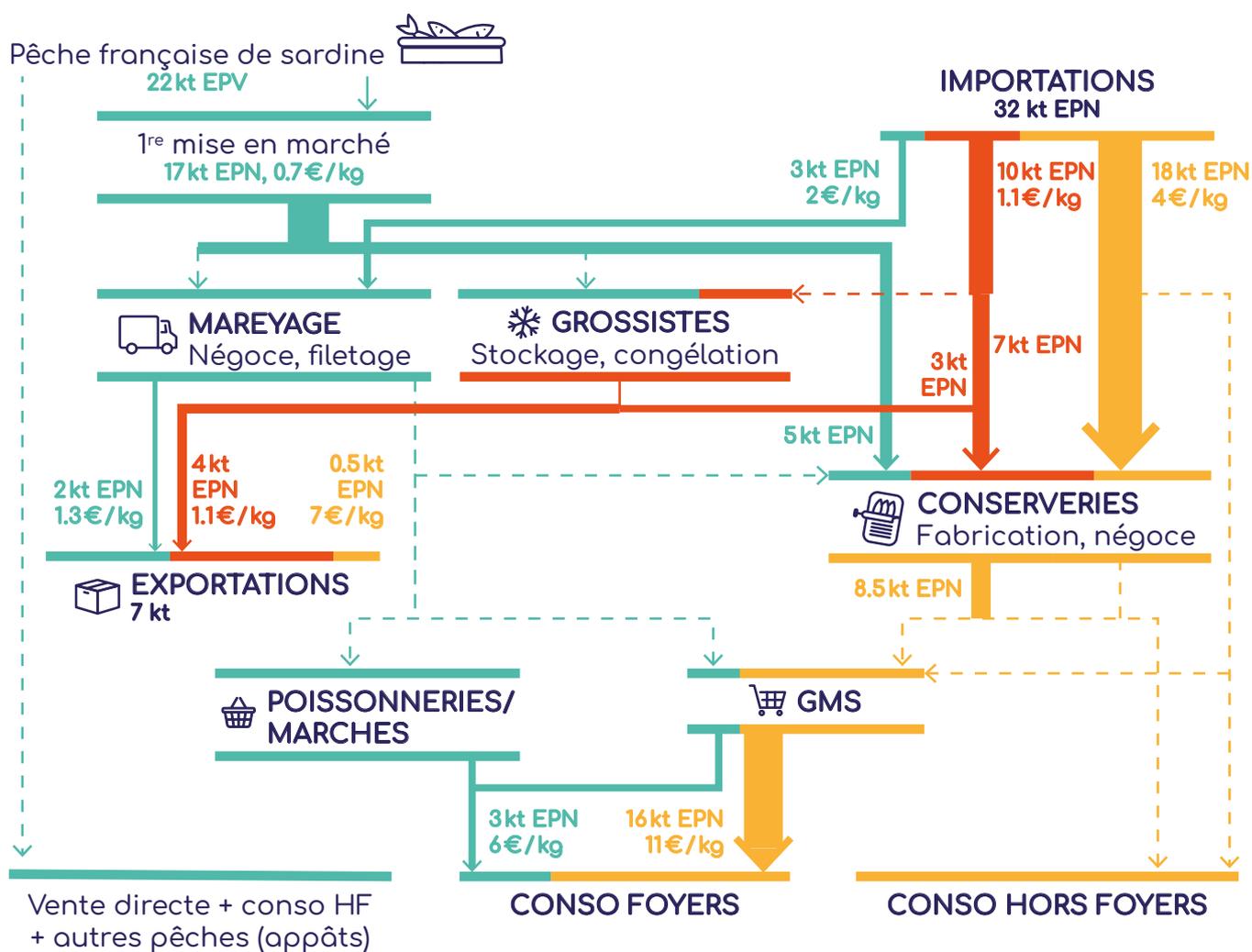
Fabienne Daurès

fabienne.daurès@ifremer.fr



ORGANISATION DE LA FILIÈRE SARDINE EN FRANCE

L'évolution de la taille et de la condition des sardines (cf. fiche Diminution des tailles) affecte les pêcheries, dont l'activité est très saisonnière (cf. fiche Saisonnalité). Tous les acteurs de la filière ne vont pas être affectés de la même manière (cf. fiche Dépendance et Vulnérabilité). Mais qui sont-ils? Comment s'organise cette filière pour répondre aux besoins des consommateurs de sardines fraîche et en conserve?



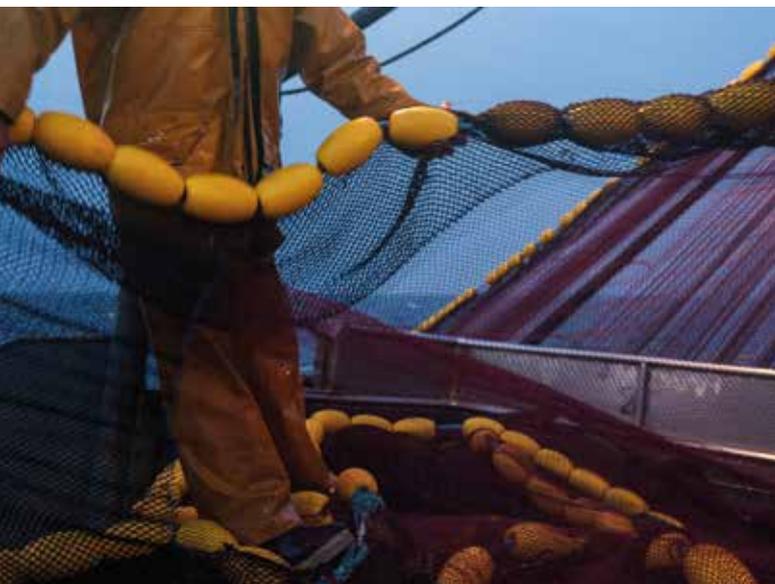
CONSO APPARENTE - 72 kt EPV en 2021 selon FranceAgriMer, estimation imports EPV 60 kt, exports EPV 10 kt



Pour répondre aux besoins des consommateurs français, la filière économique de la sardine s'est organisée autour d'**acteurs nationaux et étrangers**, dont les activités sont différentes mais interagissent entre elles. La description de cette filière, qui porte sur l'année 2021*,

Année la plus récente pour laquelle les données sont complètes sur les principaux maillons

se fera de l'amont (les pêcheurs français et leurs débarquements de sardine) à l'aval (les consommateurs finaux) en passant par des maillons intermédiaires (mareyeurs, conserveries...) et leurs interactions avec l'étranger.



LES PÊCHEURS

Les débarquements annuels de sardine par les pêcheurs français sont évalués en 2021 à 22 kt. Ces débarquements de sardine fraîche proviennent en majorité du **Golfe de Gascogne** et proviennent principalement de 2 flottilles: les **bolincheurs bretons** (une vingtaine de navires, 69% des débarquements de sardine, cf. Fiche Saisonnalité) et les **chalutiers mixtes sardinières** du Golfe de Gascogne (une dizaine de navires, 11%). Les premiers sont très fortement spécialisés sur la sardine alors que les seconds sont plus diversifiés (merlu, germon, chinchard). Les débarquements de sardine ont lieu toute l'année mais sont plus abondants de mai à novembre (cf. Fiche Saisonnalité).

HALLE À MARÉE

LA 1^{RE} MISE EN VENTE EN HALLE À MARÉE

Les débarquements de sardine fraîche sont principalement mis en marché et/ou enregistrés dans les **Halles à Marée** (17 kt) mais une partie peut faire l'objet d'une vente directe non enregistrée (particuliers, restaurants...) ou être destinée à d'autres débouchés (appâts par exemple). Les acheteurs à la 1^{re} vente de sardine sont **des mareyeurs, des grossistes ou des conserveries. 90% des volumes échangés à la 1^{re} vente le sont via le mode de gré à gré** (volume et prix négociés en amont entre l'acheteur et le vendeur). Les achats aux enchères sont relativement plus importants hors saison mais ne représentent là encore que 30% des volumes échangés. **En moyenne, la sardine est achetée en halles à marée à 0.70€/kg** (elle est un peu mieux valorisée lorsqu'elle est vendue aux enchères).

LES ACHETEURS EN HALLE À MARÉE

Les mareyeurs achètent de la sardine fraîche toute l'année pour l'exporter ou la revendre:

- aux conserveries (qui vont la transformer et la mettre en boîte);
- au marché du frais (poissonneries, GMS).

Certains mareyeurs ont développé récemment une **activité de filetage** de la sardine pour le marché du frais. Des grossistes-mareyeurs achètent également de la **sardine fraîche** en halles à marée pour la congeler et la stocker. Ces sardines congelées sont revendues aux conserveries tout au long de l'année. Elles peuvent également être exportées (4 kt à 1.1€/kg en 2021) notamment pour servir d'appâts dans d'autres pêcheries.



CONSERVIERIES

LES CONSERVIERIES NATIONALES

Une quinzaine d'entreprises fabriquent des conserves de sardines (8,5 kt en 2021) **en s'approvisionnant en sardines fraîches** directement en halles à marée (surtout en été) ou en l'achetant à des mareyeurs (été et automne). Le reste de l'année elles **s'approvisionnent en sardines congelées** auprès de grossistes nationaux. Elles sont aussi les principales destinataires des importations de sardines congelées (10 kt à 1,1€/kg en 2021) en provenance du Maroc, du Portugal et d'Espagne. Depuis quelques années les conserveries ont développé une **activité de négoce de conserves de sardines** (qui représente maintenant 40% de leur Chiffre d'Affaires annuel lié à la sardine) en revendant sur le marché national (le plus souvent sous leurs propres marques) des sardines importées. Ces dernières sont parfois issues d'usines implantées à l'étranger dans lesquelles ont investi les conserveries nationales. **Au total 18 kt de conserves de sardines sont entrées sur le territoire national** en 2021 à 4€/kg en moyenne.



LES CONSOMMATEURS DE CONSERVES DE SARDINES

Les conserves de sardines fabriquées au niveau national ou importées vont alimenter une consommation en foyers (ménages français) ou hors foyers (restaurations collectives ou privées).



Il y a très peu de conserves de sardines exportées (0,5 kt) même si elles sont plutôt bien valorisées par rapport aux exports de congelés et de frais (7€/kg en 2021). Par ailleurs, aucune donnée n'a permis d'appréhender la consommation de sardines de conserves hors foyers mais son importance (prisons, hôpitaux, cantines scolaires) est soulignée par de nombreux acteurs de la filière.



Finalement, les conserves de sardines pour la consommation en foyers sont principalement vendues via les **grandes et moyennes surfaces** (GMS), parfois via les épiceries fines, les magasins spécialisés ou d'usines. **En 2021, les foyers français ont acheté 16 kt de sardines en conserves pour un prix moyen de 11€/kg.** Cette demande en conserves de sardine par les foyers français ainsi que les prix de ces conserves augmentent d'année en année.

CONCURRENCE & DIVERSITÉ SUR LE MARCHÉ DE LA CONSERVE DE SARDINES

Il y a une forte différenciation de produits avec une mise en avant de plus en plus fréquente d'**attributs spécifiques** (écolabels, origine, saveurs...) sur les boîtes de sardines en plus des **attributs santé classiques** (Omega) associé à un packaging très riche et coloré. Les marques étrangères sont très marginales sur ce marché. Une **dizaine de marques nationales** se concurrencent avec parmi les plus connues **en GMS**: Connétable, Mouettes d'Arvor, Parmentier et Trésor des Dieux... Elles sont liées à des conserveries dont la taille (nombre

d'employés), l'ancrage territorial ou l'ancienneté diffèrent considérablement: **Connétable de Chancerelle** (entreprise familiale historique implantée à Douarnenez mais d'envergure internationale), **Mouettes d'Arvor de Gonidec** (entreprise familiale d'une cinquantaine d'employés implantée à Concarneau), **Parmentier des Ets Paulet** (entreprise implantée à Douarnenez dont la production est entièrement externalisée et appartenant au groupe mondial Thai Union), ou enfin **Trésor des Dieux du groupe Gendreau** (entreprise historique de St Gilles Croix de Vie).

Les **marques de distributeurs** (Capitaine Cook du groupe Intermarché par exemple) occupent également une place importante notamment sur les conserves de sardines de premier prix. Certaines marques sont vendues exclusivement hors GMS, en **épiceries, magasins spécialisés ou ventes directes** (par exemple La Belle Iloise de la conserverie du même nom ou Phare d'Eckmühl de Chancerelle).



La demande finale en sardine fraîche est en revanche en recul depuis plusieurs années. Elle s'élève en 2021 à 3kt pour un prix de 6€/kg. Elle se concentre en été pendant la saison de la sardine. Les foyers continuent à s'approvisionner en poissonneries ou sur les marchés pour l'achat de sardines fraîches mais les GMS occupent une place croissante sur ce marché (notamment pour la vente de sardines filetées ou préparées).

Au final, et si l'on tente d'évaluer la consommation apparente de sardines en France en équivalent poids vif (EPV) c'est-à-dire avant que le produit soit transformé, elle s'élève à 72kt en 2021 soit 22kt de production domestique plus 60kt d'imports

en poids vif moins 10kt d'exports en poids vif. Aujourd'hui, la sardine est la **4^e espèce de poisson consommée en France** (derrière les thons, le saumon et le cabillaud mais devant le merlu, le maquereau ou le lieu noir).



EN RÉSUMÉ

La filière de la sardine en France recoupe une **diversité d'acteurs** répartis dans quatre maillons essentiels:

- les pêcheurs;
- les mareyeurs (y compris grossiste);
- les conserveries;
- et les GMS.

La sardine du Golfe de Gascogne joue un rôle majeur pour l'approvisionnement des conserveries nationales. Les **échanges extérieurs** sont essentiels à l'organisation de la filière et sa capacité d'adaptation aux dynamiques de ressources et de marchés.

La filière de sardine en France renvoie au final à trois types de produits:

- la sardine **fraîche** qui caractérise plutôt les activités situées en amont de la filière (pêche, mareyage et conserveurs);

- la sardine en **conserves** pour les maillons plutôt en aval (consommateurs et conserveries);
- et la sardine **congelée** pour les maillons intermédiaires (mareyeurs-grossistes et conserveries).

Les données pour décrire et caractériser cette filière sont diversement disponibles selon les maillons: les données de **consommation et d'échanges extérieurs** sont accessibles **publiquement** et les données de **pêche, d'achats à la 1^{re} vente et d'activité des conserveries** sont en accès **restreint**. Pour caractériser les flux entre les maillons intermédiaires (mareyeurs, grossiste et conserveries), la couverture en données est très faible et elle devient inexistante lorsque l'on s'intéresse à la consommation de sardines hors foyers.



Sigrid Lehuta

sigrid.lehuta@ifremer.fr

Martin Huret

martin.huret@ifremer.fr

Mathieu Doray

mathieu.doray@ifremer.fr

Fabienne Daurès

fabienne.daurès@ifremer.fr

