

1. Titre

Relation entre mésozooplancton et petits poissons pélagiques, dans le Golfe de Gascogne, dans un contexte de changements environnementaux.

2. l'unité de recherche équipe d'accueil

Unité Ecologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH), Ifremer Centre Atlantique, Rue de l'île d'Yeu, BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03

3. encadrement

Directeur de thèse:

Pierre Petitgas (pierre.petitgas@ifremer.fr)

Co-directeurs de thèse:

Christine Dupuy (cdupuy@univ-lr.fr)

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

4. Coordonnées

Pierre Petitgas,

Unité Ecologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH), Ifremer Centre Atlantique, Rue de l'île d'Yeu, BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03.

pierre.petitgas@ifremer.fr

Christine Dupuy,

Laboratoire Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs), UMR 7266, Equipe BIOdiversité et Fonctionnement des Ecosystèmes Littoraux, UFR Sciences, Université de La Rochelle

cdupuy@univ-lr.fr

Jean-Baptiste Romagnan, Unité Ecologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH), Ifremer Centre Atlantique, Rue de l'île d'Yeu, BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03.

jean.baptiste.romagnan@ifremer.fr

5. Contexte, objectifs et intérêts scientifiques et approches méthodologiques

Contexte:

Le Golfe de Gascogne (GdG) est une zone de pêche importante des petits poissons pélagiques (PPP, anchois, sardine, maquereau, chinchard). De nombreux emplois dépendent de la pêche de la Sardine sur la façade Atlantique. Les débarquements d'anchois contribuent à l'activité des chalutiers pélagiques et des bolincheurs. Le développement d'une approche écosystémique des pêches (AEP) dans le GdG (Doray *et al.*, 2018a) depuis les années 2000 favorise la mise en place de la gestion intégrée de la pêche des PPP. L'AEP se base sur l'observation simultanée des compartiments environnementaux (habitat), humains (pressions, pollution, usages), et biologiques (phytoplancton, mésozooplancton, poissons et mammifères marins et oiseaux) influençant la dynamique des poissons (Garcia *et al.*, 2003). L'analyse écosystémique du GdG est rendue possible par l'élaboration de séries temporelles spatialisées de tous les niveaux trophiques (Petitgas *et al.*, 2018, Doray *et al.*, 2018b) grâce

aux campagnes PELGAS et EVHOE (Doray *et al.*, 2018a). Ces séries nous renseignent sur les dynamiques à long terme des différents compartiments biologiques, et leurs interactions dans le temps et dans l'espace, en relation avec la pêche.

Le mésozooplancton joue un rôle essentiel pour les PPP en leur transférant l'énergie et la matière issues de la production primaire (van der Lingen *et al.*, 2006), tout en étant un bon indicateur de changements environnementaux (Beaugrand *et al.*, 2002; 2015). Les changements de biomasse, de composition et de qualité nutritive du mésozooplancton liés aux changements environnementaux affectent les poissons et les pêcheries (Beaugrand *et al.*, 2003), en particulier les PPP (Rykaczewski *et al.*, 2008). L'analyse du mésozooplancton est difficile (Mitra & Davis, 2010) du fait de la diversité des types fonctionnels, des histoires de vie et des interactions rencontrés dans ce compartiment. Des séries temporelles existent dans le sud du GdG, (des côtes cantabrique aux pertuis charentais, Irigoien *et al.*, 2007; Dessier *et al.*, 2018a). Au contraire, les échantillons de mésozooplancton dans le Nord du GdG n'existent que depuis 2008 et les données dépouillées sont parcellaires (Vandromme *et al.*, 2014). Le Nord du GdG est pourtant une zone de ponte importante pour la sardine (Bellier *et al.*, 2006), est une zone de transition entre les domaines Gascogne et mers celtiques, Iroise et Manche-Mer du Nord. Ce sujet propose l'étude du mésozooplancton (diversité fonctionnelle, biomasse, structure en taille et contenu énergétique) dans le GdG et la mer d'Iroise dans un contexte de changements environnementaux et de gestion écosystémique des pêches, par la reconstitution de série temporelles spatialisée grâce à des techniques d'imagerie innovantes.

Objectifs scientifiques du sujet:

L'objectif scientifique de cette thèse est de tester l'hypothèse suivante: *Les changements environnementaux influencent les dynamiques et distributions de mésozooplancton dans le GdG, ce qui affecte les dynamiques et distributions des PPP.* Deux grandes questions émergent de cette hypothèse, et vont structurer les 3 axes de recherche principaux de la thèse:

Question 1: Comment a évolué le mésozooplancton dans le GdG depuis 2007 ?

Question 2: Cette évolution a-t-elle eu des impacts sur les PPP, et par quels mécanismes sont-ils portés ?

Axe 1: *Analyse de la dynamique spatio-temporelle du mésozooplancton dans le GdG.*

Cet axe doit permettre d'élaborer un jeu de données et d'images de mésozooplancton accessible en ligne publiquement associé à un article de description des données nouvelles (1 article). Cet axe permettra également d'analyser de variabilité spatio-temporelle de la communauté mésozooplanctonique dans le GdG en lien avec les changements environnementaux (1 article).

Axe 2: *Mise à jour des connaissances sur les relations trophiques entre PPP et mésozooplancton dans un contexte de changements environnementaux.*

Cet axe doit permettre d'évaluer la relation entre changements environnementaux, dynamique du mésozooplancton et dynamique des PPP (1 article). Cet axe permettra également d'étudier la dynamique saisonnière de la relation entre qualité nutritive du mésozooplancton, comportement trophique et condition corporelle des PPP dans la zone atelier de la mer d'Iroise (1 article).

Axe 3: *Développement d'indicateurs mésozooplanctoniques de condition des populations de PPP à l'attention des modélisateurs et des gestionnaires de la pêche*

Cet axe permettra de développer un jeu d'indicateurs mésozooplanctoniques en lien avec la condition des populations de PPP à l'attention modélisateurs, pour combler le manque de

représentation du mésozooplancton dans les modèles complexes d'approche écosystémique des pêches (1 article).

Approches méthodologiques

Utilisation d'échantillons historiques pour reconstituer les séries temporelles: Les échantillons historiques de mésozooplancton (2007- 2016, ~ 400 traits verticaux du filet WP2 200 µm) sont stockés à L'université de La Rochelle seront rapatriés à Nantes pour analyse par imagerie (ZooScan ou ZooCAM) au laboratoire à EMH. Le PNMI mettra à disposition une série temporelle de mésozooplancton saisonnière, analysée par imagerie depuis 2009. L'équipe EMH dispose également de données de contenus stomacaux historiques dans le GdG, depuis 2009.

Échantillonnage au cours de la période 2019-2022: L'échantillonnage du mésozooplancton se fera lors des campagnes PELGAS et EVHOE à des stations discrètes avec un filet WP2 200 µm. Des profils de bathysonde (CTD) sont réalisés simultanément pour renseigner le contexte hydrologique. L'étudiant-e participera aux campagnes en début de thèse. En mer d'Iroise, l'échantillonnage est assuré par le PNMI, au filet WP2 200 µm, lors de campagnes saisonnières.

Analyse des échantillons de mésozooplancton par imagerie et IA: Les échantillons seront analysés par imagerie (ZooCAM, Colas *et al.*, 2018 et ZooScan, Gorsky *et al.*, 2010) et apprentissage machine (IA) permettra d'optimiser le temps d'analyse. Les échantillons seront triés en une quarantaine de groupes via la plateforme ECOTAXA (Picheral *et al.*, 2015). Les campagnes PELGAS et EVHOE depuis 2016 ont permis de valider cette méthodologie. Les données de mésozooplancton déjà dépouillés (PELGAS 2016 – 2018) seront utilisées pour la formation du doctorant et l'analyse par apprentissage machine.

Analyse des échantillons de mésozooplancton par calorimétrie: qualité nutritive: Pour ces analyses, le PNMI constituera une zone atelier et des échantillons seront sélectionnés à différentes saisons, en relation avec des captures de poisson. Les analyses par calorimétrie pourront être réalisées par l'étudiant au laboratoire LIENSs à l'Université de La Rochelle, et les analyses de contenus stomacaux seront gérées et financées par le PNMI.

Analyse des données de mésozooplancton: L'imagerie permet d'obtenir des données taxonomiques, fonctionnelles, et structurés en taille, à partir desquelles il est facile de calculer abondances, biomasses et spectres de taille de la communauté (Romagnan, 2013). Ces descripteurs (i.e. diversité, biomasse, traits fonctionnels et structure en taille) seront les données de bases qui nourriront une analyse par approche cartographique multivariée (Petitgas *et al.*, 2018), qui permettra de décrire et d'explorer la variabilité spatio-temporelle du mésozooplancton, et de la mettre en relation avec les variabilités environnementales et des PPP. L'étudiant-e utilisera des méthodes d'analyses géostatistiques (variogrammetrie, krigeage), multivariées (type ACP), multitableaux (MAFs), de classification hiérarchique, etc., qui sont bien maîtrisées à EMH. Les corrélations entre les données de calorimétrie du mésozooplancton (qualité nutritive), les contenus stomacaux et les caractéristiques de la communauté seront estimées pour établir les effets de la structure et la qualité du mésozooplancton sur la qualité nutritive des habitats, et "l'attractivité" trophique du mésozooplancton pour les PPP.

Estimation des changements environnementaux: Les changements environnementaux seront déterminés par l'analyse des données hydrologiques historiques des campagnes PELGAS, EVHOE et PNMI, et par l'utilisation de produits cartographiques disponibles sur des serveurs institutionnels (i.e. serveur MARC qui remplace Previmer) issus d'observation satellitaires et de

sorties de modèles. Les outils d'analyses cartographiques sont bien maîtrisés à EMH et LIENSs.

6. Résumé du projet

Les dynamiques petits poissons pélagiques (PPP) reposent sur l'occupation d'habitats suffisamment productifs et adaptés pour assurer les fonctions vitales. Les habitats des PPP sont caractérisés essentiellement par l'environnement hydrologique (ex: température), la production primaire (phytoplancton), la ressource trophique (mésozooplancton), et la prédation. Les dynamiques spatio-temporelles des habitats dans un contexte de changements environnementaux, et leur capacité à subvenir aux besoins des PPP sont donc des connaissances critiques pour comprendre l'évolution des populations de poissons en termes de composition, condition corporelle, et de distribution spatiale. Dans cette thèse nous décrivons le plus finement possible la communauté mésozooplanctonique dans le Golfe de Gascogne (GdG) et en caractériserons la dynamique saisonnière et interannuelle en reconstituant les séries historiques de mésozooplancton issues des campagnes PNMI, PELGAS et EVHOE depuis 2008. Les échantillons seront analysés essentiellement par imagerie pour explorer l'hypothèse du forçage "bottom-up" des populations de PPP dans le GdG et en Mer d'Iroise dans un contexte de changements environnementaux, pour apporter des données manquantes bien que critiques à l'approche écosystémique des pêches (AEP) de PPP dans le GdG.

7. Partenariats

Cette thèse permettra de renforcer les liens entre 3 acteurs majeurs des sciences marine et de l'AEP dans le Golfe de Gascogne: L'Ifremer, l'Université de La Rochelle, et le PNMI (Agence Française de la Biodiversité). Au sein d'Ifremer, cette thèse renforcera les liens entre EMH et STH. Cette thèse permettra également à l'Ifremer de renforcer sa position d'acteur majeur dans la compréhension des mécanismes liant changements environnementaux, écologie marine, et gestion de la pêche dans le GdG, et favorisera l'interaction avec les partenaires français dans le cadre de la DCSMM par exemple, et les partenaires régionaux (l'AZTI, et l'IEO en Espagne, le CEFAS au Royaume-Uni) dans le cadre du CIEM par exemple.