



HAL
open science

Approches individuelle, populationnelle et écosystémique en écologie halieutique : applications au système insulaire Méditerranéen (Corse)

Eric Dominique Henri Durieux

► To cite this version:

Eric Dominique Henri Durieux. Approches individuelle, populationnelle et écosystémique en écologie halieutique : applications au système insulaire Méditerranéen (Corse). Sciences de l'environnement. Université de Corse, 2022. tel-04055197

HAL Id: tel-04055197

<https://hal.science/tel-04055197>

Submitted on 1 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Université de Corse Pasquale Paoli

UMR 6134 Sciences Pour l'Environnement

UAR 3514 Plateforme Stella Mare

Habilitation à Diriger des Recherches

présentée par

Eric Dominique Henri Durieux

Maître de Conférences des Universités

Section CNU 67 : Biologie des populations et Ecologie

Spécialité : Ecologie halieutique

Approches individuelle, populationnelle et écosystémique en écologie halieutique : applications au système insulaire Méditerranéen (Corse)

Soutenue le 03/10/2022 à l'Université de Corse - Plateforme Stella Mare devant le jury composé de :

Rapporteurs :

Eric Feunteun, Professeur, Museum National d'Histoire Naturelle, Station de Dinard

François Le Loc'h, Directeur de Recherche, IRD, UMR LEMAR Brest

Philippe Lenfant, Professeur, Université de Perpignan Via Domitia

Examineurs :

Antoine Aiello, Directeur de Recherche, CNRS, UAR Stella Mare Biguglia

Mireille Harmelin Vivien, Directrice de Recherche émérite, CNRS, MIO Marseille

Garant :

Vanina Pasqualini, Professeur, Université de Corse Pasquale Paoli

Résumé

Mon approche scientifique se place aux différents niveaux d'intégration biologique individuel, populationnel et écosystémique et s'inscrit pleinement dans la gestion durable des ressources halieutiques. Mes **thèmes de recherche** concernent l'écologie des populations d'intérêt halieutique et/ou patrimonial (principalement les poissons marins) en termes de **(i) traits d'histoire de vie, (ii) structure et dynamique de population, (iii) exploitation par la pêche et d'approche écosystémique et de (iv) restauration écologique**. Après avoir étudié des espèces et systèmes variés à travers le monde, j'étudie depuis 10 ans en tant qu'enseignant chercheur à l'Université de Corse, plus spécifiquement les espèces méditerranéennes patrimoniales et d'intérêt halieutique (e.g. denti, corb, mérrou, espadon, oursin, homard et langouste). Le modèle insulaire que représente le littoral de la Corse est particulièrement pertinent en terme d'unité géographique en écologie des populations et en écologie halieutique pour les notions de délimitation de stock mais aussi de connectivité avec le reste de la Méditerranée occidentale. En premier lieu, j'étudie les traits d'histoire de vie tels que l'âge, la croissance et la reproduction chez ces différentes espèces d'intérêt afin de mieux définir les paramètres qui contrôlent la dynamique de ces populations en vue d'une approche quantitative. Une autre de mes thématiques est de mieux comprendre la structure et l'organisation des populations de ces espèces à différentes échelles spatiales et la connectivité. Pour cela, j'ai utilisé différentes méthodologies adaptées à ces suivis au niveau individuel et populationnel (sclérochronologie, histologie et biochimie, génétique, morphométrie, parasitologie, modélisation d'habitat, modélisation lagrangienne, télémétrie acoustique, recensement visuel). Ces travaux ont ainsi permis d'améliorer les connaissances au niveau identification et délimitation de stock, de cartographie de zones fonctionnelles halieutiques (nurseries et frayères), d'appréhender les processus connectivité via la dispersion larvaire et l'utilisation des habitats en termes de comportement, contribuant ainsi à fournir des indicateurs pour la gestion spatialisée. Concernant l'exploitation par la pêche (professionnelle et/ou récréative), j'ai développé une approche descriptive et quantitative d'une part au niveau monospécifique afin de quantifier le prélèvement et la mortalité par pêche sur certaines espèces d'intérêt de manière ciblée (notamment sur le denti), et d'autre part au niveau multi-spécifique de caractériser et quantifier l'ensemble de la pêche artisanale en mer en Corse. Enfin j'ai développé une approche de modélisation écosystémique partitionnée en compartiments trophiques intégrant la pêche, prenant ainsi en compte l'ensemble de l'écosystème et ses interactions, qui permet de fournir un outil intégré d'aide à la gestion. En outre, j'ai contribué activement à la structuration d'un suivi halieutique standardisé de la pêche artisanale (par embarquement) mis œuvre à l'échelle de la Corse, qui constitue un exemple assez unique de co-gestion scientifiques-gestionnaires-pêcheurs en Méditerranée. Dans le cadre des orientations thématiques de la plateforme Stella Mare sur l'ingénierie écologique marine et littorale, je travaille également sur la restauration écologique active en milieu marin en tant que nouvel outil de gestion en particulier l'élevage et la restauration de population sur des espèces de poissons ayant un statut de conservation (i.e. denti et corb). Enfin les travaux que j'ai développés permettent de mettre en œuvre des méthodes de suivi *in situ* afin de quantifier leur dispersion et leur survie et sur la mesure de la diversité génétique des individus produits en écloserie. Ce travail contribue à mettre en avant la faisabilité et les pistes de travail à mettre œuvre pour des actions de restauration de population de ces espèces de poissons vulnérables. De manière générale, mes travaux ont vocation à poursuivre l'amélioration des connaissances sur les ressources halieutiques en Corse et en Méditerranée pour fournir des outils qualitatifs et quantitatifs d'aide à la gestion pertinents par une approche intégrative et adaptative. Ces recherches prendront en compte les enjeux actuels au niveau mondial et en particulier en Méditerranée sur la gestion durable des ressources halieutiques et la restauration de la biodiversité marine dans un contexte de changement climatique et des risques liés aux espèces invasives.

Remerciements

Le développement de ma thématique de recherche est le résultat d'un intérêt certain pour l'écologie halieutique et l'ichtyo-écologie marine, d'une réflexion sur l'orientation des recherches à mener dans ce domaine, mais également le fruit de nombreuses rencontres et interactions avec les collègues et les étudiants encadrés. Ce manuscrit d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) reflète ainsi tout ce cheminement intellectuel et travail collectif qui a pu être concrétisé depuis fin 2011 et désormais 11 ans en tant qu'enseignant-chercheur à l'Université de Corse. L'HDR implique de fait une synthèse d'activité collective à travers la coordination et les partenariats de projets de recherche, des collaborations au niveau local, national et international, l'animation et l'encadrement des équipes et *in fine* la valorisation du travail des équipes (doctorants, postdoctorants, ingénieurs et techniciens) ainsi que l'activité pédagogique en particulier en tant que responsable pédagogique. En outre, la réalisation des projets de recherche ne serait possible sans le travail de l'ensemble des équipes techniques et administratives en soutien, ici de l'Université de Corse. J'essaierai ainsi de couvrir l'ensemble de ces aspects dans ces remerciements et de mettre en avant ce qui ne se voit pas et n'est pas forcément écrit dans la suite de ce document à travers les diverses valorisations.

Je souhaite tout d'abord remercier chaleureusement Vanina Pasqualini, Professeur en Ecologie marine de l'Université de Corse, pour son rôle de garante de mon HDR, mais au-delà depuis plus de dix ans pour son soutien sans faille, son écoute et son dynamisme. Sa coordination, désormais de manière globale en tant que Vice-présidente de la commission de la Recherche de l'Université, et toujours de manière plus spécifique dans notre thématique à travers l'animation de l'équipe Gestion et valorisation des Eaux en Méditerranée (GEM) de l'UMR Sciences Pour l'Environnement (SPE) et son rôle lorsqu'elle était encore doyenne de la FST, ont toujours été exemplaires.

Je voudrais également dire toute ma reconnaissance à Antoine Aiello, encore président de l'Université de Corse lors de mon recrutement, anciennement Professeur en Informatique de l'Université de Corse, désormais Directeur de Recherche au CNRS, et directeur de plateforme Stella Mare depuis ses débuts en 2011. Sa confiance et son soutien tout au long de ces années, ont été déterminants dans le développement de mon activité de recherche, notamment en me donnant l'opportunité d'encadrement de thèse au sein de Stella Mare dès le début de ma carrière. Au-delà je salue l'engagement d'Antoine dans le développement de la plateforme Stella Mare et son rayonnement, notamment récompensé récemment en 2021 à travers la médaille de l'innovation de CNRS.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude aux trois rapporteurs pour leur très grande expertise dans leurs domaines respectifs de l'écologie halieutique, pour le temps qu'ils ont consacré et surtout l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant d'examiner ce mémoire avec autant d'attention. Un grand merci avec tout mon respect à Eric Feunteun, Professeur, Museum National d'Histoire Naturelle, section 67, laboratoire BOREA, directeur du CRESCO Station MNHN de Dinard, à Philippe Lenfant, Professeur, Université de Perpignan Via Domitia, section 67, UMR CEFREM – directeur CREM à Port-Barcarès, et à François Le Loc'h, Directeur de Recherche, IRD, directeur adjoint laboratoire UMR LEMAR à Brest.

Je remercie également très sincèrement Mireille Harmelin-Vivien, directrice de recherche CNRS émérite, Institut Méditerranéen d'Océanologie (MOI), de participer à mon jury d'HDR en tant qu'examineur. Mireille fait partie des références internationales en Ictyo-écologie marine en Méditerranée ; elle est pour moi un modèle depuis qu'est né mon intérêt dans ce domaine

scientifique il y a plus de 20 ans. C'est donc pour moi un immense honneur et une très grande joie qu'elle puisse participer à l'évaluation de mon travail dans une discipline à laquelle elle a tellement apporté et contribue toujours.

Mes remerciements vont également à Bernard Marchand, Professeur Emérite de l'Université de Corse depuis quelques années maintenant, pour sa confiance et son accompagnement lors de mon début de carrière aussi bien en recherche (alors responsable de l'équipe GEM) qu'en pédagogie (alors responsable du département Biologie). Je remercie Monsieur Marchand aussi pour avoir dirigé la thèse de Michel Marengo en tant que directeur de thèse alors que j'étais co-directeur et de m'avoir laissé toute l'autonomie dans cet encadrement.

Je remercie mes collègues enseignant-chercheurs de l'UMR SPE équipe GEM et de la plateforme Stella Mare, à savoir Sylvia Agostini et Sonia Ternengo, toutes deux Maître de Conférences en Biologie Ecologie à l'Université de Corse. Je remercie Sylvia pour son implication dans le montage et le développement de la plateforme Stella Mare et de m'avoir intégré sur différents projets de recherche en lien avec ma thématique dès le début de mon activité à Stella Mare et pour l'ensemble de nos collaborations. Je tiens à remercier particulièrement ma collègue Sonia, pour nos différents échanges et soutiens mutuels, nos différentes collaborations et également pour son investissement en responsabilité pédagogique au département Biologie, au niveau de la Licence Sciences de la Vie et sa participation active dans le master GILVHA.

Je tiens à remercier vivement mes doctorants pour leur sérieux et leur persévérance. Tout d'abord, Michel Marengo, mon premier et très brillant doctorant, qui a fait sa thèse sur le denti (largement développée dans mon HDR cf IV), désormais directeur scientifique de la Stareso et dont je suis extrêmement fier du parcours. Je remercie également mes deux doctorantes actuelles très impliquées et aux parcours prometteurs, Salomé Ducos actuellement en fin de thèse avec déjà un certain nombre de belles valorisations (cf IV-6.2) et Céline Barrier en début de thèse (cf IV-4.2.1). Je tiens à remercier également les post-doctorants que j'ai pu superviser en particulier Jessica Garcia et Lucie Vanalderweireldt, pour leur dynamisme, leur expertise et esprit d'équipe. Je remercie également très sincèrement toute l'équipe ingénierie qui ont été impliqués dans les projets que j'ai coordonnés ou coordonne : je citerai en particulier Rémi Millot, Caroline Bousquet, Marion Bouet, Christelle Paillon, et Laure Finelli. Je remercie aussi tous mes nombreux étudiants que j'ai eu l'occasion d'encadrer en stage de masters, qui sont cités dans le document.

Je remercie chaleureusement toute l'équipe de Stella Mare, qui s'est bien étoffée depuis le début. En premier lieu Romain Bastien, responsable technique de la plateforme Stella Mare, pour son investissement sans faille depuis le début dans le développement général et l'organisation de Stella Mare, aussi bien sur l'activité zootechnique que sur l'activité terrain notamment avec le service mer et plongée. Je remercie toute l'équipe technique de Stella Mare pour leur aide et leur appui dans la réalisation et la mise en œuvre des projets nécessitant des expérimentations ou des suivis terrains. Je ne vais pas citer nommément tout le monde car le nombre de personnels impliqués à Stella Mare est désormais bien trop importants ce qui est un très bon indicateur. Je citerai évidemment l'équipe Ingénierie avec Jean-José Filippi, Mikael Desmolliens, Alexandre Vela et Lauriane Alonso, parmi les techniciens et assistants ingénieurs Jérémy Braconni, Sally Pugliese, Alizée Boussard, et Alban Delmas et enfin l'équipe plongée et service mer avec Antony Murati, Jean-Guy Vivoni, Maxime Arbon et Yves Polesel. Je tiens à remercier également sincèrement l'équipe administrative, tout d'abord Pierre-Mathieu Nicolai, responsable administratif, également présent depuis les débuts de Stella Mare et qui a aussi fortement contribué au développement de la plateforme. Je remercie chaleureusement Yannick Guaitella, gestionnaire financier, pour son sérieux, sa sympathie et sa bonne humeur dans la gestion de nos nombreux projets. Je remercie également Estelle Emanuelli, gestionnaire RH, et

Marine Duborget pour leur accompagnement administratif. Un grand merci à Marie-France Pieri qui a pris sa retraite en début d'année et qui a assuré le secrétariat de direction de Stella Mare, avec tant de professionnalisme et de gentillesse, depuis ses débuts suite à ses fonctions précédentes à la présidence. Merci également à Pascal Rinaldi-Dovio, qui nous a rejoint récemment et assure désormais la fonction d'attaché de direction.

Je remercie l'équipe de l'UMR Sciences Pour l'Environnement, à travers son actuel directeur le Professeur Paul-Antoine Santoni et également le précédent directeur le Professeur Paul-Antoine Bisgambiglia. Merci également à toute l'équipe administrative de l'UMR SPE : Laetitia Bachetti, Joao Da Silva Costa, Stephanie Issartel, mais aussi précédemment Ingrid Santoni, Hélène Agostini et Laura Poli. Je tiens à remercier Fred Bosseur, Ingénieur de Recherche pour son aide infaillible dans la gestion du calculateur et son soutien technique essentiel à la thèse de Céline Barrier. Je salue et remercie également Yann Quilichini, Ingénieur de Recherche CNRS, responsable du pôle technique et notamment du plateau microscopie électronique de l'UMR SPE, pour sa sympathie, nos échanges et nos différentes collaborations. Je remercie également mes autres collègues enseignant-chercheurs et chercheurs de l'UMR. Je pense à Paul-Antoine Bisgambiglia, Maître de Conférences en Informatique à l'Université de Corse, de l'équipe SISU de l'UMR SPE pour sa sympathie et avoir co-porté le projet MoonFish et assuré en particulier la charge administrative et de suivi financier. Je pense à Baptiste Filippi, Chargé de recherche CNRS pour nos échanges et collaborations. Je salue également mon collègue Jérémie Santini, Maître de Conférences en Biochimie à l'Université de Corse, pour sa sympathie et pour notre partage de l'épreuve de l'HDR qu'il vient de passer un peu plus tôt cette année.

Je suis très reconnaissant envers les équipes administratives des services centraux de l'Université de Corse qui sont présentes et accompagnent les porteurs de projets sur les aspects administratifs et financiers en amont, en suivi de projet et effectuent aussi les remontées de dépenses. Je remercie sincèrement toute l'équipe de la Direction de la Recherche, du Transfert et de l'Innovation (DRTI) en particulier Nathalie Giorgi, Bertrand Sarlande, Olga Perladi, Nathalie Sallei et Angélique Joly. Je tiens ici à remercier également Jean-Pascal Borgomano, responsable de la Direction de la Commande Publique, et Florence Barbieri et son équipe de la Direction des Ressources Humaines. J'en profite pour remercier la Direction des Systèmes d'Information et du Numérique, je pense à son directeur Tony Campana, qui s'est aussi largement investi dans le SI de Stella Mare. Je remercie également les différents techniciens qui m'ont souvent dépanné Jean-Charles Lorenzini, Thierry Carlotti, David Celio et Yves Thibaudat.

Je remercie tous mes collègues au niveau national et international avec qui j'ai collaboré qui se reconnaîtront et qui sont mentionnés dans ce document dans les différentes valorisations de nos travaux communs. Je remercie et n'oublie pas tous les chercheurs et enseignant-chercheurs qui m'ont accompagné/formé au travers de mon parcours (à Perpignan, La Rochelle, Davis, Nantes, Sète, Darwin, Nouméa,...) et que l'on peut retrouver dans le document. Je mentionnerai quand même mon ancienne directrice de thèse Marie-Laure Bégout, chercheur à l'IFREMER, l'étape du doctorat étant forcément crucial dans une carrière de chercheur ; et d'autant plus que nous travaillons encore ensemble avec notamment une collaboration en cours dans la thèse de Salomé Ducos.

Je tiens ici également à rendre un hommage particulier à Patrice Francour (1960-2019, Professeur à l'Université de Nice), qui nous a quitté trop tôt. Patrice a toujours été pour moi un modèle scientifique pour la recherche en Ichtyo-écologie marine en Méditerranée. J'ai eu la chance de côtoyer Patrice et de collaborer avec lui à quelques mais mémorables occasions et ainsi d'apprécier son excellence scientifique et sa personnalité toujours très positive. Je tiens à le remercier car il a également participé à m'intégrer dans la communauté Ichtyo-écologue de Méditerranée, et je me

souviens d'ailleurs qu'il a été un des premiers à me suggérer de passer mon HDR. Je noterai son engagement pour la protection des espèces patrimoniales de poissons Méditerranéens à travers notamment le Groupe d'Etudes du Mérou. Je recommande vivement de lire les articles que ses collègues proches lui ont consacré (Harmelin-Vivien et al. 2020, Guidetti et al. 2020) ; nous n'oublierons jamais sa contribution scientifique et son engagement pour la protection de la mer Méditerranée.

Je tiens aussi à remercier mes partenaires et collaborateurs institutionnels de longues dates en Corse. Je remercie en particulier pour l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) Jean-Michel Culioli, directeur du service Espaces Protégés et conservateur de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB) et Marie-Catherine Santoni, responsable scientifique de la RNBB, pour leur grande expertise, leur sympathie et amitié. Je remercie également Pierre Lejeune, directeur de la Station de Recherches Sous-marines et Océanographiques (STARESO), également pour sa grande expertise, sa sympathie et nos différentes collaborations en halieutique. Enfin je suis aussi très heureux de remercier Jessica Dijoux, directrice du Comité Régional des Pêches et Elevages Maritimes de Corse, pour son dynamisme, sa sympathie, son investissement auprès des pêcheurs professionnels Corses et nos nombreux partenariats sur la gestion durable des ressources halieutiques. Enfin je n'oublierai pas l'engagement de l'équipe du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate, et les projets en commun que nous avons vocation à développer.

Pour la partie pédagogie, alors que je suis responsable pédagogique du master Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation HALieutique (GILVHA) depuis 2018. Je souhaite remercier Christine Pergent, qui était responsable du précédent Master GILE, avec qui j'ai été co-responsable du Master GILVHA de 2018 à 2020, dont je suis heureux d'assurer la continuité de la formation. Je remercie également Gérard Pergent pour son implication dans le master. Je souhaite remercier le doyen de la faculté des Sciences et Techniques Vincent Castola. Les collègues de l'équipe pédagogique Nelly Renucci, Marie-Hélène Geronimi-Pancrazi, Marie-Jo Gaffayoli et Anaïs Fantoni. Je remercie mes collègues responsables pédagogiques des masters de la mention Gestion de l'Environnement à savoir les parcours Sciences de l'Eau et Environnement (Emilie Garel, précédemment Christophe Mori et désormais Frédéric Huneau) et Ingénierie Ecologique (Nathalie Chiaramonti).

Enfin, je remercie ma famille, et pour leur soutien sans faille en particulier ma compagne Nathalie Malet et ma fille Aglaé.

Table des matières

Résumé.....	
Remerciements	
Avant-propos.....	1
I - Curriculum vitae détaillé	5
1. Etat Civil.....	5
2. Activités professionnelles.....	5
3. Formation	6
4. Autres qualifications / certifications	7
5. Responsabilités scientifiques.....	8
6. Encadrements.....	11
7. Implication dans des conseils scientifiques et autres instances de gestion.....	16
8. Activités d'enseignement et responsabilités pédagogiques	16
9. Diffusion de l'information scientifique.....	18
II - Liste des travaux de recherche.....	22
1. Indicateurs de publications de rang A (référencées dans Scopus et Web of Science)	22
2. Articles soumis.....	26
3. Articles en préparation.....	26
4. Ouvrages publiés	27
5. Articles dans revues à comité de lecture (autre que de rang A)	27
6. Rapports	27
7. Manuscrit de thèse de doctorat.....	29
8. Expertises	29
9. Conférences internationales avec comité de lecture.....	29
10. Conférences nationales.....	32
11. Activité de reviewer	34
III - Activités de recherche doctorale et postdoctorales	35
1. Résumé synthétique du doctorat.....	35
2. Synthèse des travaux postdoctoraux	35

IV - Activités de recherche en tant que MCU à l'UCPP.....	39
1. Contexte, problématique et approche scientifique	39
2. Le denti <i>Dentex dentex</i> : un modèle biologique espèce d'intérêt halieutique par excellence .	44
3. Traits d'histoire de vie	47
3.1. Etude de l'âge et de la croissance : cas du denti.....	48
3.2. Etude de la reproduction	51
3.2.1. Reproduction de l'espadon en Méditerranée Nord Occidentale	51
3.2.2. Changement de la composition lipidique des gonades chez l'espadon.....	56
3.2.3. Autres travaux sur la reproduction d'espèces d'intérêt	60
4. Structure de population, habitats et connectivité	61
4.1. Structure de population et habitats essentiels	63
4.1.1. Structure génétique à l'échelle de l'aire de répartition : cas du denti	63
4.1.2. Autres travaux sur la structuration génétique de population : cas homard européen	67
4.1.3. Structure de population du denti autour de la Corse par combinaison de marqueurs naturels	69
4.1.4. Habitats essentiels : cartographie et modélisation pour le denti en Corse	71
4.1.5. Autres travaux sur les suivis d'abondance en approche populationnelle	77
4.2. Dynamique spatio-temporelle et connectivité	79
4.2.1. Dispersion larvaire : connectivité entre habitat	79
4.2.2. Utilisation d'habitat et comportement par suivi individuel en télémétrie	85
5. Exploitation par la pêche et approche écosystémique	91
5.1. Caractérisation de l'exploitation au niveau monospécifique : cas de l'exploitation du denti par la pêche professionnelle en Corse.....	92
5.2. Caractérisation de l'exploitation combinée de la pêche professionnelle et récréative : cas du denti dans la réserve des Bouches de Bonifacio	95
5.3. Mise en place de suivi halieutique standardisé et caractérisation de l'ensemble de pêche artisanale en Corse.....	97
5.4. Modélisation écosystémique	101
6. Elevage et restauration de population d'espèces d'intérêt	107
6.1. Maitrise de l'élevage d'espèces d'intérêts.....	108
6.1.1. Focus sur le développement embryonnaire et larvaire du corb.....	110
6.2. Approches expérimentales sur la restauration de population du denti et corb.....	113
7. Conclusion et perspectives.....	123
7.1. Conclusion générale	123
7.2. Perspectives	124
Bibliographie.....	129

Avant-propos

L'ensemble de mon parcours universitaire en recherche depuis mon premier stage en laboratoire réalisé en DEUG 1^{ère} année (1999) porte sur le domaine de l'Ichtyo-écologie marine et l'écologie halieutique au sens large. C'est ainsi animé de ce profond intérêt scientifique pour cette thématique de recherche que j'ai orienté et eu l'opportunité de construire mon parcours universitaire, professionnel et académique.

J'ai obtenu mon doctorat en Océanologie biologique et environnement marin à l'Université de La Rochelle en 2007 (thèse Ifremer). Depuis, j'ai pleinement développé ma thématique de recherche dans un premier temps entre 2008 et 2010 à travers deux post-doctorats (1 au Etats-Unis à UC Davis, et 1 à l'Ifremer) et depuis 2011 en tant que Maître de Conférences à l'Université de Corse Pasquale Paoli (UCPP). En tant qu'enseignant-chercheur de l'Université de Corse, j'enseigne à la Faculté des Sciences et Techniques au sein du département de Biologie et suis depuis 2018 responsable pédagogique du Master Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation HALieutique. J'interviens également depuis 2019 dans le Master international MARRES de l'Université Côte d'Azur pour un cours de « *Fisheries Ecology* ».

Animation de ma thématique de recherche en lien avec les projets de recherche et l'encadrement :

Depuis 2011, je développe mes activités de recherche en Ecologie halieutique au sein de l'UMR 6134 UCPP-CNRS Sciences Pour l'Environnement dans l'équipe Gestion et Valorisation des Eaux en Méditerranée (GEM) et au sein de la plateforme marine UAR 3514 UCPP-CNRS STELLA MARE (Sustainable Technologies for Littoral Aquaculture and MARine REsearch). La plateforme STELLA MARE est entrée en activité en 2010-2011 sous la forme d'une base avancée, puis la plateforme définitive a été inaugurée en 2015. Je me suis ainsi investi fortement en Recherche en lien avec le développement de STELLA MARE qui déployait son activité. Au cours de mon parcours, j'ai développé une large expérience de gestion de projet ainsi que d'animation, de management d'équipe et d'encadrement sur ma thématique de recherche. Les différents travaux de recherche que je présente dans ce document sont issus de différents projets de recherche que j'ai coordonnés / coordonne ou bien sur lesquels j'ai été / suis partenaire.

Il faut noter que les travaux que je mène sur le suivi et la gestion durable et intégrée des ressources halieutiques en Corse sont réalisés de manière quasi-systématique en partenariat avec les professionnels de la pêche professionnelle à travers le Comité Régional des Pêches et Elevages Marins (CRPMEM) de Corse, les gestionnaires à travers l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) et très souvent également avec un partenaire scientifique locale à savoir la STATION de Recherche Sous-marine et Océanographiques (STARESO). Mes projets font aussi l'objet de nombreuses collaborations au niveau national et international.

Dès 2012, j'ai participé à des programmes de recherche européens (Life+ SUBLIMO et Interreg MARTE +) en lien avec ma thématique auxquels participait la plateforme STELLA MARE et l'équipe GEM UMR SPE. J'ai participé à l'élaboration et aux demandes de financement des programmes de recherche sur les ressources halieutiques que la plateforme STELLA MARE a obtenu depuis 2012 (PO-FEDER HAL 1 puis HAL2, CPER DHAVID) et je suis ainsi responsable des sous-programmes DENTI, CORB et HOMARD à STELLA MARE. Depuis 2016 j'ai monté différents programmes de recherche rattachés à la plateforme STELLA MARE et l'équipe GEM UMR SPE en tant que partenaire ou

coordinateur de projet. Depuis 2017, j'ai co-coordonné le projet de recherche MOONFISH (PO-FEDER 2017-2021) qui est un projet pluridisciplinaire alliant biologie-écologie et informatique en halieutique. Je coordonne également depuis 2018 le projet de recherche MOPAMFISH (AERMC 2018-2021) sur le suivi des espèces patrimoniales de poissons Méditerranéens, depuis 2021 le projet DENTALE sur l'évaluation de stock du denti en Corse (FFP 2021-2022), depuis fin 2021 le projet FEAMP Corsic'Ange et depuis 2022 le projet DENTEX DATA FIN (MSC OSF-MAVA) en appui au projet DENTALE. Depuis 2017, j'ai été et suis également partenaire de 5 projets de recherche pour l'UCPP (FEAMP DACOR 2017-2020 ; FEAMP GEN&REC 2019-2022 ; FEAMP ALIGOSTA 2019-2022, FEAMP AIUTU 2020-2022 ; ITEM 2020-2024). Depuis, 2020 je porte également plusieurs contrats de recherche et autres prestations scientifiques en lien avec le suivi des ressources halieutiques pour l'Office de l'Environnement de la Corse, l'Office Français pour le Biodiversité ou bien la Direction Interrégionale pour la Mer – Méditerranée.

Dès 2012, je me suis impliqué au niveau de l'encadrement doctoral, j'ai ainsi co-dirigé la thèse de doctorat de Michel Marengo sur l'exploitation, l'écologie et la structure de population du denti *Dentex dentex* en Corse soutenue en 2015. Cette thèse sur format article a fait l'objet de 5 publications et de 2 prix de thèse. J'ai participé de 2014 à 2018, à l'encadrement scientifique sur 2 chapitres de la thèse de Sophie Duchaud sur l'oursin violet *Paracentrotus lividus*, qui ont fait l'objet de 2 publications, et un chapitre de la thèse d'Amélie Rossi sur l'étude des postlarves de poissons méditerranéens qui a également fait l'objet d'une publication. Depuis septembre 2019, je co-dirige une thèse de doctorat (Salomé Ducos) sur la restauration de population du denti *Dentex dentex* et du corb *Sciaena umbra* en Méditerranée : évaluation des performances individuelles, suivi individuel et populationnel des juvéniles. Depuis 2021, je co-dirige la thèse de Céline Barrier sur la modélisation de la dispersion larvaire pour l'étude de la connectivité des zones fonctionnelles halieutiques en Corse. J'ai été impliqué dans 4 comités de thèse en dehors de mes co-directions et dans 2 jurys de thèse.

Dans le cadre de mes différents projets de recherche, je supervise également plusieurs post-doctorants (depuis 2014 j'ai supervisé ou co-supervisé 5 post-doctorants) et des personnels de soutien à la recherche (ingénieurs de recherche, ingénieurs d'études et assistant ingénieur) (depuis 2017, j'ai supervisé ou co-supervisé 9 personnels de soutien à la recherche).

De plus, j'encadre un à plusieurs stages de master quasiment chaque année ; depuis mon doctorat j'en ai encadré ou co-encadré 32.

Je suis auteur de 35 publications scientifiques de rang A (référéncées dans Scopus et Web of Science).

Intégration des travaux de recherche au niveau institutionnel à l'Université de Corse Pasquale Paoli

Mes travaux de recherche sont rattachés à l'UMR UCPP-CNRS 6134 Sciences Pour l'Environnement dans le projet structurant « Gestion et valorisation des Eaux en Méditerranée » (GEM). Le projet GEM vise à fournir les éléments opérationnels d'une expertise au niveau insulaire, national, international et notamment méditerranéen, à travers la mise en place de diagnostics, de prédiction et de solutions adaptés à la gestion durable de l'eau et des ressources naturelles associées. Les domaines d'expertises concernent le continuum existant entre les eaux douces continentales de surface et souterraines, les eaux saumâtres littorales et les eaux marines. La stratégie scientifique du projet vise à renforcer la recherche fondamentale, finalisée et interdisciplinaire, associées à des enjeux définis en partenariat avec les acteurs socio-économiques pour la gestion et la valorisation

des Eaux en Méditerranée. Les deux axes complémentaires sont : i) Caractérisation de l'eau et des ressources associées face aux changements planétaires (anthropiques et climatiques), ii) Gestion, restauration et valorisation de l'eau et des ressources associées.

<https://spe.universita.corsica/>

Mes travaux de recherche sont également menés dans le cadre de l'UAR CNRS-UCPP 3514 STELLA MARE (Sustainable TEchnologies for Littoral Aquaculture and MARine REsearch) qui porte sur l'ingénierie écologique en domaine littoral et marin. Les activités de la plateforme Stella Mare s'inscrivent dans la dynamique du développement des projets de l'Università di Corsica visant à transformer la recherche en richesse. Cette Unité labélisée par le CNRS en juin 2011, est rattachée à l'INstitut Ecologie et Environnement (l'INEE). Stella Mare a pour objectif la maîtrise et la gestion intégrée des ressources halieutiques et littorales de Corse pour permettre un transfert des innovations technologiques vers les professionnels de la mer afin de leur permettre de : i) valoriser et diversifier leurs productions, sur des espèces issues du littoral corse, ii) gérer leurs ressources naturelles en vue d'une exploitation durable, ii) favoriser une pêche responsable et une aquaculture durable. Le projet scientifique de la plateforme est axé sur la recherche, le transfert de technologie vers les professionnels et la sensibilisation notamment vers les jeunes générations.

<https://stellamare.universita.corsica/>

I - Curriculum vitae détaillé

1. Etat Civil

Eric Dominique Henri DURIEUX

41 ans, Né le 18/12/1980 à Croix (59), France

Nationalité française

Union libre, 1 enfant né en 2013

Adresse professionnelle

UAR 3514 Plateforme marine Stella Mare

Lido de la Marana 20620 Biguglia

Tel : +33 (0)4 95 45 06 98

Email : durieux@univ-corse.fr

Titre : Docteur en Océanologie biologique en environnement marin de l'Université de La Rochelle

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=15839229000>

<https://orcid.org/0000-0003-3074-9410>

<https://scholar.google.com/citations?user=y5VW55cAAAAJ&hl=fr>

https://www.researchgate.net/profile/Eric_Durieux

2. Activités professionnelles

- **Depuis 2011 : Maître de Conférences en « Ecologie marine et halieutique » (section 67) à l'Université de Corse Pasquale Paoli, UMR CNRS 6134 Sciences Pour L'Environnement, UAR 3514 Plateforme marine Stella Mare**
- **2011 : Chargé de mission CNRS sur la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin – Descripteur « Réseaux trophiques » pour la façade Méditerranée basé au Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale de Sète.**
- **2009 – 2010 : Postdoctorat IFREMER, département Ecologie et Modèles pour l'Halieutique, centre de Nantes.** Programme GIP Seine Aval COLMATAGE « Étude de l'organisation spatiale et fonctionnelle de la mosaïque d'habitats pour les communautés de poissons benthiques et démersaux de l'estuaire de la Seine ».
- **2008 : Postdoctorat au John Muir Institute of the Environment, University of California Davis, USA** « Multi-stresseurs et rôle des contaminants dans le déclin de la population de bar rayé,

Morone saxatilis, dans l'estuaire de San Francisco ». Interagency Ecological Program : Pelagic Organisms Decline

- **2007 : Chargé d'étude CNRS au Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés de L' Houmeau** (4 mois), « Connectivité entre habitats juvéniles et adultes chez la sole du Golfe de Gascogne : utilisation de la microchimie des otolithes »
- **2006 – 2007 : Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de La Rochelle** – Enseignement de Biologie Animale et Ecologie générale
- **2003 – 2007 : doctorant IFREMER au Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés de L' Houmeau.** Contrat doctoral IFREMER.

3. Formation

- **2007 : Doctorat Océanologie Biologique et Environnement Marin**, Université de La Rochelle
« Ecologie du système hôte – parasite, juvéniles G0 de sole (*Solea solea*) – métacercaires de Digènes : dynamique et effets de l'infestation »

Thèse IFREMER au Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés de L' Houmeau et en collaboration avec le Centre de Biologie et d'Ecologie Tropicale et Méditerranéenne, Université de Perpignan

Co-direction : M-L Bégout (IFREMER), P Sasal (CNRS),

Thèse soutenue le 14 juin 2007 – à l'Université de La Rochelle

Mention : très honorable avec félicitations du jury

Jury : Gérard Blanchard, Professeur, Univ. de La Rochelle (Président), Rachid Amara, Professeur, Univ. du Littoral Côte d'Opale Rapporteur, Xavier de Montaudouin, Maître de Conférence HDR, Univ. Bordeaux 1 (Rapporteur), Eric Feunteun, Professeur, MNHN Station Marine de Dinard (Examineur), Philippe Gouletquer, Assimilé Professeur, IFREMER La Tremblade (Examineur), Pierre Sasal, Chargé de Recherche, CNRS CBETM Univ. de Perpignan (Tuteur scientifique), Marie-Laure Bégout, Cadre de Recherche, IFREMER L' Houmeau (Directrice de thèse)

- **2003 : DEA Océanologie biologique et environnement marin**, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) (Désormais Sorbonne Université) et Ecole Pratique des Hautes Etudes
 - **Stage de DEA (Université Paris VI) à l'Australian Institute of Marine Sciences de Darwin (Australie) et à l'Institut de Recherche pour le Développement de Nouméa (Nouvelle Calédonie) (5 mois)** Encadrants : D Ponton (IRD), M Meekan (AIMS), L Vigliola, « Facteurs environnementaux, croissance et survie chez *Spratelloides gracilis*, petit poisson pélagique tropical »

- **2002 : Maîtrise Biologie des Populations et des Ecosystèmes, (spécialité : Environnement marin)** Université de La Rochelle (1^{er} semestre à l'Université de Hawai'i à Hilo, USA : **Marine Science Students Mobility Program**)
 - **Stage de Maîtrise (Université La Rochelle) au Centre d'Océanologie de Marseille, Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II), réalisé sur le terrain en plongée subaquatique dans la ferme piscicole AQUACORSA (Ajaccio, Corse du Sud),** Encadrant : B Thomassin (CNRS), « Impact d'une ferme piscicole (élevage de loup et daurade) sur l'ichthyofaune sauvage dans le Golfe d'Ajaccio (Corse du Sud, Méditerranée Nord-Occidentale) »
 - **Stage volontaire de terrain au Hawaii Institute of Marine Biology, University of Hawaii, Manoa (USA) (1mois),** Encadrant : K Holland, « Capture et marquage de juvéniles de requin gris (*Carcharhinus plumbeus*) et requin marteau halicorne (*Sphyrna lewini*) »
- **2001 : Licence Biologie des Organismes,** Université de La Rochelle
- **2000 : DEUG Sciences de la Vie,** Université de Perpignan
 - **2000 : Stage volontaire au Centre de Biologie et d'Ecologie Tropicale et Méditerranéenne, Université de Perpignan, équipe « Parasitologie fonctionnelle et évolutive »,** Encadrant : P Sasal, « Caractérisation de la communauté de Monogènes parasites de *Diplodus sargus* dans l'aire marine protégée de Banyuls Cerbère »
 - **1999 : Stage volontaire au Centre de Biologie et d'Ecologie Tropicale et Méditerranéenne, Université de Perpignan, équipe « Ecosystèmes coralliens »** Encadrants : R Lecomte-Finiger et A Lo-Yat, « Contribution à l'élaboration d'une base de données morphométriques des otolithes de larves de poissons récifaux. Utilisation chez les Chaetodontidae de l'analyse factorielle discriminante pour caractériser l'espèce en fonction de la forme de l'otolithe »
- **1998 : Baccalauréat scientifique (spécialité Biologie),** Perpignan

4. [Autres qualifications / certifications](#)

- **Permis B depuis 1998**
- **Permis mer côtier depuis 2004**
- **Plongée scientifique :**
 - **Chef de Plongée Scientifique du CNRS depuis 2016**
 - **Plongeur professionnel Classe 1B depuis 2010** (recyclage effectué en 2021)
 - **Plongeur sportif niveau III FFESSM (3*CMAS)**

- **Expérimentation animale :**
 - **Expérimentation animale niveau 1 (espèces aquacoles)** – conception et réalisation de procédures expérimentales (espèces aquacoles) – Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes – depuis 2014
 - **Chirurgie expérimentale (espèces aquacoles)** – Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes – depuis 2014

- **Secourisme :**
 - **PSC1 depuis 2010**
 - **PSE1 depuis 2017**

- **Formation :** gestion de projet en 2021 (Sud Performance)

5. Responsabilités scientifiques

5.1. Responsabilités de programme de recherche

- **2022-2023. Programme DENTEX DATA FIN** (DENTEX dentex fishery DATA reFINement) - **Ocean Science Fund Marine Stewardship Council – MAVA**. (Financement : 31 500 €) (responsable **Durieux EDH**)
- **2021-2023. Programme de recherche Corsic'Ange** (Etude des dernières populations d'ange de mer de Méditerranée française (Corse) pour améliorer leur conservation) – **FEAMP mesure 40** « Protection et restauration de la biodiversité des écosystèmes marins dans le cadre d'activités de pêche durable » (21 mois). Chef de file : Université de Corse, Partenaires : CRPMEM Corse. (Montant global : 358 624€ ; financé 286 899 € ; part UCPP financée : 223 264 €) (responsable **Durieux EDH**)
- **2021-2022. Programme de recherche DENTALE (France Filière Pêche)** ; DENTex dentex stock Assessment for corsican artisanal fishEry. Appel à projets Enjeux actuels 2020. Chef de file : Université de Corse (Responsable **Durieux EDH**). (Montant global : 129 366 € ; Financé : 112 700 €)
- **2018-2022. Programme de recherche MOPAMFISH (Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse)** ; Monitoring Of Patrimonial Mediterranean FIShes – Suivi d'espèces patrimoniales de poissons méditerranéens. Chef de file : Université de Corse (Montant global : 546 081 € ; Financé : 273 040 €). (Responsable **Durieux EDH** et Aiello A)
- **2017-2021. Programme de recherche MOONFISH (FEDER)**. Modelisation tOOls for sustaiNable management of FISHer resources in Corsica - Outils de modélisation pour la gestion durable des ressources halieutiques en Corse. Chef de file : Université de Corse, Partenaires : Office de l'Environnement de la Corse, STARESO, CRPMEM Corse. (Montant global : 1 292 046 € ; Financé

: 738 824 € ; part UCPP financée : 579 446 €) (Responsable **Durieux EDH** et Bisgambiglia P-A)
<https://moonfish.universita.corsica/>

- **2017-2020. Programme de recherche HAL2 (FEDER)** « Ressources HALieutiques 2 » (Montant global : 3 783 358 € ; Financé : 2 600 358 €)
 - Sous-programme Homard : diversification de la pêche responsable sur le homard européen *Homarus gammarus* (Responsable **Durieux EDH**) (Financement : 69 000 €)
 - Sous-programme Denti : Diversification vers une nouvelle espèce piscicole marine le denti *Dentex dentex* (Responsable **Durieux EDH**) (159 000 €)
 - Sous-programme Corb : Etude de la population et reproduction du corb *Sciaena umbra* (Responsable **Durieux EDH**) (Financement : 70 000 €)
- **2012-2015. Programme de recherche HAL1 (FEDER)** « Ressources HALieutiques 1 » (Montant global : 1 687 604 € ; Financé : 1 515 600 €)
 - Sous-programme : Etude de la population sauvage et maîtrise de l'élevage du homard européen *Homarus gammarus* (Responsable **Durieux EDH**) (Financement : 71 500 €)
 - Sous-programme : Etude de la population sauvage et de la domestication du denté commun *Dentex dentex* (Responsable **Durieux EDH**) (Financement : 207 900 €)

5.2. Responsabilités de contrat de recherche en prestation

- **2022-2024. Contrat de prestation pour l'Office de l'Environnement de la Corse.** Collecte de données halieutiques sur la petite pêche côtière de Corse CF-DCF (Mesure 77 FEAMP) Prud'homie de Bastia – Cap Corse, Haute-Corse - Année 2022, 23 et 24. (Financement : 95 200 €)
- **2021-2023. Convention DIRM-UCPP-CNRS.** Suivi des populations de corbs et mérours par recensement visuel en plongée dans le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate. Suivi en plongée sur 2 ans, traitement des données et rapport d'étude en vue suivi des moratoires. (Financement : 43 860 €)
- **2021. Contrat de prestation pour l'Office de l'Environnement de la Corse.** Collecte de données halieutiques sur la petite pêche côtière de Corse CF-DCF (Mesure 77 FEAMP) Prud'homie de Bastia – Cap Corse, Haute-Corse - Année 2021. (Financement : 24 600 €)
- **2021. Contrat de prestation pour le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate - Office Français de la Biodiversité.** Traitement de données et rapport sur les données halieutiques du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate (financement : 9200 €)
- **2020. Contrat de prestation pour l'Office de l'Environnement de la Corse.** Collecte de données halieutiques sur la petite pêche côtière de Corse CF-DCF (Mesure 77 FEAMP) Prud'homie de Bastia – Cap Corse, Haute-Corse - Année 2020. (Financement : 21 600 €)

5.3. Partenariats de programme de recherche

- **2020-2022. Programme de recherche AIUTU** (Analyse préalable à la création de 2 Zones de conservAtlon halieUTiqUe) – **FEAMP mesure 40** « Protection et restauration de la biodiversité des écosystèmes marins dans le cadre d’activités de pêche durable » (18 mois). (Montant global : 406 683 € ; financé 325 347 € ; part UCPP financée : 38 400 €) (responsables UCPP **Durieux EDH**)
- **2019-2022. Programme de recherche Aligosta** (Amélioration des connaissances sur la langouste rouge : âge, maturité sexuelle et structure de population) – **FEAMP mesure 28** partenariat scientifiques – pêcheurs, **cofinancement France Filière Pêche**. (Montant global : 701 133€ ; part UCPP financée : 52 218 €) (responsables UCPP **Durieux EDH**, Ternengo S et Quilichini Y)
- **2019-2022. Programme de recherche Gen&Rec** (Distribution et comportement de géniteurs et recrues d'espadon en Méditerranée française) – **FEAMP mesure 40** « Protection et restauration de la biodiversité des écosystèmes marins dans le cadre d’activités de pêche durable », Coordination Ifremer (F. Poisson), partenaires : UMS STELLAMARE - CRPMEM DE CORSE - IRD, UMR MARBEC, SÈTE - UMR CEFE, MONTPELLIER. **Co-financement France Filière Pêche**. (Montant global : 916 060€ ; part UCPP financée : 251 982 € FEAMP + 252 000 € FFP) (Responsable UCPP **Durieux EDH**)
- **2017-2020. Programme de recherche DACOR** (Données hAlieutiques Corse) - **FEAMP mesure 28** partenariat scientifiques – pêcheurs. Coordination OEC, partenaires UCPP et CRPMEM Corse (Montant global : 752 434€ ; Financé : 601 947 € ; part UCPP financée : 178 959 €). (Responsable UCPP **Durieux EDH**)

5.4. Participations à programme de recherche

- **2021-2025. Programme de recherche ITEM** (Invasives Terrestres et Marines) – Programme structurant de la Fédération de Recherche Environnement et Société. (Part UCPP financée : 1 980 000 €) (responsable UCPP : L Berti)
- **2021-2023. Programme de recherche BIODIVCORSE** (Explorer la biodiversité de la Corse). CPER Corse. (Part UCPP financée : 277 000 €) (responsable UCPP : V Pasqualini)
- **2012-2015. Programme européen Life+ SUBLIMO** : SUIvi de la Biodiversité du pLancton Ichtyque en Méditerranée Occidentale (Coordinateur Philippe Lenfant Université de Perpignan ; responsable UCPP : S Agostini)
- **2012-2015. Contrat de recherche FEDER** « Ressources halieutiques », Programme 1 : Etude de l’oursin violet *Paracentrotus lividus* sur le littoral Corse (responsable UCPP Sonia Ternengo)
- **2012-2014. Programme Intereg MARITTIMO Marte+** Mare Ruralita e Terra. Caractérisation de la pêche artisanale et récréative en Corse (responsable UCPP : S Agostini) (Budget global financé : 1 947 590 €)

6. Encadrements

6.1. Encadrements de thèse

- **Céline Barrier 2021 (septembre) – en cours.** Modélisation de la dispersion larvaire pour l'étude de la connectivité des zones fonctionnelles halieutiques en Corse. (Directeur de thèse V Pasqualini - **Co-directeur de thèse EDH Durieux**). Contrat doctoral de l'Université de Corse.

1 article en préparation

- **Salomé Ducos 2019 – en cours.** Restauration de population du denti *Dentex dentex* et du corb *Sciaena umbra* en Méditerranée : évaluation des performances individuelles, suivi individuel et populationnel des juvéniles. (Directeur de thèse A Aiello - **Co-directeur de thèse EDH Durieux**). Contrat doctoral de l'Université de Corse.

2 publication – 2 articles prêts à soumettre – 1 article en préparation

Soutenance prévue 1^{er} semestre 2023

- **Michel Marengo 2012-2015.** Exploitation, biologie et structure de la population du denti, *Dentex dentex*, en Corse (Méditerranée Nord Occidentale). 149 p. Université de Corse (Directeur de thèse B Marchand - **Co-directeur de thèse EDH Durieux**) - Financement sur projet HAL1 Stella Mare

5 publications dont 3 publiées ou acceptées au moment de la soutenance

Devenir : actuellement Directeur scientifique de STARESO

6.2. Prix de thèse de doctorants encadrés

- **Michel Marengo**, Prix de la meilleure thèse **2016** décerné par le Conseil Départemental de Haute Corse, Juin 2016 (Gratification 500 €). Directeur de thèse B. Marchand - Co-directeur de thèse Durieux EDH
- **Michel Marengo**, Prix de la meilleure thèse **2017** du Conseil Départemental des Alpes Maritimes décerné par l'Accademia Corsa di Nizza, Mai 2017 (Gratification 2000€). Directeur de thèse B. Marchand - Co-directeur de thèse Durieux EDH

6.3. Participations dans l'encadrement scientifique de thèse

- **Sophie Duchaud 2014-2018.** Caractérisation de l'oursin *Paracentrotus lividus* en Corse pour une gestion durable de la pêche oursinière : variations spatio-temporelles et préférences alimentaires. Université de Corse (Directrice de thèse : Vanina Pasqualini ; Co-directrice : Sonia Ternengo) (Collaboration sur 2 chapitres : 2 publications).
- **Amélie Rossi 2014-2018.** Approche morphologique et comportementale de jeunes stades de poissons côtiers méditerranéens sur le littoral Nord-Est de la Corse (Méditerranée Nord-

Occidentale). Thèse de doctorat Université de Corse (Directrice de thèse : Vanina Pasqualini ; Co-directrice Sylvia Agostini) (Collaboration sur 1 chapitre : 1 publication)

6.4. Participations à des comités de thèse

- **Laura Iborra 2018 - en cours.** Effets des activités humaines sur les communautés de poissons : exploitation, plaisance et anthropisation sur un site de référence en méditerranée Nord Occidentale. Thèse de doctorat en co-tutelle Aix-Marseille Université et Université de Liège (Belgique).
- **Alexandre Mignucci 2018 - 2021.** Rôle de l'environnement dans la dynamique spatiale des poissons marins à l'interface lagune-mer en Méditerranée française : approches d'écologie spatiale et d'écophysiologie appliquées à trois espèces côtières. Thèse de doctorat Université de Montpellier (participation au 1^{er} comité de thèse).
- **Amélie Rossi 2014 - 2018.** Approche morphologique et comportementale de jeunes stades de poissons côtiers méditerranéens sur le littoral Nord-Est de la Corse (Méditerranée Nord-Occidentale). Thèse de doctorat Université de Corse.
- **Laure-Hélène Garsi 2012 - 2017.** Caractérisation de la biodiversité des post-larves ichtyques du littoral corse pour la gestion du milieu et des ressources halieutiques. Thèse de doctorat Université de Corse.

6.5. Participation à des jurys de thèse

- **Amélie Rossi 2018.** Approche morphologique et comportementale de jeunes stades de poissons côtiers méditerranéens sur le littoral Nord-Est de la Corse (Méditerranée Nord-Occidentale). Thèse de doctorat soutenue le 7 décembre 2018, Université de Corse (en tant qu'invité).
- **Emna Ben Lamine 2017.** Méthodes et indicateurs de suivi de la pêche et des peuplements de poissons dans les Aires Marines Protégées en Tunisie. Thèse de doctorat soutenue le 5 décembre 2017, Université Côte d'Azur. Co-tutelle avec l'Institut National Agronomique de Tunis (Tunisie). 275 p. (en tant qu'examineur).

6.6. Supervision et co-supervision de post-doctorats ou Ingénieurs de recherche

- **2021-2022. Jessica Garcia,** (Post-doctorante) Evaluation de stock de *Dentex dentex* en Corse (DENTALE)
- **2018-2020. Jessica Garcia,** (Post-doctorante – Ingénieur de recherche) Suivi individuel et Populationnel d'espèces patrimoniales de poissons méditerranéens (MoPaMFish)

- **2019-2021. Lucie Vanalderweireldt**, (Post-doctorante – Ingénieur de recherche) ; Modélisation écosystémique pour une meilleure gestion de la pêche artisanale en Corse à partir du modèle EwE (MoonFish)
- **2019. Khaled Horri**, (Post-doctorant – Ingénieur de recherche) ; Indicateurs d'état des ressources halieutiques en Corse (MoonFish)
- **2017. Michel Marengo**, (Post-doctorant) Eléments traces et lipides chez des espèces d'intérêt halieutique. Co-encadrement avec S. Gobert Université de Liège
- **2014. Barbara Koeck**, (Post-doctorante) Dispersion larvaire et Connectivité pour les poissons côtiers des Bouches de Bonifacio

6.7. Supervisions et co-supervisions de personnels de soutien à la recherche (niveau bac+5)

- **Depuis 2021. Laure Finelli Sandolo**, (Assistant Ingénieur) prestation CF-DCF
- **Depuis 2020. Caroline Bousquet**, (Ingénieur d'études) projet FEAMP DACOR, puis projet FEAMP AIUTU, puis projet Corsic'Ange
- **2019-2022. Rémi Millot**, (Ingénieur d'études) projet FEAMP GEN&REC
- **2018-2021. Marion Bouet**, (Ingénieur d'études) projet FEAMP DACOR puis prestation CF-DCF puis OFB
- **2020-2021. Céline Barrier**, (Ingénieur d'études) projet MOONFISH
- **2017-2020. Christelle Paillon**, (Ingénieur d'études puis Ingénieur de recherche) projet MOONFISH
- **2017-2018. Jean-Laurent Massey**, (Ingénieur d'études) projet FEAMP DACOR
- **Depuis 2016. Mikael Demolliens**, (Ingénieur d'études) programmes Denti et Corb- (HAL1&2, DHAVID)
- **2013-2021. Jean-José Filippi**, (Ingénieur d'études) programme Homard - (HAL1&2, DHAVID)

6.8. Encadrements d'étudiants Master 1 & 2

(N=32)

- **Baptiste Orsoni 2022.** Evaluation de l'abondance de la population de denti à l'aide de BRUVs (Baited Remote Underwater Video). Traineeship Erasmus+. MSc Marine Science & Climate Change. University of Gibraltar. Encadrement : Durieux EDH, Vanalderweireldt L, Garcia J
- **La Piana Théo 2022.** Étude de la dispersion larvaire et connectivité chez le crabe bleu (*Callinectes sapidus*) invasif en Méditerranée. Master 2 Mention Science de la Mer Parcours Ecologie Marine et Halieutique (EMaH), Université du Littoral Côte d'Opale. 29p. Encadrement : Durieux EDH, Barrier C
- **Manon Fournier 2022.** Indicateurs de l'état des populations de denti commun (*Dentex dentex*), mérour brun (*Epinephelus marginatus*) et corb (*Sciaena umbra*) en Corse par approche multi-source. Master 2 GILVHA, Université de Corse. 41p. + Annexes. Encadrement : Durieux EDH, Vanalderweireldt L

- **Béraud Louisa 2022.** Étude du comportement de prédation de juvéniles de *Sciaena umbra* et de *Dentex dentex* produits et élevés en éclosérie, dans un but de restauration de population. Master 2 GILVHA, Université de Corse. 25p. + Annexes. Encadrement : Durieux EDH, Ducos S
- **Lorenzo Léonia 2022.** Etude de la reproduction de la langouste rouge (*Palinurus elephas*) en Corse chez les mâles, par histologie et microscopie électronique. Master 2 GILVHA, Université de Corse. 25p. + Annexes. Encadrement : Durieux EDH, Ternengo S, Quilichini Y, Finelli L
- **Gerbaud Charlotte 2022.** Étude de l'âge chez *Anguilla anguilla* (Linnaeus,1758) en Corse par otolithométrie et lien avec les communautés de parasites. Master 2 GILVHA, Université de Corse. 24p. + Annexes. Encadrement : Durieux EDH, Quilichini Y, Esposito A, Millot R
- **Finelli Sandolo Laure 2021.** Etude de la reproduction de la langouste rouge (*Palinurus elephas*) en Corse, par histologie et microscopie électronique. Master 2 GILVHA, Université de Corse. 25p. + Annexes. Encadrement : Durieux EDH, Ternengo S, Quilichini Y, Millot R
- **Champsaur Juliette 2021.** Etude du statut de reproducteur de l'espadon (*Xiphias gladius*) femelle en Corse dans le cadre du projet Gen&Rec. Master 1 Biodiversité, Ecologie et Evolution, Université Toulouse 3 – Paul Sabatier. 20p. Encadrement : Millot R, Durieux EDH
- **Fournier Manon 2021.** Estimation d'abondances d'espèces patrimoniales de poissons méditerranéens (denti, mérrou brun corb) par recensement visuel en plongée sous-marine. Master 1 GILVHA, Université de Corse. 25p. Encadrement : Garcia J, Durieux EDH
- **Blestel Clémence 2021.** Modélisation écosystémique pour la gestion durable des ressources halieutiques en Corse. Master 2 Modélisation en Ecologie, Université de Rennes 1 – Agrocampus Ouest. 50p. Encadrement : Vanalderweireldt L, Durieux EDH
- **Le Fur Mélodie 2020.** Modélisation écosystémique pour la gestion durable des ressources halieutiques en Corse : cas de la côte est. Master 2 BAEMT, Université de Montpellier. 78p. Encadrement : Vanalderweireldt L, Durieux EDH
- **Hamoniaux Juliette 2020.** Caractérisation des groupes trophiques chez les Téléostéens des écosystèmes côtiers en Corse. Master 1 GILVHA Université de Corse. 16p. Encadrement : Vanalderweireldt L, Durieux EDH
- **Finelli Sandolo Laure 2020.** Etude de la biologie et de l'exploitation du corb (*Sciaena umbra*) en Corse. Master 1 GILVHA Université de Corse. 13p. + Annexes. Encadrement : Paillon C, Durieux EDH
- **Lutet-Toti Camille 2019.** Etude de l'âge et de la croissance du chapon *Scorpaena scrofa* en Méditerranée. Master 1 Biodiversité et Environnement PSL-EPHE. 11p + poster. Encadrement : Paillon C, Durieux EDH
- **Bousquet Caroline 2019.** Espèce patrimoniales de poissons méditerranéens : amélioration des connaissances sur leur dynamique spatio-temporelle. Master 2 IEGB, Université de Montpellier. 58p. Encadrement : Garcia J, Durieux EDH
- **Piette Semeril Eloïse 2018.** Identification, cartographie et modélisation des habitats essentiels de trois espèces patrimoniales (corb, denti et mérrou brun) sur les littoraux corses par approche multi-sources. Mémoire d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage, spécialité Halieutique, Agrocampus Ouest. 40p. Encadrement : Durieux EDH
- **Gattacceca Nicolas 2018.** Expérimentations d'Aquaculture Intégrée Multi-Trophique en baie d'Ajaccio, Master 2 GILE, Université de Corse. 36p. Encadrement : Durieux EDH, Ternengo S
- **Zimmermann Méryl 2018.** Suivi comportemental d'espèces patrimoniales *Dentex dentex*, *Sciaena umbra* et *Epinephelus marginatus* par télémétrie acoustique active. Mémoire de Master 1 Biologie Ecologie Evolution, Université de Perpignan Via Dominitia. 18p. Encadrement : Durieux EDH, Héliou J
- **Deslias Camille 2018.** Etude comportementale du denti (*Dentex dentex*) par télémétrie acoustique active. Master 1 Sciences de l'Univers Environnement Ecologie Spécialité Sciences de la Mer, Sorbonne Université. Poster + rapport 14p. Encadrement : Durieux EDH, Héliou J

- **Pietri Julien 2018.** Expérimentations de première alimentation de larves de *Dentex dentex*, Linnaeus 1758, Master 2 GILE, Université de Corse. 24p. Encadrement : Durieux EDH
- **Degrange Elise 2017.** Participation au programme « Denté » de Stella Mare (Université de Corse). 2ème année de master en océanographie, Université de Liège. Stage cours. 12p. Encadrement : Durieux EDH
- **Niang Samba 2016.** Etude expérimentale du sevrage précoce chez des larves de denté commun (*Dentex dentex*, Linnaeus1758). Master 2 Bioressources aquatiques en Environnement Méditerranéen et Tropical, Université Montpellier 2. 42p. Encadrement : Durieux EDH, Ternengo S, Demolliens M
- **Vanrapenbusch Jean-Baptiste 2015.** Etude de la diversité des post-larves de Téléostéens méditerranéens par analyse de la forme des otolithes. Master 2 GILE, Université de Corse, 29p. Encadrement Durieux EDH
- **Baudouin Marie 2014.** Utilisation des otolithes et des écailles pour l'étude de la structure démographique et spatiale chez *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) en Corse. Master 2 Mention « Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie » Spécialité « Océanographie et Environnements Marins », Université Pierre et Marie Curie, 30p. Encadrement : Durieux EDH, Marengo M
- **Viret Alexiane 2014.** Structure génétique du denti *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) en Méditerranée et en Atlantique (microsatellites). Master 2 Océanographie – spécialité « Biologie et Ecologie Marines », Aix-Marseille Université, 32p. Encadrement : Berrebi P, Durieux EDH, Tsigenopoulos C
- **Diss Quentin 2013.** Suivi de la population de homard européen *Homarus gammarus* (Linnaeus, 1758) dans la zone du Cap Corse. Master 2 GILE, Université de Corse. 25p. Encadrement : Durieux EDH
- **Perrin Santoni Andrea 2013.** Etude otolithométrique de jeunes stades de poissons du littoral Corse. Master 2 Sciences de l'Eau et Environnement, Université de Corse, 38p. Encadrement : Durieux EDH, Agostini S
- **Girard Susie 2012.** Caractérisation de la pêche récréative sur la zone de Bastia/Cap-Corse/Saint-Florent. Master 2 GILE, Université de Corse, 25p. Encadrement : Durieux EDH, Agostini S
- **Valliccioni Virginie 2012.** Etude préliminaire de l'activité des pêcheurs professionnels sur la région Corse et suivi de la pêche artisanale sur la Prud'homie de Bastia-Cap Corse pour trois espèces d'intérêt commercial : le denté commun *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758), la grande rascasse rouge *Scorpaena scrofa* (Linnaeus, 1758), la langouste rouge *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787). Master 2 GILE, Université de Corse, 39 p. Encadrement : Durieux EDH, Agostini S
- **Tous Rius Armonie 2009.** La répartition des ressources alimentaires entre les poissons plats (Pleuronectiformes) de l'estuaire de Seine : Etude par analyse des contenus stomacaux. Master 2 recherche Environnement Spécialité Biodiversité et Ecosystèmes Continentaux et Marins, Université du Littoral Côte d'Opale. 54p. Encadrement : Brind'Amour A, Durieux EDH
- **Le Duigou Mathieu 2006.** Activité natatoire des juvéniles G0 de *Solea solea* : Influence de la charge parasitaire. Master 2 recherche Exploitation Durable des Ecosystèmes Littoraux, Université de La Rochelle, 39p. Encadrement : Bégout M-L, Durieux EDH
- **Pinaudeau Graziella 2004.** Détermination de la condition des juvéniles de sole (*Solea solea*) dans les pertuis Charentais (suivi saisonnier d'avril à juillet). Master 2 Pro Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 25p. Encadrement : Bégout M-L, Durieux EDH

7. Implication dans des conseils scientifiques et autres instances de gestion

- **Depuis 2022 : Membre du Comité consultatif de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio. Représentant de l'Université de Corse**
- **Depuis 2019 : Membre du Conseil scientifique de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio pour les spécialités Ichtyologie et Halieutique**
- **Depuis 2019 : Membre du Conseil scientifique de la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia pour la spécialité Ichtyologie**
- **Depuis 2019 : Membre du Comité Consultatif de la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia pour la spécialité Ichtyologie**
- **Depuis 2017 : Membre du Conseil de gestion du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate en tant que personnalité qualifiée en halieutique**

8. Activités d'enseignement et responsabilités pédagogiques

8.1. Responsabilités pédagogiques

- **Depuis 2020 : Responsable pédagogique du master GILVHA (parcours Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation HALieutique, Master Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques) 1^{ère} et 2^{ème} année, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Corse**

https://applisweb.universita.corsica/devu/fiches_diplomes/fiches_diplomes-front/index-front.php?rbk=2&profil=&id_site=1&acces=ok&id_art=389&id_rub=162&id_fiche=CST_M_GES_TENVI_PARCOURSGILVH

- **Depuis 2018 : Responsable pédagogique du master GILVHA (parcours Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation HALieutique, Master Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques) 1^{ère} année, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Corse**

8.2. Activités d'enseignement

- **Depuis 2019 : Intervenant Master international MARRES (Marine Resources Science, Conservation & Innovation) – Blue Managers à l'Université Côte d'Azur : Fisheries Ecology course (8h en anglais)**
- **Depuis 2019 : Intervenant Master international MARRES (Marine Resources Science, Conservation & Innovation) à l'Université Côte d'Azur : Fisheries Ecology course (18h en anglais)**

<https://univ-cotedazur.eu/msc/marres>

- **Depuis 2011** : Enseignant à l'**Université de Corse Pasquale Paoli (département de Biologie – Faculté des Sciences et Techniques)**
 - **depuis 2011** : dans la **Licence 3 Biologie – Ecologie** actuellement en Biostatistiques, Analyse de données (L3BE) - précédemment en Phylogénétique du vivant et Physiologie animale en Licence
 - **depuis 2018** : **Master GILVHA** (Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation HALieutique, Faculté des Sciences et Techniques), Ecologie halieutique, Modélisation et Outils statistiques, Statistiques avancées, Projets tutorés.
 - **2011 à 2017** : **Master GILE** (Gestion Intégrée du littoral et des Ecosystèmes) Hydrologie marine et littorale – Halieutique – Statistiques avancés
- **2006 – 2007** : **Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche mi-temps** à l'**Université de La Rochelle** - Biologie Animale (48h TPs L2) et Ecologie générale (48h TPs/TDs L3)
- **2005 - 2006** : **Enseignement en qualité de vacataire** à l'**Université de La Rochelle** - Biologie animale (12h TPs L1)
- **2003 – 2004** : **Enseignement en qualité de vacataire** à l'**Université de La Rochelle** - Biologie des populations (12h TDs L3)

La synthèse de mes activités d'enseignement est présentée ici en termes d'évolution du volume horaire (**Fig. 1**)

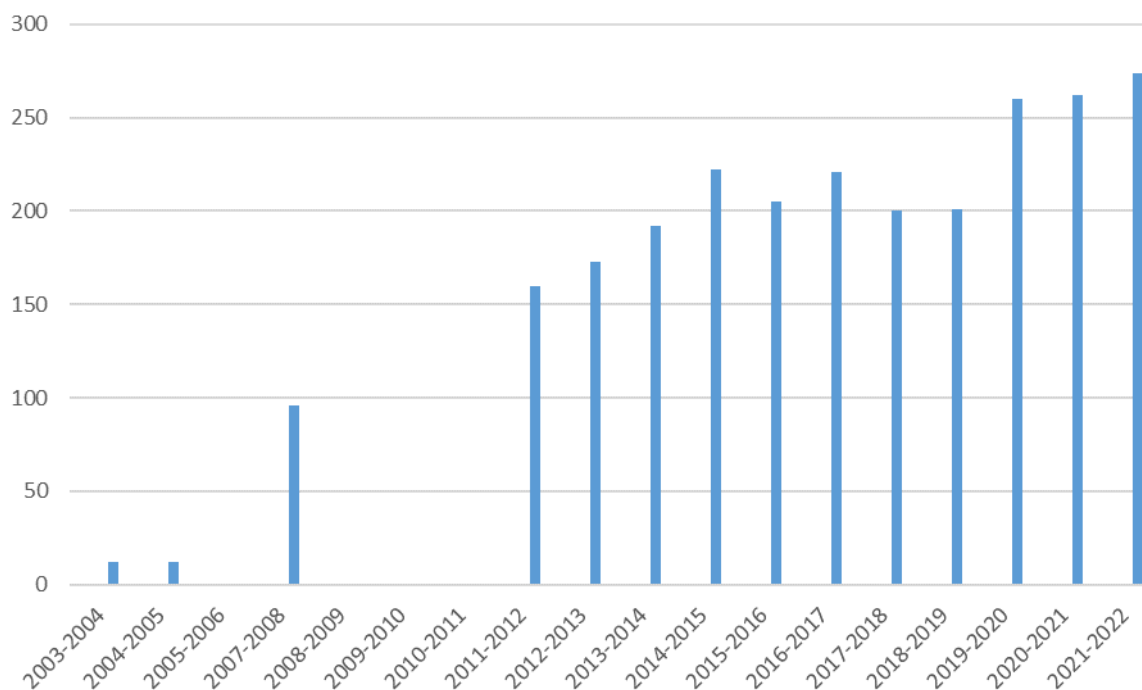


Figure 1 : Evolution du volume horaire des enseignements dispensés (en équivalent TD) toutes formations et établissements pris en compte

8.3. Tutorat pédagogique d'étudiants alternant pour le CFA

- **2021-2022 :**
Suivi d'alternance de Luana Gil (Master 2 GILVHA) à la plateforme Stella Mare
Suivi d'alternance de Quentin Suzanne (Master 1 GILVHA) à la plateforme Stella Mare
- **2020-2021 :**
Suivi d'alternance de Jérémie Simeoni (Master 2 GILVHA) au PNMCCA
Suivi d'alternance de Luana Gil (Master 1 GILVHA) à la plateforme Stella Mare
- **2018-2019 :** Suivi d'alternance de Jérémie Richeux (Master 1 GILVHA) à la DDTM Corse du Sud
- **2016-2017 :** Suivi d'alternance de Marc Levaray (Master 2 GILE) à la plateforme Stella Mare

8.4. Participation à jurys de recrutement

- **2022 :** membre de la commission de recrutement pour 2 CDD d'enseignant- chercheur en biologie à temps complet (192h/td) pour la rentrée 2022-2023 dans les disciplines : 1) Biologie Végétale et Ecologie et 2) Biologie Animale et Physiologie. Faculté des Sciences et Techniques, Université de Corse Pasquale Paoli.

9. Diffusion de l'information scientifique

9.1. Organisation de workshop scientifique et Conférences

- **2021 :** Workshop interne UCPP « Approches ADNe et génétique en écologie marine ». Présentations de Patrick Berrebi (ancien DR CNRS ISEM Montpellier – Bureau d'étude Génome) pour la partie « génétique des populations » et David Mouillot pour la partie « suivi de la biodiversité marine par ADNe (metabarcoding) ». Plateforme Stella Mare et distanciel.
Organisation : Durieux EDH
https://spe.universita.corsica/plugins/actu/actu-front.php?id=7722&id_site=60
- **2021 :** Conférence de Christophe Lett "Modélisation d'un monde à la dérive", suivie d'une présentation de Céline Barrier, doctorante en 1ère année (direction : Vanina Pasqualini – co-direction : Eric Durieux) sur le sujet « Modélisation de la dispersion larvaire pour l'étude de la connectivité des zones fonctionnelles halieutiques en Corse ». Plateforme Stella Mare. 28 octobre 2021. **Organisation : Durieux EDH**
https://spe.universita.corsica/plugins/actu/actu-front.php?id=7723&id_site=60

- **2019** : Workshop MoonFish Approche de la modélisation écosystémique pour la gestion durable des ressources halieutiques en Corse. Organisateur principal. 13 au 15 mai 2019. Plateforme Stella Mare. France. Labelisation : Joli mois de l'Europe et 80ans du CNRS. **Organisation** : Durieux EDH, Paillon C, Horri K, Bisgambiglia P-A
 - 3 jours de workshop, 4 ateliers thématiques, 1 groupe de travail, 10 communications orales, plus de 20 participants

https://moonfish.universita.corsica/article.php?id_art=3680&id_rub=601&id_menu=0&id_cat=0&id_site=45&lang=fr

9.2. Interventions télévisuelles

- **2021** : Participation à l'émission D'Umani de Célia Petroni, France 3 Via Stella. **Interview Durieux EDH** / Projets corbs et denti (diffusion automne 2021)

<https://www.france.tv/france-3/d-umani/d-umani-saison-4/2813541-bastia-la-mer-a-de-l-avenir.html>
- **2021** : Reportage Corse Matin Presse, Plongée dans le monde de Stella Mare. **Interview Durieux EDH** / présentation générale actions de Stella Mare (10 mai 2021).

<https://www.youtube.com/watch?v=xs4hCUiM5ss>
- **2020** : Participation à l'émission Via Nova de France 3 Via Stella en direct pour la Journée Mondiale des Zones Humides (30 janvier 2020). **Interview Durieux EDH** / présentation du master GILVHA et d'un projet tutoré d'étudiants (J Domise et L Croizer) menant un évènement spécifique (Biodiv'Escape) pour la JMZH (10 mai 2021).

<https://www.france.tv/france-3/corse-viastella/via-nova/1221359-via-nova.html>

<http://zones-humides.org/biodivescape-des-lagunes-de-corse>
- **2019** : Reportage de Kael Serreri, Marion Fiamma pour Corsica Sera, « Le denti, une espèce menacée », France 3 Via Stella. **Interview Durieux EDH** / préconisation de gestion sur le denti.

<https://www.youtube.com/watch?v=CBBis1mzWgq>

<https://france3-regions.francetvinfo.fr/corse/haute-corse/denti-espece-moins-moins-presente-eaux-corses-1684490.html>
- **2018** : Reportage de Laurence Beauvillard Télématin France 2. **Interview Durieux EDH** / Sciences - La pêche en corse. Focus sur le projet MoonFish. diffusé le mardi 10.07.18 à 9h12

<https://youtu.be/4acVluIOPdY>
- **2018** : Documentaire télévisé A. Varcasia. **Interview Durieux EDH** sur les applications du programme d'élevage sur le denti à Stella Mare. Da uovo ad adulto – il dentice. Diffusé le 15 mai 2018 sur Pesca TV Sky236 – Close Up (Italie) (Episode 2 : 10 : 08 – 23 : 12)

<https://www.youtube.com/watch?v=5HiTla98Vro&list=PLB6Jf6IOEikB3xWEjg6a3cAHIR85hSNte&index=2>

<https://www.youtube.com/watch?v=uVpTIBKT06M> (Pesca TV Sky236 diffusé – version entière)

- **2017** : Documentaire télévisé A. Varcasia. **Interview Durieux EDH** sur le denti, la pratique du No Kill et les programmes de marquage. Catch & release e tagging. Diffusé 11 oct 2017 sur Pesca TV Sky236 – Close Up (Italie) (Episode 1 : 17 : 25 – 21 : 40)
<https://www.youtube.com/watch?v=UP8HAlwErrg&list=PLB6Jf6IOEikB3xWEjg6a3cAHR85hSNte&index=2&t=0s>
<https://www.youtube.com/watch?v=9duqxhULdBI> (Pesca TV Sky236 – version Trailer)
- **2017** : Documentaire : pêche du Denti en Corse : pratique du No Kill.. 26min. Chaîne spécialisée Seasons Hebdo Episode : Haute Corse. Diffusion hiver 2017
<https://www.programme.tv/c7816552-seasons-hebdo/haute-corse-121883137/>
- **2017** : Documentaire télévisé G. Antoni : Vers une nouvelle espèce en aquaculture marine : le denti. Série « L'appel du Bleu ». France 3 Via Stella. Diffusion premier semestre 2017
- **2016** : Documentaire télévisé Interview **Durieux EDH** sur le denti, la pratique du No Kill et les programmes de marquage. Magazine DVD Côt&Pêche n°41
https://youtu.be/TG4FdeB_v7g (à 2 : 40 Trailer)
- **2015** : Participation au documentaire télévisuel de Georges Antoni pour France Télévisions - Mareteraniu, L'appel du Bleu – L'île aux miroirs, 26 minutes. Diffusion sur France 3 Via Stella en 2015. **Interview Durieux EDH**.
<https://www.facebook.com/mareterraniuproductions/videos/766004443529436>
- **2014** : Participation à un documentaire télévisuel de Georges Antoni pour France Télévisions - Mareteraniu, L'appel du Bleu – Un toit pour les poissons, 26 minutes. **Interview Durieux EDH**, Explication projet Life+ Sublimo. Diffusion sur France 3 Via Stella en 2014. <https://france3-regions.francetvinfo.fr/corse/emissions/l-appel-du-bleu/actu/un-toit-pour-les-poissons-samedi-14-fevrier-18h20.html>
- **2012** : Participation à un documentaire télévisuel de Georges Antoni pour France Télévisions - Mareteraniu, L'appel du Bleu – Le manteau de la nuit, 26 minutes. Diffusion sur France 3 Via Stella en 2013. **Interview Durieux EDH**, explications scientifiques sur l'activité de la faune nocturne.
<https://vimeo.com/65640274>

9.3. Articles de presse et sites internet

- **2022** : Article dans le journal **Le Marin** « La méthode d'estimation indirecte privilégiée pour évaluer les stocks de Denti », projet DENTALE, édition spéciale consacrée aux projets France Filière Pêche. Parution prévue septembre-octobre 2022. Interview **Durieux EDH**
- **2022** : Article dans le journal **Corse matin** « Du krill échoué en masse sur la plage ». Actualité à Propriano. Paru le 15 mars 2022. **Interview Durieux EDH**.
- **2021** : Article dans le journal **Le Marin** : « Stella Mare au service de la pêche en Corse », paru le 15 avril 2021. Interview **Durieux EDH** sur le **projet Corb**.

- **2020** : Article sur le site du **projet Medfish** : Entretien avec Eric Durieux, enseignant-chercheur à l'Université de Corse et acteur scientifique de la pêche de denti de Corse. **Interview Durieux EDH.**

<http://www.project-medfish.com/fr/entretien-avec-eric-durieux-plateforme-stella-mare-universita-di-corsica-acteur-scientifique-de-la-pecherie-de-denti-a-la-palangre-de-corse/>

- **2018** : Article dans le journal Corse matin « La recherche scientifique pour une gestion durable de la pêche en Corse » Focus sur le programme **MOONFISH**. Paru le 25 mars 2018. **Interview Durieux EDH**

<https://www.corsematin.com/articles/la-recherche-scientifique-pour-une-gestion-durable-de-la-peche-en-corse-81918>

- **2014** : Article dans le journal **Corse matin** « Une journée autour du denti entre la pêche et la recherche », paru le 6 juillet 2014. Journée d'action pilote de marquage et de sensibilisation à la pratique du No Kill sur le denti. Collaboration avec François-René Castellani (Alpana – Excursions en mer et pêche sportive), Golfe de Porto. **Interview Durieux EDH**

9.4. Activités de communication grand public et de sensibilisation

- **2019** : participation à l'émission de radio : RCFM Mare latinu : L'espadon surexploité en Méditerranée (25/02/2019) **Interview Durieux EDH**
<https://www.francebleu.fr/emissions/mare-latinu/rcfm/mare-latinu-55>
- **2016** : **Durieux EDH** Pratique du No Kill en pêche récréative en mer : techniques de relâché. Présentation orale suivi de débat, invité Salon de la pêche de Solenzara 1^{ère} édition. 16 octobre 2016, Solenzara, Corse. **Durieux EDH** Conférence (invité) grand public + débat
- **2014** : **Durieux EDH**, Responsable et intervenant de l'atelier « Ce que nous apprennent les écailles et les otolithes sur les poissons ». Fête de la Science 2014, 9 octobre 2014. Université de Corse, Campus des Sciences.
- **2014** : **Durieux EDH**, Intervenant invité aux « Rencontres de la bi'EAU diversité » sur le thème « Bonifacio : modèle de réussite pour la gestion des ressources halieutiques ». Organisé par le CPIE Centre Corse - A Rinascita dans le cadre. 16 mai 2014. Bonifacio, France.

II - Liste des travaux de recherche

1. Indicateurs de publications de rang A (référéncées dans Scopus et Web of Science)

Tableau 1 : Synthèse des publications de rang A référéncées dans Scopus et Web of Science (Journal Citation Report) au 24/09/2022 (32 référéncées dans Scopus + 3 non encore référéncées dans Scopus mais publiées avec DOI)

Journaux de rang A (référéncés dans Scopus)	Facteur d'impact (JCR 2021)	Nombre
Ecotoxicology and Environmental Safety	7,129	1
Marine Pollution Bulletin	7,001	1
Reviews in Fish Biology and Fisheries	6,845	1
Scientific Reports	4,996	1
Frontiers in Genetics	4,772	1
Ocean and Coastal Management	4,295	1
Biological Trace Element Research	4,081	1
ICES Journal of Marine Science	3,906	1
PLoS One	3,752	1
Marine Environmental Research	3,737	3
Estuarine, Coastal and Shelf Science	3,229	1
Ecology and Evolution	3,167	1
Mediterranean Marine Science	3,016	1
Fish Physiology and Biochemistry	3,014	2
Journal of Marine Systems	3,010	1
Aquaculture International	2,953	2
Journal of Fish Biology	2,504	6
Journal of Sea Research	2,287	3
Scientia Marina	2,170	1
Regional Studies in Marine Science	2,166	1
Fisheries Management and Ecology	2,088	1
Diseases of Aquatic Organisms	1,769	1
Bulletin of Marine Science	1,689	1
Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom	1,559	1
Nombre total d'articles de rang A		35
Nombre d'articles en 1er auteur		8
Nombre d'articles en dernier auteur		12
Nombre d'article en 2ème auteur		5
Nombre d'articles issues de collaborations internationales		11
Nombre de co-auteurs	117	
Nombre de co-auteurs en dehors de la France	35	
Facteur d'impact moyen	3,305	
h-index	11	
Nombre de citations	328	
Nombre de documents avec citations	299	

35. Garcia J, Pasqualini V, Vanalderweireldt L, Bisgambiglia P-A, Marengo M, Lejeune P, Aiello A, **Durieux EDH. (2022)**. Global patterns and environmental drivers of suitable habitat for *Dentex dentex* and *Sciaena umbra* along the Corsican coast. *ICES Journal of Marine Science*. 79 (9), 2461-2472. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac184>
34. Millot R, Demolliens M, Ducos S, Pugliese S, Vanalderweireldt L, Aiello A, **Durieux EDH. (2022)**. Embryonic and larval development of Corsican brown meagre, *Sciaena umbra* (Linnaeus 1758) rearing in captivity from the Mediterranean Sea. *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00968-7>
33. Ducos S, Garcia J, Mourier J, Aiello A, **Durieux EDH. (2022)**. Let them go free: spatial behaviour following the experimental release of hatchery-reared juveniles *Sciaena umbra* and *Dentex dentex*. *Marine Environmental Research*. 181, 105712. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105712>
32. Vanalderweireldt L, Albouy C, Le Loc'h F, Millot R, Blestel C, Patrissi M, Marengo M, Garcia J, Bousquet C, Barrier C, Lefur M, Bisgambiglia P-A, Donnay A, Ternengo S, Aiello A, Lejeune P, **Durieux EDH. (2022)**. Ecosystem modelling the Eastern Corsican Coast (ECC): case study of one of the least trawled shelves of the Mediterranean. 235, 103798. *Journal of Marine Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2022.103798>
31. Ducos S, Pugliese S, Demolliens M, Beraud L, Bousnard A, Delmas A, Agostini S, Garcia J, Aiello A, **Durieux EDH. (2022)**. Ontogeny of swimming performance of hatchery-reared post-larvae and juvenile fish: a case of two threatened Mediterranean species. *Journal of Fish Biology*. 101(4), 846-856. <https://doi.org/10.1111/jfb.15144>
30. Sardenne F, Millot R, Bessis E, Puccinelli E, Bideau A, Le Grand F, **Durieux EDH, Soudant P. (2022)**. Changes in lipid and fatty acid contents of gonad during the reproductive cycle of the Mediterranean swordfish *Xiphias gladius*. *Marine Environmental Research*. 179, 105668. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105668>
29. Amoussou N, Marengo M, Lejeune P, **Durieux EDH, Douny C, Scippo ML, Gobert S. (2022)**. Comparison of fatty acid profiles in two cultivated and wild marine fish from Mediterranean Sea. *Aquaculture International*. 30, 1435–1452. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00861-3>
28. Bousquet C, Bouet M, Patrissi M, Cesari F, Lanfranchi J-B, Susini S, Massey M, Aiello A, Culioli J-M, Marengo M, Lejeune P, Dijoux J, Duchaud C, Santoni M-C, **Durieux EDH. (2022)**. Assessment of catch composition, production and fishing effort of small-scale fisheries: the case study of Corsica Island (Mediterranean Sea). *Ocean and Coastal management*. 218, 105998. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105998>
27. Duchaud S, Ternengo S, **Durieux EDH, Bianchini B, Garrido M, Aiello A, Bastien R, Pasqualini V (2021)**. Influence of environmental patterns on gonadosomatic index and early life stages of *Paracentrotus lividus* in Corsica (Mediterranean Sea). *Regional Studies in Marine Science*. 42, 101645. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101645>
26. Pavicic M, Zuzul I, Matic-Skoko S, Triantafyllidis A, Grati F, **Durieux EDH, Celic I, Segvic-Bubic T. (2020)**. Population connectivity and genetic structure of the European lobster *Homarus*

- gammarus* in the Adriatic and Mediterranean Seas. *Frontiers in genetics*. 11, 1540. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.576023>
25. Amoussou N, Marengo M, Durieux EDH, Douny C, Scippo ML, Gobert S (2020). Trace Elements and Fatty Acid Profile of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) from Mediterranean Aquaculture. *Biological Trace Element Research*, 196, pages618–628. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01925-x>
 24. Jenkins T, Ellis C, Durieux EDH, Filippi J-J, Bracconi J, Stevens J S (2020). Historical translocations and stocking alter the genetic structure of a Mediterranean lobster fishery. *Ecology and Evolution*, 10 (12) 5631-5636. <https://doi.org/10.1002/ece3.6304>
 23. Kokubu Y, Rothausler E, Filippi J-B, Durieux EDH, Komatsu T. (2019) Revealing the deposition of macrophytes transported offshore: Evidence of their long-distance dispersal and seasonal aggregation to the deep sea. *Scientific Reports*. 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39982-w>
 22. Pere A, Marengo M, Lejeune P, Durieux EDH. (2019) Evaluation of *Homarus gammarus* catches and potential in a Mediterranean small-scale fishery. *Scientia marina*. 83(1), 69-77. <https://doi.org/10.3989/scimar.04862.22B>
 21. Rossi A, Levaray M, Paillon C, Durieux EDH, Pasqualini V, Agostini S. (2019). Relationship between swimming capacities and morphological traits of fish larvae at settlement stage: a study of several coastal Mediterranean species. *Journal of fish biology*, 95(2), 348-356. <https://doi.org/10.1111/jfb.13955>
 20. Viret A, Tsaparis D, Tsigenopoulos CS, Berrebi P, Sabatini A, Arculeo M, Fassatoui C, Magoulas A, Marengo M, Morales-Nin B, Caill-Milly N, Durieux EDH. (2018) Absence of spatial genetic structure in common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758) in the Mediterranean Sea as evidenced by nuclear and mitochondrial molecular markers. *PloSOne*. 13(9): e0203866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203866>
 19. Marengo M, Durieux EDH, Ternengo S, Lejeune P, Degrange E, Pasqualini V, Gobert S. (2018) Comparison of elemental composition in two wild and cultured marine fish and potential risks to human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 158: 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.034>
 18. Duchaud S, Durieux EDH, Coupé S, Pasqualini V, Ternengo S. (2018) Spatio-temporal patterns based on demographic and genetic diversity of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* in the area around Corsica island (Mediterranean Sea). *Mediterranean Marine Science*. 19(3), 620-641. <https://doi.org/10.12681/mms.14184>
 17. Marengo M, Baudouin M., Viret A., Berrebi P., Vignon M., Marchand B., Durieux EDH (2017) Combining microsatellite, otolith shape and parasites community data as a holistic approach to assess population structure of *Dentex dentex*. *Journal of Sea Research*. 128:1-14 <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.07.003>
 16. Gobert S, Pasqualini V, Dijoux J, Lejeune P, Durieux EDH, Marengo M (2017) Trace element concentrations in the apex predator swordfish (*Xiphias gladius*) from a Mediterranean fishery

- and risk assessment for consumers. *Marine Pollution Bulletin*. 120: 364-369. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.029>
15. Marengo M, Pere A, Marchand B, Lejeune P, Durieux EDH (2016) Catch variation and demographic structure of common dentex (Sparidae) exploited by Mediterranean artisanal fisheries. *Bulletin of Marine Science*. 92: 191-206. <https://doi.org/10.5343/bms.2015.1041>
 14. Baudouin M, Marengo M, Pere A, Culioli J-M, Santoni M-C, Marchand B, Durieux EDH (2016) Comparison of otolith and scale readings for age and growth estimation of common dentex *Dentex dentex*. *Journal of Fish Biology*. 88: 760-766. <https://doi.org/10.1111/jfb.12816>
 13. Marengo M, Culioli J-M, Santoni M-C, Marchand B, Durieux EDH (2015) Comparative analysis of artisanal and recreational fisheries for *Dentex dentex* in a Marine Protected Area. *Fisheries Management and Ecology* 22: 249-260. <https://doi.org/10.1111/fme.12110>
 12. Koeck B, Gérigny O, Durieux EDH, Coudray S, Garsi L-H, Bisgambiglia P-A, Galgani F, Agostini S (2015) Connectivity patterns of coastal fishes following different dispersal scenarios across a transboundary marine protected area (Bonifacio strait, NW Mediterranean). *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 154: 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.01.010>
 11. Marengo M, Durieux EDH, Marchand B, Francour P, (2014) A review of biology, fisheries and population structure of *Dentex dentex* (Sparidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24: 1065-1088. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9363-9>
 10. Durieux EDH, Connon RE, Werner I, D'Abronzo LS, Fitzgerald P, Spearow J, Ostrach DJ (2012) Cytochrome P4501A mRNA and protein induction in striped bass (*Morone saxatilis*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 38: 1107-1116. <http://doi:10.1007/s10695-011-9597-6>
 9. Guinand B, Durieux EDH, Dupuy C, Cerqueira F, Bégout M-L, (2011) Phenotypic and genetic differentiation in Young-Of-the-Year common sole (*Solea solea*) at differentially contaminated nursery grounds. *Marine Environmental Research*, 71: 195-206. <http://doi:10.1016/j.marenvres.2011.01.003>
 8. Durieux EDH, Farver TB, Fitzgerald PS, Eder KJ, Ostrach DJ, (2011) Natural factors to consider when using acetylcholinesterase activity as neurotoxicity biomarker in Young-Of-Year striped bass (*Morone saxatilis*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 37: 21-29. <http://doi:10.1007/s10695-010-9412-9>
 7. Durieux EDH, Le Duigou M, Millot S, Sasal P, Bégout M-L, (2010) Sedentary behaviour establishment in 0-group common sole *Solea solea*: a laboratory video-tracking study *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 1257-1262. <http://doi:10.1017/S0025315409991159>
 6. Durieux EDH, Bégout M-L, Pinet, P, Sasal P, (2010) Digenean metacercariae parasites as natural tags of habitat use by 0-group common sole *Solea solea* in nearshore coastal areas: a case study in the embayed system of the Pertuis Charentais (Bay of Biscay, France). *Journal of Sea Research*, 64: 107-117. <http://doi:10.1016/j.seares.2009.10.005>

5. Durieux EDH, Meekan MG, Ponton D, Vigliola L, (2009) Temperature, selective mortality and early growth in the short-lived clupeid *Spratelloides gracilis*. *Journal of Fish Biology*, 74: 921-938. <http://doi:10.1111/j.1095-8649.2009.02179.x>
4. Durieux EDH, Marques JF, Bégout M-L, Sasal P, Cabral HN, (2007) Comparison of *Solea solea* macroparasites between two different nursery-continental shelf systems in the Bay of Biscay and the Portuguese coast. *Journal of Fish Biology*, 70: 1921-1930. <http://doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01460.x>
3. Durieux EDH, Bégout M-L, Sasal P, (2007) Spatial variability in digenean metacercariae infection of 0-group common sole, *Solea solea*, among different nurseries along the French Atlantic coast. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75: 221-228. <http://doi:10.3354/dao075221>
2. Durieux EDH, Galois R, Bégout M, Sasal P, Lagardère F, (2007) Temporal changes in lipid condition and parasitic infection by digenean metacercariae of young-of-year common sole *Solea solea* (L.) in an Atlantic nursery ground (Bay of Biscay, France). *Journal of Sea Research*, 57: 162-170. <http://doi:10.1016/j.seares.2006.08.006>
1. Sasal P, Desdevises Y, Durieux EDH, Lenfant P, Romans P, (2004) Parasites in marine protected areas: success and specificity of monogeneans. *Journal of Fish Biology*, 64: 370-379. <http://doi:10.1111/j.0022-1112.2004.00297.x>

2. Articles soumis

Millot R, Poisson F, Macias D, Samar S, Aiello A, Durieux EDH. Reproductive dynamics of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Northwestern Mediterranean Sea (Corsica Island). *Fisheries Research*. Soumis (juin 2022)

3. Articles en préparation

Garcia J, Aiello A, Mourrier J, Bastien R, Bousquet C, Durieux EDH Refining habitat use of common dentex and brown grouper in the Mediterranean. Journal ciblé *Journal of Animal Ecology*. Date de soumission prévue : novembre 2022

Marengo M, Vanalderweireldt L, Horri K, Lejeune P, Biggambiglia P-A, Durieux EDH Using indicators for evaluating the marine fisheries in Corsica island. Journal ciblé *Fisheries Management and Ecology*. Date de soumission prévue : septembre 2022

Barrier C, Poiron-Guidoni N, Biggambiglia P-A, Lett C, V Pasqualini, Durieux EDH, Comparative analysis of two Lagrangian transport tools in the NW Mediterranean Sea. Journal ciblé : *Journal of sea research*. Date de soumission prévue : aout 2022

Ducos S, Bégout M-L, Lefrançois C, Cousin X, Demolliens M, Aiello A, Durieux EDH. Escape behaviour, boldness and exploration in *Sciaena umbra* hatchery-reared juveniles: the effect of body size. Journal ciblé *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Date de soumission prévue : aout 2022

4. Ouvrages publiés

Crec'hriou R, Garsi L-H, Lèbre L, Lozano L, Pastor J, Lecaillon G, **Durieux E**, Simon G, Ternengo S, Bracconi J, Briot L, Verdoit-Jarraya M, Saragoni G, Pristcheba S, Bastien R, Agostini S, Lenfant P, (2015) Atlas des post-larves de poissons de Méditerranée occidentale. Editeurs : Crec'hriou R. & Lenfant P., Programme Life + " SUBLIMO ", 192p

5. Articles dans revues à comité de lecture (autre que de rang A)

Marengo M, Theuerkauff D, Patrissi M, Doutreloux N, Leduc M, Dijoux J, Duchaud C, Picot C, Agniel R, Culioli J-M, Santoni M-C, Gobert S, Berrebi P, Quilichini Y, Ternengo S, **Durieux EDH**, Lejeune P (2020). A Typical Mediterranean Fishery and an Iconic Species: focus on the common Spiny Lobster (*Palinurus elephas*, Fabricius, 1787) in Corsica. ***Oceanography and Fisheries Open Access Journal***, 12(1). 555827. ISSN: 2476-0536. <https://doi.org/10.19080/OFOAJ.2020.12.555827> (IF 2020: 0,804)

Bisgambiglia P-A, Garcia J, Barrier C, Vanalderweireldt L, Paillon C, Marengo M, Horri K, Patrissi M, Lejeune P, Poiron-Guidoni N, Martelloni PH, Innocenti E, Bisgambiglia P, **Durieux EDH**, 2021, Acquisition et usage de données pour la gestion des pêches en méditerranée, exemple du projet MoonFish, ***Actes du 1er Colloque 2021 sur l'émergence de TERritoires INTelligents (TERINT2021)***. Editions Dépaduès ISBN : 978.2.36493.895.3

Duchaud S, Ternengo S, **Durieux EDH**, Bianchini B, Bastien R, Garrido M, Aiello A, Pasqualini V, 2021. Étude de l'oursin violet *Paracentrotus lividus* en Corse ? Assurer la perennité des stocks et de la pêche oursinière. ***Publ. Société des Sciences Historiques et Naturelle de la Corse***. Corse d'hier et de demain, 12, 33-44.

Rossi A, Irisson JO, **Durieux EDH**, Garsi L-H, Levaray M, Paillon C, Agostini S, Pasqualini V, 2021. Pourquoi et comment étudier les post-larves de poissons de Méditerranée ? ***Publ. Société des Sciences Historiques et Naturelle de la Corse***. Corse d'hier et de demain, 12, 45-58.

6. Rapports

Fournier M, Vanalderweireldt L, **Durieux EDH**, 2022. Suivi des populations de mérours bruns (*Epinephelus marginatus*) et de corbs (*Sciaena umbra*) par recensement visuel dans le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate (PNMCCA). CONVENTION n°2021-DIRM-MICO-01. Rapport préliminaire. Juin 2022. 23p.

UCPP 2022 : Bousquet C, **Durieux EDH**, Marengo M, Patrissi M, Fontaine Q, Fullgrabe L, Lejeune P, Analyse préalable à la création d'une Zone de Conservation Halieutique (ZCH) à Bastia - Rapport final - Février 2022. 64p.

STARESO 2022 : Marengo M, Patrissi M, Fontaine Q, Fullgrabe L, Lejeune P, Bousquet C, **Durieux EDH**, Analyse préalable à la création d'une Zone de Conservation Halieutique (ZCH) dans la zone de Solenzara, Phase III Rapport final de restitution. 54p.

- UCPP **2021** : Bousquet C, **Durieux EDH**, Marengo M, Patrissi M, Fontaine Q, Fullgrave L, Lejeune P, Analyse préalable à la création d'une Zone de Conservation Halieutique (ZCH) à Bastia - Partie 2 : Rapport intermédiaire - Octobre 2021. 34p.
- STARESO **2021** : Marengo M, Patrissi M, Fontaine Q, Fullgrave L, Lejeune P, Bousquet C, **Durieux E.D.H.**, Analyse préalable à la création d'une Zone de Conservation Halieutique (ZCH) dans la zone de Solenzara, Phase II Rapport d'avancement intermédiaire. 39p.
- UCPP-STARESO **2021** : Bousquet C, **Durieux EDH**, Fontaine Q, Marengo M, Patrissi M, Etude de faisabilité de la mise en place de deux Zones de Conservation Halieutiques (ZCH) en Corse (Bastia, Solenzara), Phase I inventaire de la connaissance scientifique. 24p.
- Durieux EDH**, Bouet M, Bousquet C, Patrissi M, Lanfranchi J-B, Susini S, Cesari F, Massey J-L, Aiello A, Culioli J-M, Lejeune P, Dijoux J, Duchaud C, Santoni M-C, **2020**. Rapport scientifique final - projet Données hAlieutiques CORses (DACOR) 2017 – 2019 - FEAMP mesure 28 partenariat scientifiques – pêcheurs. 197 p. + Annexes
- Garcia J, **Durieux E**, **2019**. Rapport préliminaire 2018-2019 : Projet MoPaMFish Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes. Projet co-financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. 92p.
- Lenfant P, Crec'hriou R, Garsi L-H, Lèbre L, Lozano L, Pastor J, Lecaillon G, **Durieux E**, Simon G, Ternengo S, Bracconi J, Briot L, Verdoit-Jarraya M, Saragoni G, Pristchepea S, Bastien R, Agostini S, **2015**. Rapport N°III (Final) Rapport technique Programme Life+ SUBLIMO - SUIVI de la Biodiversité des postLarves Ichtyques de Méditerranée Occidentale. Reference: LIFE10 NAT/FR/000200. 169p.
- Agostini S, Ternengo S, **Durieux EDH**, Tomasi N, Marengo M, **2013**. Caractérisation des pêches dans le territoire transfrontalier- Synthèse des connaissances sur l'activité de pêche et sur l'état des ressources halieutiques. Document de synthèse, Contrat européen PO Marittimo Martes+ France/Italie, Université de Corse, 19 p.
- Durieux EDH**, Morin J, Alizier S, Dauvin J-C, Brind'Amour A, **2010**. Temporal changes in the spatial coupling between benthic-demersal fishes and their macrobenthic preys in the Seine estuary. ICES Annual Science Conference, Nantes Session G: Beyond correlations: what are suitable methods for describing and testing non-linear spatio-temporal changes, patterns and relationships? ICES Annual Science Conference, Nantes 20-27 septembre 2010, Nantes, France (Communication Orale). 21p.
- <https://www.ices.dk/sites/pub/CM%20Documents/CM-2010/G/G1710.pdf>
- Ostrach DJ, Kota RK, **Durieux EDH**, Groff JM, Hoang RK, et al **2009**. Contaminants Profile for the San Francisco Bay – Sacramento San Joaquin Delta and Effects of Contaminants on Resident Fish Species. Final report for US Fish & Wildlife Service, Agreement No. 801817M409 & No. 81420-8-J160
- Ostrach DJ, Groff J, Weber P, Ginn T, Loge F, Eder K, Spearow J, **Durieux EDH**, Kota R, Phillis C et al **2009**. The Role of Contaminants, within the Context of Multiple Stressors, in the Collapse of the Striped Bass Population in the San Francisco Estuary and its Watershed. Year 2 Final Report for California Department of Water Resources, Agreement No. 4600004664, 186 p.

7. Manuscrit de thèse de doctorat

Durieux Eric 2007. Ecologie du système hôte – parasite, juvéniles G0 de sole (*Solea solea*) – métacercaires de Digènes : dynamique et effets de l’infestation. Thèse de doctorat Université de La Rochelle, 187pp <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2933/>

8. Expertises

Depuis 2020 : coordinateur du plan d’action pour l’amélioration de la pêcherie de denti en Corse pour le projet MedFish (WWF et MSC) en lien avec le CPRMEM de Corse

<http://www.project-medfish.com/fr/coup-de-projecteur-sur-la-pecherie-de-denti-a-la-palangre-de-corse/>

Depuis 2016 : expertise pour le projet MedFish (WWF et MSC) dans le cadre de l’évaluation de la pêche du denti à la palangre en Corse pour une labélisation en pêche durable.

<http://www.project-medfish.com/fr/les-pecheries/pecherie-de-denti-a-la-palangre-de-corse/>

Durieux EDH, 2019 Avis sur la gestion halieutique de *Dentex dentex* en Corse et évolution de la réglementation de la pêche récréative de cette espèce – pour DIRM méditerranée- Délégation de la DIRM en Corse, 7 p.

Durieux EDH, Marengo M, Agostini S, Aiello A 2015. Avis scientifique pour le CRPMEM Corse sur l’activité et l’impact de la pêche de plaisance sur les stocks de *Dentex dentex* en Corse – Pour le Comité Régional des Pêches et Elevages Marins de Corse. Mars 2015. 6p.

9. Conférences internationales avec comité de lecture

Ducos S, Begout M-L, Garcia J, Demolliens M, Pugliese S, Mourrier J, Lefrançois C, Cousin X, Boussard A, Delmas A, Agostini S, Aiello A, **Durieux EDH 2021.** Assessing individual performances and behavioural responses of hatchery-reared juveniles *Scieana umbra* for the purpose of ecological restoration. The Society of Experimental Biology Annual Conference. Online 29 June - 8 July 2021. (Poster)

Garcia J, Aiello A, Gualtieri J-S, Bousquet C, **Durieux EDH 2019.** Potential of a Mediterranean marine reserve (Corsica, France) to protect multiple fish species according to their movement patterns. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON FISH TELEMETRY. Arendal, Norway, 24-28 June 2019. (Communication orale)

Pere A, Marengo M, Lejeune P, **Durieux EDH 2017** Evaluation of *Homarus gammarus* catches and potential in a Mediterranean small-scale fishery. 11th International Conference and Workshop on Lobster Biology and Management. Portland, Maine, USA 4-9 juin 2017. Poster (Poster)

Durieux EDH, Garsi L-H, Perrin-Santoni A, Agostini S 2014. Insights on otolith shape diversity of Mediterranean postlarval fishes. International Otolith Symposium, Mallorca, Espagne, 20-24 oct 2014. (Poster.)

- Baudouin M, Marengo M, Pere A, Culioli J-M, Santoni M-C, Marchand B, **Durieux EDH 2014**. Comparison of otolith and scale readings for age estimation of common dentex. International Otolith Symposium, Mallorca, Espagne 20-24 oct 2014. (Poster.)
- Baudouin M, Vignon M, Marengo M, Marchand B, **Durieux EDH 2014**. Discriminating stocks of common dentex (*Dentex dentex*) around Corsica Island (NW Mediterranean) using two otolith shape classification methods. International Otolith Symposium, Mallorca, Espagne 20-24 oct 2014. (Poster.)
- Marengo M, Baudouin M, Viret A, Berrebi P, Vignon M, Marchand B., **Durieux EDH, 2014**. Combined use of otolith shape, parasites and genetic markers for stock identification of the common dentex (*Dentex dentex*) around Corsica Island (NW Mediterranean). International Otolith Symposium, Mallorca, Espagne, 20-24 oct 2014. (Communication orale).
- Gérigny O, Koeck B, **Durieux EDH**, Coudray S, Garsi L-H, Bisgambiglia P-A., Galgani F, Agostini S, **2014**. Connectivity Patterns of Coastal Fishes Following Different Dispersal Scenarii Across a Transboundary Marine Protected Area. 38th Annual Larval Fish Conference. August 17 - 21, 2014, Québec City, Canada. (Communication orale)
- Marengo M, Agostini S, Tomasi N, Valliccioni V, Marchand B, **Durieux EDH, 2013**. Combined methodology for assessment of the common dentex (*Dentex dentex*) in the northern Corsica (France), 40th CIESM International Congress, Marseille, France, 28 octobre-1 novembre 2013 (Paper, Poster, Communication orale)
http://www.ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/40/PG_0758.pdf
- Durieux EDH**, Girard S, Pasqualini V, Marengo M, Tomasi N, Agostini S, **2012**. Preliminary characterization of the recreational fishing activity in Cap Corse (Corsica, France). Excellence Network of Island Territories 2012 Annual Conference, session: Integrated management of insular land and marine environments. **19-21 October 2012, Lesvos Island, Greece.**
- Agostini S, Valliccioni V, **Durieux EDH**, Marengo M, Tomasi N, Ternengo S, Aiello A, **2012**. Preliminary study on artisanal fishing characterization in a Mediterranean Island: Corsica (France). Excellence Network of Island Territories 2012 Annual Conference, session: Integrated management of insular land and marine environments. **19-21 October 2012, Lesvos Island, Greece.**
- Durieux EDH**, Morin J, Alizier S, Dauvin J-C, Brind'Amour A, **2010** Temporal changes in the spatial coupling between benthic-demersal fishes and their macrobenthic preys in the Seine estuary. **ICES Annual Science Conference, Nantes 20-27 septembre 2010, Nantes, France (Communication Orale)**
- Milinkovitch T, Bado-Nilles A, **Durieux EDH**, Mazurais D, Bégout ML, Loizeau V, Thomas-Guyon H, **2009**. Biomarker responses in *Solea solea* exposed to PCBs. **14th EAFP International Conference on Diseases of Fish and Shellfish, 14 - 19 September 2009, Prague, République Tchèque (Poster)**
- Milinkovitch T, Bado-Nilles A, **Durieux EDH**, Mazurais D, Bégout ML, Loizeau V, Thomas-Guyon H. **2008**. In vivo effects of pollutants (PAHs, PCBs and PBDE) on immunological parameters in *Solea solea* (Linné). **The 5th Society of Environmental Toxicology and Chemistry World Congress, 3-7 August 2008, Sydney, Australia (Poster)**
- Ostrach DJ, Groff JM, **Durieux EDH**, Spearow JL, Walsh JH, Fitzgerald PS, Eder KJ, Chin CC, Whitman GE, Loge FJ, **2008**. Striped Bass a Sentinel of San Francisco Estuary Ecosystem Health: How Much Stress Can Young Stripers Endure? **29th Society of Environmental Toxicology and**

Chemistry North America annual meeting, 16-20 Novembre 2008, Tampa, Etats-Unis
(Communication Orale)

Durieux EDH, Farver TB, Eder K, Fitzgerald P, Ostrach DJ, **2008**. Natural Changes in the Acetylcholinesterase Activity of Striped Bass (*Morone saxatilis*) larvae and juveniles in the San Francisco Estuary: Factors to Consider when using this Common Neurotoxicity Biomarker. **29th Society of Environmental Toxicology and Chemistry North America annual meeting, 16-20 Novembre 2008, Tampa, Etats-Unis (Poster)**

Durieux EDH, Labonne M, Bégout M-L, Bassoulet C, de Pontual H, **2008**. Discrimination of *Solea solea* nurseries along the French Atlantic coast using otolith elemental signatures. **7th International Flatfish Symposium, 2-7 Novembre 2008, Sesimbra, Portugal (Poster)**

Durieux EDH, Bégout M-L, Sasal P, **2008**. Digenean metacercariae parasites as biological indicators of habitat use of 0-group *Solea solea* in coastal nurseries. **7th International Flatfish Symposium, 2-7 Novembre 2008, Sesimbra, Portugal (Communication Orale)**

Durieux EDH, Sasal P, Bégout M-L, **2006**. Complement component C3 gene expression in G0 sole juveniles, *Solea solea* (L.), infected by digenean metacercariae. **ICOPA XI, 11th International Congress of Parasitology, 6-11 August 2006, Glasgow, Scotland, Royaume-Uni (Poster)**

Durieux EDH, Bégout M-L, Pinet P, Sasal P, **2006**. The use of digenean metacercariae as biological tags to understand the ecology of 0-group common sole, *Solea solea* (L.), in nursery ground. **ICOPA XI, 11th International Congress of Parasitology, 6-11 Août 2006, Glasgow, Scotland, Royaume-Uni (Poster)**

Durieux EDH, Bégout M-L, Sasal P, **2006**. Infestation *in situ* de juvéniles G0 de sole, *Solea solea* (L.), par *Proisorhynchus crucibulum* (Digènes, Bucephalidae) : effets sur la croissance et la condition. **Troisièmes Rencontres de l'ichtyologie en France, 28-31 Mars 2006, Paris, France (Communication Orale)**

Durieux EDH, Galois R, Bégout Anras M-L, Sasal P, Lagardère F, **2005**. Temporal changes in parasitic infection by digenean metacercariae and lipid condition of YOY common sole, *Solea solea* (L.), in an Atlantic nursery ground (Bay of Biscay, France). **Sixth International Symposium on Flatfish Ecology: Habitats in relation to recruitment variability - Generation of future direction, 20-25 Octobre 2005, Maizuru, Kyoto, Japon (Poster)**

Marques JF, **Durieux EDH**, Sasal P, Bégout Anras M-L, Cabral HN, **2005**. Comparison of macroparasites' infection in juveniles and adults of the common sole, *Solea solea* (Linnaeus, 1758) in two different nursery-continental shelf systems (Tejo estuary, Portugal; Pertuis Charentais, France). **Sixth International Symposium on Flatfish Ecology: Habitats in relation to recruitment variability - Generation of future direction, 20-25 Octobre 2005, Maizuru, Kyoto, Japon (Poster)**

Durieux EDH, Sasal P, Vignon M, Alienne J-F, Bégout M-L, **2004**. Life cycle of *Proisorhynchus* spp. (Digenea, Bucephalidae) in the Charentais Straits: confirmation by ITS1 ribosomal DNA sequences. **European Workshop (AT-PNEC): Impact of parasites on marine organisms, modulation by environmental factors: status of art and project. 4-5 Novembre 2004, Brest, France (Communication Orale)**

Durieux EDH, Sasal P, Bégout M-L, **2004**. Biological and ecological performances of the common sole in the Charentais Straits: evaluation of the effects of Digenean parasitic infection on juveniles. **European Workshop (AT-PNEC): Impact of parasites on marine organisms, modulation by**

environmental factors: status of art and project. 4-5 Novembre 2004, Brest, France
(Communication Orale)

10. Conférences nationales

Bisgambiglia P-A, Garcia J, Barrier C, Vanalderweireldt L, Paillon C, Marengo M, Horri K, Patrissi M, Lejeune P, Poiron-Guidoni N, Martelloni PH, Innocenti E, Bisgambiglia P, **Durieux EDH, 2021**. Acquisition et usage de données pour la gestion des pêches en méditerranée, exemple du projet MoonFish, Actes du 1er Colloque 2021 sur l'émergence de TERritoires INTelligents (TERINT2021) Cozzano, 24 au 26 juin 2021

Bousquet C, Garcia J, Gualtieri J-S, Aiello A, **Durieux EDH 2019**. Suivi des déplacements de poissons emblématiques : mieux connaître pour mieux protéger » présenté à la 11ème tribune de la Société des Sciences Historiques et Naturelles de la Corse, 28 juin 2019 à Bastia, France. (Poster)

Govert S, **Durieux EDH**, El Idrissi O, Lefebvre L, Lejeune P, Pasqualini V, Richir J, Ternengo S, Marengo M **2018**. Contamination par les éléments traces en Méditerranée occidentale, focus sur la baie de Calvi et la Corse. Bilan et perspectives. Workshop STARECAPMED, 10-11 avril 2018, Calvi France. (Communication orale)

Durieux EDH, Ternengo S, Culioli J-M, Santoni M-C, Lejeune P, Berrebi P, Marengo M **2017**. Biologie et Ecologie du denti : un poisson emblématique de Méditerranée. Les rencontres Marines – Les journées scientifiques de l'Université de Toulon. Toulon, 26/04/17 (Communication orale - Invité)

Durieux EDH, 2017. Etudes sur les poissons marins menées par l'Université de Corse. Atelier RESOMAR « Poissons et Céphalopodes », 10-12 juillet 2017, Sorbonne Université, Paris, France. (Communication orale - Invité)

Durieux EDH, Garsi L-H, Perrin-Santoni A, Vanrapenbusch J-B, Agostini S, **2015** Insights on otolith shape diversity of Mediterranean postlarval fishes. Colloque DRIVER – SUBLIMO. Ile des Embiez, France, 27-29 avril 2015. (Communication orale)

Durieux EDH, Mahé K, Labonne M, Morin J, Brind'Amour A, **2013**. Variabilité spatiale de la signature multi-élémentaire des otolithes de GO de *Solea solea* et *Pleuronectes platessa* au sein d'un habitat côtier : exemple de la baie de Seine. *Colloque de sclérochronologie, 2 - 4 juillet 2013, Rennes, France*. (Poster)

Bareille G, **Durieux EDH**, Bégout M-L, Di Nisi L, Biais G, Arnaud C, Boiron-Leroy A, Pecheyran C, **2013**. Evaluation de l'histoire de vie et de l'origine de soles adultes (*Solea solea*) du Golfe de Gascogne par microchimie des otolithes. *Colloque de sclérochronologie, 2 - 4 juillet 2013, Rennes, France*. (Communication orale)

Marengo M, Agostini S, Marchand B, Tomasi N, Valliccioni V, Ternengo S, **Durieux EDH, 2013**. La pêche artisanale du denté commun (*Dentex dentex*) en Corse (Méditerranée Nord Occidentale) : Engins, techniques et saisonnalité, Journée des Doctorants, Corte, France, 27 juin 2013 (Poster)

Agostini S, Tomasi N, **Durieux EDH**, Marengo M, Valliccioni V, Ternengo S, **2013**. Caratterizzazione di mestieri, areali di pesca, risorse sfruttate in Regione di Corsica. *Convegno Marte+2013: Verso*

la gestione sostenibile della pesca e l'aumento della competitività del settore, 23 maggio 2013, Livorno, Italy.

- Durieux EDH**, Tomasi N, Girard S, Vallicioni V, Marengo M, Agostini S, **2013**. Observations de tortues marines dans les suivis de la pêche professionnelle et récréative sur la prud'homie de Bastia - Cap Corse. Atelier sur les tortues marines en Corse. 25 et 26 février 2013, Biguglia, France.
- Marengo M, **Durieux EDH**, Marchand B, **2012**. Etude de l'écologie halieutique de *Dentex dentex* en Corse (Méditerranée Nord Occidentale), Journée des Doctorants, Corte, France, 29 juin 2012 (Poster, Communication orale)
- Léauté J-P, Biais G, Bégout M-L, **Durieux EDH**, **2010**. La fonction nourricière du secteur « Pertuis charentais / débouché de la Gironde » pour la sole commune (*Solea solea*). Colloque scientifique « Science et système Pertuis-Gironde-au large », 12-13 Octobre 2010, Royan, France (**Communication Orale**)
- Ostrach DJ, Johnson CS, Aceituno KM, Kota RS, **Durieux EDH**, **2010** Effects of waterborne lipophilic contaminants from locations in the San Francisco Estuary on juvenile striped bass. **20th NorCalSETAC Annual Meeting, 12-13 mai 2010, Clark Kerr Campus, University of California Berkeley, USA (Communication Orale)**
- Alizier S, Bacq N, Bassoulet P, Bayona Y, Brind'amour A, Dauvin JC (Coord.), Desroy N, Duhamel S, **Durieux EDH**, Le Hir P, Jestin H, Jourde J, Lafite R, Le Bot S, Lesourd S, Lesueur P, Marion C, Mear Y, Morin J, Poizot E, Lozach S, Ruellet T, Simon S, Tous Rius A, **2010** Projet COLMATAGE - Couplages bio-morpho-sédimentaires et dynamique à long terme des habitats et peuplements benthiques et ichtyologiques en Seine Aval. **Premières Journées de la Flotte Océanographique Française, 3-4 mars 2010, Marseille, France (Poster)**
- Milinkovitch T, Bado-Nilles A, **Durieux EDH**, Mazurais D, Bégout ML, Loizeau V, Thomas-Guyon H, Les PCBs dégradent-ils l'intégrité fonctionnelle du système immunitaire chez *Solea solea* ? **2009 Le 25ème Forum des jeunes océanographes, 28-29 octobre 2009, La Rochelle, France (Communication Orale)**
- Alizier S, Bacq N, Bassoulet P, Bayona Y, Brind'amour A, Dauvin JC (Coord.), Desroy N, Duhamel S, **Durieux EDH**, Le Hir P, Jestin H, Jourde J, Lafite R, Le Bot S, Lesourd S, Lesueur P, Marion C, Mear Y, Morin J, Poizot E, Lozach S, Ruellet T, Simon S, Tous Rius A, **2009**. Projet COLMATAGE - Couplages bio-morpho-sédimentaires et dynamique à long terme des habitats et peuplements benthiques et ichtyologiques en Seine Aval. **Séminaire Seine-Aval, 8-10 septembre 2009, Rouen, France (Poster)**
- Tous Rius A, Brind'Amour A, Dauvin JC, **Durieux EDH**, Morin J, **2009**. La répartition des ressources alimentaires entre les juvéniles de poissons plats (Pleuronectiformes) de l'estuaire de Seine : Etude par analyse des contenus stomacaux. **Séminaire Seine-Aval, 8-10 septembre 2009, Rouen, France (Communication Orale)**
- Ostrach DJ, Groff JM, **Durieux EDH**, Spearow JL, Walsh JH, Fitzgerald PS, Eder KJ, Chin CC, Whitman GE, Loge FJ, Striped Bass a Sentinel of San Francisco Estuary Ecosystem Health: How Much Stress Can Young Stripers Endure? **19th North California Society of Environmental Toxicology and Chemistry Annual Meeting, 20-21 mai 2009, University of California Davis, USA (Communication Orale)**
- Ostrach DJ, Groff JM, **Durieux EDH**, Spearow JL, Walsh JH, Fitzgerald PS, Eder KJ, Chin CC, Whitman GE, Loge FJ, **2008**. Striped Bass a Sentinel of San Francisco Estuary Ecosystem Health: How Much Stress Can Young Stripers Endure? **5th Biennial CALFED Bay-Delta Program – Global**

Perspectives and Regional Results: Science and Management in the Bay-Delta System, 22-24 Octobre 2008, Sacramento, Etats-Unis (Communication Orale)

Durieux EDH, Farver TB, Eder K, Fitzgerald P, Ostrach DJ, **2008**. Natural Changes in the Acetylcholinesterase Activity of Striped Bass (*Morone saxatilis*) Larvae and Juveniles in the San Francisco Estuary: Factors to Consider when using this Common Neurotoxicity Biomarker. **5th Biennial CALFED Bay-Delta Program – Global Perspectives and Regional Results: Science and Management in the Bay-Delta System, 22-24 Octobre 2008, Sacramento, Etats-Unis (Communication Orale)**

Durieux EDH, Vaught T, Chin C, Fitzgerald P, Whitman G, Hoang R, Ostrach DJ, **2008**. Spawning of Striped Bass (*Morone saxatilis*): an Essential Tool for Evaluating the Effects of Multiple Stressors in the San Francisco Estuary. **5th Biennial CALFED Bay-Delta Program – Global Perspectives and Regional Results: Science and Management in the Bay-Delta System, 22-24 Octobre 2008, Sacramento, Etats-Unis (Poster)**

Durieux EDH, Bégout M-L, Sasal P, **2006**. Infestation *in situ* de juvéniles G0 de sole, *Solea solea* (L.), par *Prosohynchus crucibulum* (Digènes, Bucephalidae) : effets sur la croissance et la condition. **Programme National Environnement Côtier, Colloque "Développements récents de la recherche en environnement côtier", 26-28 June 2006, Nantes, France (Communication Orale)**

Durieux EDH, Arnaud C, Sasal P, Lagardère F, Bégout Anras M-L, **2005**. Infestation parasitaire des juvéniles de *Solea solea* par des métacercaires de Digènes : Variabilité spatiale entre différentes nurseries de la Manche et du Golfe de Gascogne ; Dynamique temporelle dans les pertuis Charentais. **Colloque golfe de Gascogne, 22-24 Mars 2005, Brest, France (Poster)**

11. [Activité de reviewer](#)

Reviewer pour les revues scientifiques internationales suivantes :

- Marine Ecology Progress Series
- Ocean and Coastal Management
- Estuarine, Coastal and Shelf Sciences
- Journal of Sea Research
- Journal of Fish Biology
- International Journal of Fisheries and Aquaculture
- Parasite
- Cybium

III - Activités de recherche doctorale et postdoctorales

1. Résumé synthétique du doctorat

Doctorat Université de la Rochelle – spécialité Océanologie biologique et environnement marin (décembre 2003 – soutenue juin 2007) :

Titre : « Ecologie du système hôte – parasite, juvéniles G0 de sole (*Solea solea*) – métacercaires de Digènes : dynamique et effets de l’infestation » Université de La Rochelle. Co-direction : Dr Marie-Laure Bégout (IFREMER), Dr Pierre Sasal (CNRS). Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés de L’Houmeau et en collaboration avec le Centre de Biologie et d’Ecologie Tropicale et Méditerranéenne, Université de Perpignan.

Résumé court : J’ai réalisé ma thèse à la station IFREMER de L’Houmeau qui portait sur l’écologie du système hôte – parasite, juvéniles G0 de sole (*Solea solea*) – métacercaires de Digènes afin de mieux déterminer la dynamique et l’effet de cette infestation sur les performances individuelles et plus largement sur la fonction de nourricerie des habitats côtiers (baies et estuaires – zone d’étude des pertuis Charentais dans le golfe de Gascogne). Dans ma thèse j’ai adopté une approche multi- échelle en analysant les effets de l’infestation à différentes échelles biologiques individuelles depuis le niveau moléculaire, la physiologie à travers la croissance et la condition et enfin le comportement sur cette espèce de très grand intérêt halieutique en Atlantique Nord Est. L’impact de ce parasitisme s’est révélé relativement faible en termes de pathogénicité pour les juvéniles G0 de sole, cependant celui-ci doit être pris en compte en termes de facteurs de stress. Par ailleurs, la caractérisation de cette interaction hôte-parasite a été l’occasion de décrire au niveau populationnel l’infestation des juvéniles de soles par les parasites Digènes en lien avec leurs cycles de vie complexe en termes de dynamique temporelle ainsi que de variabilité spatiale à différentes échelles. J’ai montré que ces parasites se révèlent des marqueurs naturels particulièrement puissants dans l’étude de l’utilisation de l’habitat et des déplacements des juvéniles de sole. Ces éléments nouveaux ont alors pu être pris en compte pour l’évaluation de la qualité des habitats côtiers pour les juvéniles de sole du stock du golfe de Gascogne.

2. Synthèse des travaux postdoctoraux

Jan 2008 – Déc 2008 : Postdoctorat au John Muir Institute of the Environment, Pathobiology, Conservation & Population Biology Laboratory University of California Davis, USA

Supervision : Dr David J Ostrach et Dr Inge Werner (UCD)

Sujet : « Multi-stresseurs et rôle des contaminants dans le déclin de la population de bar rayé, *Morone saxatilis*, dans l’estuaire de San Francisco ». Interagency Ecological Program : Pelagic Organisms Decline

Ce postdoctorat était impliqué dans un large projet de recherche qui visait à évaluer le rôle des facteurs de stress multiples dans le déclin de la population de bar rayé (*Morone saxatilis*) de l’estuaire de San Francisco. Ce projet visait à identifier les voies d’accumulation et les effets des contaminants en relation avec d’autres facteurs de stress aux différentes étapes du cycle de vie de l’espèce (stades embryonnaires, larvaires et juvéniles et adultes). Les transferts maternels de

contaminants représentent une voie majeure de contamination pour les larves. Ainsi un effort particulier a été mené pour évaluer les effets des contaminants organiques contenus dans les oeufs sur le développement larvaire. La reproduction du bar rayé a été conduite en structure contrôlée et le développement larvaire était comparé entre la descendance d'un stock de géniteurs sauvages (dont les contaminants dans les œufs sont mesurés) et un stock de géniteurs contrôle issu d'une 3^{ème} génération. Pour les juvéniles les paramètres biologiques croissance, histopathologie, biomarqueurs d'exposition aux contaminants étaient mesurés sur les individus prélevés en milieu naturel et mis en relation avec les paramètres environnementaux et facteurs de stress. La composition des mixtures complexes de contaminants dans l'eau en milieu naturel était mesurée grâce à l'utilisation de membranes perméables qui captent les contaminants de type lipophile (Semi-Permeable Membrane Devices : SPMDs) et hydrophile (Polar Organic Chemical Integrative Samplers : POCIS). Enfin, en parallèle l'utilisation de l'habitat par les adultes était étudiée par microchimie des otolithes (les isotopes du Sr) afin de mettre en relation les périodes passées en eau douce, estuarienne et marine avec les teneurs en contaminants métalliques et organiques.

J'ai particulièrement contribué à la mise au point de biomarqueurs d'exposition et d'effets face aux contaminants. L'activité de l'acétylcholinestérase (AChE) est l'un des biomarqueurs de neurotoxicité les plus couramment utilisés chez les organismes aquatiques. L'inhibition de l'activité de l'AChE a été mise classiquement en relation avec des contaminations aux pesticides organophosphates et carbamates mais aussi des contaminations aux HAPs, métalliques et à certains herbicides. Or très peu d'études ont porté sur les effets des facteurs naturels sur l'activité de l'AChE chez les poissons et en particulier en milieu estuarien. Mon objectif était donc de mettre en évidence l'influence de facteurs extrinsèques (température et salinité) et intrinsèques (taille/âge) sur l'activité de l'AChE chez les larves et les juvéniles de bar rayé. J'ai montré que l'activité de l'AChE était fortement contrôlée par le stade de développement et la taille chez les larves alors que chez les juvéniles la taille n'influeait que très peu et la température de l'eau était le facteur majeur. Suite à ces résultats, il est fortement recommandé de prendre en compte ces facteurs naturels pour l'utilisation de l'AChE comme biomarqueur de neurotoxicité dans les réseaux de biosurveillance. D'autre part, je me suis intéressé à l'utilisation du cytochrome P4501A (CYP1A), une monooxygénase qui a un rôle essentiel dans la métabolisation de nombreux xénobiotiques et en particulier les HAPs et PCBs. La mesure de l'induction de CYP1A dans les organismes constitue un puissant marqueur de l'exposition de la faune aquatique à ces xénobiotiques. L'objectif de cette étude était de comprendre la dynamique de l'induction de CYP1A à différents niveaux biologiques individuels (expression de gène / protéine / activité catalytique) suite à une exposition à un HAP modèle (betanaphtoflavone). Cette approche permettait de définir le panel d'utilisation des différents biomarqueurs CYP1A chez le bar rayé. Les résultats montrent des cinétiques très différentes entre les différents compartiments pour CYP1A : l'expression du gène présentait un pic à 6 h post-exposition suivi par une chute rapide ; la quantité de la protéine augmentait progressivement jusqu'à 8 jours post-exposition ; alors que l'activité catalytique de la protéine présentait un pic à 2 jours post-exposition puis diminuait progressivement. Ces résultats ont trouvé leur application directe dans le programme de biosurveillance mené sur cette espèce dans l'estuaire de San Francisco.

Mars 2009 – Août 2010 : Postdoctorat au Laboratoire Écologie et Modèles pour l’Halieutique, IFREMER Nantes

Supervision : Dr Anik Brind’Amour (IFREMER)

Sujet : « Étude de l’organisation spatiale et fonctionnelle de la mosaïque d’habitats pour les communautés de poissons benthiques et démersaux de l’estuaire de la Seine », programme GIP Seine Aval COLMATAGE

Les nourriceries estuariennes se composent de multiples habitats tels les fonds sablonneux, vasières, chenaux de marée, zones subtidales ou intertidales. En répondant aux différents besoins écologiques des espèces pour notamment assurer leur survie et optimiser leurs principales fonctions biologiques, ces multiples habitats favorisent le recrutement et la diversité au sein de ces écosystèmes. La majorité des recherches portant sur les nourriceries se concentre sur un type d’habitat (*e.g.* vasière) en s’abstenant de considérer les habitats voisins, négligeant ainsi les interactions potentielles entre habitats et leur fonctionnement commun. La focalisation sur un seul type d’habitat permet difficilement d’expliquer les variations spatio-temporelles des espèces et encore moins d’anticiper les changements de fonctionnement face à des modifications environnementales.

Afin de mieux comprendre les interactions trophiques gouvernant la structuration des communautés de poissons au sein des différents habitats de l’estuaire de Seine, le premier objectif était d’étudier l’évolution du couplage spatial entre les communautés de poissons benthodémersaux (prédateurs) et les communautés d’invertébrés benthiques (proies) à partir de données historiques (1995-2002) collectées dans le cadre du projet COLMATAGE. Deux jeux de données ont été utilisés : un jeu de données « poissons » collectées à partir d’une même campagne annuelle automnale effectuée sur des sites réguliers ; un jeu de données « benthos » collectées à partir de campagne différentes menées à différentes saisons et à divers sites d’échantillonnage. Ainsi, une approche méthodologique spécifique de couplage de deux tableaux de données à patrons d’échantillonnage spatial différents a donc été développée. Les deux jeux de données ont été liés chaque année par une matrice de voisinage en utilisant une approche à trois tableaux (« Spatial RLQ » et « quatrième coin »). La matrice de voisinage a été obtenue par l’intersection de polygones créée par tessellation de Voronoï autour de chaque point chaque année. Cette approche méthodologique réalisée en langage R a permis de mettre en évidence graphiquement les associations spatiales entre poissons et benthos à travers des cartes (méthode « Spatial RLQ ») et d’obtenir des tableaux de corrélations (méthode « quatrième coin ») entre chaque taxons ou groupes fonctionnels définis. Les résultats ont montré une stabilité de certaines associations au cours du temps précisément pour les peuplements de l’estuaire externe ; ainsi une variabilité inter-annuelle des interactions entre poissons et benthos a pu être mise en évidence au niveau de l’estuaire interne et semble être liée aux variations de débit et au déplacement du panache estuarien. Cette étude est une contribution à une meilleure définition des habitats des poissons benthodémersaux dans l’estuaire de Seine.

Dans une approche plus fonctionnelle, le deuxième objectif, complémentaire du premier, visait à analyser la distribution spatiale et l’utilisation de différents habitats par trois espèces de poissons plats (*Solea solea*, *Pleuronectes platessa* et *Buglossibium luteum*) par combinaison de marqueurs naturels (isotopes stables C et N, microchimie des otolithes et parasites) à l’échelle de l’estuaire de Seine (à partir d’échantillons prélevés spécifiquement dans le cadre de campagne COLMATAGE en 2008 et 2009). Ces trois espèces de poissons plats sont représentatives en distribution spatiale et en utilisation fonctionnelle de l’estuaire – baie de Seine. Les poissons plats sont connus pour être relativement sédentaires et particulièrement liés au fond à la fois en terme d’habitat physique mais aussi en terme de ressources trophiques étant donné qu’ils se nourrissent principalement

d'invertébrés benthiques. La méthodologie proposée pour estimer la connectivité entre habitats s'est appuyée sur l'utilisation de marqueurs naturels. Ces marqueurs consistent en des caractéristiques naturelles des organismes acquises au cours du temps et spécifiques de zones géographiques délimitées. Ces marqueurs permettent ainsi de reconstruire les mouvements des individus : ils agissent comme des « bio-loggers » naturels. Chacun de ces marqueurs a ses propres limitations en terme de résolution spatio-temporelle et méthodologique. Ainsi afin d'améliorer le signal individuel, l'utilisation combinée de plusieurs marqueurs a été envisagée : microchimie des otolithes, des parasites et les indicateurs trophiques isotopes stables (Carbone et Azote). En terme de résultats, l'utilisation des parasites comme marqueurs s'est révélée infructueuse dans ce cas d'étude étant donné qu'aucune structuration spatiale n'a pu être détectée dans ce système estuarien particulièrement dynamique. Par contre les résultats en termes de composition multi-élémentaire des otolithes et d'isotopes stables montraient de grandes différences entre espèces ainsi qu'une forte structuration spatiale au sein de l'estuaire pour chaque espèce.

Les actions menées à travers ces deux parties et approches méthodologiques du projet ont permis de mieux comprendre l'organisation spatiale et fonctionnelle de la mosaïque d'habitats pour les communautés de poissons benthiques et démersaux de l'estuaire de la Seine.

IV - Activités de recherche en tant que MCU à l'UCPP

1. Contexte, problématique et approche scientifique

Les écosystèmes marins fournissent une variété de biens et de services essentiels à l'humanité à travers par exemple la production de nourriture, le cycle des nutriments, l'effet tampon des phénomènes hydro-climatiques, la production de molécules pour la bio-technologie (Costanza et al., 1997 ; Worm et al., 2006 ; Palumbi et al., 2009). Les poissons sont exploités par l'homme depuis toujours et constituent une source de nourriture importante. Le groupe des « poissons » (Chondrichthyens et Téléostéens) est le groupe de vertébrés le plus diversifié et s'étend sur une grande partie des niches écologiques aquatiques. Les « poissons » représentent un groupe animal particulièrement intégrateur dans les écosystèmes aquatiques et marins en particulier. Le groupe dit des poissons est donc considéré comme un très bon indicateur de l'état de santé global des écosystèmes marins (Sheaves et al., 2012 ; Shin et al., 2018). Les poissons sont répartis dans les réseaux trophiques depuis les consommateurs primaires (herbivores) jusqu'aux prédateurs supérieurs. Les poissons représentent ainsi une forte composante de la biodiversité marine. De par leur mobilité, les poissons sont également des vecteurs d'exportation de matière et d'échange entre populations et habitats, c'est à dire de connectivité entre différents systèmes écologiques.

La gestion durable des ressources halieutiques est au cœur des problématiques écologiques actuelles mondiales. Les stocks halieutiques exploités représentent ainsi une part importante de l'apport en protéines pour les populations humaines (FAO, 2020). Or, la production halieutique marine au niveau mondial plafonnent depuis la fin des années 80, autour de 90 millions de tonnes par an (FAO, 2020). Les poissons représentent de loin la majorité des groupes taxonomiques exploités avec environ 85% de la production halieutique marine mondiale (FAO, 2020). La situation est particulièrement critique étant donné que la plupart des stocks halieutiques marins évalués à travers le monde, soit 90%, sont soit pleinement exploités (environ 60%), soit surexploités (environ 30%), avec un pourcentage de stocks surexploités qui n'a cessé d'augmenter depuis les années 70 et la mise en place des évaluations de stocks. Il existe ainsi un déclin généralisé de ces populations halieutiques, associé à des changements drastiques dans les réseaux trophiques et donc dans le fonctionnement des écosystèmes marins (Pauly et al., 1998 ; Pauly et al., 2002 ; Cury et al., 2008).

La situation des ressources halieutiques en Méditerranée est à cet égard particulièrement préoccupante (Colloca et al., 2013 ; Colloca et al., 2017). Parmi les différentes zones géographiques exploitées à l'échelle mondiale, la Méditerranée est l'une des plus anciennes. Les ressources halieutiques y étaient déjà exploitées à grande échelle par les différentes civilisations antiques (*e.g.* Egyptiens, Grecques, Phéniciens et Romains), et on peut noter que la civilisation romaine maîtrisait déjà presque toutes les techniques de pêche encore utilisées actuellement. Comme partout dans le monde, l'apparition de la pêche industrielle au cours du 20ème siècle a conduit à une très forte augmentation de l'effort de pêche due à la motorisation, l'augmentation de la taille des navires, l'amélioration des engins de pêche et la technologie pour le positionnement et de détection des ressources halieutiques. Ainsi la Méditerranée fait partie des zones les plus exploitées au monde en termes de tendances de l'évolution des captures, le maximum de captures ayant été atteint au courant des années 1980 avec environ 2 millions de tonnes par an, et depuis est observée une diminution essentiellement en lien avec la diminution des ressources halieutiques, les captures étant actuellement estimées à plus de 1 million de tonnes par an (FAO-GFCM, 2020 ; Sea around us 2022). La situation est alarmante étant donné que plus de 60% des stocks évalués sont surexploités (FAO-

GFCM 2020). En outre, les évaluations de stock y sont relativement peu développées, par rapport à d'autres zones dans le monde et notamment à l'Atlantique Nord-Est. Ainsi, environ 75% des espèces débarquées sont tout simplement non-évaluées en Méditerranée (Lleonart, 2015). Par ailleurs une forte dichotomie en termes d'efficience de gestion des pêches existe au niveau Européen entre l'Atlantique Nord Est et la Méditerranée (Cardinale et al., 2017). Actuellement les évaluations de stocks pour les espèces démersales en Méditerranée portent quasiment uniquement sur des espèces prélevées au chalut de fond avec une situation très critique sur ces pêcheries industrielles à semi-industrielles étant donné que 95% des stocks évalués sont estimés surexploités (Osio et al., 2015). A cet égard la situation sur les stocks de la Méditerranée orientale et de la mer noire incluant les stocks pélagiques est alarmante (Demirel et al., 2020).

Dans le monde, les petites pêcheries ou pêche artisanale (Small Scale Fishery) constituent des modèles d'exploitation halieutique généralement bien plus durables que la pêche industrielle (Large Scale Fishery) (Andrew et al., 2007 ; Jacquet & Pauly, 2008). En Méditerranée, la pêche artisanale joue un rôle social et économique de premier plan. Elle représente plus de 80% de la flotte de pêche, emploie au moins 60% des travailleurs directement engagés dans les activités de pêche à bord et contribue à environ 25% de la valeur totale des débarquements provenant des pêches de capture dans la région (FAO-GFCM, 2020). Il n'existe à ce jour quasiment pas d'évaluation de stock pour les espèces capturées par la pêche artisanale aux petits métiers côtiers en Méditerranée. La pêche artisanale en Méditerranée est essentiellement représentée par une pêcherie multi-engins, multi-spécifique et saisonnière (Farrugio et al., 1993). La caractérisation et la quantification de la pêche artisanale en Méditerranée constitue un enjeu majeur pour la gestion durable des ressources halieutiques en Méditerranée et fait partie intégrante des objectifs principaux du Plan d'Action Régional pour la Pêche Artisanale en Méditerranée et Mer Noire porté par la CGPM.

A l'échelle mondiale la pêche récréative est en plein essor avec une augmentation de cette pratique ainsi que de ses prélèvements (Arlinghaus et al., 2018 ; Brownscombe et al., 2019). En outre la pêche récréative se développe également en Méditerranée avec un effort de pêche déjà très significatif (nombre de bateaux et moyens techniques) (e.g. Font & Lloret, 2014 ; Keramidas et al., 2018 ; Giovos et al., 2018 ; Lloret et al., 2019 ; Gordo et al., 2019) et celui-ci pourrait potentiellement encore augmenter ces prochaines années. L'ensemble de ces études préconisent une meilleure réglementation et intégration de la pêche récréative dans la politique globale de gestion des ressources halieutiques.

Dans l'océan mondial, la mer Méditerranée se distingue notamment par les caractéristiques physiques suivantes : un bassin océanique quasi-fermé, de faibles marées, située entre des latitudes tempérées et des latitudes subtropicales, un climat très contrasté et des variations extrêmement marquées des apports des bassins versants. La Méditerranée représente une entité écologique à part entière, remarquable de par sa biogéographie et sa très forte biodiversité par rapport à sa surface (estimation autour de 10% des espèces marines mondiales). Cette mer essentiellement oligotrophe se trouve ainsi particulièrement vulnérable face aux nombreuses pressions anthropiques auxquelles elle est soumise, telles que la pollution, eutrophisation, la surexploitation des ressources, la forte croissance démographique et le transport maritime dense, et d'autant plus dans le contexte du changement global (Coll et al., 2012). La Méditerranée est un hotspot de biodiversité en particulier en termes de diversité de poisson avec entre 4 et 18% de toutes les espèces de poissons marins et un taux d'endémisme de 8,8% d'après Quignard & Tomasini (2000). Lasram et al. (2009) qui ont recensé à l'époque 619 espèces présentent les patrons spatiaux de diversité des poissons à travers la Méditerranée. La diversité de poisson est estimée à environ 650 espèces (Coll et al., 2010). En termes de biodiversité, il faut également noter que la Méditerranée présente un nombre d'espèces

exogènes important (environ 116 espèces) qui est en augmentation régulière et qui menace son équilibre en particulier chez les poissons (Coll et al., 2010). La xénodiversité de poissons est ainsi représentée par des espèces lesseptiennes issues de la mer rouge (via le Canal de Suez) et des herculéennes issues de l'Atlantique (via le détroit de Gibraltar) (Quignard, 2011).

Les îles sont souvent considérées comme des laboratoires naturels pour les études biologiques et écologiques (Pinheiro et al., 2017). L'isolement géographique et l'accès limité des îles offrent des opportunités uniques pour, entre autres, suivre et évaluer les effets des activités de pêche sur les communautés naturelles dans une optique de gestion durable des ressources halieutiques. La Corse est la quatrième plus grande île du bassin avec un littoral de 1000 kilomètres et est située dans le nord-ouest de la mer Méditerranée. La Corse avec sa géomorphologie très variée concentre sur son territoire insulaire la majeure partie des différents habitats et organismes caractéristiques de la Méditerranée, et ce, dans un état de préservation encore remarquable et ainsi d'autant plus sensible à l'évolution des pressions anthropiques et d'autant plus dans un contexte de changement climatique. Cette île abrite ainsi une grande biodiversité dont de très nombreuses espèces d'intérêt halieutique (Miniconi, 1989, 2001). La pêche en Corse a toujours été pratiquée de manière artisanale et celle-ci n'a jamais subi de pression directe de la pêche industrielle. De plus il est à noter que le nombre de pêcheurs professionnels est en déclin depuis les années 1950. La Corse présente ainsi un des niveaux de pressions de pêche professionnelle les plus faibles en Méditerranée (Relini et al., 1999 ; Le Manach et al., 2011 ; Colloca et al., 2017). Cependant la pêche récréative y est bien implantée avec une pression touristique importante, ce qui nécessite la prise en compte de cette pression de pêche supplémentaire dans la caractérisation et évaluation de la pêche. Le modèle insulaire que représente le littoral de la Corse est ainsi particulièrement pertinent en terme d'unité géographique en écologie des populations et en écologie halieutique pour les notions de délimitation de stock mais aussi de connectivité avec le reste de la Méditerranée occidentale.

Mon modèle d'étude biologique porte principalement sur les poissons marins au sens large. L'étude des poissons est l'ichtyologie (des termes grecs : ἰχθύς, ikthus, « poisson » ; et λόγος, logos, « discours »), ainsi en parlant de poissons, on trouvera également le termes d'ichthyofaune, de diversité, de peuplement ou de communautés ichthyiques ou ichtyologiques. Ainsi il convient de définir à quoi correspond exactement ce groupe en termes de diversité spécifique et de classification en particulier au niveau phylogénétique. L'origine des « poissons » se confond avec celle des Vertébrés, il y a environ 500 millions d'années. En effet, les « poissons » sont le groupe de Vertébrés (Embranchement : Chordata) le plus diversifié avec 34 703 espèces actuellement répertoriées au niveau mondial d'après FishBase en 2021 (Froese & Pauly, 2021) réparties entre écosystèmes dulçaquicoles et écosystèmes marins. Les « poissons » ne correspondent pas à un groupe uniforme en termes de classification taxonomique, car au niveau phylogénétique ils ne constituent pas à un groupe monophylétique mais ils appartiennent en réalité à plusieurs branches correspondant ainsi à des évènements évolutifs distincts (Lecointre et al., 2010 ; Nelson et al., 2016). Parmi les « poissons » on peut ainsi distinguer les poissons sans mâchoires (groupe des Agnatha) avec les lamproies (Classe : Cephalaspidomorphi) et les myxines (Classe : Myxini) ; et les poissons avec mâchoire (groupe des Gnathostomata) regroupant i) les poissons cartilagineux (Classe : Chondrichthyes) avec les requins et les raies aussi connus sous le nom d'Elasmobranches (Sous-classe : Elasmobranchii) et les poissons chimères (Sous-classe : Holocephali), ii) les poissons osseux (Méga-classe : Osteichthyes) avec les poissons à nageoires charnues et plus largement les Vertébrés à membres charnus (Super-classe : Sarcopterygii¹) dont les seuls représentants poissons actuels sont les dipneustes (Dipnoi) et les coelacanthes (Coelacanthes) et enfin les poissons à nageoires rayonnées (Super-classe : Actinopterygii). Bettancur-R et al. (2017) présentent la dernière version de la classification phylogénétique complète des poissons osseux pour l'ensemble de la Méga-classe des Osteichthyes.

Les Téléostéens (Infra-Classe : Teleostei) est de loin le groupe le plus diversifié parmi les Actinopterygii et représentent 96% des espèces de poissons à l'heure actuelle avec environ 33 000 espèces. Ils sont si nombreux et variés qu'il vaut mieux se demander quels poissons ne sont pas des Téléostéens (Lecointre et al., 2010). Les poissons non-téléostéens sont considérés comme des reliques au niveau évolutif car ils présentent des caractères primitifs au sein de leurs groupes et leur abondance jadis était bien supérieure à ce qu'elle est aujourd'hui.

Les sciences halieutiques ont débuté à la fin des années 1850, et ont longtemps traité les stocks de poissons de manière monospécifique prenant peu en compte l'influence des facteurs environnementaux sur le recrutement et les relations interspécifiques au sein des écosystèmes (Jennings et al., 2009). Il s'agissait de sciences traitant de la biologie de l'exploitation avec très peu de prise en compte des processus écologiques. Les sciences halieutiques sont par ailleurs très structurées avec dès les années 1950 des statistiques collectés au niveau national et international par la FAO dans le cadre des Nations Unies et la mise en place de nombreuses commissions internationales regroupant les pays ayant des pêcheries et stocks communs et réalisant des évaluations de stocks communes en particulier pour ce qui concerne les stocks exploités par la pêche industrielle. L'approche au niveau mono-spécifique reste nécessaire et un préalable mais celle-ci n'est souvent pas suffisante. A partir des années 90, les sciences halieutiques ont ainsi opéré une profonde mutation s'inscrivant dans la gestion écosystémique (*Ecosystem Based Management*) et ainsi spécifiquement l'approche écosystémique des pêches (*Ecosystem Approach to Fisheries*) qui prend en compte l'ensemble des habitats, communautés et réseau trophique de l'écosystème exploité par la pêche. Cette approche écosystémique a été mise en avant par les différentes politiques environnementales, au niveau mondial (FAO), au niveau européen cela est notamment implémenté dans la Politique Commune des Pêches (EC, 2013) et dans la Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (EC, 2008) et plus récemment dans la Directive Cadre pour la Planification de l'Espace Maritime (EC, 2014).

L'écologie halieutique (*Fisheries Ecology*) en plus des sciences halieutiques « classiques », prend en compte l'ensemble des processus biologiques et physiques faisant appel à l'écologie marine et à l'océanographie, qui ont un effet ou sont en interaction avec les populations et communautés exploitées par la pêche.

Mon approche scientifique se place ainsi aux différents niveaux d'intégration biologique individuel, populationnel et écosystémique et s'inscrit pleinement dans la gestion durable des ressources halieutiques. Mes thèmes de recherche concernent l'écologie des populations d'intérêt halieutique et/ou patrimonial (principalement les poissons marins) en termes de traits d'histoire de vie, d'influence des facteurs environnementaux, de structure et de dynamique de population, d'exploitation, et d'approche écosystémique.

J'ai ainsi décliné mon travail de recherche dans les quatre axes suivants :

i) Traits d'histoire de vie

En premier lieu, j'étudie les traits d'histoire de vie tels que l'âge, la croissance et la reproduction chez ces différentes espèces d'intérêt afin de mieux définir les paramètres qui contrôlent la dynamique de ces populations en vue d'une approche quantitative. Je cherche ici également à comprendre comment les individus sont exposés à différentes pressions environnementales naturelles et/ou anthropiques et éventuellement comment cela peut influencer leurs traits d'histoire de vie.

ii) Structure de population, habitats et connectivité

Le but est de mieux comprendre la structure et l'organisation des populations de ces espèces à différentes échelles spatiales et temporelles ainsi que leur connectivité. J'utilise pour cela différentes approches méthodologiques dans l'étude de ces populations avec la combinaison de plusieurs marqueurs (e.g. génétique, otolithe, parasites, éléments traces, marquage électronique) afin de mieux délimiter les unités populationnelles, les habitats essentiels (i.e. frayères et nurseries) utilisés au cours du cycle de vie et la connectivité. La connectivité est également abordée à travers la dispersion larvaire via l'utilisation de modèles de dispersion lagrangienne basés sur la courantologie. Cette thématique sur la structure spatiale et la connectivité trouve ainsi des applications directes en termes de gestion spatialisée et de meilleure connaissance de la dynamique spatio-temporelle.

iii) Exploitation par la pêche et approche écosystémique

L'objectif est de mieux caractériser (métiers, engins, captures) et quantifier (Effort, CPUE, production) la pêche afin de mieux appréhender le prélèvement sur les ressources halieutiques à travers la mortalité dû à la pêche dans la dynamique de population et ainsi viser la durabilité de l'exploitation. Je travaille ainsi en particulier sur la pêche professionnelle qui en Corse est représentée quasi-uniquement par la pêche artisanale et sur l'interaction avec la pêche récréative dont l'effort de pêche est désormais à prendre en considération. Je développe l'approche au niveau écosystémique afin de prendre en compte l'ensemble du réseau trophique en interaction avec les espèces exploitées et fournir des outils d'aide à la décision pour la gestion durable des ressources halieutiques en Corse et plus largement en Méditerranée.

iv) Elevage et restauration de population d'espèces d'intérêt

Dans le cadre des orientations thématiques de la plateforme Stella Mare sur l'ingénierie écologique marine et littorale, je travaille également sur la restauration écologique active en milieu marin en tant qu'outil de gestion en particulier la restauration de population sur des espèces de poissons ayant un statut de conservation (i.e. denti et corb).

Ces axes de recherche seront introduits au niveau thématique et illustrés par différents cas d'études sélectionnés issus de mes travaux traitant principalement des poissons marins méditerranéens. Par ailleurs, avant de détailler ce travail par axes de recherche, un focus sur le modèle biologique espèce d'intérêt halieutique, denti *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) sera fait car celui-ci est repris tout au long des différents axes de recherche et constitue l'espèce sur laquelle j'ai le plus travaillé ces 10 dernières années.

NB : les travaux de recherche présentés ici correspondent à une sélection thématique cohérente issue d'une douzaine de projets de recherche différents ou collaboration de recherche. L'intégralité de mes travaux de recherche est listée dans chaque section. Chacune des sections présentées ici font systématiquement l'objet d'une valorisation sous forme d'article scientifique publiés (n = 16), soumis en révision ou acceptés (n = 5) et exceptionnellement encore sous forme d'article en préparation (n = 2). Ces travaux ont impliqué / impliquent en termes de valorisation plusieurs postdoctorants, Ingénieurs, techniciens et incluent une thèse soutenue Michel Marengo (2015) et deux thèses en cours (Salomé Ducos démarrée en 2019 et Céline Barrier démarrée en 2021) et d'un grand nombre de stages de M2 (**cf I-6**).

2. Le denti *Dentex dentex* : un modèle biologique espèce d'intérêt halieutique par excellence

Le modèle biologique sur lequel j'ai le plus travaillé ces 10 dernières années est le denti commun, plus couramment appelé denti, *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) (**Fig. 2**), qui est un poisson marin côtier (0-200m) emblématique et patrimonial en Méditerranée appartenant à la famille des Sparidés. **J'ai développé sur le denti, l'ensemble des approches individuelles, populationnelles et espèce replacée dans son écosystème.**

Cette espèce fait partie des différentes espèces d'intérêt sur lesquelles nous travaillons à la plateforme Stella Mare et qui ont été choisies en concertation avec les professionnels de la mer de la pêche à travers le CRPMEM de Corse et de l'aquaculture à travers le Syndicat des Aquaculteurs Corses. Je suis ainsi responsable du programme Denti à Stella Mare depuis son début, c'est-à-dire fin 2011. Le programme DENTI comporte un volet halieutique (**cf IV-3., 4., 5.**) et un volet zootechnique sur l'élevage de l'espèce (**cf IV-6.1.**). A partir de 2017 le volet halieutique sur le denti a été traité dans de différents programmes halieutiques plus larges et souvent multi-espèces.

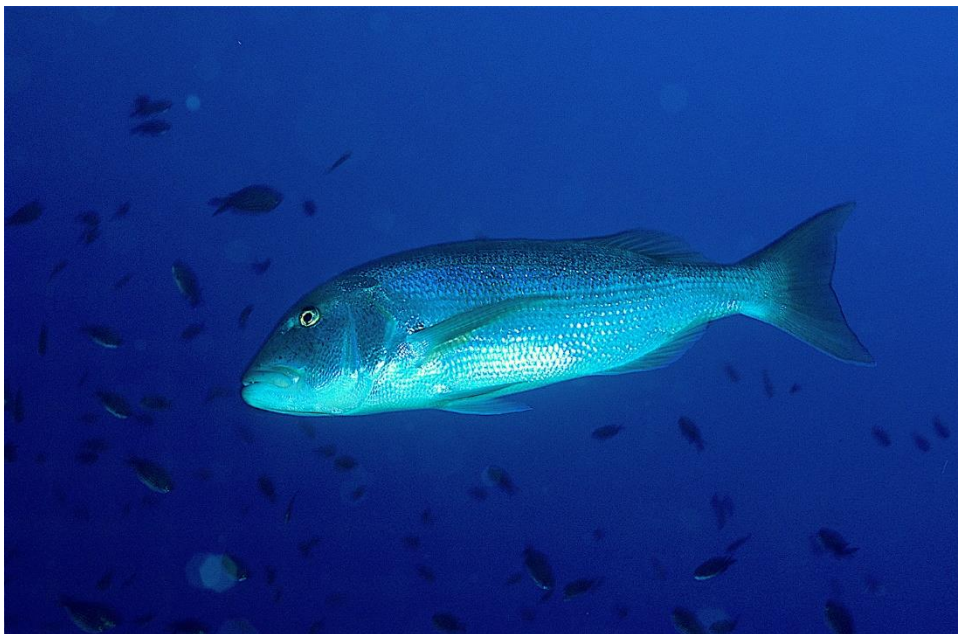


Figure 2 : Photo d'un denti *Dentex dentex* (Linnaeus, 1759) en pleine eau en Corse (Photo © Georges Antoni).

Le denti est un poisson benthopélagique de grande taille (jusqu'à 1m et jusqu'à 14 kg) dont la longévité est importante (supérieure à 30 ans) (Baudouin et al., 2016) (**cf IV-3.1.**). Il représente un intérêt économique important pour la pêche professionnelle artisanale notamment en Corse (Marengo et al., 2014, 2015, 2016) (**cf IV-5.1., 5.2.**). Le denti est aussi particulièrement ciblé par la pêche récréative mais jusqu'à nos travaux (Marengo et al., 2015) (**cf IV-5.2.**) il n'existait pas de réelle estimation de ce prélèvement. Par ailleurs en tant que prédateur supérieur piscivore, le denti occupe une position clé au sommet de la pyramide trophique et constitue donc une espèce indicatrice de la structure et du fonctionnement des écosystèmes côtiers dont il dépend. Le denti focalise ainsi des

intérêts environnementaux, sociétaux et économiques certains en Méditerranée et en particulier en Corse.

Dès le début de mon activité en tant qu'enseignant-chercheur à l'Université de Corse, j'ai ainsi été à l'initiative d'un sujet de thèse de doctorat portant sur l'écologie halieutique du denti en Corse (**cf I-6.1.**), qui a été réalisée par Michel Marengo et soutenue en 2015.

Michel Marengo 2012-2015. Exploitation, biologie et structure de la population du denti, *Dentex dentex*, en Corse (Méditerranée Nord Occidentale). 149 p. thèse de doctorat. Université de Corse (Directeur de thèse B Marchand - **Co-directeur de thèse EDH Durieux**)

Il faut noter que Malgré son importance écologique et économique, mis à part une publication de référence sur l'espèce en milieu naturel (Morales-Nin & Moranta, 1997) portant sur les traits d'histoire de vie et le régime alimentaire du denti dans les îles Baléares, les données disponibles sur cette espèce au niveau halieutique restaient encore très limitées. En outre la littérature sur l'élevage de cette espèce est par contre très abondante (**cf IV-6.1.**).

Ainsi tout d'abord, nous avons réalisé un travail de synthèse afin de compiler l'ensemble des informations parcellaires existantes (études multi-espèces et littérature grise) et fixer les axes de recherche pertinents visant à combler les manques. Une synthèse sur les connaissances existantes sur la biologie, l'exploitation, et la structure de population de cette espèce a ainsi été réalisée (Marengo et al., 2014) et est référencée ici :

Marengo M, Durieux EDH, Marchand B, Francour P, (2014) **A review of biology, fisheries and population structure of *Dentex dentex* (Sparidae).** *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24: 1065-1088. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9363-9>

En termes de statut de conservation, le denti figure actuellement sur la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), en étant considéré comme menacé et classé comme Vulnérable au niveau Méditerranée (Bizsel et al., 2011), Europe (Russel, 2014) et global (Carpenter & Russel, 2014). Par ailleurs, le denti est le seul Sparidé classé Vulnérable et considéré menacé en Méditerranée (Malak et al., 2011). Au niveau global, ce classement se base à partir des données FAO sur une diminution importante des captures sur les 30 dernières années sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce, *i.e.* Méditerranée et proche Atlantique. Ainsi, un déclin global de la population a été estimé avoir dépassé 30 % depuis les 3 dernières générations de l'espèce (*i.e.* : 36 ans ; une génération étant estimée à 12 ans pour cette espèce). L'espèce a ainsi été listée comme Vulnérable selon le critère A2bd. Parmi les menaces majeures relevées par l'UICN, cette espèce est un important poisson de consommation et la destruction des habitats et la surexploitation sont considérées comme des menaces dans certaines parties de son aire de répartition. *Dentex dentex* est une espèce vulnérable à la pêche de par ses traits d'histoire de vie incluant sa longévité, sa grande taille, sa croissance faible au-delà des premières années de vie et son potentiel reproducteur maximal atteint tardivement. Cependant à l'heure actuelle, le denti ne fait l'objet d'aucune réglementation spécifique au niveau national ou régional. Nos travaux apportent de nombreux éléments de connaissances et ont permis de faire un certain nombre de préconisations sur sa gestion et le besoin d'évolution de sa réglementation (**cf IV-7.1.**).

La thèse effectuée par Michel Marengo, a largement contribué à l'avancée des connaissances sur la biologie (traits d'histoire de vie), l'écologie (structure spatiale) et l'exploitation de l'espèce (pêche professionnelle et récréative) en Corse. Par la suite j'ai ainsi poursuivi l'étude du denti dans des programmes de recherche en écologie halieutique afin d'améliorer les connaissances sur la structure

de population à travers l'aire de répartition, la cartographie des habitats essentiels, les suivis d'abondance, la dynamique spatio-temporelle, développer une approche quantitative sur la population à travers l'évaluation de stock et enfin d'intégrer l'espèce dans son écosystème à travers la modélisation du réseau trophique. J'ai mené et mène ces actions sur le denti à travers les programmes MoPaMFish, Moonfish et DENTALE notamment.

Comme la plupart des poissons marins côtiers, le denti a un cycle de vie (**Fig. 3**) passant par une phase larvaire pélagique et une phase juvénile et adulte côtière en relation avec le fond. Les adultes vivent sur des fonds rocheux ou herbiers de posidonie principalement de 20 à 100m. Le denti est une espèce gonochorique mais quelques cas d'individus hermaphrodite simultanés rudimentaires ont déjà été observés. La maturité sexuelle est atteinte entre 2 et 4 ans avec une L50 de 35cm pour les femelles et de 34cm pour les mâles (Grau et al., 2016). Les adultes se reproduisent de mars à juin avec un pic en avril et mai en Méditerranée Nord Occidentale (Grau et al., 2016), sur des frayères localisées (**cf IV-4.1.4.**). Les œufs sont pélagiques et la phase larvaire dure au moins une trentaine de jours. Les postlarves colonisent les zones côtières peu profondes où les juvéniles vont se développer en particulier dans les zones d'herbiers de posidonies et de zones mixtes herbiers et roche. Les juvéniles de l'année (G0) vont rester sur des fonds inférieurs à 10m puis les années suivantes les individus G1-G2 peuvent se retrouver entre 10 et 40 m de profondeur.

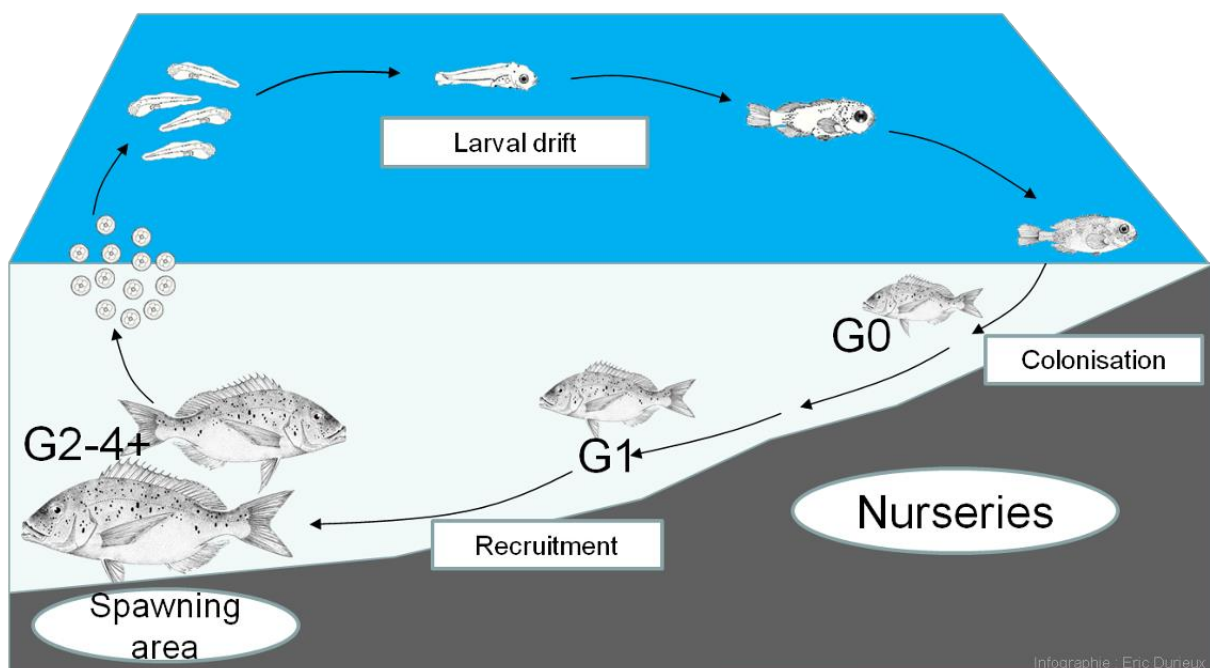


Figure 3 : Schéma représentant le cycle de vie du denti *Dentex dentex* avec les différents ontogéniques et les principaux habitats essentiels.

Par ailleurs, il faut préciser que suite à ces travaux et approches sur le denti, j'ai étendu l'approche et les investigations sur d'autres espèces de poissons marins d'intérêt en particulier le mérrou *Epinephelus marginatus* et le corb *Sciaena umbra*, l'espadon *Xiphias gladius*, le chapon *Scorpaena scrofa* et également l'anguille *Anguilla anguilla*. Je travaille également sur d'autres groupes taxonomiques que les poissons, à savoir différents invertébrés d'intérêt halieutique tels que : l'oursin violet *Paracentrotus lividus*, le homard européen *Homarus gammarus*, la langouste rouge *Palinurus elephas*, l'araignée de mer de Méditerranée *Maja squinado*, et plus récemment le crabe bleu invasif *Callinectes sapidus*. Dans ce bilan d'activité un certain nombre de cas d'étude portent ainsi également sur certaines de ces autres espèces.

3. Traits d'histoire de vie

En premier lieu, je développe une approche individuelle en étudiant les traits d'histoire de vie tels que l'âge, la croissance et la reproduction chez différentes espèces d'intérêt halieutique et/ou patrimonial afin de mieux définir les paramètres qui contrôlent la dynamique de ces populations en vue d'une approche quantitative. Ces traits biologiques (*i.e.* phénotype) sont mesurables à l'échelle de l'individu et varient donc suivant l'action des facteurs environnementaux mais aussi des facteurs génétiques (*i.e.* génotype). La fitness d'un individu, qui se définit comme sa capacité à se reproduire et engendrer une descendance viable, dépend donc de l'ensemble de ces traits ou performances biologiques sur lesquels agit la sélection. L'ensemble de ces processus individuels est ensuite répercuté au niveau des populations et conditionne la dynamique propre de chaque espèce. Les capacités des individus à faire face aux variations environnementales sont particulièrement importantes à prendre en compte pour des espèces exploitées et dans le contexte de changement climatique. Il s'agit ainsi de caractériser les individus en particulier à travers l'étude de leur croissance et leur reproduction tout en prenant en considération l'influence des facteurs environnementaux. Il s'agit également d'étudier comment ces traits d'histoire de vie se répartissent dans une population ou plusieurs populations d'une espèce donnée. L'étude des traits d'histoire de vie est essentielle en écologie halieutique, car à partir de ces mesures individuelles, il est possible de définir les paramètres au niveau populationnel permettant de modéliser la dynamique des populations (Jennings et al., 2009).

En effet, l'étude de la croissance, le suivi des cohortes et l'évolution des structures en taille, permettent d'appréhender la démographie des populations. L'estimation de l'âge par rapport à la taille de l'individu permet de manière intégrative de calculer un taux de croissance individuel et d'estimer les paramètres de croissance individuelle pour la population. La croissance en taille des individus est ainsi prise en compte dans les modèles d'évaluation de stock notamment afin de modéliser l'augmentation de la biomasse du stock dans le temps à partir du recrutement. Par ailleurs, les modèles d'évaluation de stock les plus précis sont ainsi basés sur les analyses de cohortes qui prennent en compte l'âge et/ou la taille des individus. En outre, la croissance est un trait biologique à forte valeur sélective et particulièrement intégrateur de variations environnementales (Sogard, 1997 ; Durieux et al., 2009).

Les connaissances sur les paramètres de reproduction sont également essentielles dans la dynamique des populations chez les poissons marins. L'étude de la reproduction permet de définir tout d'abord le sexe ainsi que la taille et éventuellement l'âge à maturité sexuelle, c'est-à-dire quand les individus sont capables de se reproduire et de contribuer ainsi au renouvellement du stock (quantification du potentiel reproducteur). Cela permet également de distinguer les stades ontogéniques juvéniles et adultes au niveau du cycle de vie de l'espèce (**Fig 3.**). L'étude de la reproduction permet en outre de déterminer l'évolution de la maturation saisonnière des gonades et donc la période de reproduction d'une population donnée ainsi que les zones de reproduction c'est-à-dire les frayères (**cf IV-4.1.4.**). On peut enfin définir un paramètre essentiel tel que la fécondité, c'est-à-dire la quantité d'ovocytes produite par les femelles pour la reproduction qui gouverne ainsi grandement le taux d'accroissement de la population. Là encore, l'ensemble de ces paramètres liés à la reproduction sont essentiels dans la dynamique des populations, les modèles d'évaluation de stock et *in fine* pour une gestion halieutique efficace (Mace & Sissenwine, 1993 ; Murawski et al., 2001 ; Jennings et al., 2009).

Les traits d'histoire de vie sont soumis aux pressions environnementales, ce qui peut se traduire par une pression sélective sur plusieurs générations induisant des phénomènes évolutifs de type

microévolution avec possibilité d'induction anthropique directe à travers la pression de pêche. La composition phénotypique au sein des espèces peut changer sous l'influence sélective de la pêche et si cette variabilité phénotypique a une base génétique, alors la sélection induite par la pêche peut entraîner un changement évolutif des traits d'histoire de vie. Les changements dans la composition phénotypique des populations soumises à l'exploitation sont justement bien documentés depuis les années 90 en particulier pour les traits d'histoire de vie liés à la maturation et à la croissance (Heino & Godo, 2002 ; Jorgensen et al., 2007). Etant donné que la maturation dépend généralement de la taille, l'accélération de la croissance entraîne également une maturation accélérée. C'est l'hypothèse dite de la « réponse compensatoire » (Policansky, 1993 ; Trippel, 1995), qui est généralement invoquée pour expliquer la maturation plus précoce des stocks exploités (Heino & Godo, 2002). De nombreux exemples existent : on pourrait citer brièvement le cas de la plie (*Pleuronectes platessa*) exploitée intensivement depuis plus d'un siècle en mer du Nord, où l'âge et la taille à maturité ont diminué dans ce stock depuis 1900, coïncidant avec l'augmentation de la croissance des plies juvéniles (Rijnsdorp, 1993) ; ou bien le cas de la morue *Gadus morhua* également intensivement exploitée depuis le moyen âge qui a vu sa taille et âge à maturité diminuer en Atlantique Nord Est (Cardinale & Modin, 1999 ; Heino et al., 2002 ; Yoneda et al., 2004).

3.1. Etude de l'âge et de la croissance : cas du denti

Ce travail est issu de la thèse de Michel Marengo (2015) (direction : Bernard Marchand, co-direction : Eric Durieux) et du stage de master 2 de Marie Baudouin (2014) (co-encadrement : Eric Durieux, Michel Marengo) et est référencé à travers la publication :

Baudouin M, Marengo M, Pere A, Culioli J-M, Santoni M-C, Marchand B, Durieux EDH (2016) **Comparison of otolith and scale readings for age and growth estimation of common dentex *Dentex dentex*. Journal of Fish Biology. 88: 760-766. <https://doi.org/10.1111/jfb.12816>**

Nous avons étudié l'âge et la croissance du denti en Corse afin de mieux caractériser ses traits biologiques en milieu naturel. Nos travaux ont, tout d'abord d'un point de vue méthodologique, permis de définir la méthode d'estimation d'âge la plus fiable qui n'avait pas encore été décrite dans la littérature pour cette espèce. En effet, seules deux études précédentes s'étaient intéressées à l'âge et la croissance du denti, cependant à partir soit d'écailles (Chemmam-Abdelkader et al., 2004), soit d'otolithes entiers (Morales-Nin & Moranta, 1997). Ces études mentionnaient des âges maximaux de plus de 20 ans, décrivant ainsi une espèce relativement longévive, or aucune étude n'avait réalisé de section d'otolithes. L'estimation de l'âge à partir des otolithes est plus précise car, contrairement aux écailles, les otolithes ont une plus grande priorité dans l'utilisation du calcium (Carlander, 1987) et continuent à grandir à mesure que le poisson vieillit (Beamish & McFarlane, 1983). Les otolithes (ou « pierres de l'oreille ») sont reconnus comme des enregistreurs de données naturelles avec une précision inégalée dans le règne animal. Ces structures métaboliquement inertes grandissent tout au long de la vie du poisson (chez les poissons osseux : Téléostéens) grâce à un processus de dépôt d'aragonite avec formation de structures quotidiennes, saisonnières et annuelles facilement identifiables. La croissance individuelle chez les poissons osseux peut ainsi être obtenue avec une grande fiabilité par otolithométrie. Ils ne sont presque jamais résorbés, sauf dans des conditions de stress extrême, ainsi toutes les marques de croissance enregistrées sont conservées (Panfili et al., 2002). À mesure que le poisson vieillit, les otolithes s'épaississent et deviennent plus opaques, ainsi les préparations d'otolithes sectionnés, assurent souvent une meilleure estimation de l'âge des spécimens âgés (Dwyer, 2003 ; Brouwer et Griffiths, 2004 ; Stransky et al., 2005 ; Paul et Horn, 2009 ; Matic-Skoko et al., 2011).

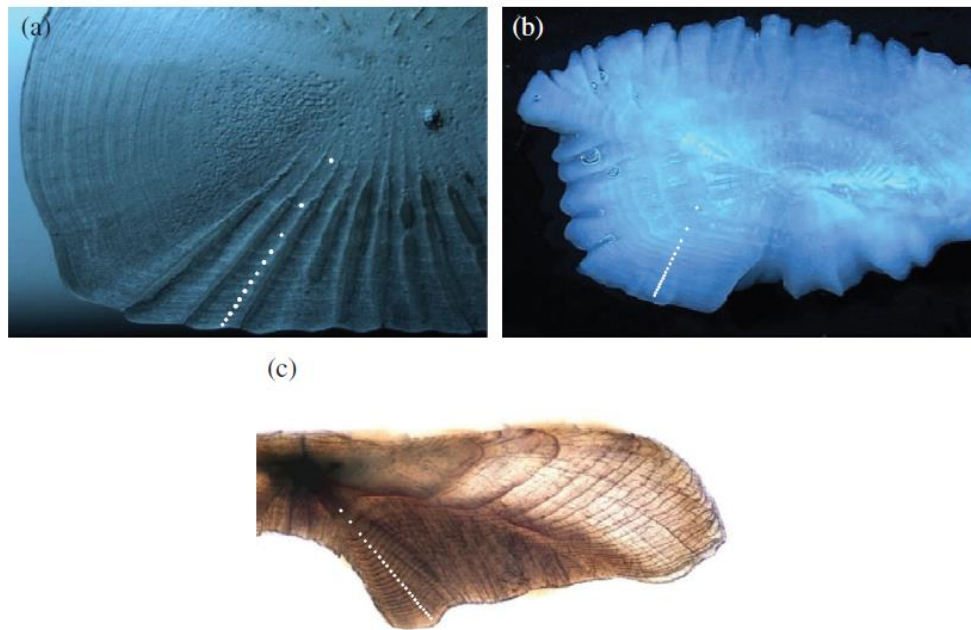


Figure 4 : Illustration des trois méthodes de lecture et des estimations d'âge pour le même spécimen de *Dentex dentex* (total longueur, LT =72 cm). Les points blancs représentent les annuli. (a) Écaille, 13 ans, grossissement $\times 6,5$, (b) entier otolithe, 17 ans, grossissement $\times 6,5$ et (c) otolithe sectionné coloré, 23 ans, grossissement $\times 40$. (Fig. issue de Baudouin et al. 2016)

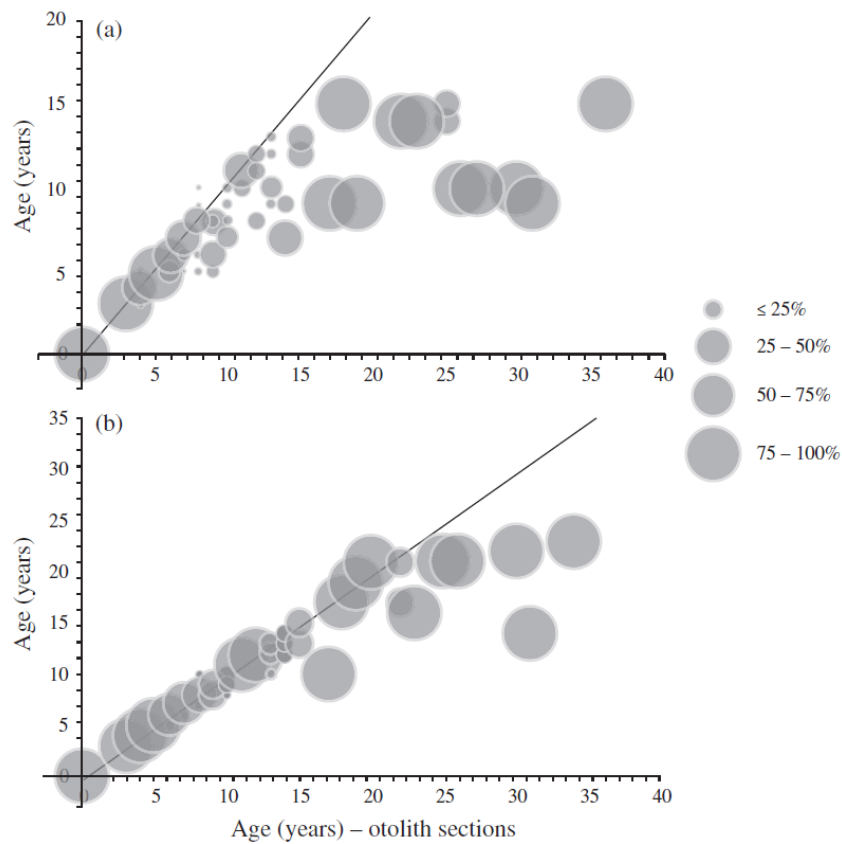


Figure 5 : Symétrie des âges déterminée à partir (a) d'écaillés (n=90) et (b) d'otolithes entiers (n=93) par rapport à aux otolithes sectionnés des mêmes individus pour *Dentex dentex* collectés autour de la Corse en 2012 et 2013. Les cercles sont proportionnels au pourcentage des individus classés pour l'âge estimé considéré. (Fig. issue de Baudouin et al. 2016)

Dans notre étude, nous avons donc comparé 3 méthodes (écailles, otolithes entiers et otolithes sectionnés et colorés) sur les mêmes individus issus d'un échantillonnage spécifique réalisé en 2012-2013 autour de la Corse (n=224) (**Fig. 4**). Nous avons pu mettre en évidence que les écailles étaient utilisables seulement jusqu'à 5 ans et que les otolithes entiers l'étaient jusqu'à 12 ans, mettant ainsi en avant l'utilisation des otolithes sectionnés et colorés au-delà (**Fig. 5**). Par coupe transversale des otolithes et coloration nous avons pu définir l'âge en années avec la plus grande précision par rapport aux méthodes précédemment utilisées.

La courbe de croissance et les paramètres du modèle de croissance de Von Bertalanfy (**Fig. 6**) ont ainsi été obtenus montrant que les individus grandissent très vite les premières années mais ensuite la croissance ralentie fortement, ce qui corrobore les résultats obtenus dans d'autres zones géographiques mais avec une précision plus importante en particulier sur la partie asymptotique de la courbe de croissance. Parmi l'échantillon Corse analysé, nous avons estimé l'âge d'un individu à 36 ans, ce qui constitue l'âge maximal reporté pour cette espèce, et qui confirme la grande longévité de cette espèce.

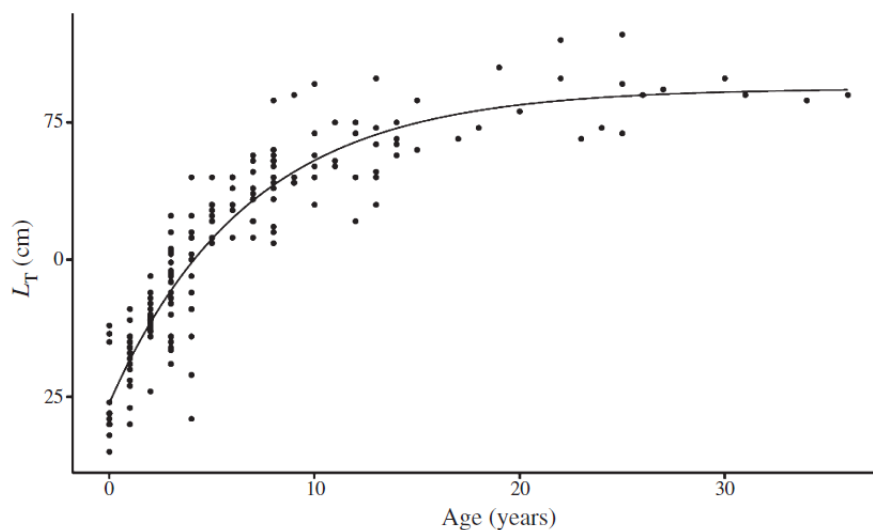


Figure 6 : Modèle de Von Bertalanffy appliqué à *Dentex dentex* collecté autour de la Corse en 2012 et 2013 (n=194) : $L_T = 81 \cdot 203 [1 - e^{-0.147(t + 2.369)}]$. L'équation de croissance a été obtenue à partir de lectures validées d'otolithes, en ajoutant des lectures d'écailles pour les individus de moins de 5 ans dont les otolithes n'étaient pas disponibles. (Fig. issue de Baudouin et al. 2016)

Depuis nous avons poursuivi nos travaux d'estimation d'âge et de croissance sur d'autres espèces d'intérêt en Corse et Méditerranée. Nous travaillons par exemple actuellement sur les estimations d'âge et de croissance de l'espadon (*Xiphias gladius*), du chapon (*Scorpaena scrofa*), du corb (*Sciaena umbra*), et de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (**cf IV-7.2.**).

3.2. Etude de la reproduction

3.2.1. Reproduction de l'espadon en Méditerranée Nord Occidentale

Ce travail est issu du projet FEAMP Gen & Rec (Distribution et comportement de géniteurs et recrues d'espadon en Méditerranée française) – FEAMP mesure 40 « Protection et restauration de la biodiversité des écosystèmes marins dans le cadre d'activités de pêche durable », 2019-2022, coordination : François Poisson IFREMER) auquel j'ai participé en tant que partenaire. Dans ce projet, j'ai coordonné les actions d'étude de la reproduction de l'espadon, réalisées par Rémi Millot (Ingénieur d'études). Ce travail a également été l'objet d'une collaboration avec les chercheurs David Macias et Samar Saber (Instituto Español de Oceanografía). Ce travail fait l'objet d'un manuscrit actuellement soumis pour publication :

Millot R, Poisson F, Macias D, Samar S, Aiello A, Durieux EDH. **Reproductive dynamics of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Northwestern Mediterranean Sea (Corsica Island). *Fisheries Research*, soumis en juin 2022**

L'espadon (*Xiphias gladius* L. 1758) est un top-prédateur pélagique hautement migrateur qui habite les eaux chaudes des océans du monde, dans une très large bande entre 45°N et 45°S (Palko et al., 1981) et parfois dans les eaux froides (Nakamura, 1985). C'est l'un des plus grands poissons téléostéens prédateurs des mers et océans, atteignant une longueur maximale de 445 cm de longueur à la fourche (poids de 650 kg). L'espadon est un prédateur opportuniste, qui se nourrit principalement de poissons pélagiques et d'invertébrés, en particulier de calmars (Hernandez-Garcia, 1995) et se nourrit sur une large plage de profondeur (0-800 m) (Froese & Pauly, 2005). Les études génétiques (Magoulas et al., 1993 ; Kotoulas et al. 1995, 2003) et les différences de croissance, les caractéristiques de maturité (*i.e.* des taux de croissance plus élevés et une maturité à un âge plus jeune) (De Metro & Megalofonou, 1987 ; Megalofonou et al., 1990 ; Cavallaro et al., 1991 ; Ehrhardt, 1992 ; Tserpes et Tsimenides, 1995 ; Macias et al., 2005a, b) suggèrent que l'espadon en Méditerranée constitue un stock unique distinct du stock atlantique. A des fins de gestion de la pêche, la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (ICCAT) reconnaît ainsi un stock méditerranéen séparé par le détroit de Gibraltar (ICCAT, 2006). Le stock d'espadon de Méditerranée est évalué depuis de nombreuses années comme surexploité et continue de décliner (ICCAT, 2008 ; 2011). Cette diminution est due à un certain nombre de raisons, dont la surpêche et la pollution (Damiano et al., 2011). En effet, des estimations récentes de l'état du stock d'espadon, au cours des 20 dernières années, ont indiqué une réduction de 40 % de la biomasse du stock reproducteur, combinée à des taux élevés de mortalité par pêche, avec un risque d'effondrement futur rapide du stock (ICCAT, 2008 ; 2011). Des quotas ont été instaurés à partir de 2017 avec une limite fixée à 10.500 t pour 2017 et abaissée de 3 % par an de 2018 à 2022.

Ce travail fait l'objet tout d'abord d'une synthèse bibliographique la plus exhaustive possible sur la reproduction de l'espadon en Méditerranée et à travers le monde, l'ensemble de ces informations ne sont pas présentées ici, mais sont présentes dans le manuscrit pour publication cité.

Un total de 708 espadons (gamme de taille 75 - 216 cm de longueur de la mâchoire inférieure à la fourche, LJFL) ont été capturés autour de la Corse dont 573 échantillonnés entre 8,5 - 8,9° E et 41,6 - 41,9° N (côte ouest) et entre 9,2 - 10° E et 42.1 - 42.9° N (côte Est) en 2019 et 2020. L'activité reproductive a été évaluée à l'aide des caractéristiques macroscopiques des gonades, des tendances des indices gonadiques pour les deux sexes et de l'étude histologique des stades de développement des ovocytes (**Fig. 7**).

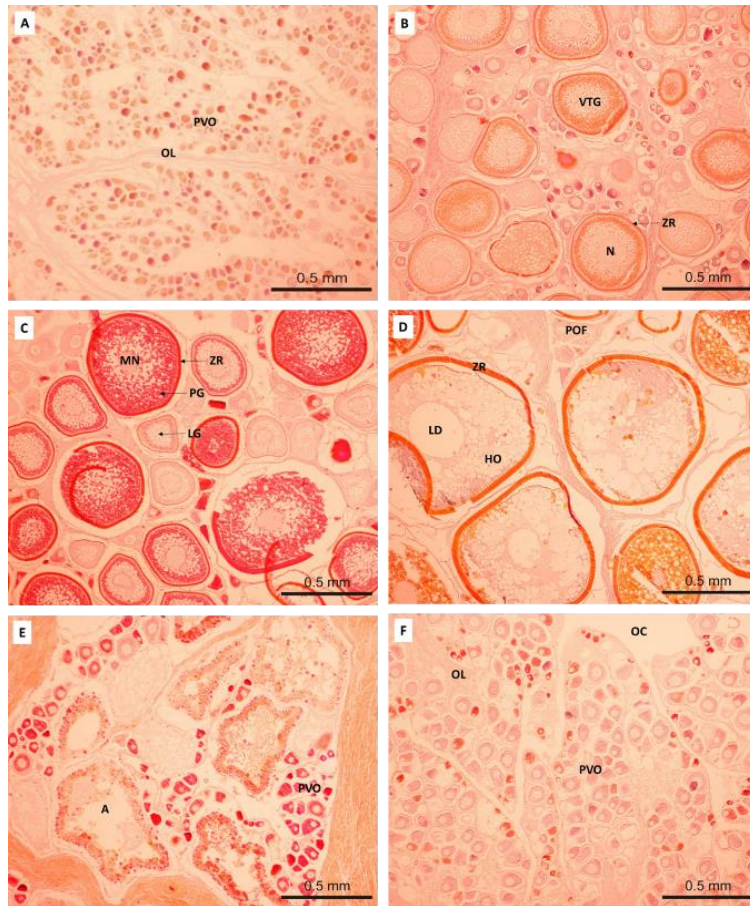


Figure 7 : Différentes phases de reproduction de l'espadon de la Méditerranée du nord-ouest (*Xiphias gladius*); A : immature (stade 1). B : développement (stade 2a). C : capable de frayer (stade 3). D : frai (stade 4). E : régression (stade 5a). F : régénération (étape 5b). A : atrésie ; HO : ovocyte hydratant ; LD : gouttelette lipidique ; LG : globule lipidique ; MN : noyau migrant ; N : noyau ; CO : cavité ovarienne ; PG : granulés protéiques ; POF : follicule post ovulatoire ; OVP : ovocytes prévitellogéniques ; VTG : ovocytes vitellogènes ; ZR : zone radiée. (Fig. issue de Millot et al. soumis)

La ponte a eu lieu de juin à juillet avec un pic en juillet lorsque la température de surface de la mer (SST) était supérieure à 22-23°C caractérisé par un indice gonadique élevé et un patron histologique et macroscopique d'activité reproductive. La température de surface est un facteur clé favorisant le début du processus de maturation et de reproduction (Rey, 1988 ; Mejuto & Hoey, 1991) avec généralement une température adéquate supérieure à 23-24°C (Palko et al., 1981 ; Cavallaro et al., 1991 ; Arocha, 1997 ; Corriero et al., 2004 ; Mejuto & Garcí-Cortés, 2014). Ce processus a été observé dans les Caraïbes et les Antilles (Arocha, 1997), l'océan Indien (Poisson & Taquet, 2009 ; Poisson & Fauvel, 2009a), l'océan Atlantique (Mejuto & Garcia-Cortés, 2014) ou encore dans le bassin levantín (Tserpes et al., 2008).

La taille à la première maturité (L50) pour les femelles a été estimée à 139 cm (LJFL), tandis que pour les mâles, la L50 était estimée à 117 cm (LJFL) (**Fig. 8**).

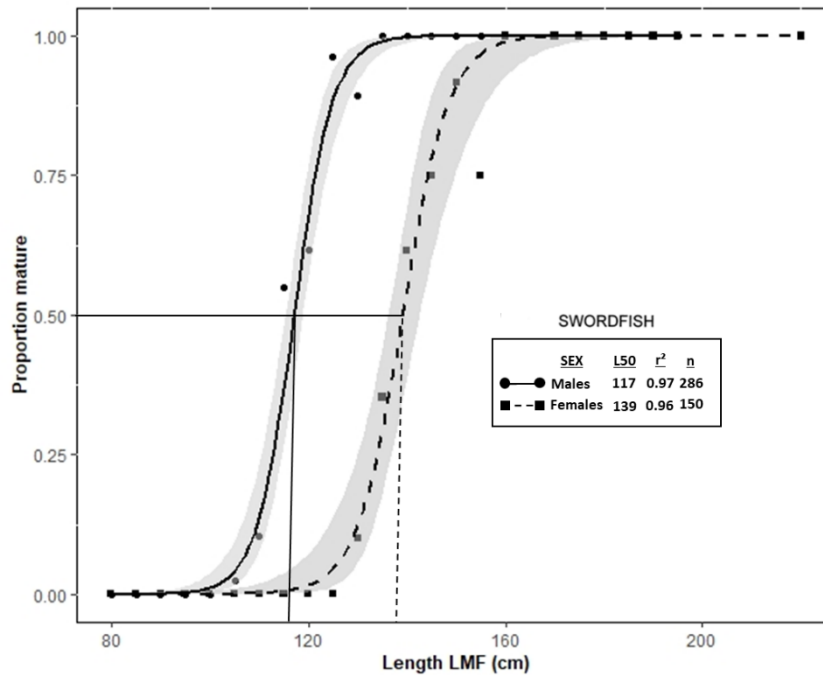


Figure 8 : Ajustements de régression non linéaire du modèle logistique pour l'espadon femelle sexuellement mature histologiquement et mâle macroscopiquement (*Xiphias gladius*) classe LJFL 5 cm. (Fig. issue de Millot et al. soumis)

Ces résultats soutiennent fortement l'hypothèse que la taille à la première maturité des femelles en mer Méditerranée est inférieure à celles rapportées pour les océans Atlantique (Taylor & Murphy, 1992 ; Arrocha & Lee, 1996 ; Hazin et al., 2002), Pacifique (Kume & Joseph, 1969 ; Young et al., 2003 ; Wang et al., 2003) et Indien (Poisson & Fauvel, 2009a). Cependant, cette différence est généralement moins marquée pour les mâles (Hazin et al., 2002). Ces différences peuvent être dues à des conditions environnementales différentes entre les zones (Poisson & Fauvel, 2009a ; Abid et al., 2019). De plus, la petite taille de l'espadon de la Méditerranée peut également être due à l'histoire de la pêche (Schaefer, 2001). En effet, la pêcherie méditerranéenne d'espadon existe sous une forme ou une autre depuis l'époque pré-chrétienne, avec des captures en augmentation (jusqu'à 16 000 tonnes par an) depuis les années 1960 (Ward & Elscott, 2000). Cette haute pression de pêche pendant des décennies a entraîné un phénomène appelé « troncature de la taille et de la structure par âge » induisant une diminution de l'âge et de la longueur à maturité. Un modèle similaire de développement sexuel précoce a été signalé pour le thon rouge dans le nord de la Méditerranée où il y a une activité de pêche intense (Schaefer, 2001).

La fécondité relative variait de 22,29 à 37,24 ovocytes hydratés par gramme de poids corporel. La fécondité par batch était étroitement liée à la taille des poissons avec une fécondité allant de 0,68 à $4,13 \times 10^6$ d'ovocytes chez les femelles dont la taille variait de 135 à 209 cm LJFL (**Fig. 9**). Comme la présente étude, De la Serna et al. (1996) ont rapporté une relation de puissance entre la fécondité et la longueur chez l'espadon, ce qui est classique chez les poissons (Jennings et al., 2009). Cependant, nos estimations de la fécondité de l'espadon étaient inférieures à celles de De la Serna et al. (1996) pour la Méditerranée occidentale ($2,14 - 9,91 \times 10^6$) ainsi que ce qui a été rapporté dans le Pacifique Nord (Uchiyama & Shomura, 1974), l'Atlantique (Arrocha & Lee, 1996 ; Hazin et al., 2002) avec des estimations de fécondité par lots allant de 1,4 à 9,91 millions œufs par ponte. Par contre, nos estimations de fécondité par batch étaient similaires à celles rapportées dans le détroit de Floride (Taylor & Murphy, 1992), dans l'océan Indien (Poisson & Fauvel, 2009b) et dans les eaux maltaises et espagnoles de Méditerranée occidentale (Macias et al., 2005b). Toutes les données révèlent une

variabilité des estimations au sein des études et entre elles qui peuvent être aussi d'ordre méthodologiques. Les espadons sont des reproducteurs par batch (partial spawner) en série avec un développement asynchrone des ovocytes (Hunter et al., 1985 ; Arocha 2002), ainsi le moment des collectes d'ovaires peut induire un biais et une variation de la fécondité par lots car la proportion d'œufs recrutés et ovulés fluctue au fur et à mesure que la saison de frai progresse. Par ailleurs, Arocha (1997), De la Serna et al. (1996) et Taylor & Murphy (1992) ont basé leurs estimations uniquement sur les diamètres des ovocytes, les comptages d'ovocytes supérieurs à 650-750 µm pourraient avoir sélectionné des ovocytes vitellogéniques avancés et plus (c'est-à-dire des ovocytes qui n'entreront pas dans la phase d'hydratation) alors que nous ont cité des ovocytes strictement hydratés comme Young et al. (2003) ou Poisson & Fauvel (2009b), taille supérieure à 1000 µm selon la méthode décrite par Schaefer (1996) ou Hunter et al. (1985).

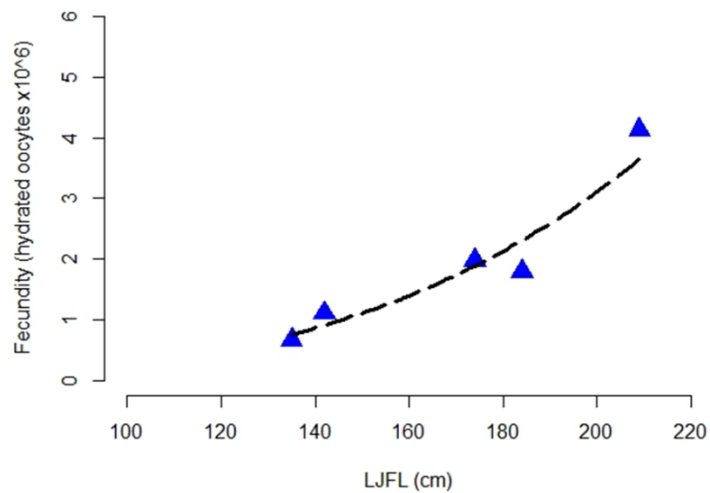


Figure 9 : Estimations de la fécondité par lots (nombre d'ovocytes hydratés x 10⁶) par rapport à la longueur du corps, $B_f = 0,018 \times LJFL^{3,58}$ ($r^2 = 0,9307$). (Fig. issue de Millot et al. soumis)

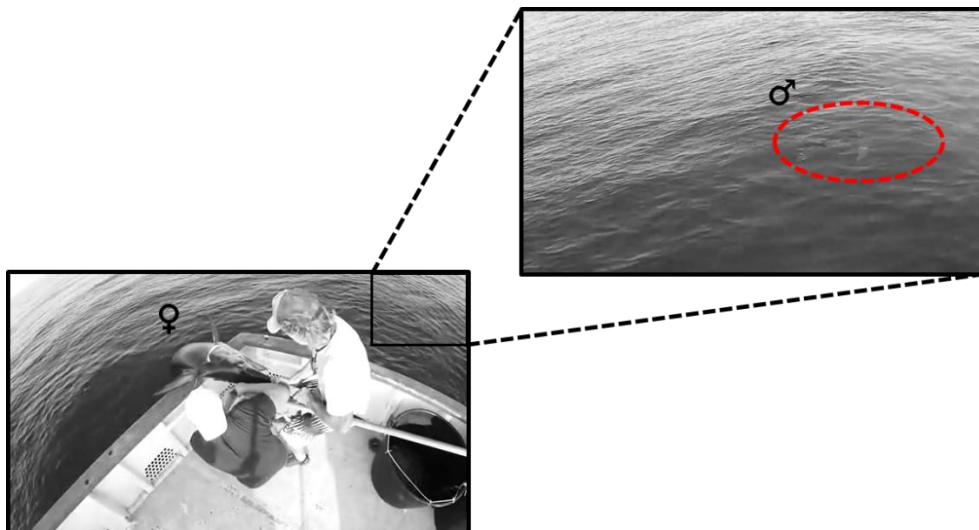


Figure 10 : Espadon mâle poursuivant une femelle adulte capturée par une palangre de surface. La femelle, qui présentait des gonades matures proches du frai avec une cavité viscérale visiblement gonflée, est « courtisée » par le mâle en maraude (couple) jusqu'à ce que le poisson femelle soit hissé à bord (Copyright : Lucchini Alexandre). (Fig. issue de Millot et al. soumis)

Enfin, la présence d'une activité reproductive, l'observation d'ovocytes hydratés et la présence d'individus agissant avec un comportement de courtoisie (**Fig. 10**) indiquent que la mer Méditerranée nord occidentale avec la Corse est une zone de frayère pour l'espadon. Nos travaux confirment les travaux en particulier de Orsi Relini et al. (1996, 1999, 2003) qui avait déjà rapporté la présence de frayère d'espadon mer Méditerranée nord occidentale en mer Ligure. En mer Méditerranée, plusieurs frayères (basées sur la présence d'ovocytes hydratés, les indices gonadiques, les schémas de sex-ratio et la distribution des œufs, des larves et des juvéniles) ont été localisées dans l'ouest de la mer Méditerranée (à l'est du détroit de Gibraltar jusqu'aux Îles Baléares) (e.g. Macias et al., 2005), dans la mer Tyrrhénienne centrale et méridionale (Cavallaro et al., 1991), le détroit de Messine (Cavallaro et al., 1991), à l'intérieur du golfe de Tarente, dans la mer Ligure (Orsi Relini et al. 2003), dans la mer Ionienne mer (Potoschi et al., 1994), dans la mer Égée (Vassilopoulo et al., 2008), dans la mer Levantine (Tserpes et al., 2001), dans la mer de Marmara et dans la mer Noire (Demir, 1970). Aux vues de ces résultats nous pouvons noter la présence assez ubiquiste de frayères d'espadon à travers l'ensemble de la Méditerranée (**Fig. 11**). Ces études n'ont pas été réalisées une même année mais étant donné que plusieurs d'entre elles l'ont été sur plusieurs années successives, on peut penser que ces zones de reproduction sont relativement établies dans le temps dans ces différentes zones de la Méditerranée.

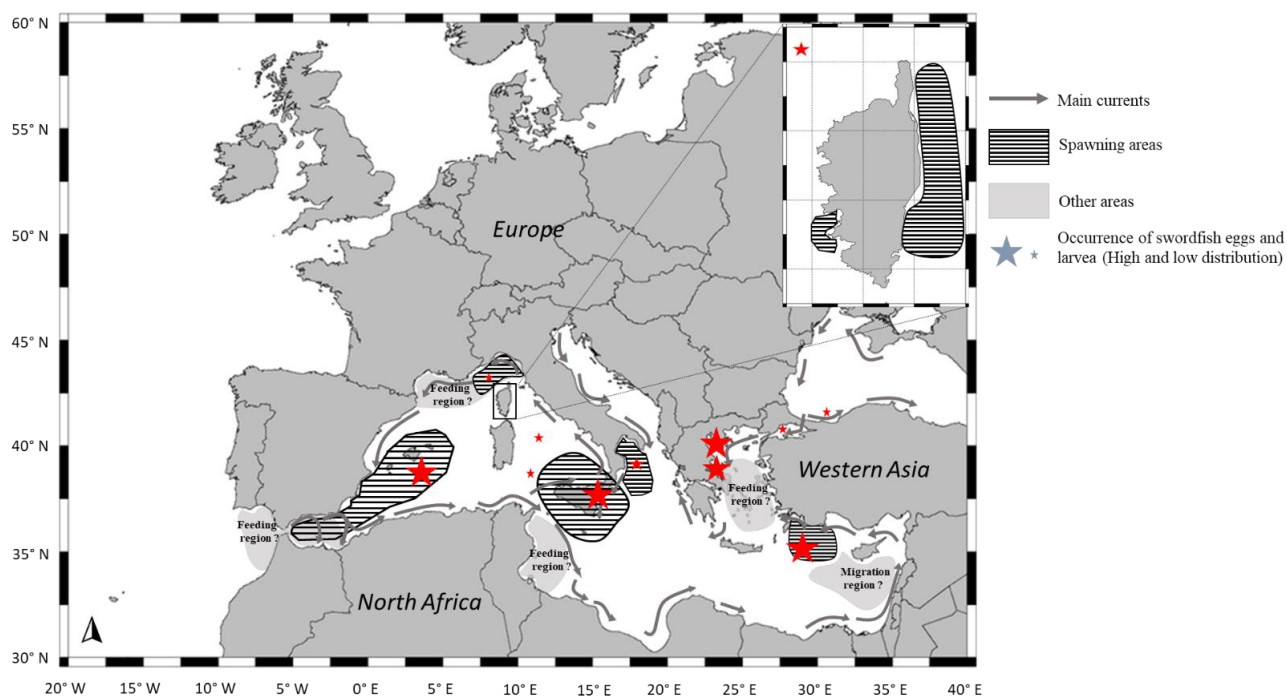


Figure 11 : Carte présentant toutes les informations disponibles sur la biologie de la reproduction de l'espadon en mer Méditerranée, y compris la présente étude faisant état de la zone de frai autour de la Corse. (Fig. issue de Millot et al. soumis)

Nos résultats améliorent ainsi considérablement les connaissances sur la maturité sexuelle, la saison et les zones de reproduction en Méditerranée nord-ouest. Cette connaissance sur la répartition des zones de reproduction apparait essentielle pour la gestion spatio-temporelle du stock d'espadon en Méditerranée. Des fermetures de la pêche, en période de reproduction sur certaines zones de la Méditerranée, tournantes d'une année à l'autre ou bien sur l'ensemble de la Méditerranée suivant les dernières évaluations du stock auraient un effet très positif sur le recrutement pour la reconstitution du stock. En effet, étant donné que la situation de ce stock en Méditerranée ne s'est

pas améliorée malgré les quotas imposés ces dernières années, des actions urgentes de gestion sont requises à l'échelle de l'ensemble du bassin Méditerranéen.

Une section suivante est consacrée spécifiquement à l'identification des zones d'habitats essentiels que sont les zones de frayères et de nurseries pour les poissons marins (**cf IV-4.1.4.**).

3.2.2. *Changement de la composition lipidique des gonades chez l'espadon*

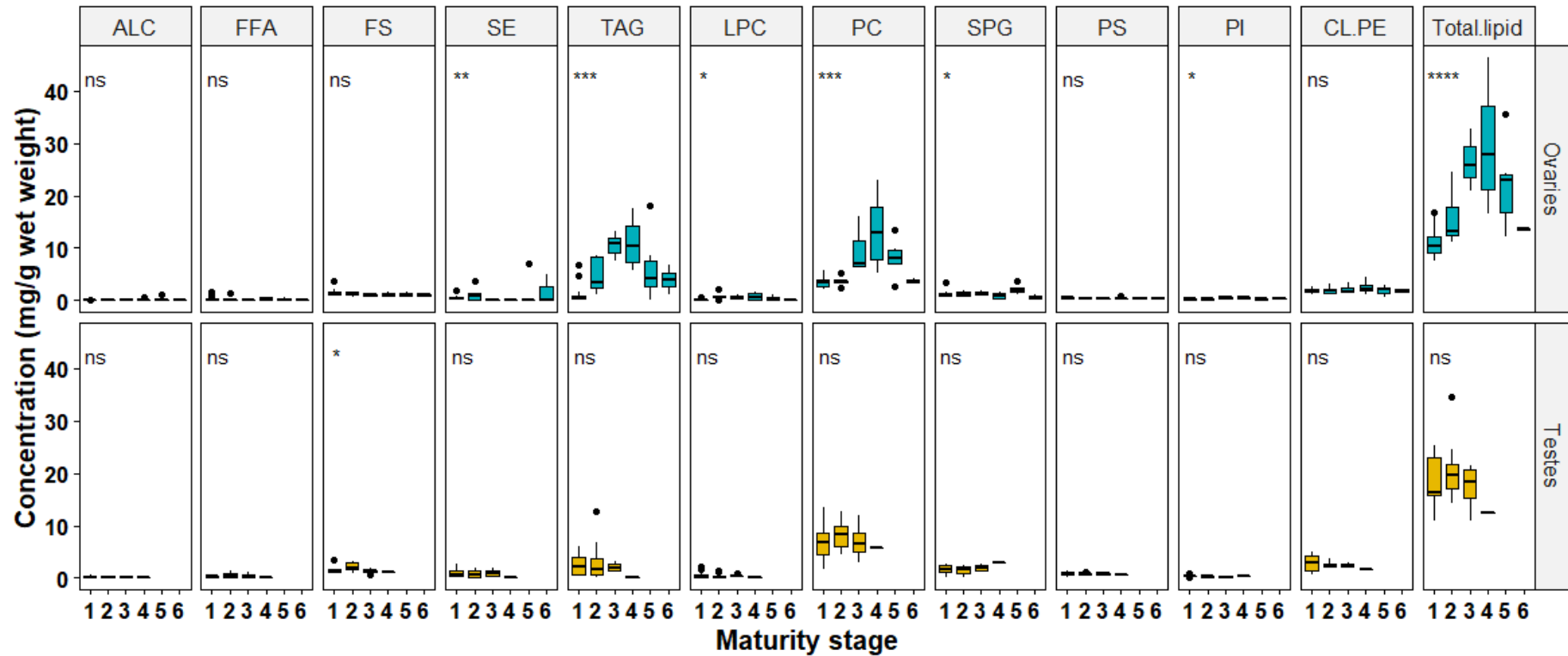
Ce travail a fait l'objet d'une collaboration démarrée en 2020 avec Philippe Soudant (DR CNRS) et Fanny Sardenne (Chargé de Recherche IRD) (plateforme LIPOCEAN - laboratoire LEMAR à Brest) et est référencé à travers la publication :

Sardenne F, Millot R, Bessis E, Puccinelli E, Bideau A, Le Grand F, Durieux EDH, Soudant P. (2022). **Changes in lipid and fatty acid contents of gonad during the reproductive cycle of the Mediterranean swordfish *Xiphias gladius*.** *Marine Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105668>

Chez les poissons téléostéens, le succès de la reproduction et la survie de la progéniture sont associés à la disponibilité des lipides pour la synthèse des gamètes. Cette étude a examiné la composition lipidique, y compris les classes de lipides et les acides gras (FA) de la membrane cellulaire et des lipides de réserve, ainsi que le développement des gonades femelles et mâles d'espadon prélevés autour de l'île de Corse en mer Méditerranée occidentale. La qualité des lipides est un élément central car les lipides ont de vastes fonctions physiologiques : ils agissent en tant que composant structurel des membranes cellulaires, voies de signalisation (principalement sous forme de phospholipides polaires, de cholestérol et d'acides gras essentiels) et de stockage d'énergie (principalement sous forme d'esters de triacylglycérol TAG). Les acides gras essentiels sont des acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI) nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Parmi eux, il a été démontré que les concentrations et les proportions optimales (rapports) dans les gonades de 20:5n-3 et 22:6n-3 (famille des AGPI n-3) et 20:4n-6 (famille des AGPI n-6) favorisent la fécondité, l'éclosion et la viabilité des œufs, ainsi que la survie des larves (Rainuzzo et al., 1997 ; Lubzens et al., 2017 ; Koven et al., 2018). De plus, 22:6n-3 est particulièrement nécessaire à la formation de la membrane neurale dans le cerveau et les yeux (Morais et al., 2011 ; Koven et al., 2018), tandis que 20:5n-3 et 20:4n-6 médient la réponse inflammatoire par la production d'eicosanoïdes et de prostanoïdes (Chapkin et al., 2009). Les besoins en lipides et en AG pour la reproduction de l'espadon ne sont cependant pas documentés pour le stock mondial, et l'allocation d'énergie à la reproduction est difficile à mesurer chez cette espèce en raison de sa fécondité indéterminée (c'est-à-dire que la fécondité annuelle des femelles n'est pas fixée avant le début du frai) (Arocha, 2002).

Dans l'ensemble, nos résultats montrent que les gonades d'espadon contenaient moins de 2 % de poids humide de lipides totaux, les testicules et les ovaires ayant une teneur en graisse similaire. Les classes de lipides et les concentrations de FA sont restées inchangées pendant la maturation des testicules. Cependant, les concentrations de phosphatidylcholine (lipide membranaire), de TAG (lipide de réserve) et de certains AG (16:0, 18:1n-9 et 22:6n-3) suivaient une relation en « U inversé » au niveau des ovaires en maturation (**Fig. 12**). Dans les lipides membranaires et de réserve, 22:6n-3 était le principal AG polyinsaturé (>20 % des AG totaux), tandis que 20:5n-3 et 20:4n-6 étaient mineurs (3-6 % des AG totaux) et varient peu avec la maturation. 22:6n-3 et 18:1n-9 ont été affectés sélectivement à la maturation ovarienne (augmentation en concentration et en proportion avec la

maturation) jusqu'au frai (**Fig. 13**). Ces résultats améliorent les connaissances sur la composition lipidique et les besoins induits liés à la reproduction chez l'espadon. Il s'agirait désormais de savoir si cette composition lipidique change spatialement au sein de la Méditerranée et par rapport à d'autres mers et océans. Les sources alimentaires des AG essentiels, les stratégies d'allocation de l'énergie et l'effet maternel restent ainsi à clarifier pour ce stock.



Fi

Figure 12 : Distribution des concentrations des classes de lipides dans les gonades d'espadon (en mg.g^{-1} poids humide), selon le stade de maturité (1 à 6) et le sexe des poissons (femelle/ovaires : panneaux du haut, mâle/testicules : panneaux du bas). Voir Matériel et méthodes pour la définition des acronymes des onze classes de lipides. Les symboles en haut à gauche de chaque panneau indiquent les différences de concentration avec les stades de maturité selon les tests de Kruskal-Wallis : ns=non significatif, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, **** = $p < 0,0001$. (Fig. issue de Sardenne et al. 2022)

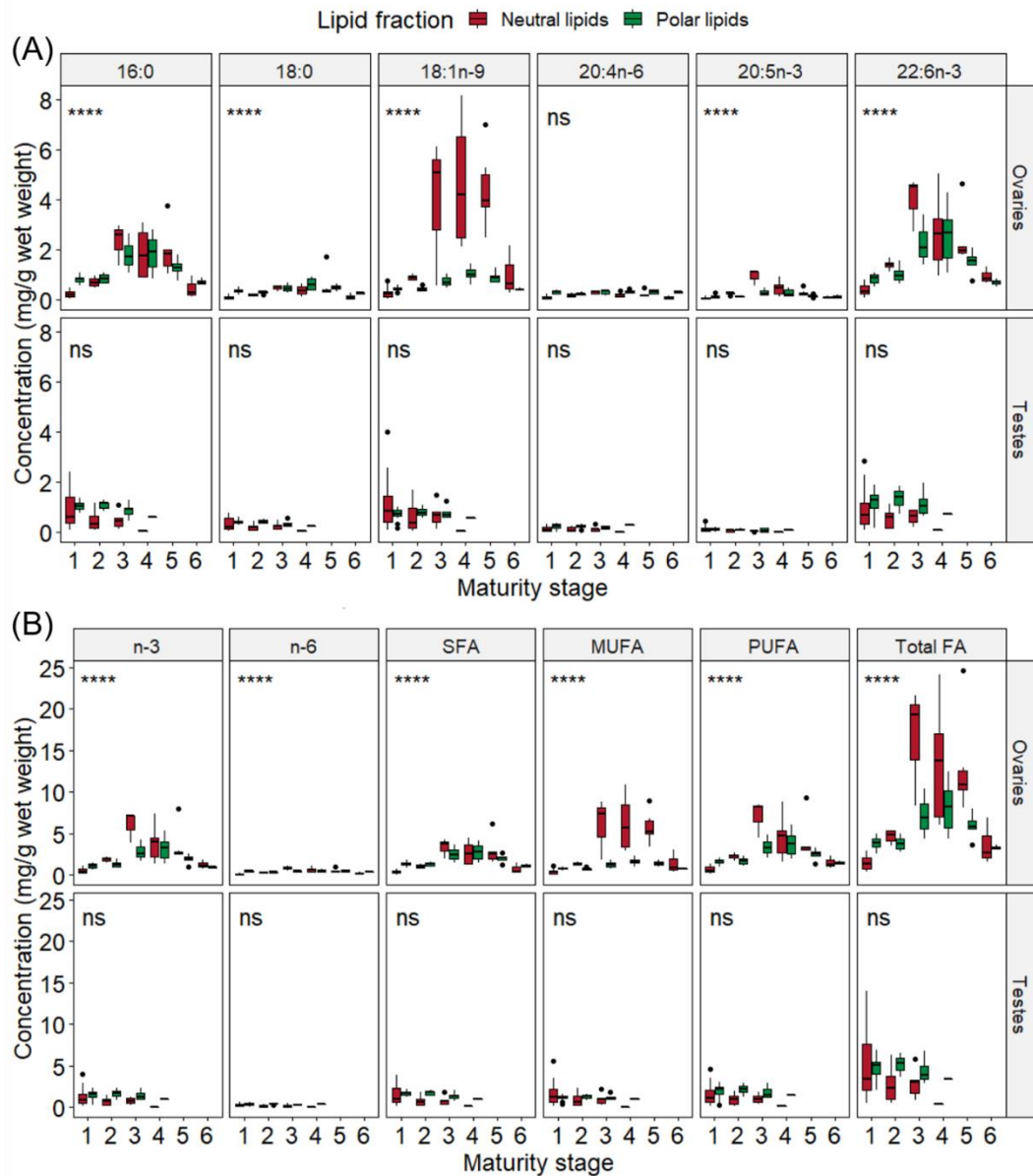


Figure 13 : Concentrations des six principales familles d'acides gras (AG) et (B) AG, dans les lipides neutres (rouge) et polaires (vert) des gonades de l'espadon méditerranéen *Xiphias gladius* (en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de poids humide), selon le stade de maturité (1 à 6) des femelles (ovaires : panneaux du haut) et des mâles (testicules : panneaux du bas). Les symboles en haut à gauche de chaque panneau indiquent les différences de concentration avec le stade de maturité (indépendamment de la fraction lipidique), selon les tests de Kruskal-Wallis : ns=non significatif, *= $p<0,05$, **= $p<0,01$, *** = $p<0,001$, ****= $p<0,0001$. n-3 = AG oméga-3, n-6 = AG oméga-6, AGS = AG saturés, AGMI = AG monoinsaturés, AGPI = AG polyinsaturés. (Fig. issue de Sardenne et al. 2022)

3.2.3. Autres travaux sur la reproduction d'espèces d'intérêt

Mes travaux sur l'étude de la reproduction ne se limitent pas à l'espadon. Nous pouvons ainsi citer les travaux sur l'oursin violet *Paracentrotus lividus* réalisé en collaboration en particulier avec mes collègues Sonia Ternengo et Vanina Pasqualini dans le cadre de la thèse de Sophie Duchaud (2018) (**cf I-6.1.**). Ce travail précise entre autre l'évolution de l'indice gonado-somatique et ainsi la période de reproduction chez cette espèce.

Duchaud S, Ternengo S, **Durieux EDH**, Bianchini B, Garrido M, Aiello A, Bastien R, Pasqualini V (2021). Influence of environmental patterns on gonadosomatic index and early life stages of *Paracentrotus lividus* in Corsica (Mediterranean Sea). **Regional Studies in Marine Science**. 42, 101645. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101645>

Nos travaux sur la reproduction s'intéressent également depuis 2 ans à la langouste rouge (*Palinurus elephas*), qui est en Corse l'espèce d'intérêt halieutique par excellence. Elle génère environ 60 à 80 % du chiffre d'affaires des pêcheurs et supporte la quasi-totalité des petits métiers qui sont dépendants de son abondance. Les captures de cette espèce ont énormément baissé passant de 375 t en 1950 à 60 t par an en moyenne en 2018/2019 (estimations issues du projet DACOR : **cf IV-5.3.**). Si les données sur la pêcherie de cette espèce sont plutôt bien documentées, les connaissances sur les traits d'histoires de vie sont encore limitées. Nous contribuons ainsi au projet FEAMP ALIGOSTA (2019-2022), coordonné par la STARESO et pour lequel nous sommes partenaires pour l'UCPP avec mes collègues Sonia Ternengo et Yann Quilichini et nous concentrons notre travail sur l'étude de la reproduction en histologie et microscopie électronique. Nous avons co-encadré deux stages de master 2 sur ce sujet (**cf I-6.8.**). Au-delà de mettre à jour les informations sur la reproduction de la langouste rouge en Méditerranée Nord occidentale, un résultat original intéressant est la caractérisation en microscopie électronique à balayage de structures morphologiques liées à la maturité sexuelle à travers les soies de différents appendices. Quatre types de setae ont été décrites sur ces structures et la plupart des mesures réalisées présentent des variations entre stades de maturité (immature, intermédiaire, mature). Nous pouvons citer par exemple la présence de soies papposées sur l'endopodite des individus matures uniquement qui pourrait correspondre à un critère de maturité sexuelle secondaire. Ces travaux feront l'objet de valorisations prochaines.

4. Structure de population, habitats et connectivité

Après l'étude des traits d'histoire de vie qui se plaçait au niveau individuel pour définir des paramètres au niveau populationnel, la thématique suivante vise à mieux comprendre la structure et l'organisation des populations des espèces d'intérêt halieutique et/ou patrimoniale à différentes échelles spatiales ainsi que leur dynamique spatio-temporelle notamment à travers l'étude des déplacements des individus et la connectivité. En effet, la connaissance de la structure des populations marines et de leur dynamique spatio-temporelle est essentielle à leur gestion. Au cours de leur cycle de vie, les organismes marins passent en général par différents habitats successifs : milieu pélagique pour les jeunes stades (œufs et larves), nurseries (=nourriceries) côtières pour les juvéniles, aires d'alimentation et de frayères pour les adultes (**Fig. 3**). Les habitats marins côtiers sont par ailleurs fragmentés et caractérisés par une forte variabilité spatiale des paramètres environnementaux naturels et des pressions anthropiques. La qualité de l'habitat présente en effet une forte hétérogénéité spatiale en particulier en milieu côtier (Beck et al., 2001 ; Dahlgren et al., 2006)*. A l'heure actuelle, l'étude de cette connectivité entre habitats et populations apparaît comme un enjeu majeur pour mieux appréhender la structure et la dynamique des populations de poissons marins en milieu côtier. Cette thématique de recherche au niveau populationnel trouve ainsi des applications directes dans un contexte de gestion environnementale spatialisée de ces espèces (e.g. identification et gestion de stock, Aires Marines Protégées, identification de Zones Fonctionnelles Halieutiques, mise en place de Zones de Conservation Halieutique). *In fine*, la connaissance de la structure et de dynamique spatio-temporelle des populations est essentielle à la mise en place des politiques de gestion et permet aux gestionnaires de trouver des compromis efficaces entre l'exploitation des habitats et des espèces et leur conservation (Allen & Singh, 2016 ; Hays, 2016).

Cet axe de recherche comporte ainsi un premier sous-axe qui correspond à une approche « statique » intitulée : *Structure de population et habitats essentiels*. Cette approche nécessite tout d'abord l'étude de la structure génétique des populations de manière à mieux connaître l'organisation des populations au sein d'une espèce donnée (notion de méta-population). Nous verrons un premier cas d'étude sur la structure génétique du denti à travers son aire de répartition. Au-delà de l'approche génétique, il s'agira également de délimiter des stocks halieutiques en tant qu'unité de gestion cohérente. Le concept de stock en écologie halieutique est essentiel préalablement à toute évaluation de stock et correspond directement à l'unité spatiale de gestion : c'est une unité de population isolée à un certain degré dans l'espace et dans le temps, qui présente des paramètres démographiques spécifiques et ne montre pas toujours une différenciation génétique (notion de stock écologique par rapport au stock génétique). J'utilise ainsi pour cela différentes approches méthodologiques dans l'étude de ces populations avec la combinaison de plusieurs marqueurs (génétique, otolithe, parasites, éléments traces, etc...) afin de mieux délimiter les unités populationnelles. Nous verrons un exemple à travers l'étude de la structure de population du denti autour de la Corse grâce à une combinaison de marqueurs naturels. Cette approche nécessite également la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie de l'espèce avec ses différents stades ontogéniques en considérant les habitats essentiels à l'accomplissement de ces étapes (Hayes et al., 1996) ; nous distinguerons en particulier les zones de nurseries qui correspondent aux habitats essentiels pour les juvéniles et les zones de frayères qui correspondent aux habitats essentiels à la reproduction (**Fig. 3**). Nous verrons un cas d'étude à travers la cartographie et l'identification de zones d'intérêt de frayères et de nurseries de denti autour de la Corse à partir de données de capture de pêche. Enfin, afin de mieux prédire et cartographier les zones d'habitats essentiels d'une espèce donnée, il est possible de mettre en relation les suivis de la distribution ou de l'abondance des espèces à

un stade donné avec les variables environnementales par des méthodes de modélisation. Nous verrons ainsi un exemple de modélisation d'habitats potentiels du denti et du corb autour de la Corse.

Le deuxième sous-axe de cette partie correspond à une approche cette fois-ci « dynamique » intitulée *Dynamique spatio-temporelle et connectivité*. Le suivi seul des abondances ne suffit pas pour comprendre les déplacements des individus entre habitats et ainsi la connectivité existant entre ceux-ci. Cette approche est très complémentaire et informative par rapport au premier sous-axe pour une meilleure interprétation et compréhension de structuration génétique des populations d'une part mais aussi mieux appréhender le lien entre les habitats essentiels (frayères et nurseries), anticiper le recrutement (renouvellement de la population) et mieux définir le territoire vital au niveau individuel pour une espèce donnée. *In fine* la fitness des individus à un stade ontogénique donné correspond spatialement à la possibilité de passer à l'habitat suivant et s'inscrit dans une meilleure compréhension du cycle de vie de l'espèce : i) connectivité entre zones de frayères et zones de nurseries à travers la phase larvaire ; ii) connectivité entre habitats juvéniles côtiers – habitats adultes du plateau continental lors du recrutement dans la population adulte ; iii) migrations pour la reproduction (**Fig. 3**). Cette approche est essentiellement individu-centré. On étudie ainsi la connectivité entre habitats et les migrations à travers les phases larvaires d'une part et à travers les phases adultes d'autre part ce qui nécessite des approches méthodologiques très différentes. Cela permet ainsi de définir des flux d'individus entre habitats et/ou populations et/ou unités de population. On peut alors mieux interpréter la structuration spatiale des populations et leur dynamique spatio-temporelle. Nous distinguerons ainsi tout d'abord l'étude de la dispersion larvaire via l'utilisation de modèles de dispersion lagrangienne basée sur la courantologie. L'étude de la dispersion larvaire est en effet individu-centré (modèle IBM : Individual Based Model), les œufs et larves sont assimilées à des particules auxquelles on applique différents comportements. Nous verrons un premier exemple à travers l'étude de la connectivité via la dispersion larvaire dans les Bouches de Bonifacio. Nous illustrerons également cela à travers l'approche développée par la suite avec la thèse en cours de Céline Barrier. Ensuite, nous nous intéresserons à l'étude du comportement et de la mobilité des individus principalement adultes. L'approche comportementale, elle aussi est typiquement individu centrée. Ici, la méthodologie utilisée est la télémétrie acoustique, chaque individu est marqué individuellement avec un émetteur acoustique et suivi au sein d'un réseau d'hydrophones. Cela permet de définir les rythmes d'activité, les habitats préférentiels ainsi que le territoire vital de l'espèce au niveau individuel. Pour finir cette partie, nous verrons ainsi un cas d'étude à travers le suivi par télémétrie acoustique de denti et de mérou et l'intérêt de la modélisation du territoire vital en 3 dimensions.

Enfin, une dernière partie plus courte traitera des approches populationnelles en suivi d'abondance et de densité.

* J'ai eu l'occasion de consacrer une grande partie de mes travaux de thèse de doctorat et mes deux post-doctorats à l'étude de la qualité de l'habitat côtier ou estuariens pour les juvéniles de poissons marins (**cf III**). Ainsi cette axe de recherche sur la structure des populations constitue également une continuité logique à cet égard.

4.1. Structure de population et habitats essentiels

4.1.1. Structure génétique à l'échelle de l'aire de répartition : cas du denti

J'ai coordonné l'étude sur la structure génétique et la phylogéographie du denti *Dentex dentex* à travers l'ensemble de son aire de répartition (Méditerranée et proche Atlantique) (**Fig. 14**) à partir de marqueurs microsatellites (8 loci) et d'ADN mt (COI et D-Loop). Cette étude a été menée en collaboration avec Patrick Berrebi (DR CNRS à l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier) et Costas Tsigenopoulos et Dimitris Tsaparis (Chercheurs à l'Hellenic Center of Marine Research d'Héraklion) et s'inscrivait dans le cadre de la valorisation du stage master 2 d'Alexiane Viret. Ce travail est référencé à travers l'article ci-dessous :

Viret A, Tsaparis D, Tsigenopoulos CS, Berrebi P, Sabatini A, Arculeo M, Fassatoui C, Magoulas A, Marengo M, Morales-Nin B, Caill-Milly N, Durieux EDH. (2018) **Absence of spatial genetic structure in common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758) in the Mediterranean Sea as evidenced by nuclear and mitochondrial molecular markers.** *PloSOne*. 13(9): e0203866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203866>

Les patrons géographiques de structure génétique des populations chez les poissons marins reposent principalement sur les cycles biologiques et les facteurs environnementaux dans l'espace et dans le temps (Hauser & Carvalho, 2008 ; Selkoe et al., 2008 ; Chopelet et al., 2009). Par rapport aux organismes terrestres, les espèces marines, et les poissons marins en particulier, présentent généralement une grande diversité génétique et une faible différenciation génétique spatiale (Hauser & Carvalho, 2008 ; Selkoe et al., 2008 ; Nesbø et al., 2000 ; Beheregaray et al 2001 ; Plough, 2016). Ceci est principalement attribué à la forte prévalence de la fertilisation externe et à la production d'une énorme quantité de larves à haute capacité de dispersion (Calò et al., 2013) associée à l'absence de barrières dans les eaux marines, ce qui devrait à son tour faciliter un flux génétique élevé entre les populations éloignées (Plough, 2016). Cependant, le développement et l'utilisation de marqueurs génétiques polymorphes permettent de décrire un certain degré de structure génétique spatiale chez les poissons marins en raison de la connectivité spécifique dans le mouvement des adultes et la dispersion au début de la vie (Ward, 2000 ; Cowen et al., 2006 ; Waples et al., 2008). La connaissance de la structure génétique des populations exploitées est donc essentielle à la conservation et à la gestion durable des ressources halieutiques (Ward 2000, Cowen et al., 2006 ; Waples et al, 2008 ; Laikre et al., 2005). Ce type de recherche est particulièrement nécessaire pour identifier les populations, délimiter les stocks et déterminer la connectivité et la résilience potentielle au sein des populations.

Précédemment à notre étude, on savait peu de choses sur la structure génétique de la population du denti *Dentex dentex* à travers son aire de répartition. Des études antérieures échantillonnant en partie les mêmes populations que dans cette étude et basées soit sur des allozymes et des séquences partielles de la région mitochondriale de la D-Loop (Bargelloni et al., 2003) ou sur la biométrie morphologique (Palma & Andrade, 2004) ont proposé une forte divergence entre les populations atlantique et méditerranéenne. En fait, le détroit de Gibraltar est considéré comme un point de rupture biogéographique (Patarnello et al., 2007) entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique, tant pour des espèces de poissons pélagiques/épépélagiques que démersales. Des espèces telles que le bar européen *Dicentrarchus labrax*, la coryphène commune *Coryphaena hippurus* et d'autres sparidés comme le marbré *Lithognathus mormyrus* et la dorade grise *Spondyliosoma cantharus* montrent une différenciation génétique significative dans cette zone (reflétée par des valeurs Fst élevées entre les populations à la fois dans les allozymes et ADNmt) (Patarnello et al., 2007 ; Sacco et

al., 2017), cependant cela n'est pas généralisable étant donné que plusieurs autres espèces de téléostéens marins ne montrent aucune différenciation Méditerranée - Atlantique (Roques et al., 2002 ; Zardoya et al., 2004 ; Schunter et al., 2011 ; Miralles et al., 2016).

L'objectif de cette étude était de vérifier l'identification de l'espèce *Dentex dentex* au niveau moléculaire, puis la structure génétique et la phylogéographie du denti en combinant un schéma d'échantillonnage représentatif de la population en mer Méditerranée et proche Atlantique avec l'utilisation de multiples marqueurs. L'échantillonnage comprenait des échantillons déjà analysés par Bargelloni et al. (2003) et a ajouté de nouveaux échantillons couvrant la mer Méditerranée depuis l'est (mer Égée nord, Grèce), vers l'ouest (Alicante, Espagne) et jusqu'au golfe de Gascogne dans l'océan Atlantique (France) (**Fig. 14**). Tout d'abord, des séquences du locus de la cytochrome oxydase (COI) de l'ADN mitochondrial (ADNmt) ont été utilisées à des fins de barcoding pour vérifier toute incohérence taxonomique lorsque l'espèce d'un individu est déterminée ; par la suite, des séquences de D-Loop d'ADNmt et des données de génotype de microsatellites multilocus ont été utilisées pour affiner la structure génétique du denti dans la zone d'étude.

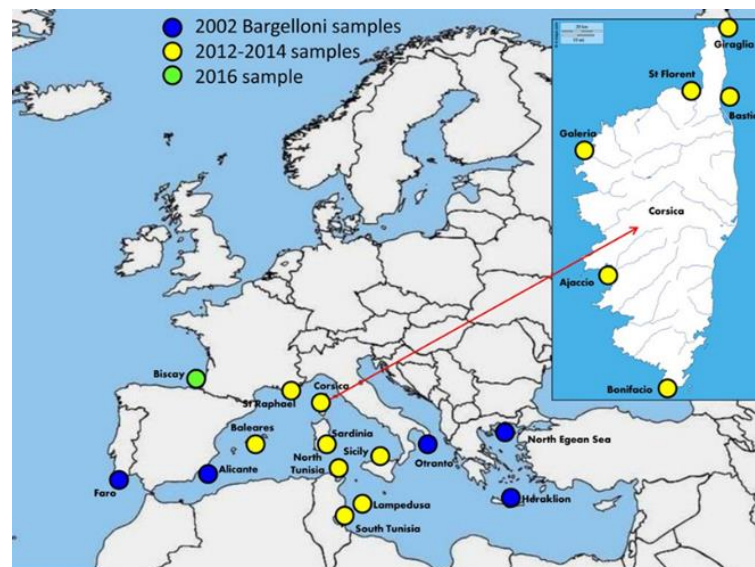


Figure 14 : Carte des sites d'échantillonnage de *Dentex dentex* dans la mer Méditerranée et proche Atlantique et le long des côtes Corses. (Fig. issue de Viret et al. 2018)

Le séquençage du COI est utilisé en routine pour la confirmation d'identification en particulier chez les poissons, en effet ce marqueur mitochondrial est extrêmement bien conservé au sein d'une espèce. Un premier résultat très intéressant de cette étude, a été que l'analyse de barcoding du COI a placé les échantillons Atlantique (Portugal) de Bargelloni et al. (2003), comme n'appartenant strictement pas à *Dentex dentex*, et les a regroupés au sein d'une espèce distincte qui était probablement *D. gibbosus* (**Fig. 15**). Par contre, les individus atlantiques échantillonnés dans le golfe de Gascogne (près d'Hendaye, France) pour la présente étude ont bien été confirmés comme *D. dentex* et sont génétiquement indifférenciés des populations méditerranéennes à partir du COI (**Fig. 15**).

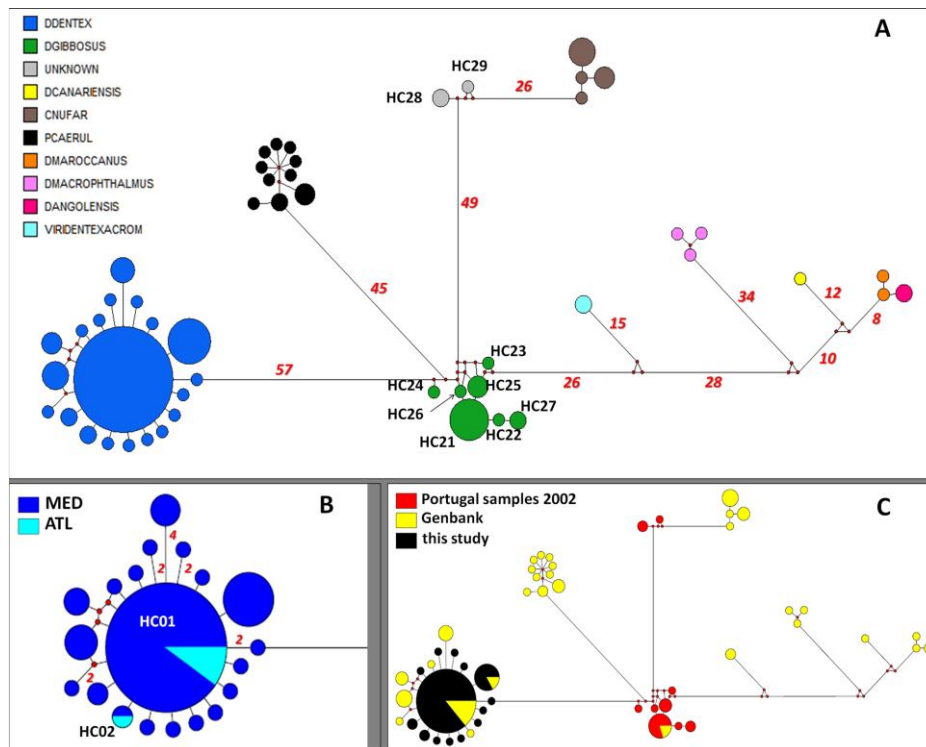


Figure 15 : Median-joining network pour les haplotypes COI identifiés dans l'analyse commune des codes à barres de l'ADN du denti (tableau S2). Chaque cercle représente un haplotype et sa taille est proportionnelle à la fréquence des haplotypes. Les couleurs indiquent différentes espèces en A, les régions d'échantillonnage en B pour le denti commun uniquement et la source de toutes les séquences utilisées en C. Les petits nœuds rouges représentent des vecteurs médians possibles tandis que les nombres indiquent le nombre de différences de nucléotides. (Fig. issue de Viret et al. 2018)

Les différentes analyses réalisées à partir des données de l'ADN mitochondrial (COI et surtout D-Loop) et des microsatellites sur l'ADN nucléaire (sur 8 loci polymorphes) aboutissent toutes au même constat : l'absence de structure génétique sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce (**Fig. 15, 16 et 17**). Ces résultats sont tout à fait originaux et apportent des informations importantes sur la structure génétique et l'évolution récente de cette espèce. Cela nous indique un flux génétique élevé entre les populations méditerranéennes de denti et entre les régions méditerranéenne et atlantique.

Dans la plupart des analyses génétiques des espèces marines, l'utilisation de marqueurs variables a permis la description de sous-groupes dans l'aire de répartition méditerranéenne et atlantique (e.g. *Platichthys flesus* (Borsa et al., 1997) ; *Scomber scombrus* (Zardoya et al., 2004) ; *Lithognathus mormyrus* (Sala-Bozano et al., 2009) ; *Symphodus tinca* (Carreras et al., 2017)). En fait, il y a cependant d'autres cas montrant également une absence totale de différenciation génétique (e.g. *Sebastes mentella* (Roques et al. 2002) ; *Scomber japonicus* (Zardoya et al., 2004) ; *Epinephelus marginatus* (Schunter et al., 2011) ; *Conger conger* (Miralles et al., 2016)) et maintenant *D. dentex*. Selon Patarnello et al. (2007), la comparaison du cycle biologique de plusieurs espèces d'une même famille aux traits biologiques comparables peut apporter une nouvelle compréhension. Ainsi, la famille des Sparidae présente deux patrons : *Lithognathus mormyrus*, *Spondyliosoma cantharus* (Bargelloni et al., 2003) et *Diplodus puntazzo* (Bargelloni et al., 2005) montrant une nette différenciation Atlantique-Méditerranée contrairement à *Pagellus bogaraveo*, *Pagrus pagrus* (Bargelloni et al., 2003), *Diplodus sargus* (Bargelloni et al., 2005) et maintenant *D. dentex* (la présente étude). Etant donné que le denti est une espèce benthopélagique répartie entre 0 et 200m au stade

adulte, ces résultats soulignent l'importance probable de la dispersion larvaire dans la connectivité entre zones géographiques sur l'aire de répartition de l'espèce. Cette hypothèse est en particulier appuyée par la durée de vie larvaire du denti qui est assez longue, mais aussi le comportement et les capacités de nage en phase de colonisation qui sont parmi les plus importantes chez les Sparidés. Failletaz et al. (2018) ont ainsi montré que les larves de Sparidae de grandes taille, dont fait partie *D. dentex* ont une nage plus rapide ($U_{crit} = 10 \text{ cm s}^{-1}$) et une durée de vie larvaire plus longue (PLD = Pelagic Larval Duration entre 28 et 38 jours). Failletaz et al. 2018, ont réalisé des simulations de la dispersion larvaire en se basant sur les courants et en incluant le comportement. Ils ont ainsi montré qu'en incluant les composantes comportementales dans le modèle, il y avait une augmentation de l'extension et de l'intensité de l'export des larves en dehors de leur zone de relâché. Une section spécifique est dédiée dans cette partie à l'étude de la dispersion larvaire et son rôle dans la connectivité et la compréhension de la structuration des populations (*cf* IV-4.2.1.)

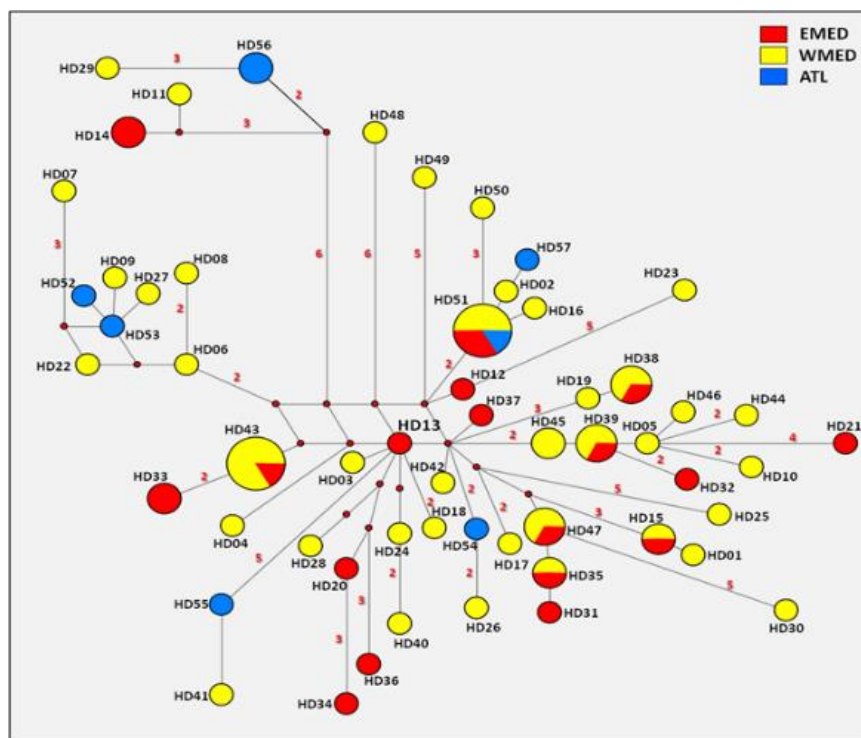


Figure 16 : Median joining network présentant la répartition des haplotypes pour la région D-loop de l'ADN mitochondrial pour le denti à travers son aire de répartition. Le code couleur correspond aux trois grandes zones (rouge : Méditerranée Orientale ; jaune : Méditerranée occidentale ; bleu : Atlantique). (Fig. issue de Viret et al. 2018)

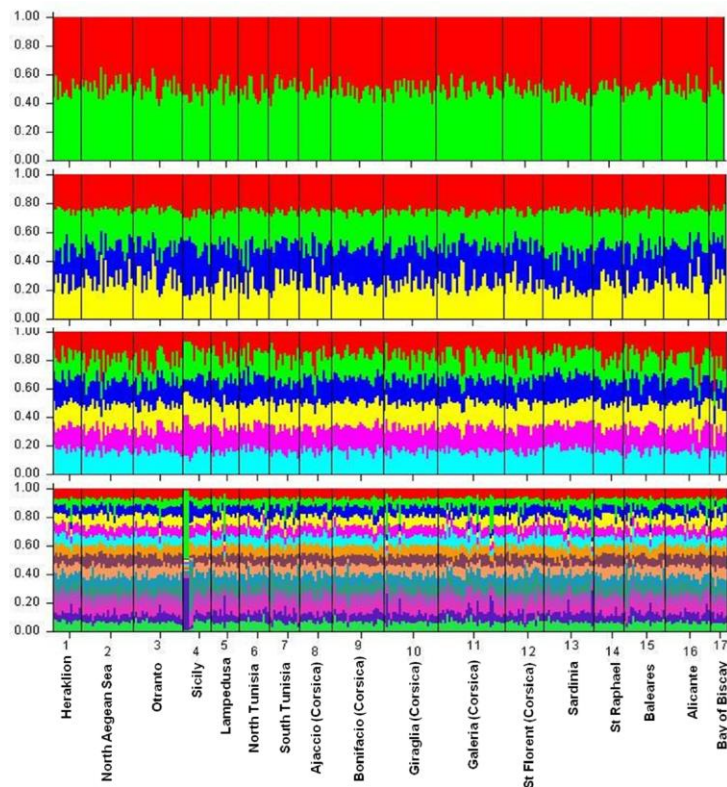


Figure 17 : Analyse de clustering présentant la structure de population de *Dentex dentex* avec les assignations pour 2, 4, 6 and 15 groupes. L'analyse a été réalisée à partir des marqueurs microsatellites (8 loci) grâce au logiciel Structure. (Fig. issue de Viret et al. 2018)

4.1.2. Autres travaux sur la structuration génétique de population : cas homard européen

J'ai également conduit des travaux sur la génétique de population du homard européen (*Homarus gamarus*) en lien avec le programme de recherche que je portais à la plateforme Stella Mare. Ces travaux ont été réalisés d'une part à travers une collaboration avec une équipe de chercheurs de l'Université de Exeter (Jamie Stevens, Tom Jenkins et Charlie Ellis). Ces travaux sont référencés à travers la publication suivante :

Jenkins T, Ellis C, Durieux EDH, Filippi J-J, Bracconi J, Stevens J S (2020). **Historical translocations and stocking alter the genetic structure of a Mediterranean lobster fishery.** *Ecology and Evolution*, 10 (12) 5631-5636. <https://doi.org/10.1002/ece3.6304>

Dans les années 1970, a été mené en France un grand programme de repeuplement sur le homard, avec plus d'un million de juvéniles de homards produits et relâchés le long des côtes françaises coordonné par l'ISTPM (Audouin, 1979). Les juvéniles ont été produits à partir d'une éclosérie située sur l'île d'Yeu dans la région du golfe de Gascogne au nord-est de l'Atlantique. Alors que le programme a relâché des juvéniles principalement dans les sites atlantiques, des lâchers ont également été effectués en Corse, en utilisant les mêmes homards juvéniles produits en éclosérie et issus de femelles œuvées provenant localement de l'île d'Yeu (Audouin, 1979). Au total, 10 200 juvéniles de stade V-VI d'origine atlantique ont ainsi été relâchés autour de Bastia (nord-est de la Corse) en 1976 (Audouin, 1979), auxquels s'ajoutent 600 juvéniles et plusieurs adultes supposément

également originaires de l'île d'Yeu relâchés également autour de Calvi (nord-ouest de la Corse) en 1978.

L'assignation génétique très précise des homards européens à leur zone géographique d'origine (Atlantique ou Méditerranée) a récemment été démontrée (Jenkins et al., 2019a) à l'aide d'un panel de marqueurs génétiques composé de 79 SNPs (Single Nucleotide polymorphism ; Jenkins et al., 2019b). Cette étude montre une rupture phylogéographique prononcée constatée entre les homards atlantiques et méditerranéens (Jenkins et al., 2019a). La disponibilité de cet outil d'identification des stocks offrait alors une opportunité de tester s'il restait des signatures génétiques atlantiques parmi les homards corses contemporains. Par conséquent, nous avons généré des génotypes SNP pour les homards capturés autour de la Corse de 2013 à 2020 et avons utilisé l'ensemble des données de base et les analyses d'attribution décrites dans (Jenkins et al., 2019a) pour prédire s'ils descendent des stocks de l'Atlantique et ainsi étaient potentiellement issues ou descendaient des relâchés réalisées dans les années 1970. Les résultats montrent en effet qu'une proportion importante de homards échantillonnés en Corse présente une signature Atlantique et ce qui confirmerait ainsi le succès mais aussi l'impact génétique du relâché de juvéniles de homard issus de l'Atlantique mené par l'ISTPM dans les années 70s. En outre, à termes un échantillonnage spatialement mieux réparti et d'effectif plus important est envisagé afin de mieux estimer ces proportions relatives. Ces résultats sont déjà très intéressants et utiles pour mieux gérer le stock de homard de la Corse.

D'autre part, une collaboration avait également été mise en place dès 2018 avec une équipe de l'institut d'Océanographie et d'Halieutique de Split en Croatie Miso Pavicic (doctorant) et Sanja Matic-Skoko (Professeur) afin de mener une étude sur la structuration génétique des populations et la connectivité chez le homard *Homarus gammarus* en Méditerranée et Adriatique cette fois-ci en utilisant des marqueurs microsatellites développés antérieurement aux SNPs (André & Knutsen, 2010 ; Ellis et al. 2015).

Ces travaux sont référencés à travers la publication suivante :

Pavicic M, Zuzul I, Matic-Skoko S, Triantafyllidis A, Grati F, Durieux EDH, Celic I, Segvic-Bubic T. (2020). Population connectivity and genetic structure of the European lobster *Homarus gammarus* in the Adriatic and Mediterranean Seas. *Frontiers in genetics*. 11, 1540. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.576023>

Les résultats montrent une faible différenciation génétique des populations avec les marqueurs microsatellites au sein de la Méditerranée mais le flux génique n'est pas homogène et présente une certaine différenciation des populations en dehors de l'Adriatique. La population de homard de Corse se distingue en effet, des autres populations de part sa proximité avec l'Atlantique et potentiellement de l'effet de translocation d'individus d'Atlantique dans les années 70 comme montré précédemment (Jenkins et al., 2020).

4.1.3. Structure de population du denti autour de la Corse par combinaison de marqueurs naturels

Ce travail fait partie de la thèse de Michel Marengo (2015) (direction Bernard Marchand, co-direction Eric Durieux) et fait partie d'une collaboration avec Patrick Berrebi (DR CNRS) sur la partie génétique (cf IV-4.1.1.) et avec Matthias Vignon sur la forme des otolithes (Maître de Conférences Université de Pau et des Pays de l'Adour, UMR EcoBiop). Cette étude est référencée à travers la publication :

Marengo M, Baudouin M., Viret A., Berrebi P., Vignon M., Marchand B., Durieux EDH (2017) **Combining microsatellite, otolith shape and parasites community data as a holistic approach to assess population structure of *Dentex dentex*. *Journal of Sea Research*. 128:1-14** <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.07.003>

Les connaissances sur les stocks, les sous-populations et la structure de la population sont fondamentales pour les évaluations des stocks de poissons et pour donner des avis sur la gestion appropriée des pêches (Pita et al., 2016). Le terme « stock » faisant référence à une unité de population d'une seule espèce a plusieurs significations. Certains auteurs considèrent un stock comme une unité écologique (Marques et al., 2006), et d'autres comme une unité évolutive significative (Waples, 1991). Ici, le stock est défini comme un groupe intraspécifique semi-discret d'individus s'accouplant au hasard avec une intégrité temporelle ou spatiale (Begg & Waldman, 1999). Généralement, cette définition s'apparente à la définition de la population à la différence que le stock se réfère essentiellement aux ressources exploitées commercialement comprises dans les stratégies de gestion des pêches (Begg & Waldman, 1999). Les stocks de poissons peuvent cependant présenter divers degrés de mélange avec d'autres stocks, ce qui peut compliquer l'identification de sous-unités distinctes de la population (Stephenson, 1999). Le terme « stock écologique » est utilisé de plus en plus fréquemment. Ce terme est utilisé pour décrire des sous-populations qui se distinguent par des différences comportementales, mais entre lesquelles il existe encore un flux génétique considérable (Mackenzie, 2002). Ainsi, la structuration des populations de poissons est particulièrement complexe à cette échelle et sa compréhension nécessite une approche multidisciplinaire (Pita et al., 2016).

De nombreuses méthodes ont été utilisées pour identifier et discriminer les stocks : histoire de vie (par exemple, croissance, reproduction), marqueurs naturels (morphométrie du corps et des otolithes, méristique, génétique, parasites, composition élémentaire des otolithes et profils d'acides gras) et marques appliquées (marques conventionnelles, marques électroniques et marquage de masse des otolithes) (Cadrin et al., 2013). Il y a eu une évolution récente dans la recherche halieutique vers l'utilisation de combinaisons de méthodes complémentaires d'identification des stocks, connues sous le nom d'« approche holistique » (e.g. Higgins et al., 2010). D'un point de vue opérationnel, une approche holistique peut être définie comme l'utilisation de plusieurs techniques d'identification des stocks de poissons, dans une seule étude sur les mêmes échantillons (Begg & Waldman, 1999). Cependant, l'utilisation de plus d'une technique augmente considérablement la probabilité de détecter différents stocks là où ils existent (Abaunza et al., 2008). Cela donne également une plus grande certitude lorsque les preuves à l'appui de l'hypothèse de plus d'un stock sont insuffisantes (c'est-à-dire qu'il existe un stock spatialement homogène ou un seul stock). L'analyse de la structure des stocks est également plus efficace lorsque plusieurs techniques sont utilisées en raison des différentes échelles temporelles, spatiales et évolutives abordées par chaque méthode (Welch et al., 2015). Dans ces cas, on peut s'attendre à ce que l'application de toutes les techniques sur le même spécimen facilite l'interprétation des résultats et la comparaison des performances des différentes techniques (Waldman et al., 1997). L'adoption d'une approche

multidisciplinaire combinant des marqueurs génétiques avec des caractéristiques biologiques est donc recommandée dans le cadre de la gestion des stocks halieutiques (Cadrin et al., 2013).

Parmi toutes les techniques disponibles, les méthodes génétiques sont depuis longtemps reconnues pour leur utilité dans la définition de la structure des stocks de poissons (Ward, 2000) comme montré précédemment (*cf* IV-4.1.1. et 4.1.2.). Dans les approches génétiques de la délimitation des stocks, l'ADN marqueurs microsatellites, en raison de leurs hauts niveaux de variation et de leur grand nombre d'allèles, fournissent une grande résolution pour identifier la structure de la population (O'reilly & Wright, 1995). La variation génétique entre les stocks peut fournir une base directe pour la structure des stocks mais peut s'avérer incapable où des niveaux de différenciation faibles et incohérents peuvent encore masquer un degré élevé de séparation démographique entre les stocks (Mariani et al., 2005 ; Ward, 2000). Cette situation se traduit souvent par des populations présentant de faibles différences génétiques aux loci neutres, mais des différences significatives pour d'autres caractéristiques biologiques labiles à plus court échelle de temps (*e.g.* morphologie, charge parasitaire, composition élémentaire des otolithes) et ont donné une meilleure résolution à petite échelle (Ihssen et al., 1981 ; Valentin et al., 2014). Ces caractéristiques biologiques pourraient différencier une structuration de la population plus complexe (Cadrin, 2000 ; Conover et al., 2006 ; Hauser & Carvalho, 2008).

La morphologie des otolithes s'est avérée être une caractéristique pertinente pour les problèmes d'identification des stocks (Campana & Casselman, 1993 ; Cañas et al., 2012 ; Sadighzadeh et al., 2014 ; Stransky, 2005). La forme des otolithes est spécifique à l'espèce et la morphologie générale peut souvent varier géographiquement au sein d'une espèce (variation intra-spécifique) (Campana & Casselman, 1993 ; Lombarte & Leonart, 1993). En particulier, il a été démontré que la variabilité de la forme de l'otolithe sagitta est attribuable à des influences ontogénétiques, génétiques et environnementales telles que la profondeur, la température de l'eau, la salinité, le régime alimentaire, le type de substrat. Ainsi, la morphométrie des otolithes peut être considérée comme une marque naturelle et peut être utilisée comme un moyen indirect de déduire la connectivité entre les stocks de poissons qui occupent des régions géographiques distinctes (Calò et al., 2013).

Parmi les marques naturelles, les parasites ont une longue histoire d'utilisation dans les études de populations de poissons (Boje et al., 1997 ; Durieux et al., 2010 ; Hermida et al., 2013 ; Moore et al., 2003 ; Timi et al., 2008). L'utilisation de parasites comme marqueurs biologiques présente une approche alternative prometteuse qui a été utilisée dans l'identification de stocks de poissons discrets (Mackenzie, 2002). Le principe de base qui sous-tend l'utilisation de parasites comme étiquettes est que les poissons ne peuvent être infectés par un parasite que lorsqu'ils pénètrent dans la zone propice à la transmission de ce parasite spécifique (MacKenzie & Abaunza, 2005). La capacité à différencier les stocks sur la base de leurs parasites reflète les variations des conditions écologiques et environnementales dans les régions habitées par les hôtes, ce qui entraîne des distributions et des abondances non uniformes des parasites hôtes finaux et intermédiaires (MacKenzie et al., 2013).

Le but de cette étude était ainsi d'identifier la structure de population de denti autour de la Corse par une approche holistique, avec une combinaison de marqueurs qui ont différentes échelles spatiales et temporelles d'intégration : les microsatellites, l'analyse de la forme des otolithes et les communautés de parasites du tube digestif. Cette étude visait ainsi à mieux identifier le stock de denti autour de la Corse et en particulier son homogénéité spatiale en combinant des marqueurs naturels qui ont des niveaux d'intégration spatiales et temporelles différents afin d'optimiser la discrimination des unités de population.

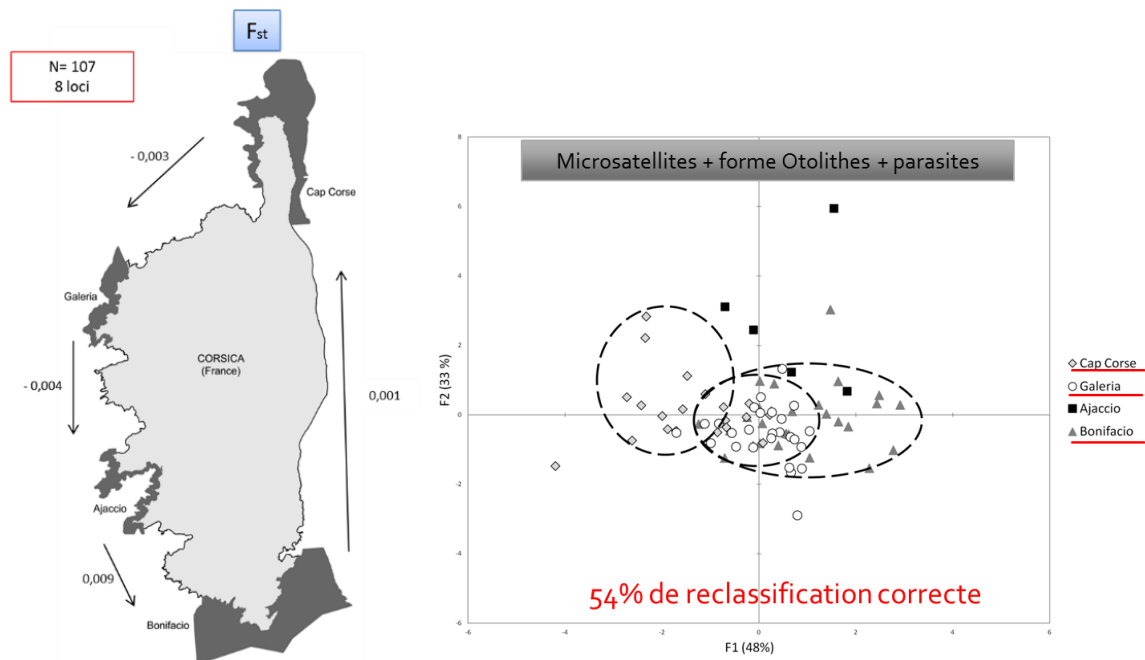


Figure 18 : Projection des individus d’après les résultats de l’analyse discriminante sur les microsatellites, la forme des otolithes et les parasites de *Dentex dentex* autour de la Corse. (Adapté de Marengo et al. 2017)

Les marqueurs génétiques microsatellites, comme montré à une échelle plus large (**cf IV-4.1.1.**) ne se sont pas révélés discriminants à l’échelle de l’île. Par contre, l’analyse de la forme des otolithes a montré une variation significative entre les sites autour de l’île. De plus, l’analyse de la parasitofaune suggère qu’il existe deux unités de populations distinctes en Corse, une à Bonifacio et une autre à Galeria. Enfin, la combinaison de ces marqueurs a permis de discriminer ainsi 3 unités populationnelles (**Fig. 18**). Cette étude a fourni de nouveaux éléments dans la compréhension de la structure de population du denti. En effet, alors que la structuration génétique montre que le flux de gènes est important, en particulier à travers le stade larvaire, le fait de montrer qu’il existe des unités de population distinctes à l’échelle de l’île et non pas une structure homogène, montre que le stade adulte est ainsi relativement sédentaire. Elle a mis en lumière une structuration spatiale complexe de la population de denti, donnant de nouvelles perspectives pour la conservation et la gestion durable des stocks de denti en Corse et ailleurs en Méditerranée. Cette étude permet également de faire l’hypothèse que le denti au stade adulte présenterait une mobilité réduite et ainsi inférer sur son comportement en termes de mobilité et d’utilisation d’habitat. Nous testons cela dans le cadre de l’étude du suivi individuel des individus en télémétrie acoustique réalisée dans le projet MoPaMFish (**cf IV-4.2.2.**).

4.1.4. Habitats essentiels : cartographie et modélisation pour le denti en Corse

L’amélioration de l’efficacité de la gestion de l’espace marin est cruciale pour préserver les écosystèmes marins et également pour soutenir la durabilité de la pêche. Les habitats essentiels pour les poissons (EFH : *Essential Fish Habitats*) peuvent être définis comme des environnements nécessaires à tout stade de vie d’une espèce de poisson et leur importance peut être évaluée comme les effets des changements de la quantité et/ou de la qualité de ces habitats sur les populations ou

les stocks dans le temps ou dans l'espace (Sundblad et al., 2014). Les habitats essentiels comprennent donc les nurseries, les aires d'alimentation, les frayères et les routes migratoires. En outre, ces trois derniers habitats peuvent être importants pour la pêche en raison des captures élevées. Par conséquent, certains habitats sont importants à la fois pour les stocks de poissons et pour la pêche, ce qui crée des défis pour la gestion durable des ressources halieutiques. Les habitats essentiels des espèces exploitées par la pêche sont ainsi considérés comme des Zones Fonctionnelles Halieutiques (ZFH) (Delage & Lepape, 2016). Dans le cycle de vie des espèces, comme déjà dit, on retiendra en particulier l'importance des **nurseries** et des **frayères** car elles sont relativement limitées spatialement par rapport à l'ensemble de l'habitat potentiel de l'espèce qui comprend les zones de nourrissage (**Fig. 3**).

De nombreuses espèces sélectionnent en effet particulièrement certains habitats des zones côtières comme nourriceries, ce qui implique une réelle dépendance des juvéniles vis-à-vis de ces habitats (Whitfield & Patrick, 2015). Leur très forte productivité par rapport aux secteurs situés plus au large est un critère déterminant qui explique la forte concentration de juvéniles (Le Pape & Bonhommeau, 2015). De plus, la faible profondeur des nourriceries situées en zone côtière limite l'accès de prédateurs piscivores (Paterson & Whitfield, 2000) et la turbidité des eaux côtières constitue une bonne protection pour les jeunes stades (Blaber & Blaber, 1980). Ces zones présentent aussi des températures plus favorables qu'au large en dehors des périodes hivernales et favorise ainsi la croissance des juvéniles. Ainsi, la réduction de la taille (Beck et al., 2001 ; Rochette et al., 2010) et de la qualité (Peterson, 2003) d'une nourricerie conduit à une diminution du recrutement. Or ces zones côtières présentent de fortes variations des facteurs environnementaux naturels, auxquelles se surajoutent souvent de fortes pressions anthropiques (*e.g.* pollution et réduction d'habitat), toutes ces conditions environnementales locales modulant fortement leur fonction de nourricerie (Beck et al., 2001). Par conséquent, le renouvellement des ressources marines dépend non seulement de la biomasse féconde et de la survie des stades pélagiques (embryonnaire et larvaire) mais aussi de la qualité et de la contribution des nourriceries où se développent les juvéniles (Gibson, 1994, van der Veer et al., 2001 ; Beck et al., 2001 ; Stoner, 2003 ; Le Pape et al., 2003 ; Dahlgren et al., 2006 ; Reis-Santos et al., 2013). Les individus juvéniles vont rester dans ces zones côtières jusqu'à atteindre la maturité sexuelle et rejoindre la population adulte. On notera que les zones occupées par les juvéniles vont s'élargir à mesure que les individus grandissent et avancent en âge, ainsi les nurseries de juvéniles de l'année (jeunes de l'année : Young Of the Year ; groupe d'âge 0 : 0-group) sont beaucoup plus limitées spatialement que les zones occupées par les individus âgés de plus d'un an (*e.g.* Le Pape et al., 2003 ; Durieux et al., 2010 ; Cheminée et al., 2017).

La reproduction a lieu en général dans des zones spécifiques de très forte concentration, appelées frayères (Delage & Lepape, 2016). Ces habitats sont caractéristiques des besoins physico-chimiques des espèces halieutiques qui les utilisent (Veiga et al., 2006 ; Colonello et al., 2014). Dans un grand nombre de cas, la zone de reproduction est identique à la zone de ponte. Cependant, certaines groupes taxonomiques (*e.g.* crustacés) transportent les oeufs fécondés lors de la phase de reproduction vers un site de ponte plus approprié, ce transport pouvant durer plusieurs mois. Du fait de l'étroite relation entre ces deux types de zones pour une très forte proportion d'espèces d'intérêt halieutique, celles-ci seront regroupées sous le terme de frayères comprenant la zone sur laquelle a lieu l'action de reproduction ainsi que celle où les embryons sont émis. Dans les secteurs où la saisonnalité est marquée, la reproduction est restreinte à une période bien définie dans le temps. Cette période peut, en fonction de l'espèce considérée, être figée temporellement ou liée à des conditions extérieures (biotiques ou abiotiques). Ce phénomène de concentration dans le temps des épisodes de ponte peut aussi se retrouver en secteur tropical (rythme de ponte calé sur le cycle lunaire pour les coraux et d'autres espèces). La photopériode est aussi impliquée dans la régulation

temporelle de la ponte (Carrillo et al., 1989). Par conséquent, les zones de reproduction sont définies dans l'espace mais aussi dans le temps. Selon Palomera et al. (2007) une frayère se définit par : i) ses conditions physiques (granulométrie du fond, vitesse de courant, température) et chimiques, particulièrement la salinité ; ii) son association avec des zones de fortes productivités, telles que des estuaires ou des upwellings. En effet, les frayères sont le fruit d'une évolution sur le long terme qui a sélectionné les habitats offrant la meilleure fitness des produits de la ponte. En conséquence, leur positionnement n'est pas exclusivement lié aux conditions optimales pour les embryons mais aussi à leur devenir. Les frayères sont donc situées dans des secteurs d'où les oeufs et les larves dériveront avec succès dans des conditions favorables d'alimentation et de survie vers des secteurs optimaux de nourricerie.

J'ai ainsi développé différents travaux portant sur l'identification des habitats essentiels nurseries et frayères pour des espèces d'intérêt et notamment pour le denti *Dentex dentex* en Corse.

Cartographie d'habitats essentiels chez le denti *Dentex dentex*

Un premier travail fait ainsi partie de la thèse de Michel Marengo (2015) (direction Bernard Marchand, co-direction Eric Durieux) et est référencé à travers la publication :

Marengo M, Pere A, Marchand B, Lejeune P, Durieux EDH (2016) **Catch variation and demographic structure of common dentex (*Sparidae*) exploited by Mediterranean artisanal fisheries. *Bulletin of Marine Science*. 92: 191-206. <https://doi.org/10.5343/bms.2015.1041>**

L'identification des zones de nurseries ou de frayères passe en général par l'utilisation un moyen d'observation ou d'un engin de capture standardisé et utilise quasi systématiquement des données indépendantes de la pêche. L'originalité de cette étude était alors de pouvoir aborder l'identification de ces zones d'habitats essentiels directement à partir des données de captures ; comme précisé ultérieurement dans la section sur l'exploitation (**cf IV-5.**), il y a un grand intérêt à utiliser ces données d'exploitation en dehors des aspects directs d'effort de pêche, mortalité par pêche, production ou rejets.

Ainsi l'étude de la variabilité spatio-temporelle des captures de denti en pêche artisanale (filets poissons et filets langoustes) a en effet permis d'appréhender en première approche les zones d'habitats essentiels pour cette espèce. La série temporelle utilisée ici va de 2009 à 2013. En effet, les cartographies des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) en période de reproduction avec les classes de grande taille a permis de mettre en évidence des proxys de zones de frayères et de nurseries (classe de petite taille) à travers les zones de pêches échantillonnées (**Fig. 19**). Il est cependant important de considérer en parallèle la répartition de l'effort de pêche échantillonné car il s'agit ici de données dépendantes de la pêche, ainsi certaines zones non pêchées et donc non échantillonnées à travers la pêche ne sont pas représentées (**Fig. 19**). On va ainsi voir l'intérêt de mettre en relation ces données d'observation de capture avec les variables environnementales à travers la modélisation d'habitats potentiels ce qui permettra d'avoir une approche prédictive sur l'ensemble d'une zone géographique donnée (voir partie suivante dans la section).

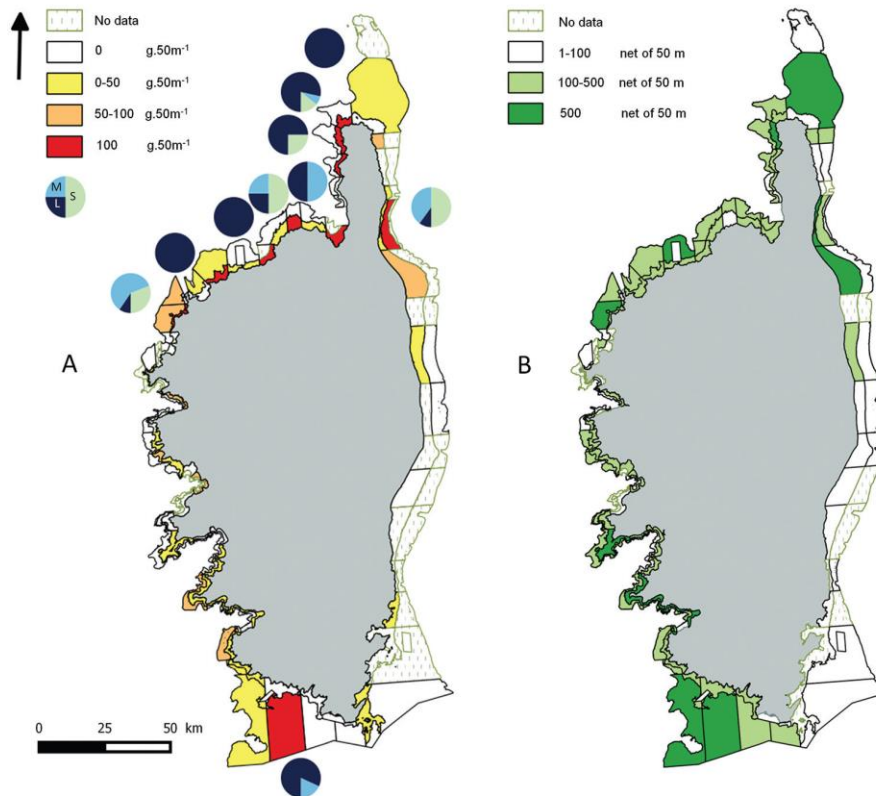


Figure 19 : Carte des zones de pêche au large de la Corse montrant les captures par unité d'effort (CPUE) de *Dentex dentex* en biomasse g 50 m⁻¹ de filet : (A) pendant la période de ponte (avril-mai) pour les années 2009-2013 pour *Dentex dentex* capturé par la pêche artisanale. Les diagrammes représentent la composition des classes de taille [longueur totale en cm (Small = 0–40, Medium = 40–60, Large = 80) dans les zones « hot spots » ; (B) Répartition spatiale de l'effort de pêche sur la période d'échantillonnage (2009-2013). (Fig. issue de Marengo et al. 2016)

Modélisation d'habitats potentiels : exemple du denti *Dentex dentex*

Suite à cette première étude, l'objectif était d'aller plus loin dans l'identification de ces zones d'habitats essentiels sur cette espèce. Ainsi dans le cadre des programmes MOONFISH (FEDER 2017-2021, Modelisation tOols for sustaiNable management of FISHeries ressources in Corsica) et MOMPAMFISH (AERMC 2018-2022, Monitoring Of PATrimonial Mediterranean FISHeres) (**cf I-5.1.**), nous avons mis en place une étude sur la cartographie et la modélisation des habitats essentiels de plusieurs espèces d'intérêt dont le denti. Ce travail de modélisation d'habitat à partir de données de pêche pour ces espèces a été initié dans une première approche dans le cadre d'un stage de Master 2 AgroCampus d'Eloïse-Piëtte Semeril (2018). Ensuite ce travail a été mené par Jessica Garcia en postdoctorat sur le programme MoPamFish et fait l'objet d'une publication dans ICES Journal of Marine Science :

Garcia J, Pasqualini V, Vanalderweireldt L, Bisgambiglia P-A, Marengo M, Lejeune P, Aiello A, **Durieux EDH. (2022). Global patterns and environmental drivers of suitable habitat for *Dentex dentex* and *Sciaena umbra* along the Corsican coast. *ICES Journal of Marine Science*. 79 (9), 2461-2472. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac184>**

Dans le domaine de l'écologie spatiale, la connaissance des patrons d'utilisation de l'habitat par les espèces étudiées est souvent lacunaire, incomplète et spatialement restreinte. La modélisation spatiale peut être un outil efficace pour prédire la distribution des animaux à de grandes échelles

spatiales même si les modèles et les proxies sont souvent critiqués pour leurs performances inexactes et les problèmes de qualité des données (André et al., 2021). Cependant, la modélisation spatiale reste un cadre adapté pour parvenir à une vision globale et à la cartographie complète des habitats critiques des espèces, y compris les zones de nurseries et de frayères, en particulier pour les espèces d'intérêt pour la pêche commerciale. Dans les approches de gestion spatiale, un habitat propice peut être défini comme un ensemble de variables biophysiques permettant de prédire la contribution relative de chaque facteur environnemental à la répartition du poisson (Baker & Hollowed, 2014). Les méthodes spatiales d'analyse statistique se sont largement développées au cours des 20 dernières années, telles que les méthodes des indices statistiques, l'approche GLM (General Linear Model) (Le Pape et al., 2003, 2007), les approches hiérarchiques, les analyses conditionnelles de régression logistique et l'entropie maximale (Rooper et al., 2017 ; Dou et al., 2019). Chacune de ces méthodes listées ici a ses avantages et ses inconvénients, notamment en ce qui concerne l'hypothèse d'indépendance des paramètres prédictifs, considérée comme un inconvénient majeur (Camilo et al., 2017). Au cours des deux dernières décennies, de nouvelles méthodes ont émergé basées sur l'apprentissage automatique telles que la modélisation Random Forest (RF) (Breiman, 2001), les modèles Decision Trees et les modèles Artificial Neural Networks, particulièrement efficaces sur de grands ensembles de données. RF est une méthode statistique puissante considérée comme plus précise que la modélisation DT et ANN, en particulier lors de la réalisation de prédictions à partir d'un ensemble de données (Ellis et al., 2012). Les principaux avantages du modèle RF sont sa capacité à établir des relations non linéaires entre les prédictifs et sa robustesse au bruit des données (Rodriguez-Galiano et al., 2012) et au surajustement (Ducharme-Barth & Ahrens, 2017). De plus, la RF a démontré de hautes performances avec des échantillons de petite taille (Qi, 2012 ; Luan et al., 2020 ; Siders et al., 2020) et ainsi des espèces relativement peu abondantes dans l'échantillonnage. Par conséquent, la modélisation RF est de plus en plus largement utilisée dans les études récentes liées aux écosystèmes aquatiques et à la recherche halieutique pour déterminer le modèle d'utilisation de l'habitat (Miller et al., 2014 ; Rooper et al., 2017 ; Luan et al., 2020). De plus, la modélisation RF peut être effectuée à l'aide de diverses sources de bases de données telles que les données de pêche (Baker & Hollowed 2014, Rooper et al., 2017, Luan et al. 2020, Brodie et al. 2021), des photos de terrain/couverture terrestre (Rodriguez-Galiano et al., 2012 ; Yang et al., 2016 ; Dou et al. 2019) ou des vidéos sous-marines (Garcia et al., 2018).

Dans cette étude, nous présentons une analyse globale des facteurs environnementaux qui régissent la distribution spatiale et caractérisent les habitats les plus propices des nurseries et frayères de deux espèces emblématiques, le denti *D. dentex* et le corb *S. umbra* autour du littoral corse. Par ailleurs, notre approche est basée à partir de données dépendantes de la pêche (*fisheries dependant data*), ce qui constitue une réelle complémentarité sur ces espèces par rapport à des données indépendantes (*fisheries independent data*) de la pêche qui sont en général moins bien réparties spatialement (*e.g.* recensement visuel limité en fonction de la profondeur).

Le modèle RF était l'outil le plus approprié pour entreprendre cette étude étant donné que notre ensemble de données a été fourni à partir d'observateurs embarqués sur les navires de pêche et peut être considéré comme des données avec peu d'échantillons dans de vastes zones sous-échantillonnées. Les données utilisées ici étaient des présence/absence sur une série temporelle allant de 2009 à 2015. À cette fin, nous avons développé un modèle RF basé sur la température de surface de la mer (SST), la salinité de la mer (SS), le courant, la profondeur, la Chlorophylle-a et le type de biocénose benthique associée au substrat.

L'ensemble des données de modélisation englobe 2589 opérations de pêche situées autour de la Corse. Globalement, *D. dentex* et *S. umbra* ont été capturés pendant respectivement 10,7% et 9,9%

des opérations de pêche. Les cartes prédictives de la distribution spatiale basées sur les données de présence/absence ont montré un degré élevé de variabilité spatiale entre les espèces. Les habitats appropriés étaient proches du rivage dans les eaux peu profondes pour *S. umbra* et plus profonds et plus au large pour *D. dentex* (Fig. 20, NB : ici uniquement les cartes pour *D. dentex* sont présentées). Nous avons également observé que les frayères étaient principalement situées sur la côte ouest tandis que les nurseries étaient réparties tout autour de l'île pour *D. Dentex* mis à part à l'Est du Cap Corse (Fig. 20). Nous avons démontré la contribution importante des facteurs environnementaux et de l'habitat local dans la sélection de leurs habitats propices : on notera par exemple l'importance de la profondeur et herbiers de *Posidonia oceanica* en particulier pour les juvéniles de denti (Fig. 20).

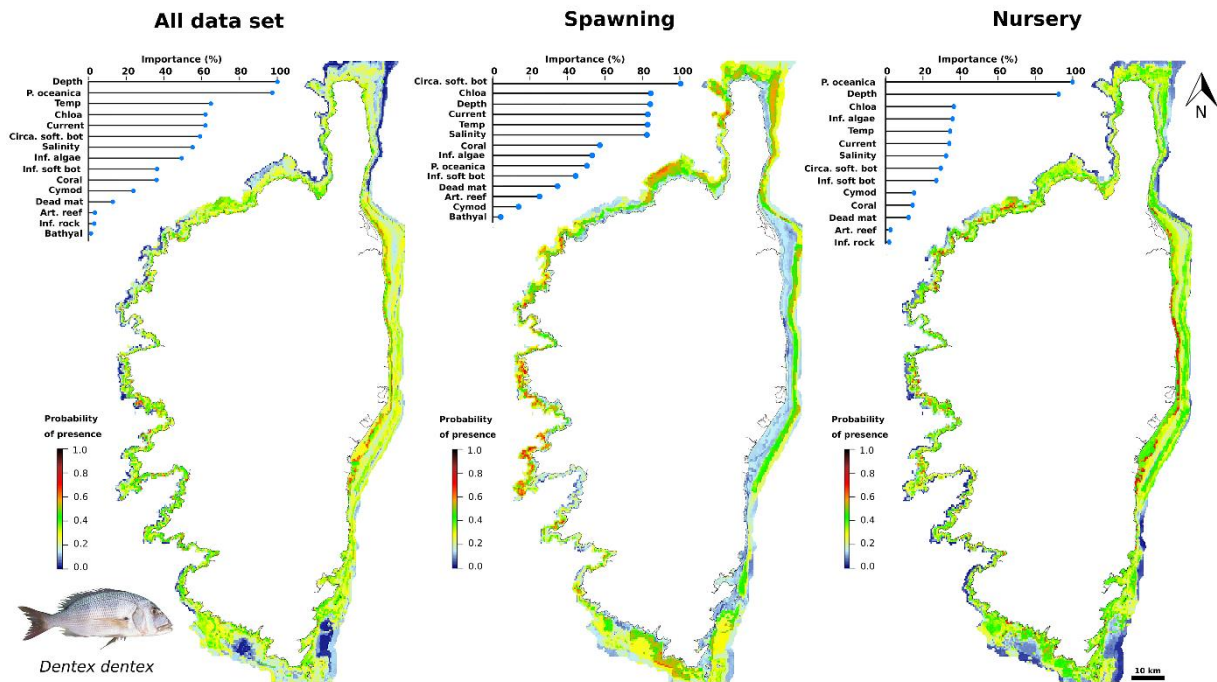


Figure 20 : Cartes de prédiction indiquant la répartition mondiale de la zone (générée à partir de l'ensemble de données global), les zones de frai et les nurseries pour *Dentex dentex*. (Fig. issue de Garcia et al. 2022)

Comme nos résultats proviennent d'une prédiction de modélisation et que cela génère parfois des faux négatifs et des faux positifs, un degré d'incertitude inévitable existe. Il est donc possible que certaines frayères de *D. dentex* soient également réparties le long de la côte est, mais que de meilleures conditions biophysiques soient trouvées le long de la côte ouest, expliquant le plus grand nombre prédit de frayères potentielles. Cependant, nos résultats sont cohérents avec la localisation des zones plus larges de hotspots de frayères montrée par Marengo et al. (2016) (présenté précédemment), bien que ces résultats soient géographiquement plus précis et permettent d'identifier plus de frayères. Nos résultats apportent ainsi un soutien tangible à la planification de la gestion spatiale des écosystèmes marins côtiers sur le territoire littoral de la Corse. Ils identifient les zones prioritaires à protéger et informent sur les périodes où les espèces sont les plus vulnérables à l'exploitation. Cette étude, qui utilise des données de présence-absence à partir de zones de pêche (centroïde des zones de pêche et non position exacte), présente déjà une précision très intéressante et un bon pouvoir prédictif. On notera cependant que ces modèles d'habitats pourront encore être améliorés substantiellement très prochainement en utilisant des données géoréférencées, comme nous en collectons à l'échelle de la Corse et de manière standardisée depuis 2017 (cf IV-5.3.). Une

mise à jour des modèles d'habitats de ces 2 espèces sera ainsi proposée par la suite et étendue différentes espèces d'intérêt halieutique en Corse.

L'ensemble de ces travaux sur les cartographies et modélisation d'habitat ont des applications et retombées directes sur l'identification de **Zones Fonctionnelles Halieutiques (ZFH)** et ainsi sur la mise en place de **Zones de Conservation Halieutique (ZCH)**.

Application : l'outil « Zone de Conservation Halieutique »

La création des ZCH découle des multiples recommandations des instances internationales et nationales telles que la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (1994), la Directive cadre sur les milieux marins (EC, 2008) ou encore les Grenelle de la mer en France en 2009 dont les messages principaux sont la protection des espaces marins et côtiers. La ZCH a pour but la protection des ressources halieutiques, définies comme des éléments biotiques des écosystèmes aquatiques présentant un intérêt pour l'exploitation commerciale par la pêche. Son implantation doit donc cibler une zone géographique à l'intérieur des 12 miles côtiers représentant un intérêt fonctionnel pour les espèces d'intérêt halieutique, c'est-à-dire une Zone Fonctionnelle Halieutique. Ces fonctionnalités regroupent comme déjà dit, (i) la reproduction (avec les frayères), (ii) la croissance des juvéniles (avec les nurseries) et (iii) la migration (avec les voies migratoires) (Le Pape & Bonhommeau, 2015 ; Regimbart et al., 2018). Les politiques de gestion appliquées au sein de ces zones sont relativement souples, allant de la simple mise en place de mouillage écologique à la fermeture spatio-temporelle de la pêche (professionnelle et/ou récréative). Cet outil est novateur de par son entrée « ressource halieutique ». En effet, la grande majorité des AMP ont pour but la protection d'habitats ou d'espèces d'intérêt communautaires menacées, alors que la ZCH a pour but la protection d'une ressource exploitée par la pêche. Les ZCH se rapprochent ainsi des cantonnements de pêche (espaces protégés mis en place par les pêcheurs et pour les pêcheurs) qui ont été créés dans les années 1970 en Corse afin de permettre le renouvellement des stocks halieutiques.

Dans le **cadre du projet AIUTU (2020-2022) (Analyse préalable à la création de 2 Zones de conservAtion halieUTiQue) – FEAMP mesure 40 « Protection et restauration de la biodiversité des écosystèmes marins dans le cadre d'activités de pêche durable »**, nous avons ainsi développer cette approche sur l'étude préalable à la création de deux ZCHs sur la côte orientale de la Corse. A partir des différentes données existantes issues de plusieurs bases de données nous avons établis les fonctionnalités en particulier en termes de nurseries et de frayères pour plusieurs espèces d'intérêt halieutique. Ce projet est ainsi une application concrète de l'apport des connaissances sur les cartographies et modélisation d'habitats essentiels dans la gestion spatialisée des pêches et la mise en place de zones de protection en Corse (**cf IV-7.2**).

4.1.5. Autres travaux sur les suivis d'abondance en approche populationnelle

L'étude de la structure des populations nécessite l'échantillonnage des individus dans l'espace et éventuellement dans le temps, cependant cette approche n'est pas nécessairement quantitative. Or l'approche quantitative est nécessaire afin d'appréhender la dynamique de population et la structure des communautés. Il s'agit alors de disposer des méthodologies de terrain permettant l'estimation d'abondance des espèces. Il existe de nombreux engins d'échantillonnage standardisés permettant ces estimations à partir de campagnes scientifiques halieutiques, tels que le chalutage scientifique (espèces du plateau continental et talus sur fond meubles chalutable) ou l'écholocalisation (petits pélagiques essentiellement) (Jennings et al., 2009). En outre, pour les populations et peuplements

côtiers rocheux présents dans des eaux présentant une bonne visibilité comme la Méditerranée, le recensement visuel en plongée (UVC : *Underwater Visual Census*) est également particulièrement adapté.

Moi-même plongeur (**cf I-4.**), j'ai ainsi également développé cette méthodologie par UVC afin d'opérer des suivis de population de certaines espèces d'intérêt halieutique.

J'ai notamment contribué activement aux travaux de suivi sur l'oursin violet *Paracentrotus lividus* réalisé en collaboration en particulier avec mes collègues Sonia Ternengo et Vanina Pasqualini dans le cadre de la thèse de Sophie Duchaud (2018). Ce travail précise les niveaux de densités de oursins en fonction des saisons, périodes de pêche et des habitats et également les structures en taille.

Duchaud S, Durieux EDH, Coupé S, Pasqualini V, Ternengo S. (2018) **Spatio-temporal patterns based on demographic and genetic diversity of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* in the area around Corsica island (Mediterranean Sea).** *Mediterranean Marine Science*. 19(3), 620-641. <https://doi.org/10.12681/mms.14184>

Duchaud S, Ternengo S, Durieux EDH, Bianchini B, Garrido M, Aiello A, Bastien R, Pasqualini V (2021). **Influence of environmental patterns on gonadosomatic index and early life stages of *Paracentrotus lividus* in Corsica (Mediterranean Sea).** *Regional Studies in Marine Science*. 42, 101645. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101645>

Depuis 2018, à travers le programme MOPAMFISH (AERMC 2018-2022, Monitoring Of PATrimonial Mediterranean FIShes) (**cf I-5.1.**), j'ai développé sur trois espèces patrimoniales (denti, mérrou et corb) une approche de suivi de population par recensement visuel pour définir les niveaux d'abondance au sein du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate (PNMCCA). La méthode utilisée dans le suivi MoPaMFish est la réplique de transects de 50m * 20m de large (Prato et al., 2017). Depuis 2020, je suis également en charge des suivis de populations de mérours et corbs pour la zone du PNMCCA dans le cadre du suivi des moratoires sur ces deux espèces et de l'évaluation pour la reconduction en 2023 (convention DIRM 2021-2023). En Méditerranée française les suivis mérours et corbs sont coordonnés par la Direction Inter-Regionale pour la Méditerranée (DIRM) qui anime la commission spécialisée du Conseil maritime de façade de Méditerranée avec l'appui technique de l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et de l'Université Côte d'Azur. Depuis 2019, la DIRM a mis en place et structuré ces suivis à l'échelle de la Corse en collaboration avec l'Office de l'Environnement de la Corse afin de mettre en place un suivi scientifique standardisé et contribuer à l'amélioration des connaissances sur l'abondance de ces deux espèces. Des sites prioritaires et une fréquence de suivi ont ainsi été définis à l'échelle de la Corse ainsi que le protocole de recensement visuel en plongée à suivre. Le protocole de suivi de référence par recensement visuel des mérours et des corbs ainsi retenu est celui défini par le Groupe d'Etude du Mérrou (*e.g.* Astruch & Lenfant, 2006 ; Charbonnel, 2007 ; Cottalorda et al., 2012). Ce protocole de recensement exhaustif sur une zone donnée a une grande antériorité pour les suivis de mérours et intègre également les suivis de corbs depuis de nombreuses années. Le projet MoPaMFish a en particulier servi de base scientifique solide pour la pré-sélection des sites dans la zone du PNMCCA étant donné que des suivis d'abondance bi-annuel par UVC avaient été mis en place pour ces espèces dès 2018 (Garcia & Durieux, 2019). L'objectif de cette étude en cours est de définir les estimations d'abondance des mérours / corb et la démographie à travers les structures en taille (voir Fournier et al. 2022, **cf II-6.**).

Par ailleurs les suivis UVC sont utilisés dans l'axe iv) pour le suivi des relâchés de juvéniles de poissons (**cf IV-6.2.**).

Enfin, les données d'estimation d'abondance, qui sont ici des données indépendantes de la pêche (*fisheries independent data*) peuvent ensuite servir à établir ou contribuer à alimenter des modèles de dynamique de population d'espèce d'intérêt, comme en estimation de stock à travers directement l'estimation de la biomasse de reproducteurs (ex : oursin) et/ou un indice de recrutement (juvéniles) (**cf IV-7.2.** : *i.e.* projet DENTALE). En outre, la méthode UVC comme toute méthode d'échantillonnage présente certaines limites, en particulier le temps et la profondeur d'immersion (environ 25-30m de profondeur maximum en routine pour du comptage poisson) et n'est donc pas adaptée à toutes les espèces, habitats et stades de vie.

4.2. Dynamique spatio-temporelle et connectivité

4.2.1. *Dispersion larvaire : connectivité entre habitat*

La plupart des espèces de poissons marins côtiers ont un cycle de vie biparti, divisé en un stade juvénile/adulte relativement sédentaire et un stade précoce pélagique dispersif (œufs/larves) (Heath, 1992 ; Leis, 2002) (**Fig. 3**). Les distances de dispersion des premiers stades de vie des poissons peuvent atteindre des dizaines à centaines de km, comme le montrent des études antérieures sur les poissons récifaux tropicaux (Kinlan & Gaines, 2003 ; Cowen et al., 2006 ; Purcell et al., 2009). Le processus de dispersion est donc généralement considéré comme le principal moteur de la connectivité des populations et de la persistance des sous-populations dans les populations de poissons marins (Cowen & Sponaugle, 2009). La reconstitution des sous-populations dépendra en grande partie du processus de recrutement des individus nouvellement installés (Doherty & Fowler, 1994 ; Hastings & Botsford, 2006). La dispersion larvaire est en fait un processus complexe difficile à prédire car il repose sur des facteurs physiques, tels que l'advection et la diffusion, mais aussi sur des facteurs biologiques (Werner et al., 1996 ; Pineda et al., 2007), tels que la flottabilité, la durée larvaire pélagique (Pelagic Larval Duration : PLD), la disponibilité de la nourriture et la pression de prédation opérant à différentes échelles spatiales et temporelles (Scheltema, 1986 ; Pineda et al., 2009) ainsi que sur le comportement des larves lié à leurs capacités de nage et d'orientation (Leis & Lockett, 2005 ; Leis, 2006 ; Staaterman et al., 2012). Les approches lagrangiennes permettent de suivre les trajectoires individuelles d'un grand nombre de larves et une meilleure prise en compte de la stochasticité des processus. L'utilisation des modèles biophysiques de dispersion et connectivité se révèlent ainsi très informatifs afin de mieux comprendre les processus gouvernant la dynamique spatio-temporelle (Swearer et al., 2019).

Etude de la dispersion larvaire et de la connectivité dans les Bouches de Bonifacio

Ainsi j'ai tout d'abord contribué activement à une étude sur la modélisation de la dispersion larvaire et de la connectivité des post-larves de poissons dans les Bouches de Bonifacio (BB). Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec mes collègues Sylvia Agostini et P-A Bisgambiglia sur la modélisation de la dispersion larvaire, et a été réalisé dans le cadre des post-doctorats que j'ai co-encadré de Barbara Koeck et Olivia Gérigny en 2013. Ce travail s'inscrit également dans le cadre de la valorisation des données *in situ* la campagne océanographique Stella Mare, réalisée en août 2012 dans les Bouches de Bonifacio à bord du Thétis et coordonnée par l'Ifremer (François Galgani et Sylvain Coudray), pour laquelle j'étais alors en charge de la campagne de prélèvement d'ichtyoplancton.

Ce travail est référencé dans la publication suivante :

Koeck B, GÉRIGNY O, Durieux EDH, Coudray S, Garsi L-H, Bisgambiglia P-A, Galgani F, Agostini S (2015) **Connectivity patterns of coastal fishes following different dispersal scenarios across a transboundary marine protected area (Bonifacio strait, NW Mediterranean). *Estuarine Coastal and Shelf Science***. 154: 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.01.010> (Koeck B et GÉRIGNY O : sont premiers auteurs à contribution égale).

Le détroit des Bouches de Bonifacio (BB) constitue l'une des rares aires marines protégées (AMP) transfrontalières de la mer Méditerranée (entre la Sardaigne, Italie et la Corse, France). Partant de l'hypothèse que les zones de non-prélèvement produisent plus de larves de poissons, par rapport aux zones de pêche adjacentes, nous avons modélisé le devenir des larves relâchées par les poissons côtiers à l'intérieur des zones de non-prélèvement de l'AMP afin de : (1) caractériser la dispersion modèles à travers le détroit de Bonifacio; (2) identifier les principales zones potentielles de peuplement ; (3) quantifier la connectivité et l'approvisionnement en larves des AMP vers les zones environnantes. Un modèle hydrodynamique haute résolution (MARS 3D, Corse 400 m) combiné à un modèle individu centré de transport lagrangien (logiciel Ichthyop) (Lett et al., 2008) a été utilisé pour modéliser la dispersion larvaire des poissons selon différents scénarios (PLD et profondeur de lâcher) sur la période principale de ponte (c'est-à-dire entre avril et septembre). Les résultats du modèle de dispersion ont ensuite été comparés à ceux obtenus lors de la campagne d'échantillonnage d'ichtyoplancton réalisée en août 2012 (traits obliques de filet Bongo sur 32 stations).

Comme attendu, les résultats ont montré une influence significative de la PLD sur la connectivité entre les zones côtières. En somme, les espèces avec des œufs benthiques et des PLD courtes à l'intérieur des BB auront plus de chances de coloniser à l'intérieur de cette zone avec de faibles taux de propagation, alors que les espèces avec des œufs pélagiques et des PLD longues seront dispersées sur de plus grandes distances à travers les BB et exportées hors de cette zone. Ces résultats sont cohérents avec la littérature sur le sujet (Leis & Miller, 1976 ; Blaxter, 1986 ; Suthers & Frank, 1991 ; Siegel et al., 2003 ; Macpherson & Raventos, 2005 ; Snelgrove et al., 2008). Les résultats montrent également une variabilité des patrons de connectivité en fonction des saisons (printemps vs été) et de manière générale des flux de larves allant vers le sud, la Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB) (Corse) alimentant en partie la partie sud des Bouches de Bonifacio (Sardaigne). Les courants plus forts en hiver semblent favoriser le transport larvaire à travers les BB notamment de l'Est vers l'Ouest. En été, la présence de tourbillons (« eddies ») tendrait à favoriser la rétention et potentiellement la plus faible dispersion. Il faut noter qu'un important tourbillon saisonnier existe à l'ouest des Bouches de Bonifacio en été (Gérigny & Coudray, 2013), ce qui expliquerait les résultats observés. La synchronisation entre la ponte et les conditions hydrodynamiques semble être déterminante dans le succès du transport larvaire. Les paramètres biotiques et abiotiques influant sur la dynamique de dispersion des larves de poissons au sein des BB ont été identifiés et des cartes de synthèse ont été établies comme outil de gestion spatialisée (**Fig. 21**).

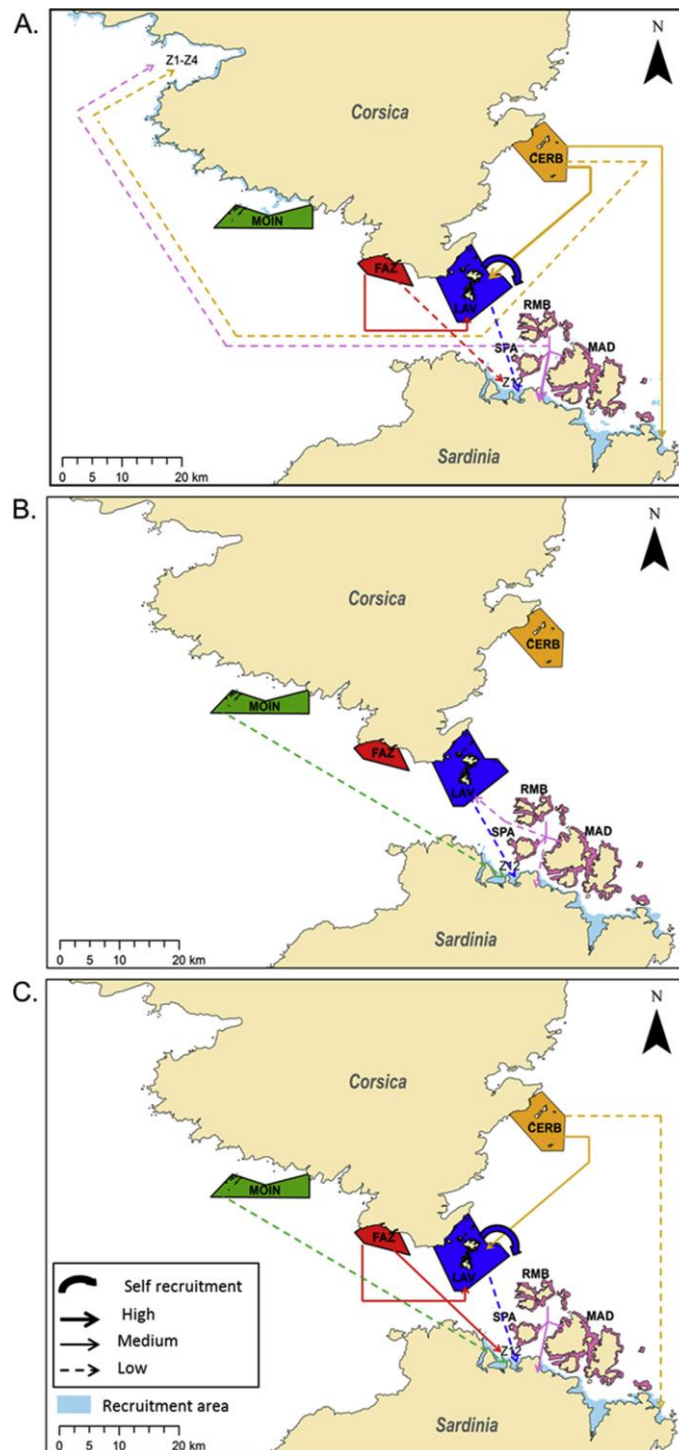


Figure 21 : Carte schématique des principaux flux larvaires (de recrutement des larves) entre les zones de lâcher (AMP) et les zones de peuplement pour avril (A), juin (B) et août 2012 (C). (Fig. issue de Koeck & Gérigny et al. 2015)

Il y a cependant certaines hypothèses réductrices dans ce type de modèle de dispersion qui pourraient encore être améliorées dans les études futures. Elles concernent principalement le fait que nous avons considéré les larves comme des particules passives par manque d'informations biologiques et de limitation de l'outil de modélisation. Le comportement des larves de poissons n'a en effet pas été pris en compte ; cependant plusieurs articles ont montré l'orientation active et les capacités de nage des larves de poissons, notamment au stade post-larve avant et au moment de la

colonisation (Leis & Lockett, 2005 ; Leis, 2006 ; Staaterman et al., 2012 ; Failletaz 2015, Rossi et al. 2019). Failletaz et al. (2018a, b) ont en particulier montré l'intérêt de prendre en compte l'orientation et la nage active dans la modélisation de la dispersion larvaire.

Autres travaux sur la dispersion larvaire

J'ai également collaboré à un travail de modélisation de la dispersion d'algues sargasse, à travers une collaboration internationale dans le cadre de la thèse de Yutaka Kokubu en 2013 (University of Tokyo) qui était en accueil à l'Université de Corse avec mon collègue Chargé de Recherche CNRS J-B Filippi (CR CNRS – UMR SPE équipe Feu). Ce travail est référencé dans la publication suivante :

Kokubu Y, Rothausler E, Filippi J-B, **Durieux EDH**, Komatsu T. (2019) **Revealing the deposition of macrophytes transported offshore: Evidence of their long-distance dispersal and seasonal aggregation to the deep sea.** *Scientific Reports*. 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39982-w>

Dans le cadre du projet **MOONFISH (Modelisation tOOLs for sustaiNable management of FISHerieS ressources in Corsica ; FEDER 2017-2017)**, que j'ai coordonné avec mon collègue Paul-Antoine Bisgambiglia (Maître de Conférences en informatique), nous avons développé une action spécifique sur la modélisation de la dispersion larvaire dans le workpackage « modélisation bio-écologique ». Cette action a consisté à la prise en main et à l'étude méthodologique fine des outils de transport lagrangien les plus utilisés actuellement en écologie marine (Swearer et al., 2019) à savoir CMS (Connectivity Modeling System, Paris et al., 2013) et ICHTHYOP (Lett et al., 2008) ; ce travail a été réalisé par Céline Barrier en tant qu'ingénieur d'études sur le projet. Ces outils open-source sont constitués, comme déjà précisé, de deux sous-modèles, un modèle hydrodynamique et un modèle individu centré « individual-based model » (IBM). Une comparaison méthodologique a ainsi été réalisée afin d'identifier le/ les outils les plus adaptés au contexte méditerranéen et à l'étude de processus écologiques côtiers suivant les modèles courantologiques disponibles. Ces deux outils possèdent des modules capables de simuler les traits d'histoire de vie importants des organismes marins tels que : la ponte, les mouvements horizontaux et verticaux, la croissance, les causes de mortalité et le recrutement ; pour CMS également l'orientation et le comportement. Parce que CMS et ICHTHYOP diffèrent dans leur architecture et leur fonctionnement, comparer les sorties de simulations paramétrées de la même façon permet de renforcer l'interprétation des résultats. Les premiers résultats montrent l'importance de disposer de données à résolution fine (afin de prendre en compte les phénomènes à méso échelle tels que les tourbillons côtiers et micro échelle comme la ponte et le recrutement à faible bathymétrie chez de nombreuses espèces) et d'un outil capable de traduire les processus dans les trois dimensions. Cet outil doit être capable de fonctionner de manière optimale avec les modèles hydrodynamiques validés sur le terrain et disponibles pour la Méditerranée.

Ce travail méthodologique fait l'objet d'un article en préparation référencé ci-dessous :

Barrier C, Poiron-Guidoni N, Bisgambiglia P-A, Lett C, V Pasqualini, **Durieux EDH**, **Comparative analysis of two Lagrangian transport tools in the NW Mediterranean Sea.** Journal(aux) ciblé(s) : Journal of sea research, Date de soumission : aout 2022

Suite à ce travail, j'ai initié un sujet de thèse dédié à la modélisation de la dispersion larvaire. Ainsi, depuis septembre 2021, je co-dirige la thèse de doctorat suivante :

Céline Barrier 2021 (septembre) – en cours. Modélisation de la dispersion larvaire pour l'étude de la connectivité des zones fonctionnelles halieutiques en Corse. (Directeur de thèse V Pasqualini - Co-directeur de thèse EDH Durieux). Contrat doctoral de l'Université de Corse.

En continuité et complémentarité des travaux sur la structure de population et l'identification d'habitats essentiels (frayères-nurseries) d'espèces d'intérêt (**cf IV-4.1.4.**), les objectifs de ce travail et la méthodologie visent à étudier et quantifier la connectivité entre habitats essentiels en prenant en compte l'influence des courants avec des résolutions spatiales et la variabilité temporelle saisonnière et inter-annuelle centré sur la Corse et replacée à l'échelle de la Méditerranée occidentale. La thèse permettra d'estimer les proportions d'auto-recrutement vs allo-recrutement, de mieux identifier et cartographier les zones remarquables de frayères et de nurseries et proposer un outil de gestion spatialisée des pêcheries locales avec la production d'indicateurs. Ce travail de thèse sera décliné sur trois grands groupes taxonomiques d'espèces d'intérêt halieutique, à savoir : i) Les échinodermes (*i.e.* oursin violet *Paracentrotus lividus*), ii) les crustacés (*i.e.* crabe bleu *Callinectes sapidus*, l'araignée de mer *Maja squinado* et langouste *Palinurus elephas*), iii) les poissons (*i.e.* le denti *Dentex dentex*). Ces groupes taxonomiques ont des stades larvaires très différents de plus en plus complexes, allant du plus simple avec les oursins qui ont des larves quasiment passives dans la colonne d'eau, aux crustacés qui ont des larves effectuant des migrations verticales nyctémérales et enfin aux larves et post-larves de poissons qui sont capables de s'orienter et de nager activement pour la colonisation. Cette déclinaison taxonomique visera à fournir des éléments de gestion spatialisée adaptés à chacun de ces grands groupes.

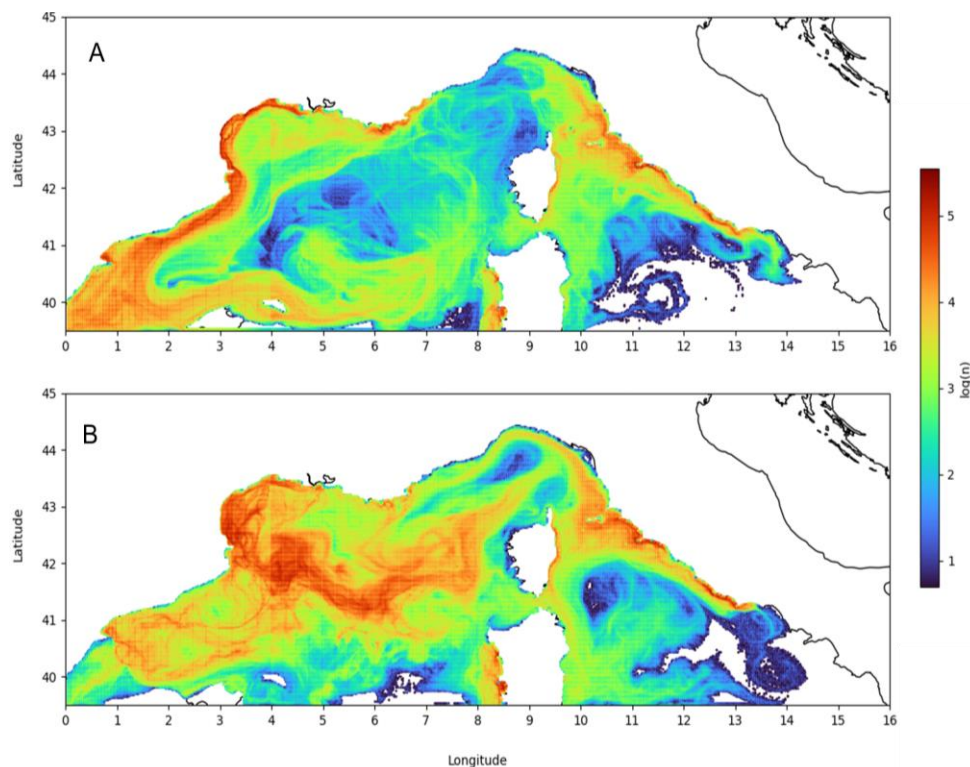


Figure 22 : carte de densités de trajectoires de dispersion larvaire pour le crabe bleu en Méditerranée pour deux années contrastées de la ponte automnale (A : 2014, B : 2016). (Stage de M2 Théo La Piana 2022 – thèse Céline Barrier)

Les premiers résultats de la thèse portent actuellement sur le crabe bleu, *Callinectes sapidus*, qui est une espèce originaire de l'Atlantique Nord-Ouest invasive en Méditerranée depuis au moins les années 1950 et dont les populations sont en train d'exploser en Méditerranée Nord-Occidentale depuis quelques années (e.g. Clavero et al., 2022). Dans ce contexte, un cas d'application sur le crabe bleu est en cours d'étude et nous permet de présenter les premiers résultats pour la Méditerranée Nord-Occidentale et la Corse. Ce modèle est réalisé dans le cadre du stage de M2 de Théo La Piana (**cf I-6.8.**) au sein du projet ITEM (Espèces Invasives Terrestres et Marines) de la Fédération de Recherche Environnement et Société de l'Université de Corse en lien avec le groupe de travail sur le crabe en Corse coordonnée par l'Office de l'Environnement de la Corse. Les objectifs principaux de cette étude sont i) d'observer la temporalité sur une période de 10 à 12 ans de l'explosion des signalements chez ce crabe, à l'aide de trajectoires de dispersions, ii) de quantifier la connectivité entre zones d'observations du crabe et d'émettre de nouvelles hypothèses en faisant varier les échelles pour mieux comprendre et quantifier la dynamique d'invasion et iii) d'élargir les scénarios de simulation à l'échelle de toute la Méditerranée afin d'étudier comment les pontes plus lointaines ont pu mener/mènent à la colonisation progressive du bassin occidental de la Méditerranée et des lagunes corses. Ce travail est réalisé avec l'outil de transport lagrangien Ichthyop, le modèle hydrodynamique MARS3D pour la résolution Méditerranée Nord-occidentale (1,2 km), et le modèle MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004 pour l'ensemble de la Méditerranée (4-5 km). Les données biologiques alimentant ces modèles sont issues des études passées/en cours en Méditerranée et dans l'aire de répartition d'origine du crabe (Pôle-relais lagunes méditerranéennes, Office de l'Environnement de la Corse, DREAL de Corse, Pacific Northwest National Laboratory, Seattle, Washington). Les premiers résultats montrent une variabilité saisonnière et annuelle dans la dynamique de dispersion des larves de crabe de 2010 à 2019 avec des années de rétention et d'autres de dispersions lointaines d'ouest en est, jusqu'aux côtes ouest de la Corse et la Sardaigne. Des années très contrastées comme 2014 et 2016 ont été identifiées (**Fig. 22**). Les analyses de connectivité moyenne entre 2010 et 2019 montrent globalement une connectivité plus importante à l'automne avec des valeurs d'autorecrutement plus importantes également. La connectivité interlagunes est plus importante en automne, avec des taux moyens d'autorecrutement plus élevés et des coefficients de variation moins élevés entre années (**Fig. 23**). Cela peut s'expliquer par des courants plus intenses à cette période, malgré une durée de vie larvaire plus courte. L'autorecrutement fort dans certaines lagunes de Sardaigne (CSM) pourrait cependant présenter un biais dû à la limite de l'emprise du modèle.



Figure 23 : Matrices de connectivités moyennes sur la période 2020-2019 concernant la dispersion larvaire du crabe bleu en Méditerranée Nord Occidentale (A : printemps, B : Automne). (Stage de M2 Théo La Piana 2022 – thèse Céline Barrier)

4.2.2. Utilisation d'habitat et comportement par suivi individuel en télémétrie

On a déjà vu l'importance d'identifier et cartographier les habitats des espèces d'intérêt pour mettre en place des mesures de gestion spatialisée adaptée. L'étude de la dynamique spatio-temporelle et en particulier de l'utilisation de l'habitat et du déplacement des individus (ici juvéniles et adultes) permet d'apporter des connaissances essentielles très précises au niveau de l'écologie spatiale des espèces, de la fonctionnalité des habitats et d'améliorer ainsi substantiellement leur gestion notamment en termes d'AMPs (Pine, 2003 ; Hays, 2016). Les migrations pour la reproduction sont essentielles à prendre en compte : les poissons effectuent en général des migrations entre les zones d'alimentation (nourrissage) et les zones de reproduction. Celles-ci peuvent parfois se faire sur de très grandes distances comme par exemple pour certains grands pélagiques comme le thon rouge atlantique (*e.g.* Block et al., 2005) et cela est en particulier très marqué chez les espèces amphihalines, nous pouvons citer les exemples incontournables tels que les saumons ou l'anguille européenne. Les poissons marins peuvent pour certains retourner à leur site de naissance d'origine (natal homing) pour frayer (Thorrold et al., 2001) ou à l'endroit où ils ont déjà frayé les années précédentes (homing répété) (Skjæraasen et al., 2011). Ces comportements de fidélité conditionnent

ainsi la connectivité à travers le stade adulte, la structure des populations et peuvent aussi avoir des répercussions sur le recrutement (Ciannelli et al., 2015). A l'inverse, établir la sédentarité d'espèces d'intérêt et tout aussi important peut contribuer à l'élaboration de réserves protégeant tout ou une partie de leurs territoires (Cooke, 2008, Gaines, 2010 ; Allen & Singh, 2016). Les données individuelles de déplacement, rythme d'activité, home range, territorialité et migration sont ainsi des éléments essentiels pour bien comprendre l'utilisation de l'habitat par les poissons et mieux définir les besoins en termes de gestion spatialisée. En outre, ces données sont de plus en plus intégrées dans la gestion spatiale et l'évaluation des stocks halieutiques (Goethel et al., 2011 ; Cadrin et al., 2020, Alos et al. 2019).

Le développement du marquage électronique (biologging) a contribué à largement améliorer dans la compréhension du comportement et de l'écologie spatiale des animaux aquatiques (Lucas & Baras, 2000 ; Cooke et al., 2004 ; Block et al., 2011 ; Hussey et al., 2015). La télémétrie acoustique est une méthodologie particulièrement adaptée pour étudier les poissons marins en milieu côtier et celle-ci, s'est largement développée depuis plusieurs dizaines d'années et a montré son grand intérêt pour la gestion halieutique (Arnold & Dewar, 2001 ; Hussey et al., 2015 ; Crossin et al., 2017). La télémétrie acoustique passive (Heupel & Webber, 2012 ; Donaldson et al., 2014) est celle qui procure la meilleure couverture spatiale et le plus d'informations comportementales : chaque individu est alors marqué individuellement avec un émetteur acoustique pouvant être équipé de capteurs (e.g. profondeur, température, accélération) et suivi au sein d'un réseau d'hydrophones enregistrant les détections et données des capteurs associés sur de grande durée.

En Méditerranée, des études récentes ont utilisé la télémétrie acoustique pour suivre les déplacements des poissons côtiers d'intérêt : mérour *Epinephelus marginatus* (Lembo et al., 2002 ; Pastor et al., 2009 ; Koeck et al., 2014), corb *Sciaena umbra* (Alos et al., 2012 ; Brazo et al., 2021) et plus récemment le denti *Dentex dentex* (Aspillaga et al., 2017, 2019). Cependant en Corse cette technologie n'avait pas encore été déployée. J'ai ainsi mis en place et coordonné le projet MoPaMFish (Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes) (AERMC 2018-2022). Ce projet s'intéresse aux espèces patrimoniales de poissons méditerranéens (denti, mérour et corb) au sein du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate. Un axe du projet visait spécifiquement à mettre en place un suivi en télémétrie acoustique pour ces trois espèces afin de connaître l'utilisation de l'habitat (home range, déplacements, rythme d'activité, dynamique spatio-temporelle). Ce projet a fait l'objet d'une collaboration active au sein de Stella Mare avec Antoine Aiello (DR CNRS et directeur de la plateforme), qui porte le programme Modélisation Comportementale de la plateforme. L'équipe d'A. Aiello a notamment développé une technologie de suivi par télémétrie acoustique en temps réel via des bouées autonomes et transmission GSM. Cette technologie innovante désormais pleinement opérationnelle a été testée notamment dans le cadre du programme MoPamFish sur certains individus marqués. Cependant étant donné qu'il s'agit encore d'un prototype avec peu d'unités disponibles, la méthodologie utilisée dans ce projet et présenté ici est la technologie conventionnelle de télémétrie acoustique. Ce projet a été mis en œuvre par Jessica Garcia, postdoctorante sur le projet. Les résultats présentés ici en télémétrie acoustique correspondent ainsi au travail réalisé sur le projet qui ont déjà fait l'objet du stage de Master 2 de Caroline Bousquet (2019) et d'une communication orale de Jessica Garcia :

Garcia J, Aiello A, Gualtieri J-S, Bousquet C, Durieux EDH 2019. **Potential of a Mediterranean marine reserve (Corsica, France) to protect multiple fish species according to their movement patterns. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON FISH TELEMETRY.** Arendal, Norway, 24-28 June 2019. (Communication orale)

L'ensemble de ces données n'est actuellement pas encore intégralement traité mais fait l'objet d'un article en cours de préparation :

Garcia J, Aiello A, Mourrier J, Bastien R, Bousquet C, Durieux EDH. **Refining habitat use of common dentex and brown grouper in the Mediterranean. Journal of Animal Ecology.** Date de soumission prévue : octobre 2022

Ici, nous allons dans un premier temps détailler la méthodologie opérationnelle très spécifique à déployer. Les individus sont tout d'abord capturés avec la méthode la plus adaptées en pêche puis marqués par acte chirurgical, avec anesthésie du poisson, incision et implantation de la marque dans la cavité intrapéritonéale, puis sutures. Ce projet a ainsi fait l'objet d'une autorisation de projet en expérimentation animale (N°201803211027267). Etant certifié expérimentateur de niveau 1 avec spécialisation chirurgie poisson, j'ai conçu et coordonné la mise en place du protocole de marquage pour le projet (**Fig. 24** et **25**).



Figure 24 : Photographies présentant l'étape d'anesthésie (avec perte de tonus musculaire à droite) préalable à l'opération chirurgicale pour implantation de l'émetteur acoustique. Projet MoPaMFish (Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes)



Figure 25 : Différentes étapes des opérations chirurgicales d'implantation d'émetteurs de télémétrie acoustique sur denti, corb et mérrou. Projet MoPaMFish (Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes).

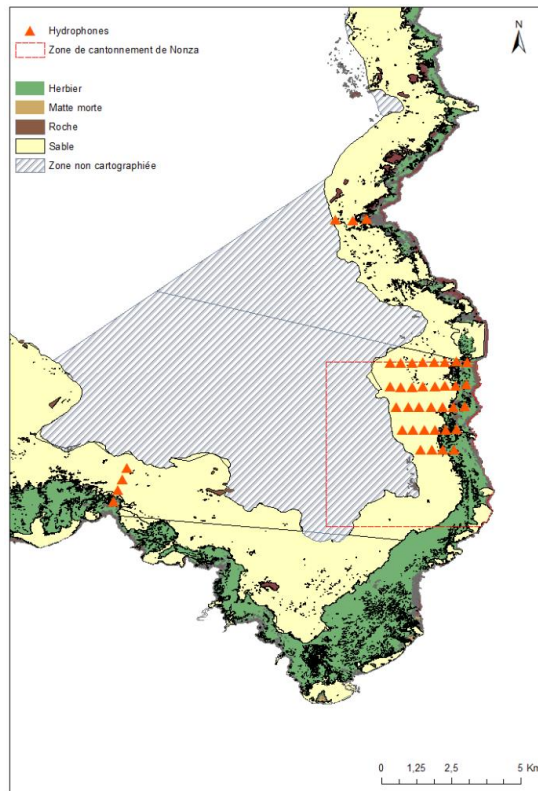


Figure 26 : Carte de la localisation des récepteurs acoustiques (n=40) sur la zone de suivi à l'ouest du Cap Corse au niveau du golfe de Saint Florent. Projet MoPaMFish (Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes).

Ce suivi en télémétrie acoustique a démarré en juin 2018, avec l'immersion du réseau d'hydrophones : au total 40 hydrophones ont été immergés dont 33 dans la zone du cantonnement de pêche de Nonza (**Fig. 26**) formant une surface de détection continue de 647 km². Deux barrières d'hydrophones (7 hydrophones) ont été placés perpendiculairement au linéaire côtier (**Fig. 26**). Les marquages se sont étalés de juillet 2018 à juillet 2020 pour les dentis (n = 28 ; dont 10 sauvages, 4 géniteurs de Stella Mare, 14 nés en écloserie âgés de 3 ans), mérus (n=18) et corbs (n = 10). Le réseau d'hydrophones a fait l'objet de déchargement des données des hydrophones tous les 6 mois environ, puis ensuite le réseau a été définitivement retiré en novembre 2021, avec des individus ayant été suivis pendant plus de 2 ans. En outre il faut aussi préciser qu'une série de range tests à été mis en place afin de définir les distances de détection des émetteurs dans notre zone d'étude.

Il s'agit d'un ensemble d'opérations de terrain très lourdes logistiquement et chronophages. Nous avons ainsi amassé une quantité de données extrêmement importante avec plus 4,2 millions de détections obtenues.

Cette étude vise en particulier à i) analyser la cyclicité journalière et saisonnière des 3 espèces et ii) déterminer les domaines vitaux des espèces en deux et trois dimensions.

Les résultats présentés ici constituent ainsi des résultats préliminaires sur une partie de la durée du suivi (environ 1 an) et uniquement sur certains individus de dentis et de mérus. Malgré tout, il m'apparaissait important de présenter ces premiers résultats étant donné l'importance du développement de cette thématique dans mon activité de recherche (**cf IV-7.2.**).

Ces premiers résultats mettent déjà en évidence des patrons de déplacements inter et intra-spécifiques chez deux espèces. Les données récoltées donnent des informations importantes quant à l'activité journalière et saisonnière de chaque individu ainsi que sur leur déplacement. Cette approche individuelle permet de mettre en évidence des comportements individuels au sein d'une même espèce ainsi que des comportements collectifs intra-spécifiques. L'analyse temporelle a montré des cycles d'activité journaliers chez quasiment tous les individus suivis. Les mérous sont moins actifs la nuit. Ce phénomène est dû au comportement de repos qu'ils adoptent la nuit en se positionnant sous du substrat rocheux. Ce cycle journalier est bien connu et a déjà été mis en évidence dans des études précédentes (Pastor et al., 2009 ; Koeck et al., 2014). Les dentis ont également une dynamique journalière marquée avec une alternance des profondeurs entre le jour et la nuit et en général une période de repos nocturne cependant potentiellement modulé en fonction des cycles lunaires. Un autre résultat majeur de cette étude est la mise en évidence de l'influence de la température sur la taille des domaines vitaux des mérous. Ce facteur environnemental influence la distribution des poissons (Papastamatiou et al., 2013), les obligeant à plonger en profondeur et suivre la thermocline lorsque les températures de surfaces deviennent trop chaudes.

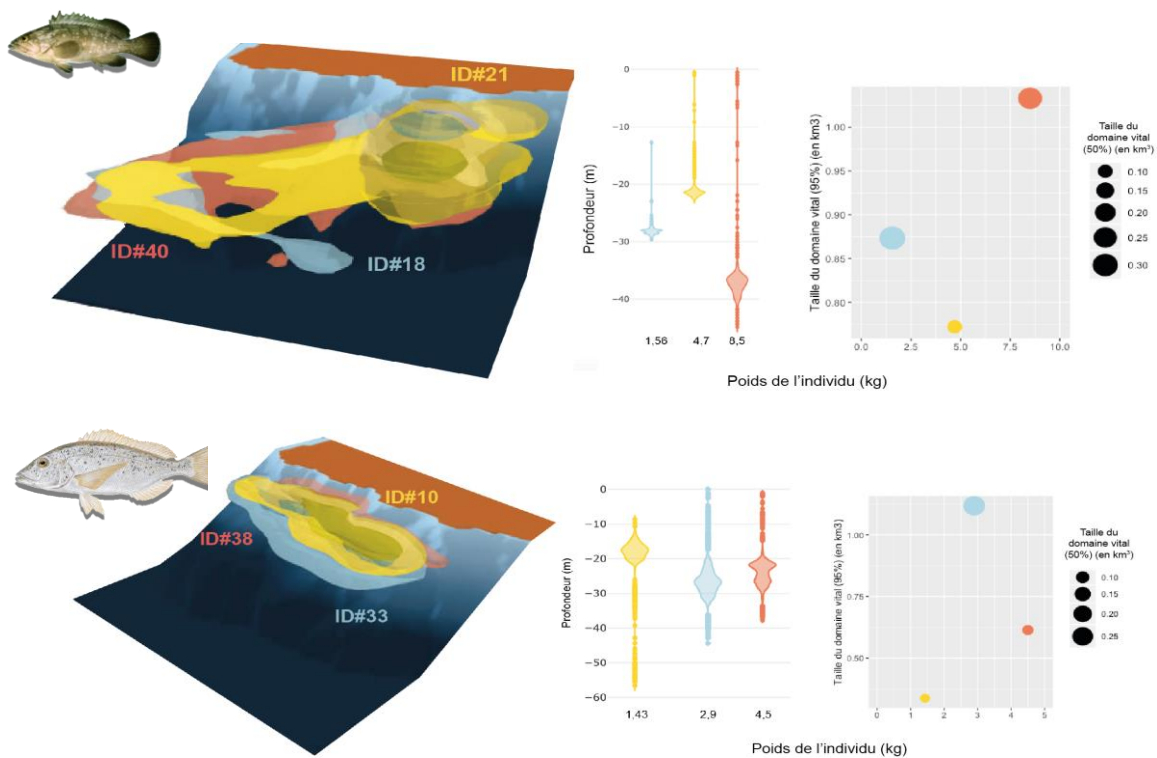


Figure 27 : Représentation 3D des domaines vitaux individuels, avec localisation suivant la profondeur (mètres) et en fonction du poids de l'individu (kg), pour 3 individus de mérous (en haut) et 3 individus de dentis (en bas). Garcia et al. in prep - Projet MoPaMFish (Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes).

La modélisation des domaines vitaux en trois dimensions a été réalisée selon la méthode décrite par Aspillaga et al. (2019). Les trajectoires de déplacement ont été simulées à partir des données de télémétrie acoustique, prenant en compte 3 dimensions : la latitude, la longitude et la profondeur. Ces simulations sont ensuite compilées pour estimer l'utilisation de l'espace et générer les domaines vitaux en 3D. Le modèle prend également en compte la topographie du site permettant de contourner les différents reliefs lors des simulations de trajectoires. Enfin, ces représentations des domaines vitaux en 3D permettent de mettre en évidence une ségrégation des territoires plus ou

moins importante selon les individus tout en prenant en compte la profondeur et les interactions entre individus et espèces (**Fig. 27**). La finalisation du traitement de données sur l'intégralité de la période suivi (plus de 2 ans) sur l'ensemble des individus marqués permettra de préciser ces résultats sur les rythmes d'activités et les domaines vitaux, mais également de prendre les périodes de reproduction d'identifier potentiellement certaine frayère à fine échelle spatiale (notamment pour le denti). Enfin, le suivi couvre la période du confinement du printemps 2020 lié à la crise sanitaire Covid-19, ce qui permettra aussi d'étudier l'influence du trafic maritime sur le comportement de ces espèces.

Ces travaux en télémétrie acoustique se poursuivent actuellement dans le cadre du projet Corsic'Ange (Etude des dernières populations d'ange de mer de Méditerranée française (Corse) pour améliorer leur conservation) (financement FEAMP mesure 40 : période novembre 2021 – juin 2023). Ce projet s'intéresse à l'ange de mer *Squatina squatina* (Ellis et al., 2020), qui est requins benthiques classé en danger critique d'extinction et dont il existe en Corse la dernière population au niveau national et une des dernières en Méditerranée (Bradai et al., 2012 ; Gordon et al., 2017 ; Lawson et al., 2020). Un des axes du projet consiste à étudier l'écologie spatiale de l'espèce (*i.e.* territoire vital, migration, zones de nurseries, zones de reproduction) sur la côte orientale de la Corse (**cf IV-7.2.** pour compléments d'informations sur le projet).

5. Exploitation par la pêche et approche écosystémique

La situation des ressources halieutiques en Méditerranée est particulièrement préoccupante (Colloca et al., 2013). Selon la FAO, plus de 60% des stocks halieutiques qui font l'objet d'une évaluation de stock sont surexploités en Méditerranée (FAO, 2020). Cependant, les évaluations de stock y sont relativement peu développées, par rapport à d'autres zones dans le monde et notamment à l'Atlantique Nord-Est. Actuellement les évaluations de stocks pour les espèces démersales en Méditerranée portent quasiment uniquement sur des espèces prélevées au chalut de fond avec une situation très critique sur ces pêcheries industrielles à semi-industrielles étant donné que 95% des stocks évalués sont estimés surexploités et que l'estimation concernant les 73% des stocks non-évalués de ces mêmes zones, 98% seraient potentiellement surexploités (Osio et al., 2015). Cependant, il n'existe à ce jour quasiment pas d'évaluation de stock pour les espèces capturées par la pêche artisanale aux petits métiers côtiers en Méditerranée (notamment en dehors des fonds non-chalutables).

L'approche écosystémique des pêches suit une démarche socio-écologique intégrée, préventive et menée scientifiquement qui guide les directives et recommandations. Déjà, dans le droit de la mer de 1982 (UNCLOS, 1982), entré en vigueur en 1994, les nations du monde entier se sont engagées à maintenir les populations marines exploitées à des niveaux qui peuvent produire le rendement maximal durable (MSY). L'Union européenne l'a mis en place en 2008 dans la directive cadre sur la stratégie marine (DCSMM) (EC, 2008) qui a défini l'objectif que tous les stocks de poissons commerciaux devraient être gérés au rendement maximal durable et plus largement en 2013 dans le cadre de la politique commune de la pêche (PCP) (EC, 2013). Cet objectif concerne tous les stocks européens, y compris la Méditerranée.

Dans le monde, les petites pêcheries constituent des modèles d'exploitation halieutique généralement plus durables que la pêche industrielle (Jacquet & Pauly, 2008 ; Andrew et al., 2007). En Méditerranée, la pêche artisanale joue un rôle social et économique de premier plan. Elle représente plus de 80% de la flotte de pêche, emploie au moins 60% des travailleurs directement engagés dans les activités de pêche à bord et contribue à environ 25% de la valeur totale des débarquements provenant des pêches de capture dans la région (FAO-GFCM, 2020). La pêche en Méditerranée est essentiellement représentée par une pêcherie artisanale multi-spécifique des espèces démersales à petite échelle (Farrugio et al., 1993). L'exploitation des stocks de pêche en mer Méditerranée n'est pas égale entre les différentes pratiques de pêche : 17% de la flotte est dédiée au chalutage, au dragage et à la senne tandis que 83% est dédiée à la pêche artisanale à petite échelle (Sacchi, 2011). Bien qu'il s'agisse de la pratique de pêche la plus répandue en mer Méditerranée, très peu d'études ont évalué les stocks exploités par les pêcheries artisanales, ce qui entraîne un important déficit de connaissances entre la pêche à grande échelle (*Large Scale Fishery*) et la petite pêche artisanale (*Small Scale Fishery*).

Dans ce système complexe de la pêche méditerranéenne, l'acquisition de données de pêche (captures et effort) mais aussi biologiques (structure en taille, âge, maturité sexuelle, ...) est particulièrement difficile à mettre en œuvre conduisant à un état général de stocks avec des données manquantes ou limitées (« data poor stocks »). Ce manque d'intérêt vient du défi que représente l'évaluation d'une pêcherie multi-engins, multi-spécifique et saisonnière (Farrugio et al., 1993 ; García-Rodríguez et al., 2006 ; Battaglia et al., 2017). En effet, la pêche artisanale représente souvent une importante diversité de petits métiers. Un métier est défini comme un groupe d'opérations de pêche visant un assemblage similaire d'espèces, utilisant des engins similaires, au cours de la même période de l'année et / ou dans la même zone et qui se caractérisent par des patrons d'exploitation

similaires. Les pêcheurs artisans opèrent souvent dans de petits bateaux, à moins de deux heures de leur port de débarquement et quotidiennement toute l'année (Sacchi, 2011). Cette exploitation côtière oblige les pêcheurs à adapter leurs pratiques de pêche en fonction de la disponibilité des espèces et des politiques de pêche, toutes deux en fonction de la période de l'année. En raison de cette forte hétérogénéité des métiers et d'un effort de pêche quotidien, la description exhaustive des flottes artisanales est une question compliquée en particulier sur les grandes îles où le littoral est assez étendu. L'intégration de la pêche artisanale aux petits métiers dans la gestion nationale et internationale de la politique des pêches reste encore particulièrement difficile de par ce manque de connaissance (Garcia et al., 2008 ; Guyader et al., 2013 ; Said et al., 2018). En outre, c'est désormais un enjeu fort porté à travers le Plan d'action régional pour la pêche artisanale en Méditerranée et en mer Noire mené par la Commission Générale des Pêches en Méditerranée adopté en 2018 et mis en œuvre sur une période de 10 ans.

Ce troisième axe de recherche consiste ainsi en la caractérisation (métiers, engins, état des captures) et la quantification (Effort, CPUE, production) de la pêche afin de mieux appréhender le prélèvement sur les ressources halieutiques à travers la mortalité due à la pêche dans la dynamique de population et ainsi viser la durabilité de l'exploitation. Je travaille ainsi en particulier sur la pêche professionnelle qui en Corse est représentée quasi-uniquement par la pêche artisanale et sur l'interaction avec la pêche récréative dont l'effort de pêche est désormais à prendre en considération. Ce travail se place d'une part au niveau mono-spécifique sur certaines espèces d'intérêt (e.g. denti, homard) mais également au niveau multi-spécifique sur l'ensemble des captures et enfin au niveau écosystémique.

5.1. Caractérisation de l'exploitation au niveau monospécifique : cas de l'exploitation du denti par la pêche professionnelle en Corse

Ce travail qui a fait l'objet d'une étroite collaboration avec la STARESO, fait partie de la thèse de Michel Marengo (2015) (direction Bernard Marchand, co-direction Eric Durieux) et est référencé à travers la publication (déjà abordée dans la partie habitats essentiels) (**cf IV-4.1.4.**) :

Marengo M, Pere A, Marchand B, Lejeune P, Durieux EDH (2016) **Catch variation and demographic structure of common dentex (Sparidae) exploited by Mediterranean artisanal fisheries.** *Bulletin of Marine Science*. 92: 191-206. <https://doi.org/10.5343/bms.2015.1041>

L'étude a porté sur la caractérisation de la pêche professionnelle du denti à l'échelle de la Corse. Les objectifs de notre étude étaient de : (i) analyser la relation entre la capture par unité d'effort (CPUE, en poids et en nombre) et les éventuels facteurs à l'origine des tendances observées ; (ii) examiner les tendances temporelles et spatiales de la CPUE ; (iii) examiner la répartition spatiale de l'effort de pêche ; et (iv) comparer la distribution par taille et la structure par âge des captures. L'échantillonnage a été réalisé sur les navires de pêche opérant à partir des principaux ports de pêche et dans les principaux secteurs de pêche au large de la Corse entre 2009 et 2013 à partir des deux principaux métiers en Corse que sont le filet poisson et le filet langouste (**cf IV-5.3.**). Les CPUE varient spatio-temporellement, mais présentent globalement une stabilité annuelle. La CPUE variait significativement en fonction du mois, de la strate et de la profondeur (**Fig. 28**). Une tendance saisonnière a été observée avec des captures élevées pendant la période de frai (mai) lorsque les classes de taille étaient principalement composées d'individus matures.

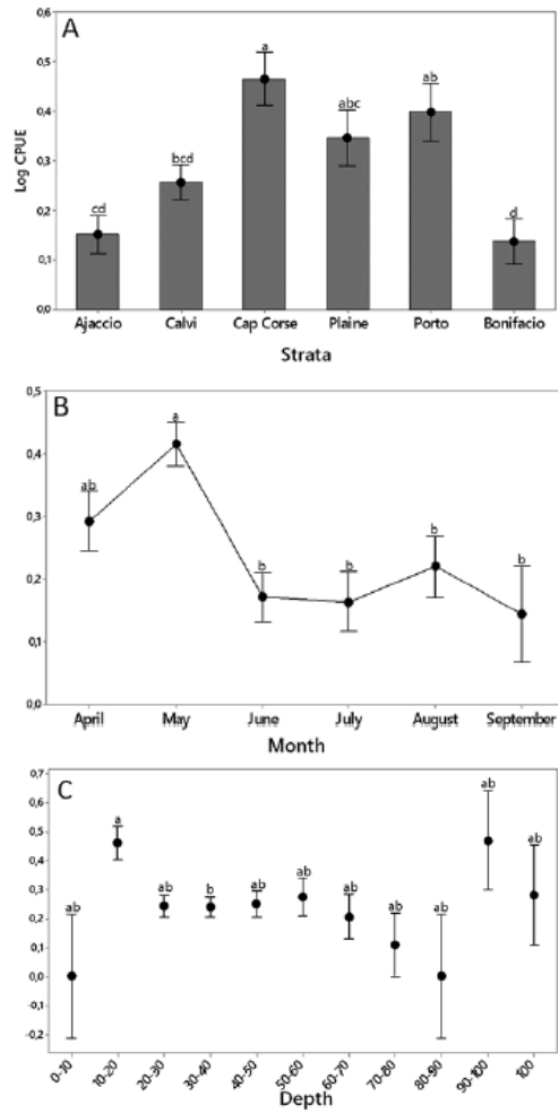


Figure 28 : Variations de la capture moyenne des logs par unité d'effort (CPUE) de biomasse (g 50 m⁻¹ de filet ; ±SE) *Dentex dentex* pêchés en Corse dans les filets à poisson en Corse (2009–2013) entre (A) strates, (B) mois, (C) profondeurs. Les valeurs ne partageant aucune lettre sont significativement différentes (ANOVA + test de Tukey post hoc : *P < 0,05). (Fig. issue de Marengo et al. 2016)

Les histogrammes de fréquence de longueur (**Fig. 29**) et d'âge après la période de frai (juin-septembre) indiquaient que l'exploitation se concentrait sur les petits/jeunes individus immatures. Notre approche spatiale a révélé une répartition hétérogène des captures et identifié d'importantes zones d'exploitation.

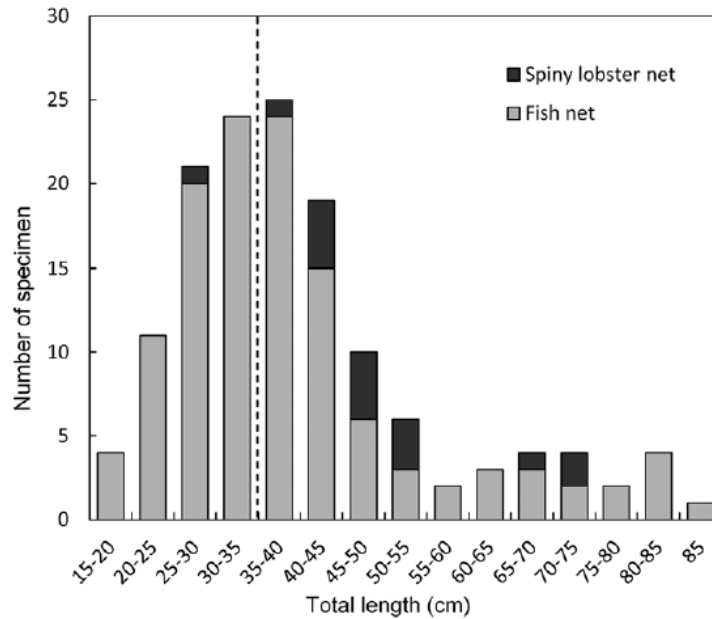


Figure 29 : Histogramme des fréquences de longueurs du *Dentex dentex* capturé au large de la Corse (2011-2013 ; n = 140) par les pêcheries artisanales (filets à poissons et filets à langoustes). Les lignes pointillées verticales montrent la longueur totale approximative à maturité pour les deux sexes (d'après Morales-Nin et Moranta 1997). (Fig. issue de Marengo et al. 2016)

Ces résultats apportent des informations importantes aussi bien qualitatives que quantitatives sur l'exploitation du denti au filet (poisson et langouste). Ces connaissances permettent d'améliorer voir de définir des outils de gestion et de mesures spécifiques pour sauvegarder le potentiel reproducteur de cette espèce (**cf IV-7.1.**).

NB : Ici, on notera que la pêche à la palangre benthique, qui correspond à un métier sélectif où le denti fait partie des espèces ciblées, n'a pas été prise en compte car les données n'étaient pas disponibles sur cette série temporelle. Des données quantitatives sur la palangre de fond sont par contre présentées dans les deux sections suivantes (**cf IV-5.2.** et **5.3.**).

On notera que nous avons réalisé un travail similaire sur l'exploitation du homard européen *Homarus gammarus* par la pêche professionnelle en Corse et précisant en plus l'estimation de la production. Ce travail non développé ici est référencé dans la publication suivante :

Pere A, Marengo M, Lejeune P, Durieux EDH. (2019) Evaluation of *Homarus gammarus* catches and potential in a Mediterranean small-scale fishery. *Scientia marina*. 83(1), 69-77. <https://doi.org/10.3989/scimar.04862.22B>

5.2. Caractérisation de l'exploitation combinée de la pêche professionnelle et récréative : cas du denti dans la réserve des Bouches de Bonifacio

Ce travail fait également partie de la thèse de Michel Marengo (2015) (direction Bernard Marchand, co-direction Eric Durieux) et est référencé à travers la publication :

Marengo M, Culioli J-M, Santoni M-C, Marchand B, Durieux EDH (2015) **Comparative analysis of artisanal and recreational fisheries for *Dentex dentex* in a Marine Protected Area. *Fisheries Management and Ecology*. 22: 249-260. <https://doi.org/10.1111/fme.12110>**

En termes d'exploitation, un des objectifs a été de dresser une estimation globale du niveau des captures du denti en prenant en compte à la fois les captures de la pêche professionnelle et celles de la pêche récréative qui ciblent toutes deux l'espèce. Ainsi, à travers une étroite collaboration que nous avons mise en place avec l'Office de l'Environnement de la Corse et en particulier la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB), nous avons réalisé une étude sur la comparaison de la pêche professionnelle et de la pêche récréative du denti dans les Bouches de Bonifacio (Marengo et al., 2015). En effet, depuis 2000 un suivi de la pêche professionnelle est réalisé sur cette zone de Corse à travers des débarquements ou des embarquements ; de plus depuis 2006 un suivi de la pêche récréative a été mis en place avec des enquêtes en mer par la méthode du roving. L'analyse de ces données a permis de mettre en avant un certain nombre de résultats.

Tout d'abord, les rendements de la pêche professionnelle ont augmenté de 2000 à 2006, suite à la mise en place de la RNBB, pour ensuite stagner de 2007 à 2012. 65 % des captures de la pêche professionnelle sont réalisées au filet à poisson et 25 % à la palangre (10 % pour les autres techniques de pêche), sachant que la palangre procure les plus importantes CPUE, en ciblant réellement l'espèce (**Fig. 30**). Pour la pêche récréative, 90 % des captures sont réalisées par la pêche en bateau à la traine (trainee lente de fond), la chasse sous-marine ne représentant que 6 % des captures (**Fig. 30**). Au niveau spatial, les captures des deux activités (pêche professionnelle et pêche récréative) étaient quantitativement maximales dans les zones partiellement protégées de la réserve (*i.e.* chasse sous-marine interdite). Enfin les estimations de production annuelle moyenne sont de 5,8 t pour la pêche professionnelle et de 3,4 t pour la pêche récréative (à la trainee), soit un total de 9,2 t. Ainsi selon nos estimations, la pêche récréative (à la trainee) représente 37 % de l'ensemble des captures de denti sur la zone de la RNBB. Il faut noter que notre étude a été réalisée sur une zone réglementée et surveillée. Par ailleurs, il faut aussi relever que depuis 2013, une nouvelle réglementation impose aux pratiquants de pêche récréative dans la RNBB de remplir une déclaration d'activité aux gestionnaires et une limitation des captures à 5 kg par sortie par jour et par personne (sauf pour les espèces suivantes : calmars, congres, murènes et sarans). De plus, les activités de braconnage et notamment de pêche illicite non déclarée, qui sont manifestement existantes, en attestent plusieurs constats et interpellations, n'ont pas pu être prises en compte dans notre étude car étant à l'heure actuelle difficilement quantifiables. Ainsi, l'estimation réalisée dans notre étude est très probablement sous-estimée par rapport à la réalité. Les données complémentaires concernant la pêche récréative sur l'ensemble de la Corse sont parcellaires cependant les points de références que nous avons, permettent d'extrapoler avec confiance ces résultats à l'échelle de l'île. L'UE estime à 10 % la part de la pêche récréative sur les captures globales. Or notre étude montre bien que l'espèce *Dentex dentex* est particulièrement ciblée par les deux activités de pêche et que la proportion des captures réalisée par la pêche récréative, plus particulièrement la pêche en bateau à la trainee lente, est alors très significative pour cette espèce.

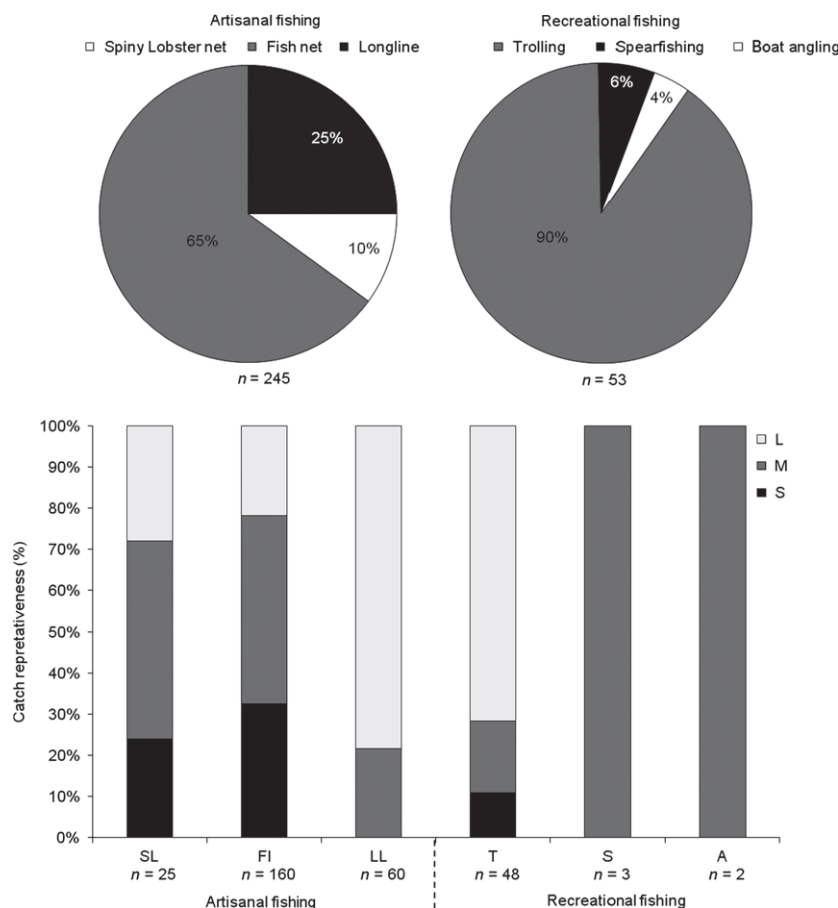


Figure 30 : Répartition des captures en % selon le nombre total (a) d'individus (n) capturés pour chaque type de pêche par la pêche artisanale et la pêche de loisir. Représentativité des captures en % selon leur classe de taille (b) (L : gros, M : moyen, S : petit), pour chaque type de pêche capturé par la pêche artisanale (SL, Spiny Lobster net ; FI, fish net, LL, palangre) et pêche récréative, n = nombre de *D. dentex* enregistrés lors des relevés (2006–2008–2011–2012). (Fig. issue de Marengo et al. 2015)

Il est désormais important de se placer dans une évolution à moyens termes des pratiques et du prélèvement global sur *Dentex dentex* en Corse. Le nombre de pêcheurs professionnels en Corse n'a cessé de diminuer depuis les années 1950, pour atteindre ces dernières années environ 190 licences pour l'ensemble de la Corse. Il s'agit d'une pêche artisanale aux petits métiers, dont les perspectives les plus favorables pour la profession sont une stabilisation du nombre de pêcheurs professionnels actuels sur l'île. L'effort de pêche a lui fortement augmenté depuis les années 50 avec des techniques de pêche plus performantes mais l'on peut considérer que cet effort est désormais stabilisé depuis une vingtaine d'année. Concernant la pêche récréative, les publications scientifiques récentes à l'échelle mondiale (Arlinghaus et al., 2018 ; Brownscombe et al., 2019) montrent une augmentation de cette pratique ainsi que de ses prélèvements et mettent en avant le besoin de sa prise en compte urgente dans la gestion durable des ressources halieutiques. Les publications les plus récentes sur la pêche récréative en Méditerranée montrent que l'effort de pêche récréative est déjà très significatif (nombre de bateaux et moyens techniques) (e.g. Lloret et al., 2014 ; Keramidas et al., 2018 ; Giovos et al., 2018 ; Lloret et al., 2019 ; Gordoia et al., 2019) et celui-ci pourrait potentiellement encore augmenter ces prochaines années. L'ensemble de ces études préconisent une meilleure réglementation et intégration de la pêche récréative dans la politique globale de gestion des ressources halieutiques. Par ailleurs, en plus du nombre de bateau, l'effort de pêche récréative

augmente également par l'emploi de techniques de pêche (fireball, montage des vifs,...) et de technologies (sondeur, disponibilité des cartographies de la nature des fonds marins,...) de plus en plus performantes auxquelles se surajoute l'effet amplificateur des réseaux sociaux. Des précaunisations de gestion de la pêche du denti (pêche professionnelle et récréative) ont ainsi pu être mises en avant pour faire évoluer la réglementation sur cette espèce (**cf IV-7.1.**).

5.3. Mise en place de suivi halieutique standardisé et caractérisation de l'ensemble de pêche artisanale en Corse

Comme déjà mentionné, la pêche professionnelle en Corse est essentiellement une pêche artisanale aux petits métiers (*Small Scale Fishery*) et est considérée comme une des zones à plus faible pression de pêche en Méditerranée (Relini et al., 1999 ; Le Manach et al., 2011 ; Colloca et al., 2017). En Europe et particulièrement en Méditerranée, la pêche artisanale aux petits métiers fait l'objet de peu d'investigations relativement aux travaux orientés vers les pêcheries industrielles. Pourtant très développées sur les côtes méditerranéennes, elles constituent une voie d'avenir pour le développement d'une pêche durable. En Corse, les pêcheries artisanales représentent la presque totalité de la pêche professionnelle et le suivi halieutique revêt une grande importance à l'échelle de l'île tout en constituant un exemple représentatif de l'ensemble des pêcheries méditerranéennes artisanales. Ces pêcheries ont été suivies depuis une quinzaine d'années, ce qui a permis d'établir des liens forts entre scientifiques locaux et pêcheurs, notamment par l'expérience collaborative, initiée depuis 1999 dans la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio. A l'initiative de l'Office de l'Environnement de la Corse, puis de la DPMA, à partir de 2004 et durant 11 ans, la STARESO a réalisé un suivi à l'échelle de toute la Corse, centré d'abord sur la langouste rouge puis sur toutes les captures (à partir de 2011) ; également de l'Université de Corse en 2012 à travers le projet Interreg Marte+. Ces suivis basés sur l'embarquement d'observateurs scientifiques par les professionnels, montraient cependant une hétérogénéité aussi bien au niveau spatial et temporel qu'en termes d'espèces et de protocoles d'acquisition de données. Par ailleurs, ces suivis se sont malheureusement interrompus en 2015. Dans ce contexte, le consortium porté par l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) en partenariat avec l'Université de Corse, la STARESO et le CRPMEM de Corse, a souhaité ré-impulser cette démarche favorisant l'acquisition locale de données scientifiques sur les prélèvements halieutiques en Corse.

L'objectif général du projet Données hAlieutiques Corse (DACOR) (FEAMP mesure 40 28 - partenariat scientifiques - pêcheurs) était de favoriser la création d'un cadre de cogestion scientifiques, pêcheurs et gestionnaires, pour les informations recueillies, traitées et analysées collectivement au niveau local dans le but de stabiliser et d'améliorer les rendements de pêche dans un cadre durable. Dans le même temps, il est le lien entre les informations locales et les institutions nationales (DCF, OBSMER) et internationales et les réseaux qui traitent des questions de pêche et de protection de la nature en Méditerranée (à savoir la CGPM, CAR-SPA, UICN, MEDPAN).

La mise en place d'un consortium partenarial entre les différents acteurs (gestionnaires – scientifiques- pêcheurs) constitue une base de travail qui permettra de dynamiser et consolider les relations entre les différents partenaires autour des enjeux de connaissance. Un suivi scientifique mutualisé des pêches maritimes insulaires était nécessaire afin de bâtir l'ensemble les projets de gestion sur des bases scientifiques solides, durables, équitablement acquises et partagées.

Le projet DACOR (Données halieutiques CORses) a ainsi été mis en place de 2017 à 2020 (FEAMP – mesure 28 partenariat Scientifiques – Pêcheurs). Le projet était coordonné par l'Office de l'Environnement de la Corse, avec comme partenaires l'Université de Corse (plateforme Stella Mare), la STARESO et le Comité Régional des Pêches et Elevages Maritimes de Corse. L'Université de Corse sous ma responsabilité, a assuré la coordination scientifique du projet DACOR.

Le programme d'étude a porté sur 3 ans de suivi (2017 à 2019) de la pêche artisanale (petits métiers côtiers et du large) sur l'ensemble de la Corse et de ses 4 prud'homies avec un protocole d'embarquement standardisé, le suivi de l'activité des ports et un auto-échantillonnage (type « logbooks ») effectué par les pêcheurs. Les prises et rejets sont mesurés et les engins mis en œuvre dans les opérations sont relevés et géo-localisés. Les données sont bancariées dans une base de données centralisée par l'OEC et compatible avec le SIH-OBSMER. Ce suivi à l'échelle de la Corse a l'avantage d'être délimité et intégré géographiquement de par son insularité tout en étant réalisé à une échelle permettant une bonne gestion et coordination au niveau opérationnel.

J'ai ainsi coordonné l'ensemble des travaux de traitement des données du projet DACOR. Il faut aussi préciser que nous étions responsables de la collecte des données d'embarquement sur la prud'homie de Bastia-Cap Corse. En effet, il est également très important d'être impliqué dans l'acquisition de la donnée halieutique afin de connaître la réalité du terrain, ses limites et avantages et pouvoir ainsi en tirer le maximum d'informations en termes d'analyse de données et d'approche quantitative. J'ai ainsi supervisé le travail de Marion Bouet et Caroline Bousquet, toutes deux ingénieurs d'études sur le projet.

Un rapport final de ce projet a été produit et une publication de synthèse des résultats a également été réalisée, référencée ici :

Bousquet C, Bouet M, Patrissi M, Cesari F, Lanfranchi J-B, Susini S, Massey M, Aiello A, Culioli J-M, Marengo M, Lejeune P, Dijoux J, Duchaud C, Santoni M-C, Durieux EDH. (2022). **Assessment of catch composition, production and fishing effort of small-scale fisheries: the case study of Corsica Island (Mediterranean Sea).** *Ocean and Coastal management.* 218, 105998. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105998>

La présente étude porte ainsi sur la caractérisation des principaux métiers de la pêche artisanale corse en relation avec certains aspects clés de la pêcherie tels que les espèces ciblées, la composition des captures conservées et rejetées, les facteurs impactant la capture par unité d'effort (CPUE) et l'estimation de la production annuelle. Un échantillonnage intensif sur 2 ans (années complètes retenues : 2018-2019) de 23% de la flotte corse a été réalisé. Au total, quatre métiers principaux (filet de pêche, filet à langouste, palangre de fond et palangre pélagique) ont été identifiés et 128 espèces ont été recensées. La composition spécifique des captures conservées et rejetées de chaque métier a révélé des différences significatives entre tous les métiers, les palangres pélagiques se différenciant le plus par rapport aux autres métiers. De manière générale, on notera des rejets faibles pour les palangres benthiques (18%) et pélagiques (22%), limités pour le filet poisson (28%) et relativement important pour le filet langouste (46%) (**Fig. 31**). En outre, les rejets vivants sont les plus importants en palangre pélagique (72,5%), puis pour le filet poisson (44,5%), ceux-ci étant beaucoup plus faibles pour la palangre benthique (28,7%) et le filet langouste (seulement 21,2%).

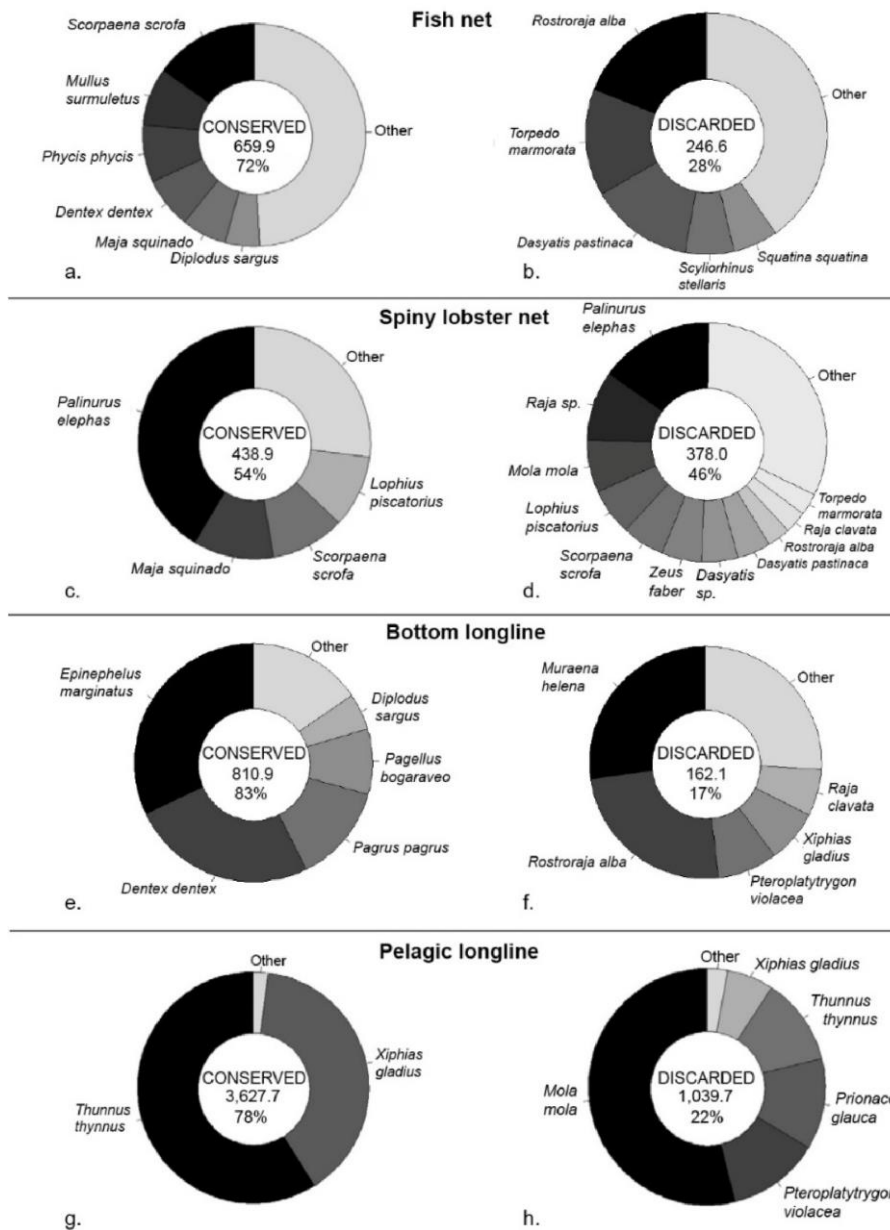


Figure 31 : Captures moyennes par unité d'effort (CPUE) pour chaque métier en 2018-2019. Les CPUE nettes sont exprimées en g.50 m 1 et les CPUE palangrières en g.10 h 1. Les espèces qui représentent une CPUE supérieure à 30 g par unité d'effort sont présentées dans les figures a, c et e. Cette limite est fixée à 10 g par unité d'effort pour les figures b, d et f et à 50 g pour les figures g et h. Le nombre sous les mentions "conservé" et "rejeté" fait référence à la biomasse totale (en grammes) capturée par unité d'effort. (Fig. issue de Bousquet et al. 2022)

L'analyse de l'influence de différentes variables (spécifications techniques de pêche, paramètres environnementaux et spatio-temporels) a révélé un impact du temps de pêche sur les captures rejetées pour les filets poissons et en particulier pour les filets à langoustes et un effet spatial sur l'ensemble des micro-régions de Corse. Pour le filet langouste les rejets sont très dépendants du temps de cale qui peut être en effet très long. On retiendra que le filet langouste présente en effet une très faible sélectivité par rapport à l'espèce cible qui est la langouste rouge *Palinurus elephas*, et

qu'il représente un effort de pêche très important en Corse (longueurs de filets et temps de calle) induisant des rejets morts conséquents c'est-à-dire une mortalité par pêche sur le reste de la ressource halieutique.

La production des deux métiers les plus pratiqués (Filets poissons et Filets langoustes) a également été estimée en prenant en compte l'effort de pêche et les CPUEs (**Fig. 32, Tab. 2**). Le calcul de l'effort de pêche global passe par le croisement des données d'embarquements (*i.e.* longueurs de filet ou de palangres), avec des données de suivi de l'activité des ports couplées aux données météo pour estimer le nombre total sorties réalisées sur l'année, avec un découpage spatial par strate.

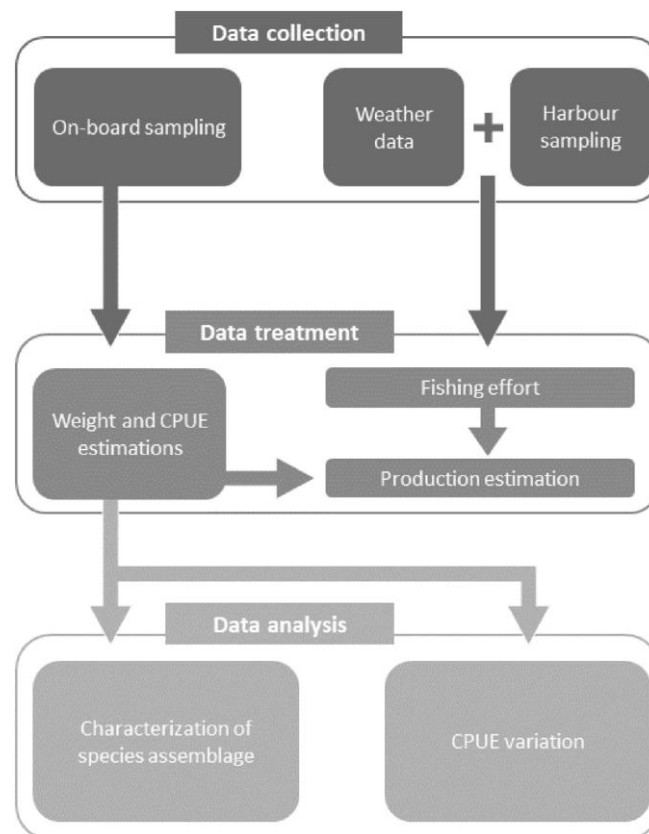


Figure 32 : Synthèse de la méthodologie utilisée dans cette étude (pêche artisanale corse). Des échantillonnages à bord et au port ont été effectués sur le terrain. Les données météorologiques proviennent de la base de données en ligne de Météo France. (Fig. issue de Bousquet et al. 2022)

La production annuelle de captures conservées et donc débarquées a été évaluée comme étant plus élevée pour les filets à poissons que pour les filets à langoustes allant de 140,4 tonnes en 2018 pour les filets à langoustes à 214,2 tonnes en 2019 pour les filets à poissons (**Tab. 2**). Bien qu'il ne soit pas classique d'évaluer la production rejetée pour l'ensemble d'une flotte, elle a été calculée et analysée pour les rejets morts et vivants. Contrairement à la production débarquée, les filets à langouste avaient une production plus élevée de rejets morts et une production plus faible de prises accessoires vivantes (**Tab. 2**). En moyenne sur les deux années, il a été observé que pour 1 kg de prise au filet à langouste, 500 g sont rejetés morts et 200 g sont des prises accessoires vivantes. En

revanche, pour 1 kg de prises dans les filets de pêche, 190 g sont rejetés morts et 190 g sont rejetés vivants.

Tableau 2 : Production annuelle de filets à poissons et filets à langoustes en tonnes par an en Corse en 2018 et 2019. (Tab. issu de Bousquet et al. 2022)

		2018	2019
Fish nets	Conserved	152.5	214.2
	Dead discards	23.9	48
	Live by-catch	46.9	23.4
Spiny lobster nets	Conserved	140.4	163.9
	Dead discards	43.9	112.9
	Live by-catch	22.1	31.4

Cette étude apporte de nouvelles connaissances sur les caractéristiques de l'effort et des captures de la pêche artisanale en Corse comme zone de référence pour la Méditerranée. Ces données peuvent désormais être mises en œuvre dans l'évaluation de ses ressources halieutiques. La complexité de cette pêcherie doit être prise en compte pour toute future politique de gestion de la pêche artisanale à l'échelle locale, nationale et internationale en Méditerranée. On notera en particulier, le besoin d'une meilleure gestion de la pêche à la langouste rouge en Corse qui bénéficiera à l'ensemble des ressources halieutiques.

Cette étude met également en avant ce programme de suivi halieutique standardisé et désormais pérennisé faisant intervenir scientifiques, gestionnaires et professionnels à l'échelle d'un territoire insulaire entier ce qui est assez unique à l'échelle de la Méditerranée. Ce projet sert désormais de cas d'étude et d'exemple concret de la cogestion scientifiques-gestionnaires-pêcheurs pour le suivi des ressources halieutiques en Méditerranée. Pour les acteurs professionnels et gestionnaires du secteur de la pêche, ces indicateurs servent par exemple à caractériser, dimensionner et suivre l'évolution de l'activité à l'échelle de la Corse par rapport à d'autres zones au niveau national ou à l'échelle de la Méditerranée. Cela permet de mettre en avant les spécificités de cette activité et de les prendre en compte dans les plans de gestion établis à grande échelle. En outre, ces travaux s'inscrivent pleinement dans le Plan d'action régional pour la pêche artisanale en Méditerranée et en mer Noire mené par la Commission Générale des Pêches en Méditerranée déployé depuis 2018.

Ce suivi est désormais pérennisé à l'échelle de la Corse grâce au projet (Corsican Fishery – Data Collection Framework) toujours porté par l'OEC. A notre niveau, nous assurons toujours le suivi de la prud'homie de Bastia Cap Corse (contrat CF-DCF depuis 2020 et actuellement assuré jusqu'en 2024) et nous continuons d'intégrer ces données dans les travaux de calcul d'indicateurs ou de modélisation (**cf IV-7.2.**).

5.4. Modélisation écosystémique

L'approche écosystémique de gestion des pêches (« *Ecosystem Approach to Fisheries Management* ») est une notion apparue dans le Code de conduite pour une pêche responsable, publié en 1995 par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Cette approche a émergé pour combler les limites des approches monospécifiques qui ne suffisaient plus à assurer la durabilité des ressources naturelles et ne prenaient pas en compte les impacts de la pêche

sur la biodiversité. Au-delà des espèces ciblées par la pêche, il y a progressivement une prise de conscience des captures accessoires, de l'impact sur les habitats et plus largement du fait que l'exploitation peut engendrer des répercussions sur l'ensemble de l'écosystème.

Depuis les années 1990, les sciences halieutiques ont ainsi opéré un tournant et reconsidéré leur approche de l'évaluation des stocks, passant de l'évaluation des stocks monospécifiques ou multispécifiques à la dynamique de communautés entières affectées par l'activité d'exploitation, et les conséquences globales pour l'écosystème (Pauly et al., 1998, 2002 ; Gascuel, 2005 ; Cury et al., 2008). Les évaluations des stocks, soutenues par des modèles statistiques, se concentrent généralement sur des objectifs liés à l'espèce / stock exploité y compris la caractérisation de l'impact de la pêche et des facteurs environnementaux en ce qui concerne l'état du stock de poissons, ainsi que l'estimation de son rendement durable. Ces évaluations de stocks restent nécessaires mais dans de nombreux cas ne suffisent pas. Les espèces à l'intérieur d'un écosystème sont touchées à la fois par des interactions directes (prédation) et indirectes par le biais de la compétition ou de liens trophiques sous-jacents entre les assemblages d'espèces (Corrales et al., 2018). Par conséquent, l'approche écosystémique considère les espèces cibles de la pêche ainsi que les populations qui interagissent avec elles, permettant des simulations de l'impact de l'exploitation sur l'ensemble du système (Coll & Libralato, 2012). Ainsi, l'approche écosystémique vise à assurer l'exploitation durable des ressources marines, tout en préservant l'intégrité de l'écosystème.

L'approche écosystémique constitue ainsi une approche intégrative par excellence en Ecologie en intégrant les niveaux inférieurs en particulier l'étude des communautés en termes diversité et composition spécifique, de structuration fonctionnelle des communautés et de disponibilité des niches écologiques (habitats). La caractérisation d'un écosystème se fait ainsi à travers l'étude du biotope, des communautés, les processus physiques et chimiques, la structure spatiale également, cycles biogéochimiques et réseaux trophiques. Nous nous posons ainsi les questions sur les relations proies-prédateurs qui structurent les populations et les communautés et plus largement comment les flux d'énergie et de matière circulent dans l'écosystème, le structure et comment celui-ci évolue face à des pressions comme la pêche et le changement climatique.

Avec la mise en place du concept d'approche écosystémique et les progrès des réseaux de surveillance et de l'informatique, une quantité croissante de données est collectée sur les écosystèmes marins. Ces nouveaux apports ont conduit au développement de la modélisation des écosystèmes (c'est-à-dire la représentation mathématique des systèmes) et plusieurs outils de modélisation ont vu le jour. Parmi ces représentations d'écosystèmes, Ecospath est le modèle le plus répandu appliqué dans le monde car il est bien documenté et librement accessible via une interface conviviale et permet la compréhension des systèmes marins complexes (Christensen & Pauly, 1992 ; Christensen & Walters, 2004). Ecospath est un modèle d'équilibre de masse réalisant la caractérisation de la structure et du fonctionnement trophiques parmi des groupes d'espèces représentant les principales composantes de l'écosystème (Pauly et al., 2000 ; Christensen & Walters, 2004 ; Gascuel et al., 2008 ; Coll et al., 2015). Ces groupes sont soit monospécifiques, soit constitués de plusieurs espèces écologiquement similaires en termes de régime alimentaire, de prédateurs, de taille et/ou de cycles de vie. La mise en œuvre du modèle EcoTroph, basé sur les sorties d'Ecospath, permet de modéliser l'écosystème comme un continuum de biomasse à travers les niveaux trophiques (TL) ascendant de la chaîne alimentaire en utilisant soit la prédation, soit des processus ontogéniques (Gascuel, 2005 ; Gascuel & Pauly, 2009). EcoTroph est un modèle basé sur le niveau trophique dans lequel le concept d'espèce n'est plus explicitement représenté et le fonctionnement de l'écosystème est simplifié en tant que flux trophique de biomasse comme un moyen unique de repenser un écosystème et ses impacts sur la pêche. Pour comprendre le fonctionnement et explorer

les impacts de la pêche d'un écosystème d'intérêt, l'utilisation de modèles écosystémiques comme Ecopath ou Ecotroph a été reconnue comme très pertinente (Pauly et al., 2000).

Le travail présenté ici a été développé dans le cadre du projet Moonfish (Modélisation tOOls for sustaiNable management of FISHeries ressources in Corsica ; FEDER 2017-2017), que j'ai coordonné avec mon collègue Paul-Antoine Bisgambiglia (Maître de Conférences en informatique), dans l'axe modélisation bio-écologique. Ce travail a été mené Lucie Vanalderweireldt dans son postdoctorat et fait l'objet d'une publication référencée ici :

Vanalderweireldt L, Albouy C, Le Loc'h F, Millot R, Blestel C, Patrissi M, Marengo M, Garcia J, Bousquet C, Barrier C, Lefur M, Bisgambiglia P-A, Donnay A, Ternengo S, Aiello A, Lejeune P, **Durieux EDH. (2022). Ecosystem modelling the Eastern Corsican Coast (ECC): case study of one of the least trawled shelves of the Mediterranean. *Journal of Marine Systems*. 235, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2022.103798>**

Nous appliquons le modèle Ecopath sur l'un des écosystèmes marins corses les moins exploités de la mer Méditerranée, la côte orientale de la Corse (East Coast Corsica : ECC) (Relini, 1999 ; Coll et al., 2010 ; Le Manach et al., 2011 ; Ferrà et al., 2018). Parmi les îles méditerranéennes, la Corse est la quatrième plus grande île et est considérée comme un hotspot de biodiversité. Par exemple, la Corse présente l'un des plus vastes herbiers d'herbiers de *Posidonia oceanica* classés en zone Natura 2000 (Miniconi et al., 1990 ; Telesca et al., 2015 ; INPN-MNHN, 2019). L'ECC comprend une artisanales multi-engins notamment des filets de pêche, des filets à langoustes, des palangres et des casiers à langoustes (Le Manach et al., 2011 ; Bousquet et al., 2022). L'ECC est également spécifique avec son large plateau continental, permettant le chalutage par quelques chalutiers de petite taille - considéré cependant comme une pêche à plus grande échelle ou une pêche industrielle - alors que le reste de l'île est resté impraticable (Ferrà et al., 2018). En outre, l'ECC se caractérise par l'un des taux d'effort de pêche les plus faibles du nord de la Méditerranée et pourrait être considéré comme un « état de référence » basé sur la diversité des poissons betnho-démersaux (Mérigot et al., 2007). Depuis 1950, le nombre de pêcheurs diminue lentement en Corse, y compris dans l'ECC (Le Manach et al., 2011). Le déclin du métier de pêcheur résulte de son manque d'attractivité pour les candidats de la relève, de plus on note un non-renouvellement des permis de pêche au chalut (CRPMEM, données non publiées). Pour autant, la baisse de l'effort de pêche et ses impacts sur l'écosystème n'ont jamais été évalués.

Ecopath est un modèle à équilibre de masse permettant de partitionner l'écosystème en compartiments trophiques et de modéliser les flux de biomasse entre eux sur une année moyenne et une surface donnée (Christensen & Walters, 2004). Chaque compartiment trophique peut être vu comme une boîte trophique caractérisée par une biomasse B_i ($t \cdot km^2$), une production P_i ($t \cdot km^2 \cdot an^{-1}$), un flux entrant de consommation Q_i ($t \cdot km^2 \cdot an^{-1}$) et un flux sortant de mortalité par prédation M_{2i} ($t \cdot km^2 \cdot an^{-1}$) (Christensen & Pauly, 1992).

La Côte Orientale de la Corse (ECC) a été modélisée pour estimer son fonctionnement trophique et la pêche en utilisant les approches Ecopath et EcoTroph. L'ECC se distingue par son plateau sableux peu profond et son vaste herbier de posidonie. Le modèle inclut 39 groupes trophiques dont cinq groupes de producteurs primaires et de détritus, 14 d'invertébrés, deux de Chondrichthyens, 16 de Teleostéens, un d'oiseaux marins et un groupe de cétacés (**Tab. 3**). En outre, nous avons choisi d'individualiser des groupes monospécifiques d'intérêt halieutique et/ou patrimoniale comme (*i.e.* *Dentex dentex*, *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Palinurus elephas*, *Scopaena scrofa*, *Paracentrotus lividus*, *Mullus surmuletus*) (**Tab. 3**)

Tableau 3 : Paramètres du modèle Ecopath de l'ECC par groupe (les valeurs en gras ont été estimées par Ecopath). TL : niveau trophique (sans unité) ; B : biomasse (t·km⁻²·an⁻¹) ; P/B : production/biomasse (an⁻¹) ; Q/B : consommation/biomasse (an⁻¹) ; EE : efficacité écotrophique (sans unité) ; P/Q : production/consommation (sans unité) ; OI : indice omnivore (sans unité) ; Z : mortalité totale (an⁻¹) ; M2 : mortalité par prédation (an⁻¹) ; KS : Keystone index (sans unité, Libralato et al. 2006) ; Y : débarquements (t·km⁻²·an⁻¹) ; F/Z : rapport entre la mortalité par pêche F et la mortalité totale Z ; Acc : l'accessibilité des pêcheries (sans unité). Les groupes sont présentés classés par niveaux trophiques. Supra Ceph : Céphalopodes suprabenthiques, Benth Sharks : Requins benthiques, Benth Ceph : Céphalopodes benthiques, BIF : Benthic Invertebrate Feeders, SIF : Suprabenthic Invertebrate Feeders. (Tab. issu de Vanalderweireldt et al. 2022)

Group/Species	TL	B	P/B	Q/B	EE	P/Q	OI	Z	M2	KS	Y	F/Z	Acc.
1 Sphyraenidae	4.81	0.04	0.53	5.48	<0.01	0.10	1.08	0.53		-0.03	<0.001	<0.01	0.5
2 <i>Epinephelus marginatus</i>	4.57	<0.01	0.21	2.43	0.10	0.09	0.17	0.21	0.02	-1.37			
3 <i>Dentex dentex</i>	4.42	0.12	0.43	4.39	0.14	0.10	0.04	0.43	0.01	-0.11	0.006	0.13	0.7
4 Bottlenose dolphin (<i>Tursiops truncatus</i>)	4.24	<0.01	0.09	13.52	<0.01	0.01	1.26	0.09		-1.22			
5 <i>Scorpaena scrofa</i>	4.24	0.02	0.60	4.71	0.53	0.13	0.05	0.60	<0.01	-0.22	0.006	0.53	0.6
6 European shag (<i>Phalacrocorax aristotelis</i>)	4.18	<0.01	0.68	55.86	<0.01	0.01	0.09	0.68		-2.50			
7 Piscivorous fish	4.10	0.63	0.44	4.62	0.40	0.10	0.07	0.44	0.14	-0.02	0.029	0.07	0.7
8 <i>Seriola dumerili</i>	3.94	0.22	0.36	3.48	0.56	0.10	1.19	0.36	0.20	-0.16			
9 Supra ceph	3.93	0.06	2.48	8.50	0.68	0.29	0.14	2.48	1.60	-1.12	0.004	0.03	0.5
10 Benth sharks	3.83	1.50	0.44	4.45	0.12	0.10	1.07	0.44		-0.02	0.080	0.12	0.5
11 Benth ceph	3.70	0.19	1.60	9.83	0.81	0.16	0.29	1.60	1.28	0.05	0.003	0.01	0.5
12 Serranidae	3.60	0.12	0.63	5.84	0.57	0.11	0.24	0.63	0.33	-0.75	0.004	0.05	0.7
13 Rays	3.52	0.56	0.56	3.86	0.34	0.15	0.88	0.56	0.13	-0.47	0.032	0.10	0.5
14 BIF	3.49	0.37	0.93	7.44	0.70	0.13	0.02	0.93	0.66	-0.59	<0.001	<0.01	0.6
15 Labridae	3.37	0.21	2.64	6.83	0.90	0.39	0.23	2.64	2.37	-0.26	0.001	<0.01	0.1
16 <i>Mullus surmuletus</i>	3.30	0.19	0.82	5.27	0.18	0.15	0.05	0.82	0.11	-0.73	0.008	0.05	0.3
17 Sparidae	3.26	0.69	0.58	4.34	0.53	0.13	0.12	0.58	0.29	-0.14	0.013	0.03	0.6
18 SIF	3.23	0.57	0.70	6.22	0.89	0.11	0.05	0.70	0.62	-0.46	0.002	0.01	0.1
19 <i>Sciaena umbra</i>	3.16	0.02	0.41	3.73	0.40	0.11	0.03	0.41	0.16	-2.06	<0.001	<0.01	0.8
20 Planktivorous fish	3.16	16.83	0.75	7.36	0.61	0.10	0.02	0.75	0.45	0.02	0.046	<0.01	0.2
21 <i>Chromis chromis</i>	3.14	0.02	0.99	8.10	0.95	0.12	0.01	0.99	0.94	-1.56			
22 <i>Palinurus elephas</i>	3.14	0.02	0.36	6.17	0.62	0.06	0.22	0.36	0.05	-0.14	0.003	0.47	0.8
23 <i>Homarus gammarus</i>	3.05	<0.01	1.22	6.17	0.38	0.20	0.13	1.22	0.46	-2.43			
24 Gelatinous	2.62	0.15	15.04	54.75	0.30	0.27	0.31	15.04	4.51	-1.32			
25 Shrimps	2.53	3.51	3.34	10.37	0.99	0.32	0.32	3.34	3.31	0.05			
26 Cnidaria	2.35	0.31	1.08	9.11	0.67	0.12	0.31	1.08	0.72	-0.22			
27 Gasteropods	2.23	0.08	1.94	10.92	0.92	0.18	0.19	1.94	1.78	-0.28			
28 Bivalvia	2.21	0.25	2.10	8.97	0.79	0.23	0.20	2.10	1.66	-0.15			
29 Zooplankton	2.12	7.01	48.69	165.53	0.95	0.29	0.23	48.69	46.26	0.12			
30 Echinoderms	2.12	6.13	0.49	2.70	0.56	0.18	0.12	0.49	0.27	-0.20			
31 Benthic crustaceans	2.08	0.64	11.44	33.81	0.72	0.34	0.09	11.44	8.230	-0.03	0.005	<0.01	0.3
32 Worms	2.04	0.53	7.59	40.57	0.83	0.19	0.04	7.59	6.28	-0.51			
33 <i>Sarpa salpa</i>	2.00	0.87	0.72	3.67	0.30	0.20		0.72	0.22	-0.46	<0.001	<0.01	0.3
34 <i>Paracentrotus lividus</i>	2.00	0.10	0.19	1.26	0.68	0.15		0.19	0.13	-0.97			
35 Macroalgae	1.00	0.43	13.33		0.22			13.33	2.91	-0.15			
36 Phytobenthos	1.00	2.22	6.52		0.90			6.52	5.87	-0.40			
37 Seagrass	1.00	449.15	0.74		0.30			0.74	0.22	-1.04			
38 Phytoplankton	1.00	4.83	109.69		0.63			109.69	68.86	-0.40			
39 Detritus	1.00	74.90			0.33		0.41						

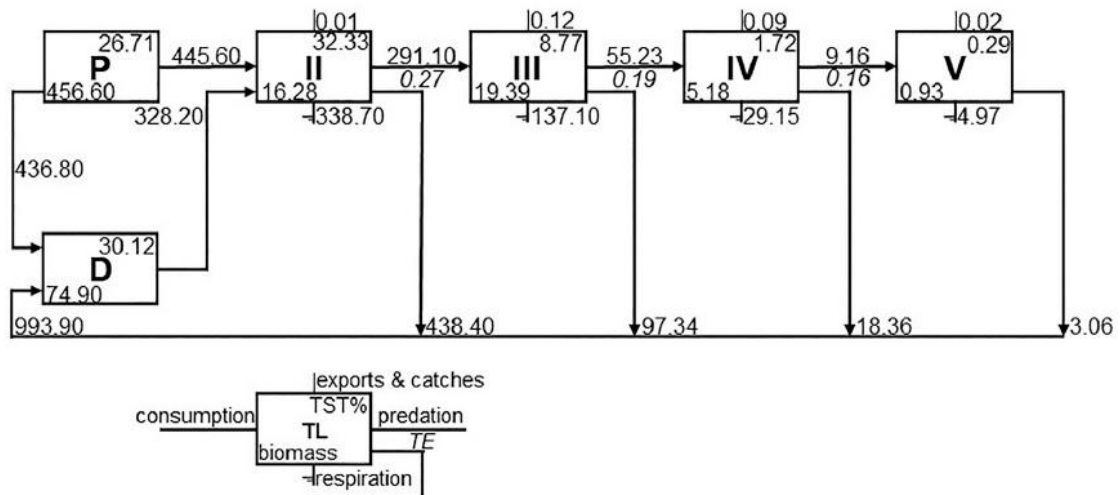


Figure 33 : Diagramme de flux de l'écosystème ECC agrégé dans une colonne vertébrale de Lindeman et organisé par niveaux trophiques entiers (TL) et détrit (D). TST : débit total du système ; TE : efficacité de transfert. (Fig. issue de Vanalderweireldt et al. 2022)

L'écosystème ECC a été structuré en cinq niveaux trophiques (TL) régulés de haut en bas par les Sphyraenidae, *Epinephelus marginatus* et *Dentex dentex* (Fig. 33 et 34). L'écosystème présente un degré élevé de couplage benthique-pélagique, confirmé par des groupes clés situés à des TL intermédiaires (Téléostéens planctivores, céphalopodes benthiques, crevettes, zooplancton) (Fig. 34). Le chalutage représente 55% des captures, suivi par les filets de pêche au filet à langouste (27%) et les filets de pêche (18%). Plus de la moitié des débarquements sont issus des groupes de requins benthiques (24%), de poissons planctivores (21%) et de raies (13%), par la pêche et rejetés morts, incluant des espèces protégées. De plus, les groupes de *Palinurus elephas*, *Scorpaena scrofa* et *Dentex dentex* avaient des valeurs élevées de F/Z, soulignant leurs vulnérabilités à la pêche.

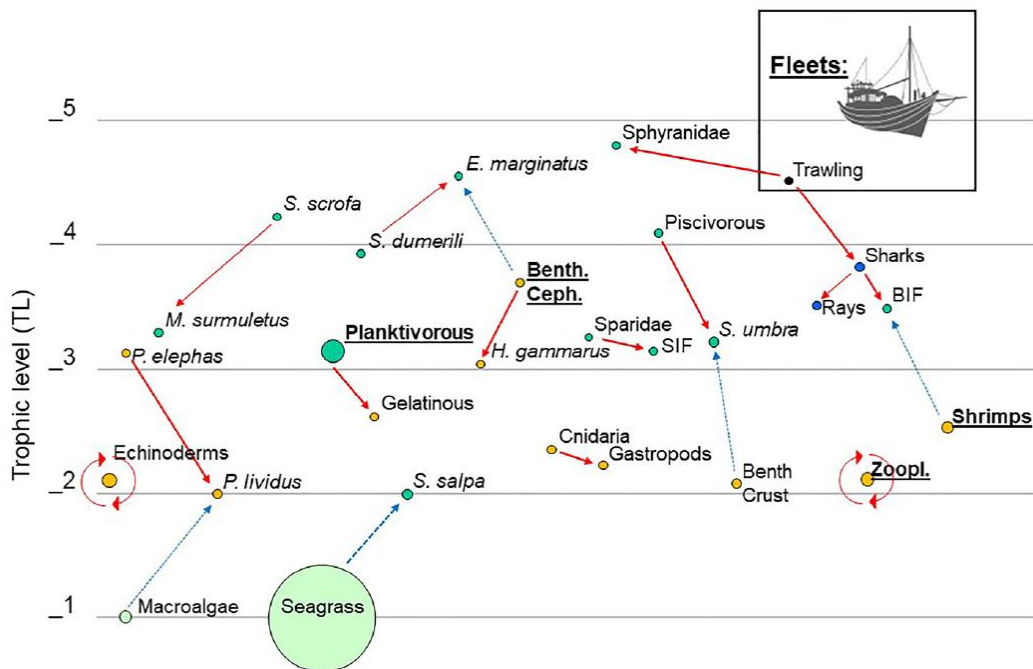


Figure 34 : Analyse de l'impact trophique mixte (MTI) du littoral oriental de la Corse (ECC). Nous n'avons inclus que les valeurs absolues de MTI supérieures à 0,5 et l'épaisseur des flèches est fonction de la valeur d'impact. Nous avons représenté les impacts positifs entre les groupes avec des flèches grises en pointillés tandis que

nous avons représenté les impacts négatifs avec des flèches rouges continues. SIF : Mangeoires Suprabenthiques d'Invertébrés ; BIF : mangeurs d'invertébrés benthiques ; Benth. Ceph. : Céphalopodes benthiques ; Zoopl. : Zooplancton. Les groupes représentés en gras vert indiquent les groupes clés selon Libralato et al. 2006. (Fig. issue de Vanalderweireldt et al. 2022)

Cependant, l'écosystème de l'ECC connaît le taux d'exploitation (F/Z) le plus faible par rapport aux autres écosystèmes méditerranéens comparables (plateau continental large à fond sableux exploitable au chalut de fond) (**Fig. 35**). Ainsi bien que les simulations de pêche suggèrent que l'ECC pourrait soutenir une exploitation accrue, elles révèlent également que ces pêcheries ont un impact important sur les TL élevés. Notre étude attire l'attention sur l'habitat critique pour les Chondrichthyens au regard de leur importante biomasse et de leur faible pression de pêche par rapport aux autres systèmes méditerranéens exploités. Cette première modélisation de l'ECC est la première étape vers la modélisation de l'ensemble des écosystèmes marins corses, fournissant des orientations de préservation pour des mesures de gestion adéquates. Pour faire suite à cette première étude, trois nouveaux modèles écosystémiques sont en cours de développement correspondant à la réserve des bouches de Bonifacio (RNBB), la côte ouest et le parc naturel marin du cap corse et de l'Agriate (PNM), afin d'acquérir une vision globale du fonctionnement des écosystèmes côtiers en Corse (**cf IV-7.2.**).

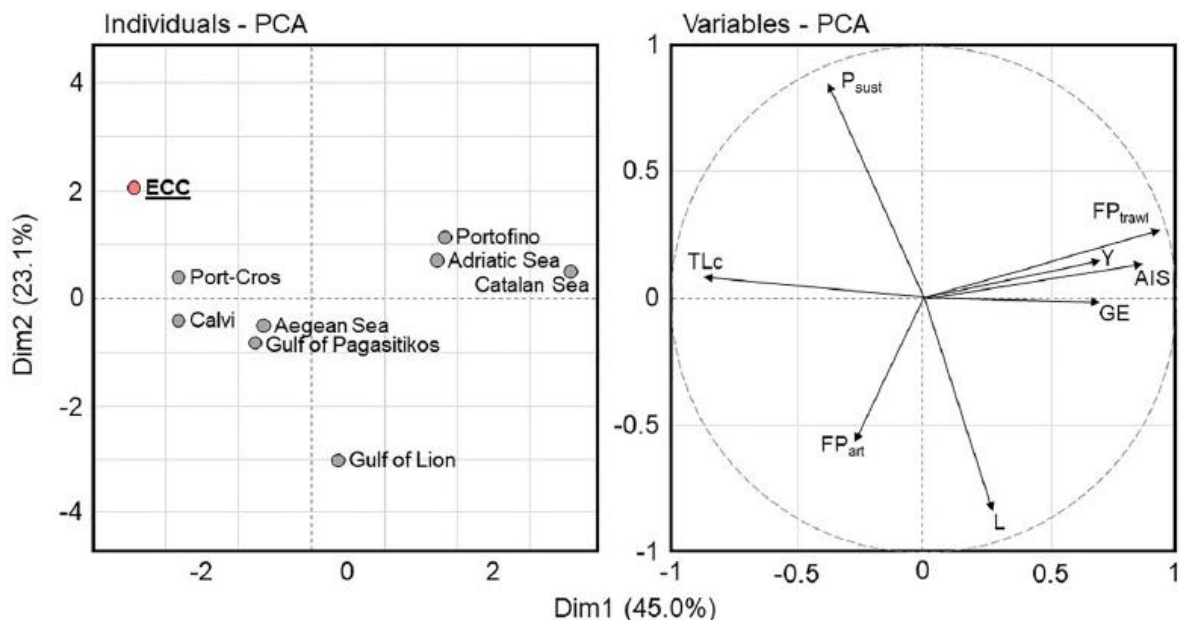


Figure 35 : Analyse en composantes principales (ACP) des indicateurs de pression de pêche estimés dans les modèles méditerranéens : Baie de Calvi, Corse (Pinnegar & Polunin, 2004), Golfe du Lion (Bănaru et al., 2013), Mer des Catalans (Coll et al., 2006), Mer Adriatique (Coll et al., 2007), Mer Egée (Tsagarakis et al., 2010), Parc National de Port-Cros (Valls et al., 2012), Aires marines protégées de Portofino (Prato et al., 2016) et Golfe de Pagasitikos (Dimarchopoulou et al., 2019). Y : la capture totale, toutes pêcheries confondues (t·km²·an⁻¹), TLc : le TL moyen des captures, GE : l'efficacité brute, Psust : la probabilité qu'un écosystème soit pêché de manière durable, L : la perte en indice de production, le nombre estimé de navires opérant soit au chalutage (FP_{trawl}) soit engagés dans d'autres activités de pêche (FP_{not chalut}), AIS : la densité des messages AIS classés comme « pêche ». (Fig. issue de Vanalderweireldt et al. 2022)

6. Elevage et restauration de population d'espèces d'intérêt

Sur la base des connaissances approfondies sur les différentes espèces d'intérêt au niveau individuel, populationnel et écosystémique, mes travaux se sont portés également sur l'Ingénierie écologique marine et littorale dans le cadre des orientations thématiques de la plateforme Stella Mare. Cette thématique porte en particulier sur la restauration écologique active en milieu marin et littoral. La préservation et la restauration de la biodiversité est désormais au cœur des politiques environnementales mondiales. Cette thématique de recherche se développe en particulier depuis une dizaine d'année en complémentarité des différents outils de gestion déjà en place (e.g. réduction des pressions anthropiques, gestion des pêches et AMPs).

Je développe cette thématique tout d'abord d'un point de vue zootechnique pour la maîtrise de l'élevage d'espèces d'intérêt halieutique et/ou patrimonial et ensuite sur les applications de diversification de la pisciculture marine en Méditerranée et plus particulièrement de restauration écologique (au niveau restauration de population). Mes travaux portent en particulier sur des espèces de poissons ayant un statut de conservation (i.e. denti et corb).

Au niveau national, le plan Biodiversité est en vigueur et son axe 3 correspond justement à protéger et restaurer la nature dans toute ses composantes avec une attention particulière pour la biodiversité marine (Ministère de la transition écologique, 2022). Au niveau Européen la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (EC, 2008) visait déjà à atteindre le bon état écologique des masses d'eaux marines pour 2020. La nouvelle stratégie de l'UE pour la biodiversité à l'horizon 2030 (adoptée en mai 2020) vise à renforcer la protection des écosystèmes marins et à les restaurer pour atteindre un « bon état écologique ». Cette restauration peut passer par la protection des habitats et des espèces mais également par la restauration écologique active de ceux-ci. En effet, la restauration écologique en milieu marin est un concept encore assez récent alors qu'il est mis en œuvre depuis des dizaines d'années en milieu terrestre. La restauration écologique active est en outre tout à fait complémentaire de la protection à tel point qu'il est même recommandé par UICN de mettre en œuvre la restauration écologique également dans les aires protégées (UICN, 2013). Depuis une dizaine d'année un certain nombre de programme de recherche et/ou d'actions concrètes ont été mises en œuvre sur cette thématique en Méditerranée mettant en avant des procédés et méthodes innovantes qu'il faut encore développer et améliorer (Boissery, 2014). A l'heure où le concept de restauration écologique active prévôt désormais également pour le milieu marin, il est nécessaire d'évaluer scientifiquement sa faisabilité, ses limites et ses potentialités opérationnelles.

La restauration de population à travers le repeuplement d'une espèce en particulier existe cependant depuis très longtemps en particulier pour les poissons à des buts de conservation ou de soutiens aux ressources halieutiques ; cette pratique a été largement développée en eau douce mais également en milieu marin avec des résultats mitigés voir controversés (Bell et al., 2006 ; Gerard et al., 2008 ; Araki & Schmid, 2010 ; Kitada, 2020) qu'il convient d'améliorer. En termes de relâché d'organismes aquatiques, on peut distinguer 3 catégories basé sur l'élevage d'espèce en aquaculture qui consiste au relâché d'individus issus d'écloserie (Bell et al., 2008 ; Lorenzen et al., 2013). On peut ainsi désigner : i) le *restocking* pour restaurer la biomasse de reproducteurs de population(s) sauvage(s) gravement appauvrie ou épuisée dans un but du maintien d'une activité commerciale de pêche ou pour aider à restaurer des espèces en voie de disparition ou menacées, ii) le *stock enhancement* (Amélioration de stock) pour augmenter le renouvellement naturel de population(s) sauvage(s) et optimiser les rendement en surmontant la limitation du recrutement, iii) et enfin le *Sea ranching* pour réaliser de l'élevage en mer ouverte. Ces 3 approches sont reprises dans l'amélioration basée sur l'aquaculture (*aquaculture based enhancement*) (Taylor et al., 2017). Les développements

dans les techniques d'aquaculture, le marquage, la génétique, la modélisation et l'écologie ont soutenu la croissance dans ce domaine au 21e siècle. La pratique de l'*aquaculture based enhancement* a maintenant mûri au point que des outils quantitatifs sont fréquemment appliqués en préalable avant toute action de relâché, et les scénarios d'amélioration à l'échelle pilote et les stratégies de relâché sont évaluées avant la mise en œuvre complète (Taylor et al., 2017).

Ainsi grâce au développement de la plateforme Stella Mare et au travail engagé par toutes les équipes zootechniques depuis ces dernières années, pour ce qui concerne les espèces de poissons, nous maîtrisons désormais l'élevage du denti et du corb (**cf IV-6.1.**) qui nous permet de réaliser concrètement depuis 2019 des expérimentations de performances individuelles, le suivi populationnel et des actions pilotes expérimentales de restauration de population afin de pouvoir tester et améliorer ce procédé (**cf IV-6.2.**).

6.1. Maîtrise de l'élevage d'espèces d'intérêts

La maîtrise de l'élevage d'espèces d'intérêt, qui a essentiellement une finalité de transfert de technologies repose sur une infrastructure zootechnique et un personnel qualifié. La plateforme Stella Mare a commencé les travaux en zootechnie dès 2012 dans une base avancée de 200m² cependant nous verrons que c'est réellement à partir de 2016-2017 et la mise en fonctionnement du bâtiment définitif (inauguré fin 2015), avec 1200m² de surface zootechnique et des salles d'élevage spécifiques aux stades et espèces, que les travaux en zootechnie poisson ont réellement pris de l'ampleur.

Je me suis ainsi investi en particulier sur les espèces de poissons en tant que responsable de programme, dans un premier temps le denti depuis 2013, puis le corb depuis 2018. Ces programmes zootechniques ont ainsi permis tout d'abord la stabulation de géniteurs sauvages capturés sur le littoral Corse avec l'optimisation des conditions d'élevage requises pour chacune de ces espèces en termes par exemple de paramètres physico-chimiques, de nourriture et plus largement de conditions d'élevage (**Fig. 36**). Cela a permis ensuite de maîtriser la phase de reproduction avec l'obtention d'œufs fécondés sur toute la période de reproduction et ainsi d'embryons viables exploitables en élevage larvaire. On notera que sur le denti nous avons constitué deux stocks de géniteurs, dont les périodes de reproduction sont décalées par décalage de la photopériode (paramètre le plus important gouvernant la reproduction pour cette espèce).



Figure 36 : Photographies de géniteurs de denti *Dentex dentex* (à gauche) et de corb *Sciaena umbra* à Stella Mare.

Un certain nombre d'essais et d'expérimentations ont ainsi été mises en place à Stella Mare afin de maîtriser l'élevage larvaire qui est de loin la phase la plus délicate en élevage. De nombreux travaux

sur la zootechnie du denti avaient déjà été réalisés au niveau international avec une littérature abondante sur le sujet (e.g. Rueda & Martinez, 2001 ; Loir et al., 2001 ; Koumoundouros et al., 2004 ; Gimenez & Estevez, 2008). Cependant de nombreuses difficultés sur l'espèce perdurent et à l'heure actuelle seule une production relativement limitée existe en Turquie. La première réussite de l'intégralité de l'élevage larvaire du denti a été obtenue à Stella Mare en 2015 puis 2016 avec quelques centaines de juvéniles obtenus en mésocosmes. C'est réellement à partir de 2017 que la maîtrise de l'élevage larvaire du denti a été réalisée avec plusieurs milliers de juvéniles obtenus. Nous avons ainsi mis au point un protocole d'élevage larvaire du denti permettant d'obtenir une production de juvéniles assurées de plusieurs milliers d'individus (**Fig. 37**). Cependant on note que cette espèce présente encore un certain nombre de difficultés sur la phase larvaire, comme le montre la littérature sur l'espèce, et sur les juvéniles précoces ne permet pas encore d'obtenir des rendements assez pertinents d'un point de vue zootechnique (plusieurs dizaines de milliers d'individus). A titre d'indicateur, les meilleurs rendements que nous avons obtenus pour produire des juvéniles de denti sont de l'ordre de 5% alors que sur le corb ils sont plutôt de l'ordre de 75 à 80%. On notera que les travaux qui ont pu être capitalisés à Stella Mare en générale et sur le denti qui est une espèce de poisson marin relativement difficile, ont permis d'avancer plus rapidement sur l'élevage du corb qui a été parfaitement maîtrisé en un temps très court. Ainsi alors que les captures de géniteurs ont démarré en 2018, les premières pontes ont eu lieu dès 2019 et plusieurs élevages larvaires a pu être conduits avec succès permettant la production de plusieurs milliers d'individus dès la deuxième année du programme avec des résultats très encourageants.



Figure 37 : Photographie d'une postlarve de *Dentex dentex* (J30) obtenue au cours d'un élevage larvaire intensif à Stella Mare en 2017.

On notera que nous avons déjà opéré depuis 2017 plusieurs pilotes de transferts auprès des professionnels de l'aquaculture en Corse aussi bien sur le denti que sur le corb. Cette partie n'est pas détaillée dans ce document pour des aspects de confidentialité.

Par ailleurs, il est important de préciser que la plateforme Stella Mare, en tant que structure d'élevage et de recherche sur des espèces aquatiques, détient depuis 2016 un agrément zoosanitaire (N° FR2B.037.137). La plateforme fait l'objet d'un contrôle zoosanitaire chaque année par le cabinet Vet'eau (<http://www.veteau.com/>), spécialisé dans le suivi vétérinaire des poissons, qui est ainsi le laboratoire référent de la plateforme Stella Mare.

6.1.1. Focus sur le développement embryonnaire et larvaire du corb

Il faut noter que peu de valorisations scientifiques ont pu être produites sur cette partie zootechnique, notamment sur le denti du fait de la difficulté à travailler sur l'espèce et de la littérature existante déjà abondante. Cependant en exemple de cas d'étude nous détaillerons ici en particulier un travail portant sur le développement embryonnaire et larvaire du corb, qui se révèle une espèce très prometteuse en élevage. Dans la littérature, mis à part une publication récente peu détaillée (Hamzaçebi & Can, 2021), le développement embryonnaire et larvaire du corb n'avait pas encore été décrit. Le travail présenté ici a impliqué l'ensemble de l'équipe poisson de Stella Mare et a pu être valorisé par Rémi Millot. Le travail présenté ici fait d'une publication référencée ici :

Millot R, Demolliens M, Ducos S, Pugliese S, Vanalderweireldt L, Aiello A, Durieux EDH. (2022). **Embryonic and larval development of Corsican brown meagre, *Sciaena umbra* (Linnaeus 1758) rearing in captivity from the Mediterranean Sea. *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00968-7>**

De manière générale, les espèces de Sciaénidés présentent un potentiel élevé pour l'aquaculture, démontrant une croissance rapide et une conversion alimentaire efficace. Par conséquent, cette étude documente l'ontogenèse embryonnaire et larvaire des œufs fécondés à 40 jours après l'éclosion (DPH) afin d'évaluer le potentiel de culture du corb *Sciaena umbra*. Les œufs ont été collectés à partir du frai spontané de géniteurs captifs et incubés à $18,5 \pm 0,5$ ° C pendant environ 42 heures après la fécondation (hpf). Les œufs fécondés étaient pélagiques, transparents et sphériques, mesurant $1,254 \pm 0,026$ mm. Les œufs étaient caractérisés par un espace périvitellin étroit, un chorion lisse et fin et portaient un jaune non segmenté avec un seul globule lipidique. Le développement embryonnaire s'est composé de quatre périodes consécutives : la période de clivage (0-2:38 hpf), la période de blastula (2:38-3:52 hpf), la période de gastrulation (3:52-17:20 hpf) et la segmentation période (17:20-41:20 hpf). Par la suite, les œufs ont éclos (41: 20-43: 20 hpf) en larves de sac vitellin, mesurant de $3,139 \pm 0,132$ mm (longueur totale TL). Le développement larvaire du maigre brun a été divisé en quatre périodes : sac vitellin jusqu'à l'absorption complète (0-3 DPH, TL3DPH = $3,649 \pm 0,119$ mm), pré-flexion (4-14 DPH, TL14DPH = $4,996 \pm 0,300$ mm), flexion (15-17 DPH, TL17DPH = $5,387 \pm 0,381$ mm) et post-flexion (18-35 DPH, TL35DPH = $16,450 \pm 1,012$ mm) (**Fig. 38, 39 et 40**). Après 35 DPH, la métamorphose larvaire était complète car les larves se transformaient en juvéniles. Nos résultats soulignent le potentiel élevé du corb pour l'aquaculture, que ce soit dans des projets de mariculture ou des programmes de repeuplement.

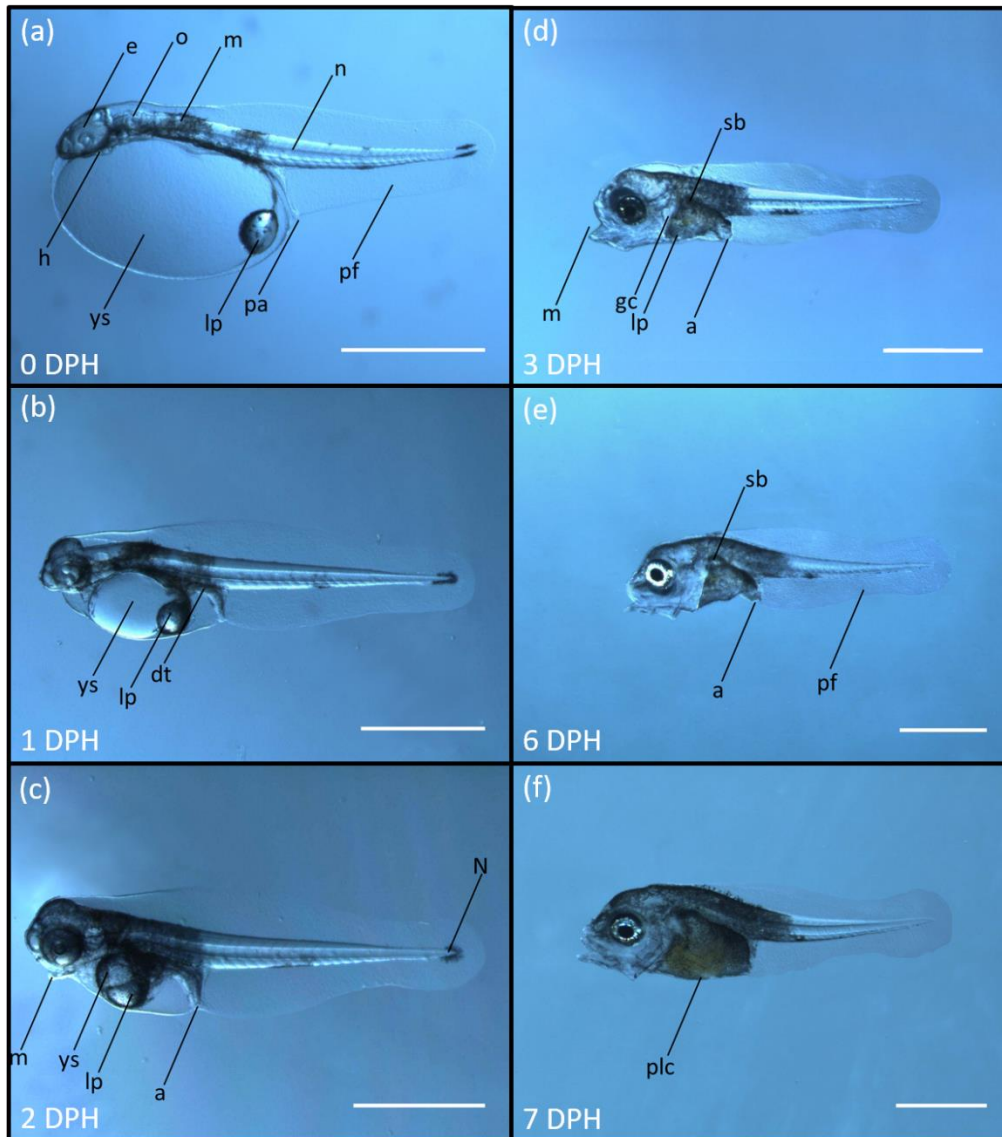


Figure 38 : Stades de développement larvaire de *Sciaena umbra* élevés à 20°C. DPH : jours post-éclosion. Échelle 1 mm. (a) Larve (0 DPH, x32), 2 h après l'éclosion ; (b) la pigmentation a commencé dans les yeux et le bourgeon pectoral est apparu (1 DPH, x32) ; (c) Pigmentation rétinienne terminée et bouche ouverte (2 DPH, x32) ; (d) La vessie natatoire s'est produite et le sac vitellin est complètement consommé (3 DPH, x20) ; (e) Le globule lipidique a disparu (6 DPH, x20) ; (f) corps pigmentaire évolué (7 DPH, x20). a : anus, dt : tube digestif, e : œil, gc : gill-cover, lp : globule lipidique, m : bouche, mp : pigments mélanophores, n : notochorde, N : pointe de notochorde, o : otocyste et otolithes, pa : anus primordial, pf : nageoire primordiale, sb : vessie natatoire, ys : sac vitellin. (Fig. issue de Millot et al. 2022)

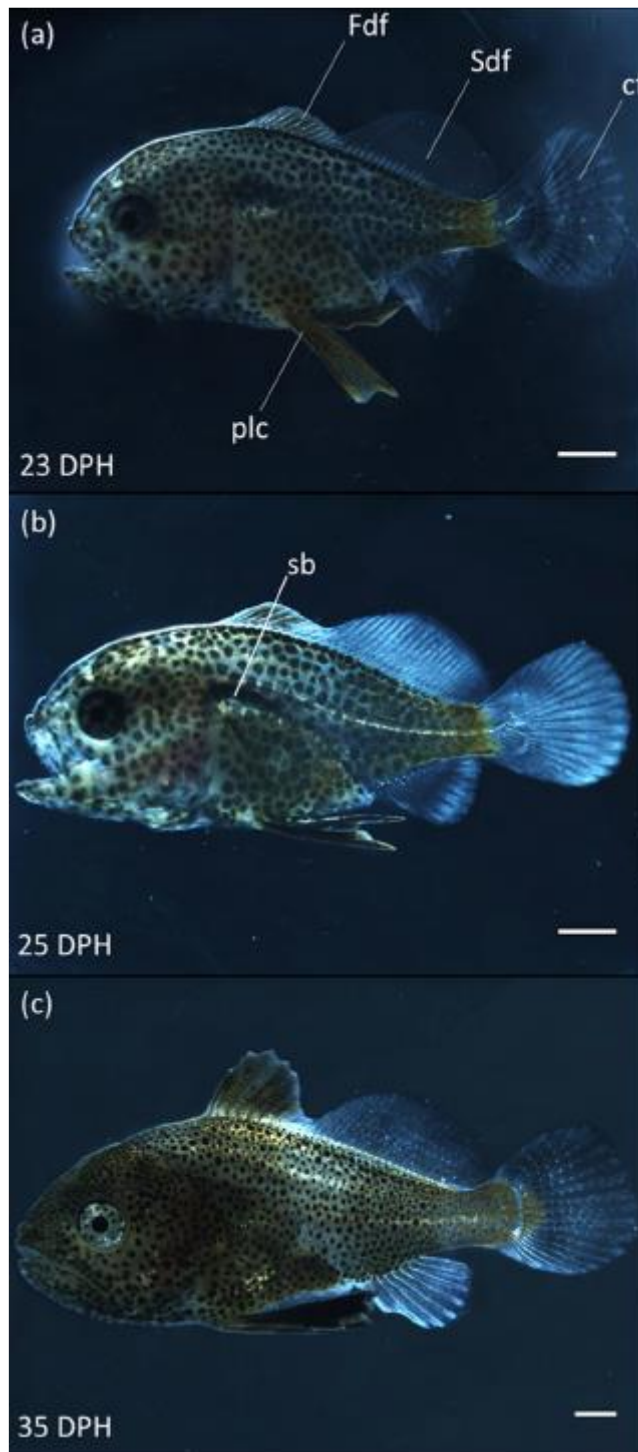


Figure 39 : Stades de développement larvaire de *Sciaena umbra* élevés à 20°C. Échelle 1 mm. (a) La résorption de la nageoire primordiale est terminée (23 DPH, x10) ; (b) La métamorphose a commencé (25 DPH, x10) ; (c) Stade juvénile (35 DPH, x7,5). af : nageoire anale, cf : nageoire caudale, Fdf : première nageoire dorsale, hcm : mélanophore en nid d'abeille, plc : nageoires pelviennes, sb : vessie natatoire, Sdf : deuxième nageoire dorsale. (Fig. issue de Millot et al. 2022)

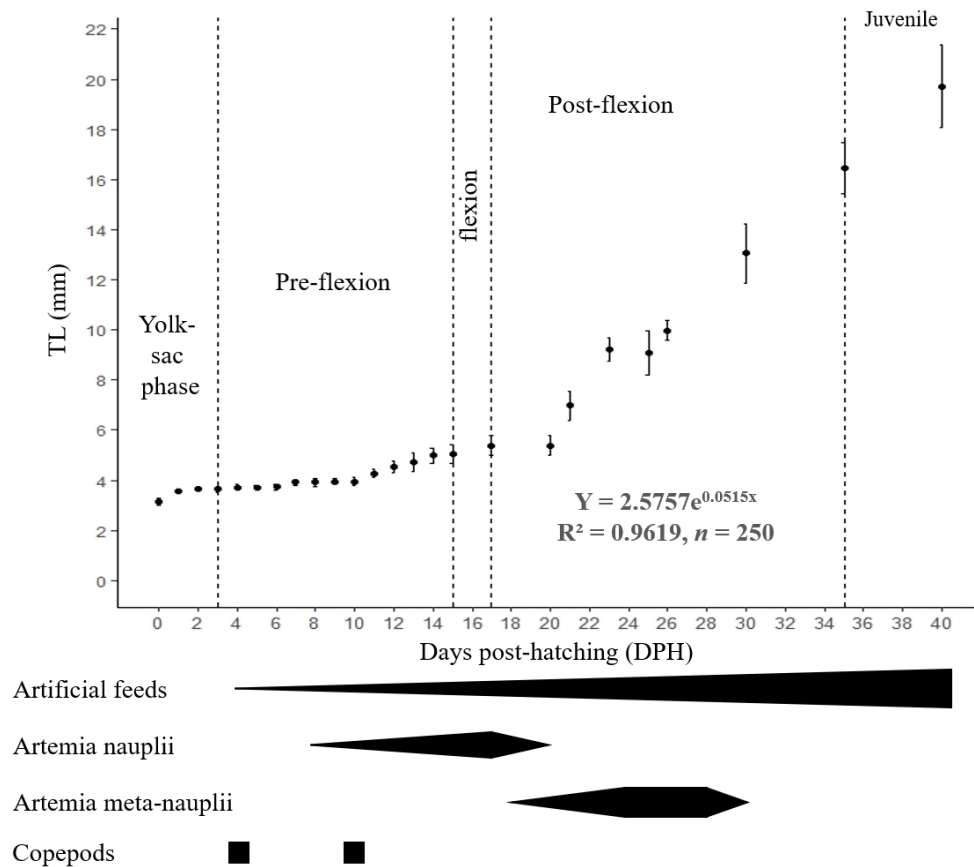


Figure 40 : Croissance et développement des larves de *Sciaena umbra* en TL (moyenne \pm ET) pendant l'élevage larvaire à 20°C, en fonction du temps (jours post-éclosion). Le type et la quantité relative des différents aliments offerts pendant l'élevage sont présentés schématiquement sous le graphique. Les lignes pointillées verticales sur le graphique indiquent les quatre périodes de développement larvaire. (Fig. issue de Millot et al. 2022)

6.2. Approches expérimentales sur la restauration de population du denti et corb

L'approche de recherche développée ici constitue une continuité thématique au programme Life+ SUBLIMO de 2012 à 2015 (Suivi de la Biodiversité SUIvi de la Biodiversité du pLancton Ichtyque en Méditerranée Occidentale (Coordinateur Philippe Lenfant Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Marins (CREM) de l'Université de Perpignan ; responsable Université de Corse Sylvia Agostini Université de Corse) au cours de mes premières années à l'UCPP. Ce programme consistait à des captures de postlarves de poissons grâce à des pièges lumineux, l'élevage de celles-ci, permettant en outre leur identification sur des bases morphologiques, puis enfin une phase de relâché à des fins de restauration écologique (Crec'Hriou et al., 2015). Le principe étant de capturer les individus à un stade où la mortalité en milieu naturel lors de la colonisation est très grande (plus de 95%) pour les élever et les relâchés à un stade où la mortalité est beaucoup plus faible stade (juvéniles de plusieurs cm). Ce programme était ainsi basé sur le concept de la PCC (*Post-larvae Captures and Culture*) initialement développé dans les années 90 sur les poissons de récifs coralliens dans le Pacifique avec des finalités de relâché mais également pour fournir le marché de l'aquariologie en poisson récifaux (Bell et al., 1999). Ce projet précurseur en Méditerranée avait permis de réaliser les premières mises aux point de protocole de relâchés de juvéniles de poissons marins adaptés à la Méditerranée

(Crec'Hriou et al., 2015). Ces protocoles ont ensuite été repris et améliorés dans des projets tels que GIREL, NAPPEX et RESPIRE menés notamment par le CREM. Cette approche présente cependant des limites importantes, tout d'abord en termes spécifique, les espèces capturées n'étant pas forcément des espèces d'intérêt halieutique et/ou patrimonial, et ensuite en termes quantitatifs les effectifs de juvéniles produits étant en général très limités.

La production en écloserie de juvéniles d'espèces d'intérêt, telles que le denti et le corb, en effectif conséquent, permet d'aborder la restauration active de population sous un autre angle. Les approches de relâché de poissons dans le cadre de *restocking*, *stock enhancement* ou *sea ranching* voir *aquaculture based enhancement*, citée dans la partie introductive de la section, nécessitent cependant certaines étapes de base pour identifier le potentiel et la faisabilité de ces interventions à augmenter la productivité de certaines populations d'espèces d'intérêt halieutique et/ou patrimoniale (Bell et al., 2006, 2008). C'est dans ce cadre, que j'ai initié des travaux de recherche portant sur la faisabilité de restauration de population sur le corb et le denti à partir de juvéniles produits en écloserie à Stella Mare (**Fig. 41** et **42**) afin d'améliorer les connaissances sur la faisabilité et les possibilités de restauration écologique pour ces espèces patrimoniales de poissons de Méditerranée classées vulnérables sur la liste rouge IUCN et qui représentent un fort intérêt halieutique et patrimonial.

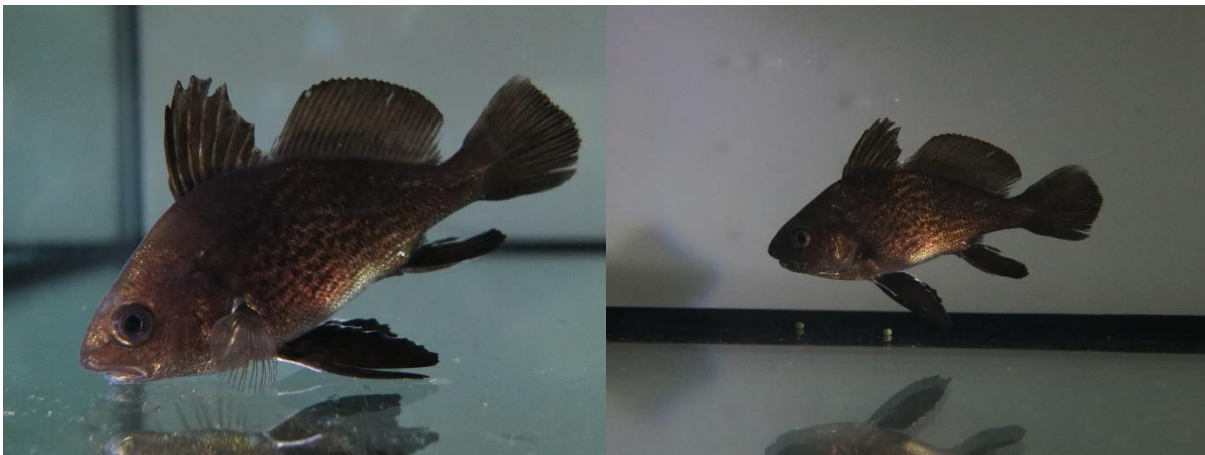


Figure 41 : juvénile de corb (*Sciaena umbra*) de l'année (juillet 2020) issu de la reproduction des géniteurs de corb de la plateforme Stella Mare.



Figure 42 : juvénile de denti (*Dentex dentex*) de l'année (juillet 2020) issu de la reproduction des géniteurs de denti de la plateforme Stella Mare.

Ces travaux font actuellement partie de la thèse de doctorat en cours de Salomé Ducos que je co-dirige :

Salomé Ducos 2019 – en cours. Restauration de population du denti *Dentex dentex* et du corb *Sciaena umbra* en Méditerranée : évaluation des performances individuelles, suivi individuel et populationnel des juvéniles. (Directeur de thèse A Aiello - **Co-directeur de thèse EDH Durieux**). Contrat doctoral de l'Université de Corse.

La démarche scientifique de la thèse se décline en 3 axes i) évaluer les performances individuelles (physiologiques et comportementales) en bassins des juvéniles produits en éclosion, ii) suivi individuel et populationnel *in situ* après relâché (comportement en termes d'utilisation de l'habitat et survie/dispersion), iii) estimer au niveau populationnel la diversité génétique des individus relâchés en lien avec la taille de la population efficace de ces espèces. Les différents axes de la thèse sont présentés ici, cependant par soucis de synthèse et étant donné que cette thèse est encore en cours avec une soutenance prévue premier semestre 2023, seuls quelques exemples de résultats représentatifs seront présentés. Ces travaux font déjà l'objet de deux articles publiés, de deux articles prêts à soumettre et d'un autre article prévu et de différentes communications à congrès et Journées Des Doctorants.

I) Evaluation des performances individuelles (physiologiques et comportementales) en bassins

Il a déjà été montré que le taux de mortalité est généralement plus important, au même stade de développement, chez les individus issus d'éclosion qui sont relâchés dans le milieu naturel que chez les individus sauvages (Brown & Laland, 2001). Cela semble grandement être due à l'effet de la prédation et aux manques de compétences comportementales nécessaires en milieu naturel et d'autant plus sur des lignées sélectionnées, ce qui est souvent le cas en aquaculture (Gro Vea Salvanes & Braithwaite, 2006). Les juvéniles de denti et de corb sont issus de géniteurs sauvages (**cf IV-6.1.**) et la diversité génétique est suivie (axe 3 de la thèse) ce qui est un préalable important. Pour autant, en partant du principe que trouver de la nourriture et échapper aux prédateurs sont les deux exigences nécessaires à la survie post-relâché de juvéniles nés en élevage, la première partie de la thèse est dédiée à l'étude des performances individuelles des juvéniles de denti et corb produits en éclosion afin d'évaluer leurs performances de nage, leurs réponses de fuite, leurs comportements d'exploration et de prédation, l'ensemble de ces traits comportementaux étant indispensables à leur survie dans le milieu naturel. Les méthodes d'élevage, notamment l'environnement (habitat) et l'alimentation, ainsi que le stade de développement individuel peuvent influencer, chez certaines espèces, leurs réponses comportementales ou leurs performances (Philippart, 1995). Il est ainsi important de trouver le bon compromis (taille et conditions d'élevage) afin d'optimiser les chances de survie au relâché, ainsi le stade de développement et la méthode d'élevage sera également pris en compte.

Sur la base de ces connaissances théoriques, des juvéniles de denti et corb de l'année, nés à Stella Mare, ont été soumis à différents tests expérimentaux en bassins sous forme de « challenges » afin de tester leurs performances individuelles et ainsi d'évaluer leurs capacités potentielles de nage en endurance, de fuite, d'exploration d'habitat et de prédation sur proies vivantes. Ces expérimentations en bassins font l'objet d'un projet d'expérimentation animale approuvé (Numéro

d'agrément d'établissement expérimentation animale : A.2B.001, dossier saisine projet autorisé : 2020012211568209) évalué par un comité d'éthique spécialisé dans les études d'expérimentations animales poissons. Cette première partie de la thèse s'inscrit dans la continuité directe d'une partie de mes travaux de thèse sur l'évaluation des performances comportementales des juvéniles de sole *Solea solea* en lien avec le parasitisme (Durieux 2007, Durieux et al. 2009).

Un premier exemple de travail issu de la thèse de Salomé Ducos concerne l'évaluation des performances de nage individuelles et fait l'objet de la publication suivante :

Ducos S, Pugliese S, Demolliens M, Beraud L, Boussard A, Delmas A, Agostini S, Garcia J, Aiello A, Durieux EDH. (2022). **Ontogeny of swimming performance of hatchery-reared post-larvae and juvenile fish: a case of two threatened Mediterranean species.** *Journal of Fish Biology*. <https://doi.org/10.1111/jfb.15144>

La performance de nage est un paramètre physiologique clé bien établi des poissons qui est fortement lié à leur forme physique dans la nature (e.g. Leis et al., 2007). Dans le cadre de repeuplement ou de restauration de population de poissons, il apparaît donc crucial d'étudier ce comportement spécifique. Ici, nous avons étudié les différences intra et interspécifiques sur les performances de nage des post-larves et des juvéniles élevés en éclosérie appartenant à deux espèces méditerranéennes candidates menacées, le denti et le corb, avec des tailles corporelles allant de 8 à 37 mm TL (de 24 à 58 jours après l'éclosion). Les capacités de nage ont été estimées par le calcul de leur vitesse de nage critique (Ucrit), de leur Ucrit relatif et de leur nombre de Reynolds (Re). Deux modèles différents ont été observés entre *D. dentex* et *S. umbra*, montrant un effet différent de l'ontogénèse sur la performance des deux espèces. L'Ucrit relatif de *S. umbra* a diminué de façon linéaire au cours de l'ontogénie, tandis que l'Ucrit relatif et l'Ucrit de *D. dentex* ont augmenté de façon linéaire dans la gamme de tailles testées. Le changement ontogénique de l'Ucrit de *S. umbra* s'est produit en deux étapes : une première étape d'amélioration nette et une deuxième étape d'une lente diminution des performances. Les deux étapes ont été séparées par un point de rupture qui a coïncidé avec l'apparition d'un comportement de refus de nager qui s'est produit peu après la fin de la métamorphose et qui peut potentiellement être associé à l'établissement d'un comportement sédentaire chez cette espèce. Les performances de nage des deux espèces ont ainsi montré des différences ontogéniques (**Fig. 43**). *Sciaena umbra* a eu la performance relative la plus élevée lorsque ses tailles corporelles étaient les plus petites, tandis que *D. dentex* a montré la performance relative la plus élevée avec ses tailles corporelles les plus grandes. Ces résultats devront être liés à des recherches futures sur ces deux espèces concernant leurs comportements d'évasion, d'exploration et de prédation, et à des fins de repeuplement pour dresser un aperçu plus réaliste des performances des juvéniles élevés en éclosérie. La connaissance du comportement et des performances de nage des deux espèces au cours de l'ontogénie est importante à prendre en compte lors de l'utilisation de juvéniles de poissons élevés en éclosérie pour le repeuplement, car la taille à la libération peut avoir un impact important sur la survie des poissons et donc sur le succès du repeuplement.

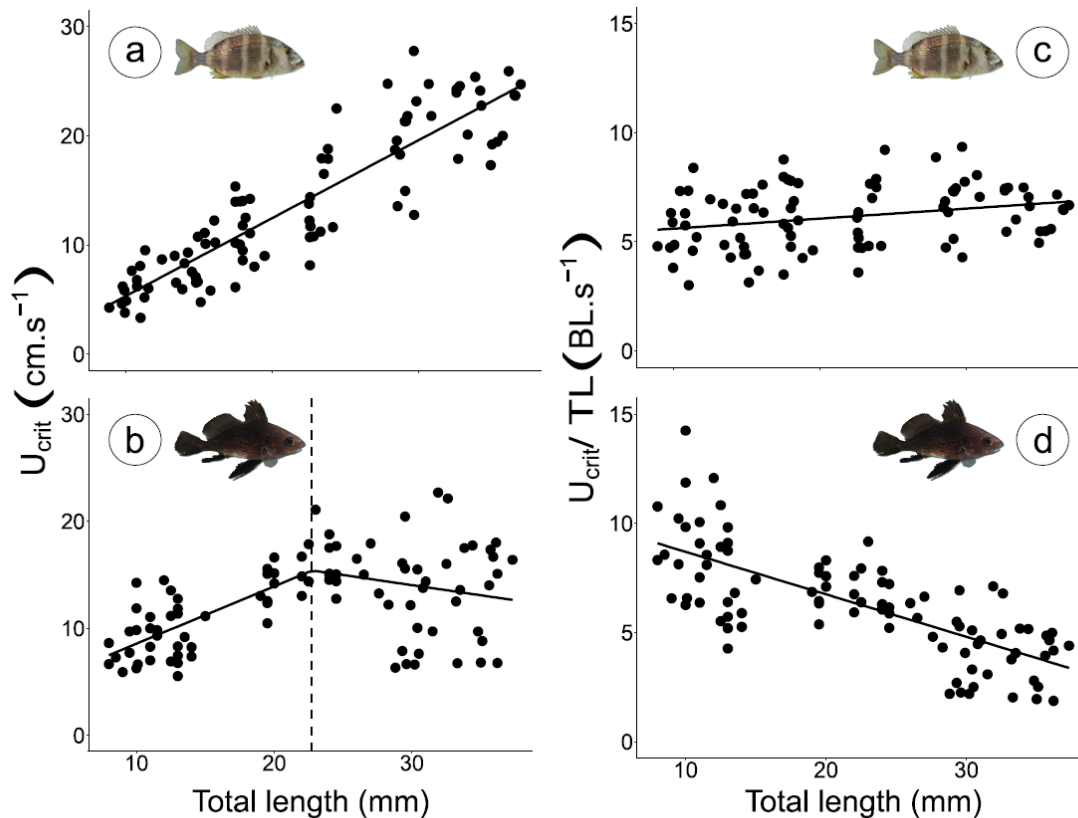


Figure 43 : Ontogénie de la vitesse de nage critique (côté gauche) ou relative critique (côté droit) pour (a)(c) *Dentex dentex* et (b) (d) *Sciaena umbra* post-larves et juvéniles. Les lignes noires représentent les lignes de régression et la ligne pointillée (en (b)) représente le point de rupture dans la relation à $TL = 22,857$ mm. Lignes de régression : (a) $y = -1,895 + 0,713 \times TL$, $R^2 = 0,80$, $P < 0,001$; (b) $y = 3,368 + 0,516 \times TL - 0,704 \times (TL - 22,857) \times (TL > 22,857)$, $R^2 = 0,31$, $P < 0,001$; (c) $y = 5,090 + 0,048 \times TL$, $R^2 = 0,07$, $P < 0,01$; (d) $y = 10,587 - 0,195 \times TL$, $R^2 = 0,53$, $P < 0,001$. (Fig. issue de Ducos et al. 2022)

Nous donnerons un autre exemple de l'évaluation des performances comportementales à travers une étude portons sur les performances d'exploration et de réponse de fuite sur les juvéniles de corb, qui fait l'objet d'un article en cours de finalisation pour soumission :

Ducos S, Bégout M-L, Lefrançois C, Cousin X, Demolliens M, Aiello A, Durieux EDH. **Escape behaviour, boldness and exploration in *Sciaena umbra* hatchery-reared juveniles: the effect of body size.** Journal ciblé *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Date de soumission prévue : aout 2022

Ce travail a déjà fait l'objet d'une communication poster, référencé :

Ducos S, Begout M-L, Garcia J, Demolliens M, Pugliese S, Mourrier J, Lefrançois C, Cousin X, Boussard A, Delmas A, Agostini S, Aiello A, Durieux EDH 2021. **Assessing individual performances and behavioural responses of hatchery-reared juveniles *Sciaena umbra* for the purpose of ecological restoration.** The Society of Experimental Biology Annual Conference. Online 29 June - 8 July 2021. (Poster)

En se focalisant sur le corb, il est apparu important d'étudier le comportement d'audace et d'exploration ainsi que la réponse de fuite. Ici nous présentons un exemple de résultats concernant le comportement d'audace qui a été étudié grâce à labyrinthe en Z, un système d'acquisition vidéo puis le traitement des vidéos grâce au logiciel Ethovision permettant le video-tracking (**Fig. 44**). À cette fin, les tests expérimentaux ont été réalisés sur des juvéniles de corb de différentes tailles (de 30 mm à 80 mm de longueur totale) et élevés en bassin avec ou sans enrichissement d'habitats.

Les résultats montrent de manière générale chez le corb la diminution de la tendance à l'audace et à l'exploration en fonction de la taille : les juvéniles plus petits sont plus audacieux et ont tendance à explorer davantage (**Fig. 45**). Ces résultats reflètent un changement ontogénique du comportement et de l'activité de nage, avec une transition entre un comportement lié à la colonisation de nouveaux habitats et un comportement sédentaire. Ce changement ontogénique de comportement a déjà été observé chez les juvéniles de nombreuses espèces de poisson d'eau douce (*e.g.* Brown et al., 2005 ; Dowling & Godin, 2002 ; Polverino et al., 2016) et également sur des poissons marins mais les études sont plus rares comme sur la sole par exemple (Durieux et al., 2009). Il est à noter qu'aucun effet de l'enrichissement d'habitat n'a été détecté sur l'audace et l'exploration.

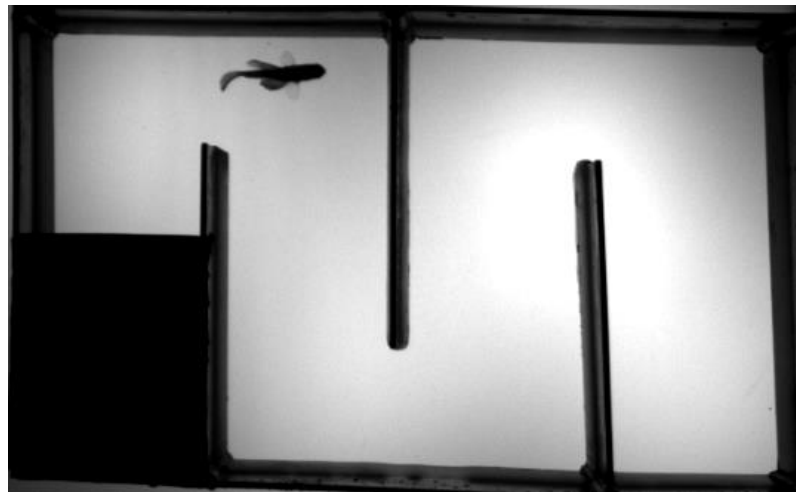


Figure 44 : photos du labyrinthe en Z utilisé pour tester le comportement d'audace de *Sciaena umbra* dans la thèse de Salomé Ducos.

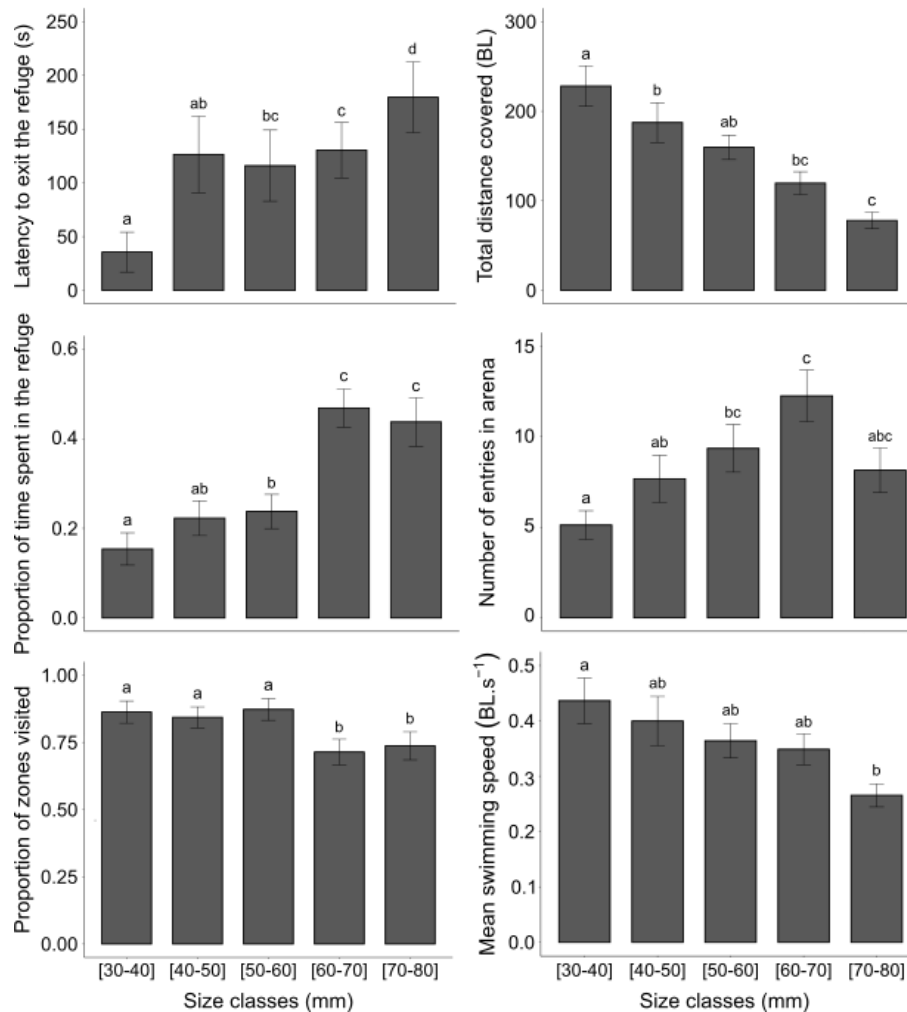


Figure 45 : Modification des comportements d'exploration et de prise de risque par l'ontogénie des individus de *Sciaena umbra* élevés en éclosion. La valeur affichée dans chaque histogramme est la valeur moyenne du trait comportemental correspondant pour la classe de taille d'intérêt (axe des abscisses). Et les barres d'erreur représentent 2 erreurs standard. Les lettres présentées au-dessus des histogrammes ont été extraites des tests de Dunn utilisés comme comparaisons post-hoc pour chaque trait entre les classes de taille étudiées après des tests ANOVA non paramétriques à 2 facteurs (seuil statistique significatif : $\alpha = 0,05$). (Fig. issue de Ducos et al. in prep)

II) Suivi individuel et populationnel *in situ* après relâché (comportement en termes d'utilisation de l'habitat et survie/dispersion)

Cet axe de la thèse sur le suivi *in situ* post-relâché est divisé en deux volets, un premier sur le suivi individuel en télémétrie acoustique afin d'étudier l'utilisation de l'habitat et les capacités de dispersion, le second sur le suivi populationnel en plongée (UVC) du relâché de juvéniles afin d'étudier la survie et la dispersion.

Nous détaillerons ici le premier volet de cet axe, où l'objectif était d'évaluer les comportements d'exploration post-relâché, la survie et la dispersion dans la nature des juvéniles de *D. dentex* et *S. umbra* élevés en éclosion.

Ce travail fait l'objet d'un article publié référencé ici :

Pour cela, 20 individus de chaque espèce, âgés d'un an et demi et pesant entre 200 et 300 grammes permettant, ont ainsi été équipés d'émetteurs V7. Ce suivi télémétrique passif a été possible grâce au réseau de récepteurs (hydrophones) déjà en place depuis 2018 dans le cantonnement de Nonza dans le cadre du programme MoPaMFish (cf IV-4.2.2.), qui a ici été densifié dans la zone de relâché. Un réseau de télémétrie en temps réel développé par l'équipe modélisation de la plateforme Stella Mare (responsable Antoine Aiello) a également été mis en place afin d'étudier les trajectoires reconstituées à fine échelle par TDOA (Time Difference Of Arrival). La plupart des individus ont été considérés comme vivants jusqu'à leur dernière détection (95 % des individus *S. umbra* et 79 % des individus *D. dentex* détectés). Des poissons ont été détectés dans le réseau de récepteurs jusqu'à 10,4 (\pm 20,7) et 9,3 (\pm 10,3) jours après avoir été relâchés pour les juvéniles de *D. dentex* et *S. umbra*, respectivement (Fig. 46). Les juvéniles de *D. dentex* se sont principalement dispersés vers le sud le long du rivage tandis que les juvéniles de *S. umbra* avaient tendance à se disperser le long du rivage à la fois vers le nord et vers le sud à partir du réseau de récepteurs acoustiques. Avant leur dispersion rapide en dehors de la zone étudiée, les juvéniles des deux espèces affichaient des surfaces explorées cumulatives croissantes et augmentaient leur niche verticale révélant leur couverture progressive et l'exploration d'habitats plus profonds dans la zone. Les résultats de notre étude ont mis en évidence que les juvéniles des deux espèces ne se sont pas installés à l'intérieur de la zone étudiée mais semblaient commencer à s'acclimater au milieu naturel.

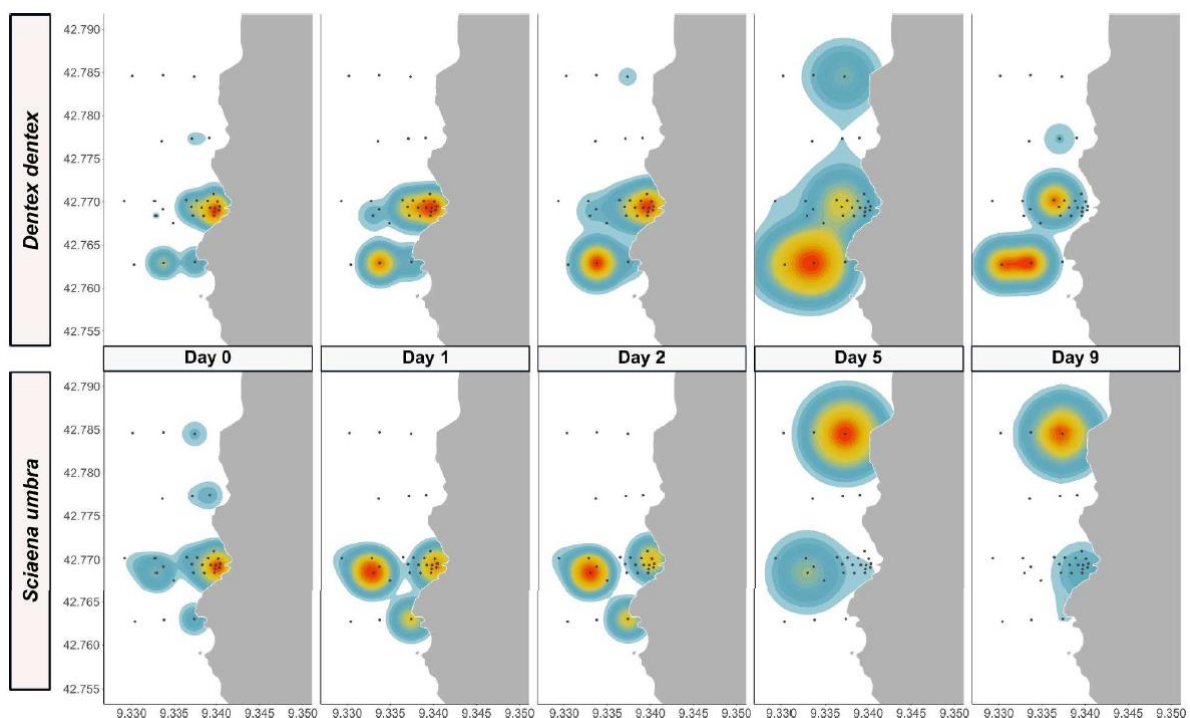


Figure 46 : Représentations spatiales des distributions d'utilisation du noyau (KUD : Kernel Utilization Distributions) par jour après la libération pour chaque espèce (ligne du bas : *Sciaena umbra* ; ligne du haut : *Dentex dentex*) à l'aide des détections des récepteurs Thelma Biotel. La couleur rouge la plus foncée représente 5 % de KUD, la couleur jaune représente 50 % de KUD et la couleur bleue la plus brillante représente 95 % de KUD. Les cercles noirs représentent la localisation de tous les récepteurs Thelma Biotel utilisés dans cette étude. (Fig. issue de Ducos et al. 2022)

Pour le second volet de l'axe, nous avons effectué des relâchés expérimentaux de juvéniles de l'année produits à Stella Mare puis suivis en plongée par UVC. Les observations *in situ* en plongée, permettent de déterminer le comportement, l'abondance et la dispersion des individus sur ces habitats au moment du relâché ainsi qu'à court (plusieurs heures, jours après relâché) et moyen termes (plusieurs semaines après relâché) suite au relâché avec un calendrier de suivi de J0, J1, J2, J5, J10, J15 et J30. Un temps d'acclimatation en nasse (système de protection anti-prédation) est également mis en œuvre (Brennan et al., 2006 ; Fairchild et al., 2008). Ces suivis visuels permettent d'étudier la faisabilité de tels relâchés en fonction des différentes variables ciblées (*e.g.* habitat, temps d'acclimatation, taille lors du relâché) et ainsi conclure sur les paramètres permettant l'amélioration du succès d'un potentiel relâché. Dans ces expérimentations, les individus relâchés ont une taille intermédiaire d'environ 5cm définies sur la base des mesures de performances individuelles effectuées en bassins expérimentaux. Afin de pouvoir effectuer un suivi visuel *in situ* en plongée, les individus sont marqués individuellement avec un implant élastomère fluorescent sous lumière noire de nuit (**Fig. 47**). Préalablement au relâché, un contrôle sanitaire est effectué (virus, bactéries, parasites internes et externes) sur le lot de poissons à relâcher. Un contrôle sanitaire des lots de juvéniles de denti et de corb destinés aux expérimentations est effectué chaque année par le cabinet Vet'eau.

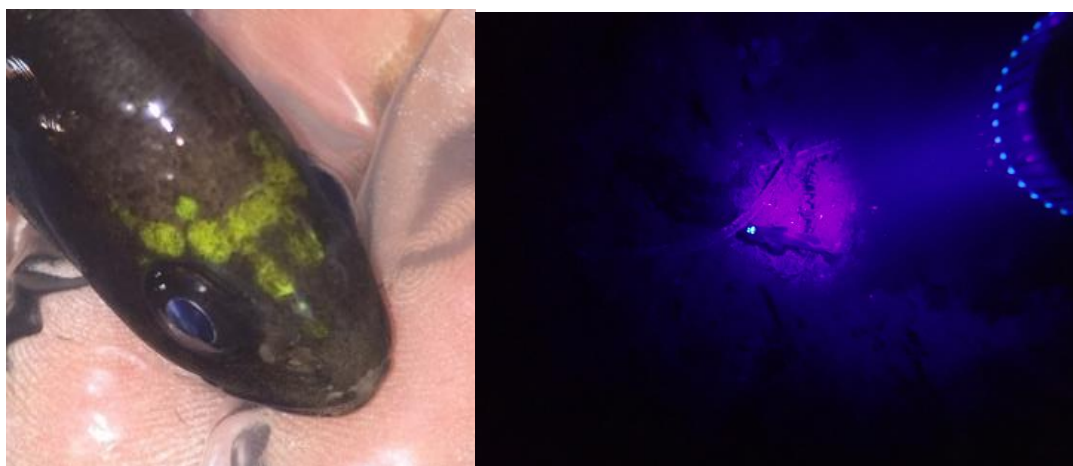


Figure 47 : juvéniles de corb produits à Stella Mare d'environ 5cm marqués à l'élastomère (injections) et éclairés en lumière normale (à gauche) et lumière noire de nuit en suivi plongée UVC (à droite)

En 2020 et 2021, des relâchés de 400 et 1000 individus par espèces ont été effectués dans le cantonnement de Nonza. Les résultats ne sont pas détaillés ici, mais ce travail a permis d'améliorer le protocole de relâché en termes de taille d'individus utilisés, de période de relâché, de conditionnement pré-relâché, de profondeur et de substrat/habitat de la zone de relâché et de temps d'acclimatation. En se basant sur ce retour d'expérience, les expérimentations se poursuivent en 2022 et se focalisent uniquement cette année sur le corb afin d'effectuer un relâché expérimental de 2000 individus au niveau de la digue Nord extérieure du port de Saint Florent, qui constitue une zone d'enrochements artificiels de port, qui est à la fois propice aux juvéniles (juvéniles sauvages déjà observés) et également plus adapté au suivi.

III) Estimation au niveau populationnel la diversité génétique des individus relâchés en lien avec la taille de la population efficace de ces espèces

Dans ce projet de thèse, est également inclus la caractérisation de la diversité génétique des populations de corb et de denti d'élevage dans le but d'une comparaison de ces résultats avec ceux représentatifs de la diversité génétique naturelle de ces deux espèces. En effet, la variabilité génétique au sein d'une espèce ou d'une population est essentielle pour permettre une adaptation à son milieu environnemental (Primack et al., 2012). Sachant que la diversité génétique et la richesse allélique sont positivement corrélées à la taille effective de la population de géniteurs utilisés pour la production d'un lot (Aho et al., 2006), ce dernier doit être issu du plus grand nombre de géniteurs possible afin d'éviter la potentielle perte de diversité génétique et donc un excès d'homozygotes. De plus, il est également connu que plus l'âge du stock de géniteurs est faible, c'est-à-dire que les individus sont en captivité depuis peu de générations, plus la richesse allélique et la diversité génétique sont importantes (Aho et al., 2006). Ainsi, dans le but de préserver le mieux possible à long terme la variation génétique, il semble indispensable que le stock initial soit constitué d'un nombre de géniteurs suffisant ou alors qu'il soit régulièrement renouvelé avec de nouveaux individus pêchés dans le milieu naturel. Les géniteurs utilisés à Stella Mare pour la production de juvéniles de denti et corb sont tous issus du milieu naturel, comme recommandé par Yokota et al. (2003) et le stock est régulièrement renouvelé, avec le relâché des individus qui ont passé le plus de temps en captivité et l'arrivée dans le stock de géniteurs de nouveaux individus. Il est aussi important de préciser que la reproduction des dentis et des corbs se fait tout à fait naturellement sans aucun procédé d'induction artificiel.

Le travail de la thèse en génétique des populations se basent sur des marqueurs microsatellites. Pour le denti ceux-ci ont déjà été développés et utilisés par notre équipe (Viret et al., 2018, **cf IV-4.1.1.** et **4.1.3.**). Pour le corb, un développement spécifique de microsatellites a été effectué en se basant les microsatellites utilisés pour l'ombrine cotière *Sciaenops ocellatus*, un autre Sciaenidae très proche phylogénétiquement (Saillant et al., 2004 ; Renshaw et al., 2006). Les analyses étant encore en cours cet axe ne sera pas détaillé ici.

Les objectifs de cet axe de la thèse visent ainsi à : i) estimer la diversité génétique des juvéniles de denti et de corb produits à Stella Mare, ii) comparer la diversité génétique entre les juvéniles produits et la population sauvage en Corse, iii) estimer les liens de parenté afin de définir la contribution des géniteurs, iv) simuler différents niveaux d'effectifs de relâchés afin de quantifier leur influence sur la diversité génétique totale de chaque population, v) faire des préconisations sur la gestion du stock de géniteurs avec la production juvéniles et également sur le suivi des individus dans la population après relâché.

7. Conclusion et perspectives

7.1. Conclusion générale

L'ensemble de mes travaux de recherche développés depuis un peu plus de 10 ans à l'UCPP au sein de la plateforme Stella Mare et de l'équipe GEM de l'UMR SPE contribuent à l'amélioration des connaissances afin de fournir des éléments qualitatifs et quantitatifs pour la gestion durable des ressources halieutiques en Méditerranée et en particulier au niveau du système insulaire que représente la Corse. Mes travaux se sont positionnés du niveau spécifique à travers des approches individuelles et populationnelles sur des espèces d'intérêt halieutique et patrimonial, en allant jusqu'au niveau écosystémique, en prenant en compte l'exploitation par la pêche professionnelle artisanale ainsi que la pêche récréative. L'ensemble de ces connaissances permettent de fournir des préconisations de gestion et de disposer d'indicateurs à différents niveaux d'intégration pour la gestion durable des pêches. Enfin mon travail porte également sur la restauration écologique active via la restauration de population comme outil supplémentaire et complémentaire à la gestion sur des espèces à statut de conservation.

Mes travaux ont ainsi permis de contribuer à l'amélioration des connaissances sur la biologie et l'écologie de plusieurs espèces d'intérêt halieutique et patrimonial de Méditerranée concernant leurs **traits d'histoire de vie** (âge, croissance et reproduction), leur **structure de population de population** à différentes échelles spatiales, l'identification de leurs **habitats essentiels**, et sur la **connectivité** à travers la **dispersion larvaire** et également **l'utilisation de l'habitat**. Pour cela, j'ai utilisé différentes méthodologies adaptées à ces suivis au niveau individuel et populationnel (sclérochronologie, histologie et biochimie, génétique, morphométrie, parasitologie, modélisation d'habitat, modélisation lagrangienne, télémétrie acoustique, recensement visuel). Mes travaux au niveau spécifique ont porté sur plusieurs espèces d'intérêt halieutique de Corse et de Méditerranée : en particulier le denti *Dentex dentex* mais également sur l'espadon *Xiphias gladius*, le corb *Sciaena umbra*, le mérrou brun *Epinephelus marginatus*, le homard européen *Homarus gammarus*, l'oursin violet *Paracentrotus lividus* et la langouste rouge *Palinurus elephas*. Au niveau spatial, ces travaux ont ainsi permis d'améliorer les connaissances au niveau d'identification et de délimitation de stock, de cartographie de zones fonctionnelles halieutiques (nurseries et frayères), d'appréhender les processus de connectivité via la dispersion larvaire et l'utilisation des habitats en termes de comportement, contribuant ainsi à fournir des indicateurs pour la gestion spatialisée de ces espèces.

Concernant l'exploitation par la pêche (professionnelle et/ou récréative), j'ai développé une approche descriptive et quantitative d'une part au niveau monospécifique afin de quantifier le prélèvement et la mortalité par pêche sur certaines espèces d'intérêt de manière ciblée (notamment sur le denti), et d'autre part au niveau multi-spécifique de caractériser et quantifier l'ensemble de la pêche artisanale en mer en Corse, ce qui n'avait pas encore été réalisé jusqu'à présent. Cela a pu être mis en œuvre à travers l'exploitation de données historiques de données dépendantes de la pêche (embarquement) et des données de suivi de la pêche récréative. Enfin j'ai développé une approche de modélisation écosystémique partitionnée en compartiments trophiques intégrant la pêche, prenant ainsi en compte l'ensemble de l'écosystème et ses interactions (biomasses et flux), qui permet grâce à un panel d'indicateurs de fournir un outil intégré d'aide à la gestion. En outre, j'ai contribué activement à la structuration d'un suivi halieutique standardisé de la pêche artisanale (par embarquement) mis en œuvre à l'échelle de la Corse depuis 2017 coordonné par l'Office de l'Environnement de la Corse où j'ai assuré la coordination scientifique, et qui est désormais pérennisé. Ce suivi halieutique Corse sert désormais de cas d'étude et d'exemple concret de la

cogestion scientifiques-gestionnaires-pêcheurs pour le suivi des ressources halieutiques en Méditerranée.

Mes travaux ont en outre permis de fournir des préconisations concrètes en termes de mesures de gestion de la pêche du denti en Corse (espèce d'intérêt halieutique sur laquelle j'ai le plus travaillé), concernant la pêche professionnelle et la pêche récréative avec la mise en place d'une taille minimale de capture, l'encadrement de la pêche pendant la période de reproduction et la limitation des captures de la pêche récréative toute l'année ; mesures qui font actuellement l'objet d'un projet d'arrêté préfectoral régional porté par la Direction de la Mer et du Littoral de Corse.

Enfin les travaux que j'ai développés sur la restauration écologique marine contribuent à quantifier les performances comportementales des juvéniles de denti et corb produits en éclosion, de mettre en œuvre des méthodes de suivi *in situ* afin de quantifier leur dispersion et leur survie et sur la mesure de la diversité génétique des individus produits en éclosion. Ce travail permet de mettre en avant la faisabilité et les pistes de travail à mettre œuvre pour des actions de restauration de population de ces espèces de poissons vulnérables.

7.2. Perspectives

Mes travaux de recherche se poursuivent actuellement sur les quatre axes développés dans la continuité des travaux réalisés et présentent un certain nombre de perspectives à moyen termes. De manière générale, mes travaux ont vocation à poursuivre l'amélioration des connaissances sur les ressources halieutiques en Corse et en Méditerranée pour fournir des outils d'aide à la gestion pertinents par une approche intégrative et adaptative. Ces recherches prendront en compte les enjeux actuels au niveau mondial et en particulier en Méditerranée sur la gestion durable des ressources halieutiques et la restauration de la biodiversité marine dans un contexte de changement climatique et des risques liés aux espèces invasives.

Axe i) traits d'histoire de vie et l'effet des facteurs environnementaux

Je poursuis ainsi mes travaux sur les traits d'histoire de vie et l'effet des facteurs environnementaux sur différentes espèces d'intérêt halieutique méditerranéennes. Nos travaux progressent notamment sur l'estimation d'âge et de croissance sur l'espéron une espèce particulièrement difficile à étudier en sclérochronologie où nous cherchons à affiner les estimations en Méditerranée occidentale grâce à l'utilisation en plus des otolithes de plusieurs autres structures calcifiées (épines anales et vertèbres), travail qui fait l'objet d'un article en cours de préparation. Nous travaillons également à l'amélioration de l'estimation de ces paramètres démographiques pour des poissons côtiers d'intérêt du littoral Corse dans la continuité du travail effectué en sclérochronologie sur le denti, nous travaillons désormais en particulier sur le chapon, le corb et l'anguille. En lien avec l'**Axe iv)** (élevage d'espèces d'intérêt et restauration écologique), nous développons désormais le marquage des otolithes par fluorochrome (*e.g.* Alizarine) pour le suivi des individus relâchés à l'échelle populationnelle à plus long termes (plusieurs années) et en vue d'effectifs plus importants. Nos travaux sur la reproduction progressent en particulier sur la langouste rouge dans le cadre du projet Aligosta, travaux qui feront prochainement l'objet de publications. L'objectif est ainsi de poursuivre ces travaux afin de mieux comprendre l'évolution des traits d'histoire de vie en relation avec les différents facteurs environnementaux qu'ils soient naturels ou bien anthropiques et le tout dans un contexte de changement climatique. A moyen termes l'objectif est de pouvoir également améliorer voire définir les paramètres de modèles de dynamique de population en particulier pour les espèces

côtières pour mettre en place des évaluations de stocks à l'échelle de la Corse (voir suite **Axe ii**). Par ailleurs, ces travaux ont vocation à intégrer des modèles existants sur des stocks largement répartis à l'échelle de la Méditerranée (*i.e.* espadon)

Axe ii) Structure de population, habitats et connectivité

Le but est de développer des outils spatialisés sur les aspects de structure de population, habitats et connectivité aidant à la gestion spatialisée des ressources halieutiques en Corse. En outre, ces outils spatialisés permettront également d'apporter des connaissances et orienter au mieux la partie restauration écologique active (**Axe iv**).

Mes travaux en écologie spatiale se poursuivent d'une part sur la **partie structure de population et les habitats**. Je prévois ainsi de poursuivre mes travaux sur la structure génétique du corb à l'échelle de son aire de répartition dans la continuité de ce que l'on a réalisé sur le denti, afin de mieux aborder sa conservation à large échelle en lien avec les études de dispersion larvaire et la restauration de population (**Axe iv**). Je prévois à terme d'améliorer la précision sur la cartographie et modélisation d'habitats d'espèces d'intérêt par l'utilisation de données de captures géo-référencées et la décliner à d'autres espèces. Ces travaux trouvent déjà des applications directes notamment dans le cadre du projet AIUTU sur la création de deux Zones de Conservation Halieutiques porté par le CRPMEM de Corse où nous sommes partenaires scientifiques (**cf IV-4.1.4.**). Ce projet de ZCH est une première en France, en effet cet outil de gestion halieutique spatialisée n'a jamais encore été déployé. Au cours des dernières décennies, des savoirs empiriques ou « connaissances écologiques locales » (LEK : *Local Ecological Knowledge*) ont émergé comme source alternative d'information sur la présence d'espèces ou indices qualitatifs et quantitatifs de l'abondance des espèces (Azzuro et al., 2011). L'objectif est ainsi de compléter les données de captures de la pêche artisanale qui servent actuellement aux cartographies et modélisation d'habitat, avec des données spatialisées de LEK. Nous avons par exemple mis en œuvre cette approche dans le cadre du projet Moonfish sur 7 espèces d'intérêt, ce qui permet de compléter les informations spatialisées mais également les tendances à long termes au-delà des séries temporelles de données halieutiques.

Sur la **partie dynamique spatio-temporelle et connectivité**, la thèse en cours de Céline Barrier porte sur la modélisation de la dispersion larvaire pour l'étude de la connectivité des zones fonctionnelles halieutiques en Corse. Ce travail vise à estimer les proportions d'auto-recrutement vs allo-recrutement, à mieux identifier et cartographier les zones remarquables (frayères et nurseries) pour différents modèles biologiques (échinodermes, crustacés et poissons) et proposer un outil de gestion spatialisée des pêcheries pour la Corse et replacé à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée occidentale (**cf IV-4.2.1.**).

Concernant l'étude de l'utilisation de l'habitat et de la dynamique spatio-temporelle, la valorisation des travaux en télémétrie acoustique denti, mérrou et corb réalisés dans le cadre projet MoPaMFish est en cours de manière à apporter de nouvelles informations sur le comportement et l'utilisation de l'habitat (rythme d'activité, territoire vital et migrations) de ces espèces suivis pendant plus de 2 ans. Depuis, fin 2021 je coordonne le projet Corsic'Ange en partenariat avec le CRPMEM de Corse afin d'améliorer les connaissances sur la dernière population d'ange de mer *Squatina squatina* de France et une des dernières de Méditerranée. L'ange de mer commun est un requin benthique classé par l'IUCN en danger critique d'extinction. Ce projet vise à mieux le connaître pour améliorer sa conservation à travers des questionnaires, du tagging spaghetti des individus relâchés par les professionnels et enfin une étude sur le comportement grâce à la mise en place d'un réseau de

télémetrie acoustique sur la côte orientale et le marquage prévus de 40 individus. En outre dans le cadre du projet ITEM et d'un partenariat avec l'OEC, nous allons mettre en place un suivi en télémetrie acoustique sur le crabe bleu afin de mieux comprendre ses mouvements mer – lagunes.

Après avoir contribué à mettre en place les suivis oursins en plongée par recensement visuel (UVCs) dans le cadre du programme Oursin de Stella Mare, je développe désormais des suivis populationnels sur les espèces patrimoniales denti, mérrou et corb (**cf IV-4.1.5.**). Ces suivis trouvent des applications directes en termes de gestion notamment pour l'évaluation et le suivi des moratoires mérrou et corbs en Corse mais également en estimation d'abondance pour des aspects évaluation de stock (voir perspectives **Axe iii**) et pour les suivis de relachés (**Axe iv**). Je souhaite également développer les méthodologies par vidéos qui peuvent se révéler très complémentaires des suivis UVCs. Nous testons actuellement l'utilisation des BRUVs pour les estimations d'abondance du denti. En outre, pour les suivis en présence/absence je compte développer les suivis par ADNe (ADN environnemental), qui est une technique qui montre de plus en plus d'intérêt pour les suivis poissons en milieu marin côtier et eaux de transition (Thomsen et al., 2012 ; Hansen et al., 2018 ; Boulanger et al., 2021 ; Polanco Fernandez et al., 2021 ; Marques et al., 2021). Nous sommes par exemple en train de monter un projet avec l'OEC d'inventaire des poissons des lagunes de Corse par ADNe.

Axe iii) Exploitation et approche écosystémique

Mes travaux se poursuivent en premier lieu sur la caractérisation et la quantification de l'exploitation des ressources halieutiques en Corse à partir des données de pêche historiques. Dans le cadre des valorisations du projet Moonfish, et en complément des traitements et indicateurs calculés dans le projet DACOR, nous sommes en train de finaliser un travail sur des indicateurs synthétiques sur l'état des ressources halieutiques en Corse (*e.g.* le niveau trophique moyen, les tailles moyennes de captures, les CPUEs d'espèces d'intérêt, les proportions d'espèces à statut de conservation) et leur évolution à partir de la série temporelle de plus de 10ans. Ces indicateurs fournissent des moyens pratiques et rentables pour l'évaluation de l'état et du développement des systèmes de pêche. Ce sont des outils essentiels pour l'élaboration des politiques, en synthétisant la complexité de l'environnement en une quantité compréhensible d'informations significatives (Rochet & Trenkel, 2003 ; Nicholson & Jennings, 2004).

Par ailleurs, un travail spécifique à partir des données de captures est mené actuellement pour améliorer la connaissance sur les Chondrichthyens (requins et raies), qui sont particulièrement vulnérables à la pêche de par leurs traits d'histoire de vie (*i.e.* faible fécondité et maturité sexuelle tardive). La Corse, préservée de la pêche industrielle, est un véritable hotspot de diversité pour ces espèces à l'échelle de la Méditerranée. Elles sont capturées essentiellement en prises accessoires non retenues et représentent une diversité observée de plus de 30 espèces répertoriées, dont un grand nombre d'espèce rares et à statut de conservation selon l'IUCN. Pour améliorer leur conservation ces travaux visent à caractériser la diversité des espèces, leur répartition, leur taille et leur saisonnalité.

En complément de l'approche écosystémique qui a tout son intérêt, j'ai développé depuis 2021 une approche quantitative en évaluation de stock au niveau monospécifique centrée sur le denti à travers le projet DENTALE, car cette approche se révèle nécessaire pour gérer précisément une espèce. Ce projet s'inscrit dans le cadre du plan d'action Medfish pour l'amélioration de la pêche de denti en Corse, que je coordonne au niveau local en lien avec le CRPMEM de Corse (**cf II-8.**). Le projet a pour but de réaliser une évaluation de stock *ad hoc* sur le denti à l'échelle de la Corse pour une pêche artisanale durable de cette espèce et prenant en compte l'interaction avec la pêche récréative. L'objectif général du projet est d'adopter une vision holistique du système décrivant au mieux la

réalité biologique du stock de denti avec les différents métiers/activités ayant un prélèvement significatif sur le stock et d'utiliser des outils d'estimation de stock appropriés pour tenir compte de l'incertitude associée à des données limitées (*data poor stocks*). Ici nous utilisons la combinaison de plusieurs modèles d'estimation adaptés aux données limitées, avec les approches CMSY (*Catch-Maximum Sustainable Yields method* ; Froese et al., 2017), à partir des estimations de débarquements, LBB (*Length-based Bayesian Biomass estimation method* ; Froese et al., 2018) à partir de l'évolution des fréquences de taille et enfin AMSY (*Abundance Maximum Sustainable Yields* ; Froese et al., 2020) à partir des données de CPUE. *In fine*, le but est d'offrir aux décideurs des outils de gestion efficaces qui assurent la préservation des stocks sans compromettre l'économie de la pêche, proposant des éléments quantitatifs et des stratégies de pêche associées. La transférabilité serait opérationnelle en termes de méthodes et d'outils développés à d'autres espèces d'intérêt halieutique de la pêche artisanale en Corse (en particulier le chapon, la mostelle et la langouste) mais a aussi à d'autres zones de Méditerranée. Ce projet a toute vocation à pouvoir être transféré à tout autre système de pêche artisanale aux petits métiers en Méditerranée, avec possibilité d'inclure l'interaction avec la pêche récréative.

Mes travaux à l'échelle écosystémique se poursuivent afin de prendre en compte l'ensemble du réseau trophique en interaction avec la pêche et fournir des outils d'aide à la décision pour la gestion durable des ressources halieutiques en Corse et plus largement en Méditerranée. Ce travail initié dans le cadre du projet MoonFish suit son cours avec l'objectif de disposer d'un super-modèle Ecopath à l'échelle insulaire Corse représentant l'intégralité et découpé en 4 sous-modèles à emprises spatiales contigües : la côte Est (déjà réalisé), la RNBB (en cours), l'Ouest et le PNMCCA. L'ensemble de ce travail de modélisation écosystémique permettra grâce à la prise en compte de l'ensemble du réseau trophique, de fournir des indicateurs intégrés au niveau écosystémique, de tester différents scénarios en lien avec la pêche, la gestion, le changement climatique et les espèces invasives. Enfin, à terme je souhaite intégrer la composante économique et sociale dans la modélisation écosystémique afin d'apporter des outils d'aide à la décision encore plus intégrés et fournir des alternatives de gestion durable et viables économiquement. La finalité est d'intégrer ce travail réalisé à une échelle locale au niveau de la Corse, dans un contexte plus large à l'échelle de la Méditerranée grâce à des collaborations internationales et d'axer également sur la comparaison de modèles insulaires.

Enfin, l'objectif est d'intégrer la restauration écologique active (restauration de population sur des espèces d'intérêts (**Axe iv**) dans ces modèles de dynamique de population ainsi produits du niveau monospécifique au niveau écosystémique afin de disposer d'outils quantitatifs pour réaliser les évaluations préalables, anticiper l'évolution du stock et ainsi ajuster au mieux les actions de restauration.

De manière opérationnelle, le suivi de la pêche artisanale par embarquement en Corse se poursuit en lien avec l'Office de l'Environnement de la Corse (coordinateur), l'Université de Corse via la plateforme Stella Mare et la STARESO. Je coordonne les suivis halieutiques sur la prud'homie de Bastia Cap Corse. Dans la continuité de notre rôle de coordination scientifique dans le cadre du projet DACOR, nous travaillons actuellement à une convention spécifique entre l'Université de Corse et l'OEC afin de mettre en place ce qui pourrait correspondre à un « observatoire halieutique de Corse ». Le but sera de centraliser le traitement des données halieutiques à l'échelle de la Corse, de développer et calculer différents indicateurs qui pourront être diffusés à travers un reporting annuel d'appui à la gestion des ressources halieutiques en Corse et déclinable à l'échelle des différentes AMPs de l'île. Ce reporting annualisé d'indicateurs permettrait une réelle gestion adaptative des ressources halieutiques en Corse tout en facilitant la coordination et la cogestion entre scientifiques,

gestionnaires et pêcheurs. Cet observatoire halieutique de la Corse où l'Université de Corse jouerait un rôle central serait particulièrement structurant au niveau territorial et permettrait un meilleur rayonnement et interaction au niveau national, européen mais également à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée, notamment via la CGPM.

Axe iv) Elevage d'espèces d'intérêt et restauration écologique

L'objectif est de poursuivre les travaux sur **l'élevage des espèces d'intérêt** poissons denté et corb, à travers l'amélioration de la gestion des géniteurs, des rendements larvaires et de l'élevage des juvéniles pour des finalités de diversification de l'aquaculture marine en Méditerranée et de restauration de population. Dans la continuité du programme homard que j'ai porté à Stella Mare je m'implique aussi sur des espèces de grands Crustacés telles que la langouste rouge et l'araignée de mer sur lesquelles la plateforme Stella Mare a obtenu d'excellents résultats depuis 2021. D'autre part, l'objectif est également de poursuivre l'approche expérimentale **en restauration écologique** active initiée dans la thèse de Salomé Ducos (soutenance prévue 1^{er} semestre 2023). Le but est d'améliorer les connaissances au niveau comportemental, diversité génétique, et suivis individuels et populationnels en milieu naturel. Le but sera d'évaluer les interactions environnementales et trophiques (nourriture, compétition et prédation) en prenant en compte la qualité et la fonctionnalité des habitats disponibles pour les juvéniles relâchés. Au niveau populationnel, le but est de quantifier l'intégration dans la population sauvage des individus relâchés et leur contribution au renouvellement de la population. Comme dit précédemment les outils quantitatifs de modélisation au niveau mono-spécifique et écosystémique se révéleront essentiels pour réaliser les évaluations préalables, anticiper les évolutions de stock et ainsi ajuster au mieux les actions restauration. Les différents axes i) sur les traits d'histoire de vies, ii) la structure de population, les habitats et la connectivité et iii) l'exploitation et l'approche écosystémique seront ainsi mis à contribution sur cet axe iv) de restauration écologique. La finalité est de disposer d'un outil de gestion et de conservation des populations d'espèces d'intérêt efficace et approprié qui bénéficie de la participation et de l'adhésion des utilisateurs (Bell et al., 2006, 2008 ; Taylor et al., 2017).

Bibliographie

- ICCAT. (2006). Report of the 2006 ICCAT swordfish stock structure workshop. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, SCRSI2006/010 Working Document, Mactid, Spain.
- Abaunza, P., Murta, A.G., Campbell, N., Cimmaruta, R., Comesaña, A.S., Dahle, G., Gallo, E., García Santamaría, M.T., Gordo, L.S., Iversen, S.A., MacKenzie, K., Magoulas, A., Mattiucci, S., Molloy, J., Nascetti, G., Pinto, A.L., Quinta, R., Ramos, P., Ruggi, A., Sanjuan, A., Santos, A.T., Stransky, C., Zimmermann, C., 2008. Considerations on sampling strategies for an holistic approach to stock identification: the example of the HOMSIR project. *Fish. Res.* 89, 104–113.
- Abid, N., Idrissi, M.H., 2009. Analysis of the size data of swordfish (*XIPHIAS GLADIUS*) caught by the Moroccan driftnet fishery operating in the Mediterranean Sea Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 64 (6), 2093-2104.
- Aho, T., Rönn, J., Piironen, J., & Björklund, M. (2006). Impacts of effective population size on genetic diversity in hatchery reared Brown trout (*Salmo trutta* L.) populations. *Aquaculture*, 253(1-4), 244-248.
- Allen, A. M., & Singh, N. J. (2016). Linking movement ecology with wildlife management and conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 155.
- Allen, A. M., & Singh, N. J. (2016). Linking movement ecology with wildlife management and conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 155.
- Alós, J., & Cabanellas-Reboredo, M. (2012). Experimental acoustic telemetry experiment reveals strong site fidelity during the sexual resting period of wild brown meagre, *Sciaena umbra*. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(4), 606-611.
- Alós, J., Campos-Candela, A., & Arlinghaus, R. (2019). A modelling approach to evaluate the impact of fish spatial behavioural types on fisheries stock assessment. *ICES Journal of Marine Science*, 76(2), 489-500.
- André, C., and Knutsen, H. (2010). Development of twelve novel microsatellite loci in the European lobster (*Homarus gammarus*). *Conserv. Genet. Resour.* 2, 233–236.
- André, L. V., Van Wynsberge, S., Chinain, M., and Andréfouët, S. 2021. An appraisal of systematic conservation planning for Pacific Ocean Tropical Islands coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 165: 112131.
- Andrew, N. L., Béné, C., Hall, S. J., Allison, E. H., Heck, S., & Ratner, B. D. (2007). Diagnosis and management of small-scale fisheries in developing countries. *Fish and Fisheries*, 8(3), 227-240.
- Araki, H., & Schmid, C. (2010). Is hatchery stocking a help or harm?: Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture*, 308, S2-S11.
- Arlinghaus, R., Abbott, J. K., Fenichel, E. P., Carpenter, S. R., Hunt, L. M., Alós, J., ... & Wilberg, M. J. (2019). Opinion: Governing the recreational dimension of global fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(12), 5209-5213.
- Arnold, G., & Dewar, H. (2001). Electronic tags in marine fisheries research: a 30-year perspective. In *Electronic tagging and tracking in marine fisheries* (pp. 7-64). Springer, Dordrecht.
- Arocha, F. 2002. Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. *Journal of Fish Biology* 60, 13-27.
- Arocha, F., 1997. The reproductive dynamics of swordfish *Xiphias gladius* L. and management implications in the Northwestern Atlantic. A dissertation submitted to University of Miami for degree of Doctor of Philosophy, Coral Gables, Florida, 115 pp.
- Arocha, F., Lee D.W., 1996. Maturity at size, reproductive seasonality, spawning frequency, fecundity and sex ratio in the swordfish from the Northwest Atlantic. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap.* 45, 350–357.

- Aspillaga, E., Bartumeus, F., Starr, R. M., López-Sanz, À., Linares, C., Díaz, D., ... & Hereu, B. (2017). Thermal stratification drives movement of a coastal apex predator. *Scientific Reports*, 7(1), 1-10.
- Aspillaga, E., Safi, K., Hereu, B., & Bartumeus, F. (2019). Modelling the three-dimensional space use of aquatic animals combining topography and Eulerian telemetry data. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(9), 1551-1557.
- Astruch P, & Lenfant P. (2006). Recensement des mérours bruns dans la réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls, rapport final de mission GEM / Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls, 18.
- Audouin, J. (1979). Aspects techniques des ecloséries de homards: Production des post-larves et des juveniles. In *Journées d'étude Aquaculture extensive et repeuplement-Brest*, 29-31 mai 1979.
- Azzurro, E., Moschella, P., & Maynou, F. (2011). Tracking signals of change in Mediterranean fish diversity based on local ecological knowledge. *PloS one*, 6(9), e24885.
- Baker, M. R., and Hollowed, A. B. 2014. Delineating ecological regions in marine systems: Integrating physical structure and community composition to inform spatial management in the eastern Bering Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 109: 215–240.
- Bănaru, D., Mellon-Duval, C., Roos, D., Bigot, J. L., Souplet, A., Jadaud, A., ... & Fromentin, J. M. (2013). Trophic structure in the Gulf of Lions marine ecosystem (north-western Mediterranean Sea) and fishing impacts. *Journal of Marine Systems*, 111, 45-68.
- Bargelloni, L., Alarcon, J. A., Alvarez, M. C., Penzo, E., Magoulas, A., Palma, J., & Patarnello, T. (2005). The Atlantic–Mediterranean transition: discordant genetic patterns in two seabream species, *Diplodus puntazzo* (Cetti) and *Diplodus sargus* (L.). *Molecular phylogenetics and evolution*, 36(3), 523-535.
- Bargelloni, L., Alarcon, J. A., Alvarez, M. C., Penzo, E., Magoulas, A., Reis, C., & Patarnello, T. (2003). Discord in the family Sparidae (Teleostei): divergent phylogeographical patterns across the Atlantic–Mediterranean divide. *Journal of evolutionary biology*, 16(6), 1149-1158.
- Battaglia, P., Andaloro, F., Consoli, P., Pedà, C., Raicevich, S., Spagnolo, M., & Romeo, T. (2017). Baseline data to characterize and manage the small-scale fishery (SSF) of an oncoming Marine Protected Area (Cape Milazzo, Italy) in the western Mediterranean Sea. *Ocean & Coastal Management*, 148, 231-244.
- Baudouin, M., Marengo, M., Pere, A., Culioli, J. M., Santoni, M. C., Marchand, B., & Durieux, E. D. H. (2016). Comparison of otolith and scale readings for age and growth estimation of common dentex *Dentex dentex*. *Journal of Fish Biology*, 88(2), 760-766.
- Beamish, R. J. & McFarlane, G. A. (1983). The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* 112, 735–743.
- Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., Halpern, B., Hays, C. G., Hoshino, K., Minello, T. J., Orth, R. J., Sheridan, P. F., & Weinstein, M. P. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: a better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *Bioscience*, 51(8), 633-641.
- Begg, G.A., Waldman, J.R., 1999. An holistic approach to fish stock identification. *Fish. Res.* 43, 35–44.
- Beheregaray, L. B., & Sunnucks, P. (2001). Fine-scale genetic structure, estuarine colonization and incipient speciation in the marine silverside fish *Odontesthes argentinensis*. *Molecular Ecology*, 10(12), 2849-2866.
- Bell, J. D., Bartley, D. M., Lorenzen, K., & Loneragan, N. R. (2006). Restocking and stock enhancement of coastal fisheries: potential, problems and progress. *Fisheries Research*, 80(1), 1-8.
- Bell, J. D., Leber, K. M., Blankenship, H. L., Loneragan, N. R., & Masuda, R. (2008). A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Reviews in fisheries science*, 16(1-3), 1-9.

- Bell, J., Doherty, P., & Hair, C. (1999). The capture and culture of postlarval coral reef fish: potential for new artisanal fisheries. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* n°6, 31-34.
- Betancur-R, R., Wiley, E. O., Arratia, G., Acero, A., Bailly, N., Miya, M., Lecointre, G. Orti, G. (2017). Phylogenetic classification of bony fishes. *BMC evolutionary biology*, 17(1), 1-40.
- Bizsel, C., Kara, M.H., Pollard, D., Yokes, B., Goren, M. & Francour, P. 2011. *Dentex dentex*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T170245A6731474. Accessed on 15 July 2022.
- Blaber, S. J. M., & Blaber, T. G. (1980). Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of fish biology*, 17(2), 143-162.
- Blaxter, J. S. (1986). Development of sense organs and behaviour of teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance. *Transactions of the American Fisheries Society* (1900), 115(1), 98-114.
- Block, B. A., Jonsen, I. D., Jorgensen, S. J., Winship, A. J., Shaffer, S. A., Bograd, S. J., ... & Ganong, J. E. (2011). Tracking apex marine predator movements in a dynamic ocean. *Nature*, 475(7354), 86.
- Block, B. A., Teo, S. L., Walli, A., Boustany, A., Stokesbury, M. J., Farwell, C. J., ... & Williams, T. D. (2005). Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*, 434(7037), 1121-1127.
- Boissery, 2014. Restauration du milieu marin méditerranéen, état des travaux en cours et perspectives. Rapport Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 59 pages
- Boje, J., Riget, F., & Kjøie, M. (1997). Helminth parasites as biological tags in population studies of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum)), in the north-west Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 54(5), 886-895.
- Borsa, P., Blanquer, A., & Berrebi, P. (1997). Genetic structure of the flounders *Platichthys flesus* and *P. stellatus* at different geographic scales. *Marine Biology*, 129(2), 233-246.
- Boulanger, E., Loiseau, N., Valentini, A., Arnal, V., Boissery, P., Dejean, T., Deter, J., Guellati, N., Holon, F., Juhel, J-B., Lenfant, P., Manel, S., & Mouillot, D. (2021). Environmental DNA metabarcoding reveals and unpacks a biodiversity conservation paradox in Mediterranean marine reserves. *Proceedings of the Royal Society B*, 288(1949), 20210112.
- Bousquet, C., Bouet, M., Patrissi, M., Cesari, F., Lanfranchi, J. B., Susini, S., ... & Durieux, E. D. (2022). Assessment of catch composition, production and fishing effort of small-scale fisheries: The case study of Corsica Island (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 218, 105998.
- Bradai, M. N., Saidi, B., & Enajjar, S. (2012). Elasmobranchs of the Mediterranean and Black Sea: status, ecology and biology bibliographic analysis. *Studies and Reviews-General Fisheries Commission for the Mediterranean*, (91).
- Brazo, A., Marques, R., Zimmermann, M., Aspillaga, E., Hereu, B., Saragoni, G., ... & Lenfant, P. (2021). Seasonal influence on the bathymetric distribution of an endangered fish within a marine protected area. *Scientific Reports*, 11(1), 1-16.
- Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine learning*, 45: 5–32.
- Brennan, N. P., Darcy, M. C., & Leber, K. M. (2006). Predator-free enclosures improve post-release survival of stocked common snook. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 335(2), 302-311.
- Brodie, S., Abrahms, B., Bograd, S. J., Carroll, G., Hazen, E. L., Muhling, B. A., Pozo Buil, M., et al. 2021. Exploring timescales of predictability in species distributions. *Ecography*, 44: 832–844.
- Brouwer, S. L. & Griffiths, M. H. (2004). Age and growth of *Argyrozona argyrozona* (Pisces: Sparidae) in a marine protected area: an evaluation of methods based on whole otoliths, sectioned otoliths and mark-recapture. *Fisheries Research* 67, 1–12.
- Brown, C., & Laland, K. (2001). Social learning and life skills training for hatchery reared fish. *Journal of Fish Biology*, 59(3), 471-493.

- Brown, C., Jones, F., & Braithwaite, V. (2005). In situ examination of boldness–shyness traits in the tropical poeciliid, *Brachyrhaphis episcopi*. *Animal Behaviour*, 70(5), 1003-1009.
- Brownscombe, J. W., Hyder, K., Potts, W., Wilson, K. L., Pope, K. L., Danylchuk, A. J., ... & Post, J. R. (2019). The future of recreational fisheries: Advances in science, monitoring, management, and practice. *Fisheries research*, 211: 247-255.
- Cadrin, S. X. (2000). Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish biology and Fisheries*, 10(1), 91-112.
- Cadrin, S. X., Maunder, M. N., & Punt, A. E. (2020). Spatial Structure: theory, estimation and application in stock assessment models. *Fisheries Research*, 229, 105608.
- Cadrin, S.X., Kerr, L.A., Mariani, S., 2013. Stock identification methods: an overview. In: Cadrin, S.X., Friedland, K.D., Waldman, J.R. (Eds.), *Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Calò, A., Félix-Hackradt, F. C., Garcia, J., Hackradt, C. W., Rocklin, D., Treviño Otón, J., & Charton, J. A. G. (2013). A review of methods to assess connectivity and dispersal between fish populations in the Mediterranean Sea. *Advances in Oceanography and Limnology*, 4(2), 150-175.
- Calò, A., Félix-Hackradt, F. C., Garcia, J., Hackradt, C. W., Rocklin, D., Treviño Otón, J., & Charton, J. A. G. (2013). A review of methods to assess connectivity and dispersal between fish populations in the Mediterranean Sea. *Advances in Oceanography and Limnology*, 4(2), 150-175.
- Camilo, D. C., Lombardo, L., Mai, P. M., Jie, D., and Huser, R. 2017. Handling high predictor dimensionality in slope-unit-based landslide susceptibility models through LASSO-penalized Generalized Linear Model. *Environmental Modelling & Software*, 97: 145–156. Elsevier Ltd.
- Campana, S. E., & Casselman, J. M. (1993). Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(5), 1062-1083.
- Cañás, L., Stransky, C., Schlickeisen, J., Sampedro, M. P., & Farina, A. C. (2012). Use of the otolith shape analysis in stock identification of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 69(2), 250-256.
- Cardinale, M., & Modin, J. (1999). Changes in size-at-maturity of Baltic cod (*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions. *Fisheries research*, 41(3), 285-295.
- Cardinale, M., Osio, G. C., & Scarcella, G. (2017). Mediterranean Sea: a failure of the European fisheries management system. *Frontiers in Marine Science*, 4, 72.
- Carlander, J. M. (1987). A history of scale age and growth studies of North American fresh water fish. In *Age and Growth of Fish* (Summerfelt, R. C. & Hall, G. E., eds), pp. 3–14. Ames, IA: The Iowa State University Press.
- Carpenter, K.E. & Russell, B. 2014. *Dentex dentex*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T170245A1300534. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T170245A1300534.en>. Accessed on 15 July 20
- Carreras, C., Ordóñez, V., Zane, L., Kruschel, C., Nasto, I., Macpherson, E., & Pascual, M. (2017). Population genomics of an endemic Mediterranean fish: differentiation by fine scale dispersal and adaptation. *Scientific Reports*, 7(1), 1-12.
- Carrillo, M., Bromage, N., Zanuy, S., Serrano, R., & Prat, F. (1989). The effect of modifications in photoperiod on spawning time, ovarian development and egg quality in the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 81(3-4), 351-365.
- Cavallaro, G., A. Potoschi, A., & A. Cefali, A., 1991. Fertility gonadsomatic index and catches of eggs and larvae of *Xiphias gladius* L. 1758 in the southern Tyrrhenian Sea. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collective Volume of Scientific Papers* 35, 502–507.

- Cavallaro, G., A. Potoschi, A., & A. Cefali, A., 1991. Fertility gonadsomatic index and catches of eggs and larvae of *Xiphias gladius* L. 1758 in the southern Tyrrhenian Sea. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collective Volume of Scientific Papers 35, 502–507.
- Cavallaro, G., A. Potoschi, A., & A. Cefali, A., 1991. Fertility gonadsomatic index and catches of eggs and larvae of *Xiphias gladius* L. 1758 in the southern Tyrrhenian Sea. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collective Volume of Scientific Papers 35, 502–507.
- Chapkin, R.S., Kim, W., Lupton, J.R., McMurray, D.N., 2009. Dietary docosahexaenoic and eicosapentaenoic acid: Emerging mediators of inflammation. *Prostaglandins, Leukot. Essent. Fat. Acids* 81, 187–191.
- Charbonnel E. 2007. Compte rendu campagne d’inventaire des populations de mérours et de corbs dans les îles Marseillaises. 6p
- Cheminée, A., Rider, M., Lenfant, P., Zawadzki, A., Mercière, A., Crec'Hriou, R., ... & Pastor, J. (2017). Shallow rocky nursery habitat for fish: spatial variability of juvenile fishes among this poorly protected essential habitat. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 245-254.
- Chemmam-Abdelkader, B., Kraïem, M. M. & El Abed, A. (2004). Etude de l'âge et de la croissance de deux espèces de Dentés (*Dentex dentex* et de *Dentex maroccanus*) des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô* 31, 43–51.
- Chopelet, J., Waples, R. S., & Mariani, S. (2009). Sex change and the genetic structure of marine fish populations. *Fish and Fisheries*, 10(3), 329-343.
- Christensen, V., & Pauly, D. (1992). ECOPATH II—a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological modelling*, 61(3-4), 169-185.
- Christensen, V., & Walters, C. J. (2004). Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological modelling*, 172(2-4), 109-139.
- Ciannelli, L., Bailey, K., & Olsen, E. M. (2015). Evolutionary and ecological constraints of fish spawning habitats. *ICES Journal of Marine Science*, 72(2), 285-296.
- Clavero, M., Franch, N., Bernardo-Madrid, R., López, V., Abelló, P., Queral, J. M., & Mancinelli, G. (2022). Severe, rapid and widespread impacts of an Atlantic blue crab invasion. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113479.
- Coll, M., & Libralato, S. (2012). Contributions of food web modelling to the ecosystem approach to marine resource management in the Mediterranean Sea. *Fish and fisheries*, 13(1), 60-88.
- Coll, M., Akoglu, E. K. İ. N., Arreguin-Sanchez, F., Fulton, E. A., Gascuel, D., Heymans, J. J., ... & Christensen, V. (2015). Modelling dynamic ecosystems: venturing beyond boundaries with the Ecopath approach. *Reviews in fish biology and fisheries*, 25(2), 413-424.
- Coll, M., Palomera, I., Tudela, S., & Sardà, F. (2006). Trophic flows, ecosystem structure and fishing impacts in the South Catalan Sea, Northwestern Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 59(1-2), 63-96.
- Coll, M., Piroddi, C., Albouy, C., Ben Rais Lasram, F., Cheung, W. W., Christensen, V., Karpouzi, V. S., Guilhaumon, F., Mouillot, D., Paleczny, M., Palomares, M. L. Steenbeek, J., Trujillo, P., Watson, R., & Pauly, D. (2012). The Mediterranean Sea under siege: spatial overlap between marine biodiversity, cumulative threats and marine reserves. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4), 465-480.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., ... & Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PloS one*, 5(8), e11842.
- Coll, M., Santojanni, A., Palomera, I., Tudela, S., & Arneri, E. (2007). An ecological model of the Northern and Central Adriatic Sea: analysis of ecosystem structure and fishing impacts. *Journal of Marine Systems*, 67(1-2), 119-154.

- Colloca, F., Cardinale, M., Maynou, F., Giannoulaki, M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido, J. M., & Fiorentino, F. (2013). Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and fisheries*, 14(1), 89-109.
- Colloca, F., Scarcella, G., & Libralato, S. (2017). Recent trends and impacts of fisheries exploitation on Mediterranean stocks and ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 4, 244.
- Colonello, J. H., Cortés, F., & Massa, A. M. (2014). Species richness and reproductive modes of chondrichthyans in relation to temperature and fishing effort in the Southwestern Atlantic Shelf (34–54 S). *Fisheries research*, 160, 8-17.
- Conover, D. O., Clarke, L. M., Munch, S. B., & Wagner, G. N. (2006). Spatial and temporal scales of adaptive divergence in marine fishes and the implications for conservation. *Journal of fish biology*, 69, 21-47.
- Cooke, S. J., Hinch, S. G., Wikelski, M., Andrews, R. D., Kuchel, L. J., Wolcott, T. G., & Butler, P. J. (2004). Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in ecology & evolution*, 19(6), 334-343.
- Cooke, S.J. (2008) Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: relevance to regional, national and IUCN Red List threat assessments. *Endanger. 37. Species Res.* 4, 165–185
- Corrales, X., Coll, M., Ofir, E., Heymans, J. J., Steenbeek, J., Goren, M., ... & Gal, G. (2018). Future scenarios of marine resources and ecosystem conditions in the Eastern Mediterranean under the impacts of fishing, alien species and sea warming. *Scientific reports*, 8(1), 1-16.
- Corriero, A., Acone, F., Desantis, S., Zubani, D., Deflorio, M., Bridges, C.R., Labate, M., Palmieri, G., McAllister, B.G., Kime, D.E., De Metrio, G., 2004. Histological and immunohistochemical investigation on ovarian development and plasma estradiol levels in the swordfish (*Xiphias gladius* L.). *European Journal of Histochemistry* 48, 413-422.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260.
- Cottalorda J-M, Dominici J-M, Harmelin J-G, Harmelin- Vivien M, Louisy P, & Francour P (2012). Etude et synthèse des principales données disponibles sur les espèces de « mérus » de la Réserve naturelle de Scandola et de ses environs immédiats. *Contrat Parc Naturel Régional de Corse / GIS Posidonie. Univ. Nice Sophia Antipolis, ECOMERS publ.* : 1-48.
- Cowen, R. K., & Sponaugle, S. (2009). Larval dispersal and marine population connectivity. *Annual review of marine science*, 1(1), 443-466.
- Cowen, R. K., Paris, C. B., & Srinivasan, A. (2006). Scaling of connectivity in marine populations. *Science*, 311(5760), 522-527.
- Crec'hriou R, Garsi L-H, Lèbre L, Lozano L, Pastor J, Lecaillon G, Durieux E, Simon G, Ternengo S, Braconni J, Briot L, Verdoit-Jarraya M, Saragoni G, Pristchepea S, Bastien R, Agostini S, Lenfant P, (2015) Atlas des post-larves de poissons de Méditerranée occidentale. Editeurs: Crec'hriou R. & Lenfant P., Programme Life + " SUBLIMO ", 192p
- Crossin, G. T., Heupel, M. R., Holbrook, C. M., Hussey, N. E., Lowerre-Barbieri, S. K., Nguyen, V. M., ... & Cooke, S. J. (2017). Acoustic telemetry and fisheries management. *Ecological Applications*, 27(4), 1031-1049.
- Cury, P. M., Shin, Y. J., Planque, B., Durant, J. M., Fromentin, J. M., Kramer-Schadt, S., Stenseth, N. C., Travers, M., & Grimm, V. (2008). Ecosystem oceanography for global change in fisheries. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(6), 338-346.
- Dahlgren, C. P., Kellison, G. T., Adams, A. J., Gillanders, B. M., Kendall, M. S., Layman, C. A., Ley, J. A., Nagelkerken, I., & Serafy, J. E. (2006). Marine nurseries and effective juvenile habitats: concepts and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 312, 291-295.

- Damiano, S., Papetti, P., Menesatti, P., 2011. Accumulation of heavy metals to assess the health status of swordfish in a comparative analysis of Mediterranean and Atlantic areas. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1920–1925.
- De la Serna, J.M., Ortiz de Urbina, J.M., Macias, D., 1996. Observations on sex ratio, maturity and fecundity by length class for swordfish (*Xiphias gladius*) captured with surface longline in the Western Mediterranean. *ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap.*, 45 (1), 115–139.
- De Metrio, G., Megalofonou, P., 1987. Catch, size distribution, growth and sex ratio of swordfish, *Xiphias gladius* (L., 1758) in the Gulf of Taranto. *FAO Fish. Rep.* 394, 91–102.
- Delage, N., Le Pape, O., 2016. Inventaire des zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française. Première partie : définitions, critères d'importance et méthode pour déterminer des zones d'importance à protéger en priorité. Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST. 30p.
- Demir, N., 1970. Contribution to the knowledge of the swordfish *Xiphias gladius* L. eggs. *CIESM, Journees d'Etudes Planctonologiques*, 155-157.
- Demirel, N., Zengin, M., & Ulman, A. (2020). First large-scale eastern Mediterranean and Black Sea stock assessment reveals a dramatic decline. *Frontiers in Marine Science*, 7, 103.
- Dimarchopoulou, D., Tsagarakis, K., Sylaios, G., & Tsikliras, A. C. (2022). Ecosystem trophic structure and fishing effort simulations of a major fishing ground in the northeastern Mediterranean Sea (Thermaikos Gulf). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 264, 107667.
- Doherty, P., & Fowler, T. (1994). An empirical test of recruitment limitation in a coral reef fish. *Science*, 263(5149), 935-939.
- Donaldson, M. R., Hinch, S. G., Suski, C. D., Fisk, A. T., Heupel, M. R., & Cooke, S. J. (2014). Making connections in aquatic ecosystems with acoustic telemetry monitoring. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(10), 565-573.
- Dou, J., Yunus, A. P., Tien Bui, D., Merghadi, A., Sahana, M., Zhu, Z., Chen, C.-W., et al. 2019. Assessment of advanced random forest and decision tree algorithms for modeling rainfall-induced landslide susceptibility in the Izu-Oshima Volcanic Island, Japan. *Science of The Total Environment*, 662: 332–346.
- Dowling, L. M., & Godin, J. G. J. (2002). Refuge use in a killifish: influence of body size and nutritional state. *Canadian Journal of Zoology*, 80(4), 782-788.
- Ducharme-Barth, N. D., and Ahrens, R. N. M. 2017. Classification and analysis of VMS data in vertical line fisheries: incorporating uncertainty into spatial distributions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74: 1749–1764. NRC Research Press.
- Ducos, S., Garcia, J., Mourier, J., Aiello, A., & Durieux, E. D. (2022). Let them go free: Spatial behaviour following the experimental release of hatchery-reared juveniles *Sciaena umbra* and *Dentex dentex*. *Marine Environmental Research*, 105712.
- Ducos, S., Pugliese, S., Demolliens, M., Beraud, L., Boussard, A., Delmas, A., ... & Durieux, E. D. (2022). Ontogeny of swimming performance of hatchery-reared post-larvae and juvenile fish: a case of two threatened Mediterranean species. *Journal of Fish Biology*.
- Durieux, É. (2007). *Ecologie du système hôte-parasite, juvéniles G0 de sole (Solea solea)-métacercaires de Digènes: dynamique et effets de l'infestation* (Doctoral dissertation, Université de la Rochelle).
- Durieux, E. D., Bégout, M. L., Pinet, P., & Sasal, P. (2010). Digenean metacercariae parasites as natural tags of habitat use by 0-group common sole *Solea solea* in nearshore coastal areas: A case study in the embayed system of the Pertuis Charentais (Bay of Biscay, France). *Journal of Sea Research*, 64(1-2), 107-117.
- Durieux, E. D., Le Duigou, M., Millot, S., Sasal, P., & Bégout, M. L. (2010). Sedentary behaviour establishment in 0-group common sole *Solea solea*: a laboratory video-tracking study. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(6), 1257-1262.

- Durieux, E. D., Meekan, M. G., Ponton, D., & Vigliola, L. (2009). Temperature, selective mortality and early growth in the short-lived clupeid *Spratelloides gracilis*. *Journal of Fish Biology*, 74(4), 921-938.
- Dwyer, K. (2003). Age determination, validation and growth of Grand Bank yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *ICES Journal of Marine Science* 60, 1123–1138.
- Ehrhardt, N.M., 1992. Age and growth of swordfish, *Xiphias gladius*, in the northwestern Atlantic. *Bull. Mar. Sci.* 50, 292–301.
- Ellis, C. D., Hodgson, D. J., André, C., Sjørdalen, T. K., Knutsen, H., and Griffiths, A. G. F. (2015). Genotype reconstruction of paternity in European lobsters (*Homarus gammarus*). *PLoS One* 10:e0139585.
- Ellis, J. R., Barker, J., McCully Phillips, S. R., Meyers, E. K., & Heupel, M. (2021). Angel sharks (Squatinae): A review of biological knowledge and exploitation. *Journal of Fish Biology*, 98(3), 592-621.
- Ellis, N., Smith, S. J., and Pitcher, C. R. 2012. Gradient forests: calculating importance gradients on physical predictors. *Ecology*, 93: 156–168.
- European Commission. 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, L164, 19-40.
- European Commission. 2013. Regulation (EU) No 1380/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy, amending Council Regulations (EC) No 1954/2003 and (EC) No 1224/2009 and repealing Council Regulations (EC) No 2371/2002 and (EC) No 639/2004 and Council Decision 2004/585/EC. *Official Journal of the European Union*, L 354, 22-61.
- European Commission. 2014. Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning. *Official Journal of the European Union*, L 257, 135-145.
- Faillietaz, R. (2015). Estimation des capacités comportementales des larves de poissons et leurs implications pour la phase larvaire: un cas d'étude d'espèces démersales de Méditerranée Nord-Occidentale (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).
- Faillietaz, R., Durand, E., Paris, C. B., Koubbi, P., & Irisson, J. O. (2018). Swimming speeds of Mediterranean settlement-stage fish larvae nuance Hjort's aberrant drift hypothesis. *Limnology and Oceanography*, 63(2), 509-523.
- Faillietaz, R., Paris, C. B., & Irisson, J. O. (2018). Larval fish swimming behavior alters dispersal patterns from marine protected areas in the North-Western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 5, 97.
- Faillietaz, R., Paris, C. B., & Irisson, J. O. (2018). Larval fish swimming behavior alters dispersal patterns from marine protected areas in the North-Western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 5, 97.
- Fairchild, E. A., Fleck, J., & Huntting Howell, W. (2005). Determining an optimal release site for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum) in the Great Bay Estuary, NH, USA. *Aquaculture Research*, 36(14), 1374-1383.
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.
- FAO-CGPM. 2020. The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome.
- Farrugio, H., P. Oliver, F. Biagi. An overview of the history, knowledge, recent and future research trends in Mediterranean fisheries. *Scientia Marina*, 57(2-3): 105-119.
- Ferrà, C., Tasseti, A. N., Grati, F., Pellini, G., Polidori, P., Scarcella, G., & Fabi, G. (2018). Mapping change in bottom trawling activity in the Mediterranean Sea through AIS data. *Marine Policy*, 94, 275-281.
- Font, T., & Lloret, J. (2014). Biological and ecological impacts derived from recreational fishing in Mediterranean coastal areas. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22(1), 73-85.

- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (06/2021)
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506-526.
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A. C., Dimarchopoulou, D., ... & Pauly, D. (2018). A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 75(6), 2004-2015.
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A. C., Dimarchopoulou, D., ... & Pauly, D. (2020). Estimating stock status from relative abundance and resilience. *ICES Journal of Marine Science*, 77(2), 527-538.
- Gaines, S. D., White, C., Carr, M. H., & Palumbi, S. R. (2010). Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18286-18293.
- Garcia J., Durieux E.D.H., (2019). Rapport préliminaire 2018-2019 : Projet MoPaMFish Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes. Projet co-financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. 92p.
- Garcia, J., Pelletier, D., Carpentier, L., Roman, W., and Bockel, T. 2018. Scale-dependency of the environmental influence on fish b-diversity: Implications for ecoregionalization and conservation. *Journal of Biogeography*.
- Garcia, S. M., Allison, E. H., Bene, C., Bianchi, G., De Graaf, G., Kalikoski, D., ... & Orensanz, L. (2008). Towards integrated assessment and advice in small-scale fisheries: principles and processes. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (FAO)*.
- García-Rodríguez, M., Fernández, Á. M., & Esteban, A. (2006). Characterisation, analysis and catch rates of the small-scale fisheries of the Alicante Gulf (SE Spain) over a 10 years time series. *Fisheries Research*, 77(2), 226-238.
- Gascuel, D. (2005). The trophic-level based model: a theoretical approach of fishing effects on marine ecosystems. *Ecological Modelling*, 189(3-4), 315-332.
- Gascuel, D., & Pauly, D. (2009). EcoTroph: modelling marine ecosystem functioning and impact of fishing. *Ecological Modelling*, 220(21), 2885-2898.
- Gascuel, D., Morissette, L., Palomares, M. L. D., & Christensen, V. (2008). Trophic flow kinetics in marine ecosystems: toward a theoretical approach to ecosystem functioning. *ecological modelling*, 217(1-2), 33-47.
- Gerard, A., Thouard, E., Zambonino-Infante, J. L., Gaignon, J. L., Antoine, L., Harache, Y., ... & Perez, J. (2008). Repeuplement et soutien aux ressources halieutiques-Etat des connaissances et recommandations. Ifremer. Rapport de la direction de la prospective et de la stratégie scientifique.
- Gérigny, O., Coudray, S., 2013. Campagne océanographique STELLAMARE1-août 2012. Analyse des données de courantologie. Première approche pour une compréhension de l'hydrodynamisme méso-échelle dans les Bouches de Bonifacio. RST.ODE/LERPAC.
- Gibson, R. N. (1994). Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 32(2), 191-206.
- Giménez, G., & Estévez, A. (2008). Effects of two culturing techniques on the growth, survival and larval quality of *Dentex dentex* Linnaeus, 1758. *Aquaculture Research*, 39(4), 354-361.
- Giovas, I., Keramidas, I., Antoniou, C., Deidun, A., Font, T., Kleitou, P., ... & Moutopoulos, D. K. (2018). Identifying recreational fisheries in the Mediterranean Sea through social media. *Fisheries Management and Ecology*, 25(4), 287-295.

- Goethel, D. R., Quinn, T. J., & Cadrin, S. X. (2011). Incorporating spatial structure in stock assessment: movement modeling in marine fish population dynamics. *Reviews in Fisheries Science*, 19(2), 119-136.
- Gordoa, A., Dedeu, A. L., & Boada, J. (2019). Recreational fishing in Spain: First national estimates of fisher population size, fishing activity and fisher social profile. *Fisheries Research*, 211, 1-12.
- Gordon, C.A., Hood, A.R., Barker, J., Dulvy, N.K., Jiménez, D., Lawson, J.M., Meyers, E.K.M., 2017. Stratégie de conservation des anges de mer dans l'Atlantique Est et en Méditerranée. The Shark Trust, UK. 7p.
- Grau, A., Saborido-Rey, F., Pastor, E., Palmer, M., Massutí-Pascual, E., Quetglas, A., Riera, I., & Morales-Nin, B. (2016). Reproductive strategy of common dentex *Dentex dentex*: management implications. *Mediterranean Marine Science*, 17(2), 552-566.
- Gro Vea Salvanes, A., & Braithwaite, V. (2006). The need to understand the behaviour of fish reared for mariculture or restocking. *ICES Journal of Marine Science*, 63(2), 345-354.
- Guidetti, P., Harmelin-Vivien, M., Raybaud, V. & Piasecki, W. (2020). In memoriam Professor Patrice Francour (April 13, 1960-October 13, 2019). *Acta Ichthyologica et piscatoria* 50(2) : 237-245.
- Guyader, O., Berthou, P., Koutsikopoulos, C., Alban, F., Demaneche, S., Gaspar, M. B., ... & Curtil, O. (2013). Small scale fisheries in Europe: A comparative analysis based on a selection of case studies. *Fisheries Research*, 140, 1-13.
- Hamzaçebi, S., & Can, E. (2021). First Results on Spawning and Larval Rearing of the Brown Meagre (*Sciaena umbra*). *Acta Nat. Sci*, 2(1), 22-28.
- Hansen, B. K., Bekkevold, D., Clausen, L. W., & Nielsen, E. E. (2018). The sceptical optimist: challenges and perspectives for the application of environmental DNA in marine fisheries. *Fish and Fisheries*, 19(5), 751-768.
- Harmelin-Vivien M., Guidetti P., Raybaud V. (2020). In memoriam Professor Patrice Francour (April 13, 1960-October 13, 2019). *Cybiurn* 44 (1): 3-4.
- Hastings, A., & Botsford, L. W. (2006). Persistence of spatial populations depends on returning home. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(15), 6067-6072.
- Hauser, L., & Carvalho, G. R. (2008) Paradigm shifts in marine fisheries genetics: ugly hypotheses slain by beautiful facts. *Fish and Fisheries*; 9(4): 333-62.
- Hayes, D. B., Ferreri, C. P., & Taylor, W. W. (1996). Linking fish habitat to their population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(S1), 383-390.
- Hays, G. C., Ferreira, L. C., Sequeira, A. M., Meekan, M. G., Duarte, C. M., Bailey, H., Bailleul, F., Bowen, W. D., Caley, M. J., Costa, D. P., Eguíluz, V. M., Fossette, S., Friedlaender, A. S., Gales, N., Gleiss, A. C., Gunn, J., Harcourt, R., Hazen, E. L., Heithaus, M. R., Heupel, M., Holland, K., Horning, M., Jonsen, I., Kooyman, G. L., Lowe, C. G., Madsen, P. T., Marsh, H., Phillips, R. A., Righton, D., Ropert-Coudert, Y., Sato, K., Shaffer, S. A., Simpfendorfer, C. A., Sims, D. W., Skomal, G., Takahashi, A., Trathan, P. N., Wikelski, M., Womble, J. N., & Thums, M. (2016). Key questions in marine megafauna movement ecology. *Trends in ecology & evolution*, 31(6), 463-475.
- Hazin, F.H.V., Hazin, H.G., Boeckmann, C.E., Travassos, P., 2002. Preliminary study on the reproductive biology of swordfish, *Xiphias gladius* (Linnaeus 1758), in the southwestern equatorial Atlantic ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 54 (5), 1560-1569.
- Heath, M. R. (1992). Field investigations of the early life stages of marine fish. In *Advances in marine biology* (Vol. 28, pp. 1-174). Academic Press.
- Heino, M., & Godø, O. R. (2002). Fisheries-induced selection pressures in the context of sustainable fisheries. *Bulletin of marine science*, 70(2), 639-656.
- Heino, M., Dieckmann, U., & Godø, O. R. (2002). Reaction norm analysis of fisheries-induced adaptive change and the case of the Northeast Arctic cod. *ICES*.

- Hermida, M., Cruz, C., & Saraiva, A. (2013). Parasites as biological tags for stock identification of blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo*, in Portuguese northeast Atlantic waters. *Scientia Marina*, 77(4), 607-615.
- Hernandez-Garcia, V., 1995. The diet of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, in the central east Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. *Fish. Bull.* 93, 403-411.
- Heupel, M. R., & Webber, D. M. (2012). Trends in acoustic tracking: where are the fish going and how will we follow them?. In American Fisheries Society Symposium.
- Higgins, R.M., Danilowicz, B.S., Balbuena, J.A., Daniélsdóttir, A.K., Geffen, A.J., Meijer, W.G., Modin, J., Montero, F.E., Pampoulie, C., Perdiguero-Alonso, D., 2010. Multidisciplinary fingerprints reveal the harvest location of cod *Gadus morhua* in the northeast Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 404, 197–206.
- Hunter, J. R., Macewicz, B. J., 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. NOAA technical report NMFS, 36, 79-94.
- Hussey, N. E., Kessel, S. T., Aarestrup, K., Cooke, S. J., Cowley, P. D., Fisk, A. T., ... & Whoriskey, F. G. (2015). Aquatic animal telemetry: a panoramic window into the underwater world. *Science*, 348(6240), 1255642.
- ICCAT. (2008). Report of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS). Madrid.
- ICCAT. (2011). Report for the for biennial period 2010-11 PART II (2011)- Vol. 2 SCRS. Madrid.
- Ihssen, P. E., Booke, H. E., Casselman, J. M., McGlade, J. M., Payne, N. R., & Utter, F. M. (1981). Stock identification: materials and methods. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 38(12), 1838-1855.
- INPN-MNHN (2019) FR9402014 – Grand herbier de la côte orientale. <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR9402014> (accessed 27 Aug 2021)
- Jacquet, J., & Pauly, D. (2008). Funding priorities: big barriers to small-scale fisheries. *Conservation biology*, 22(4), 832-835.
- Jenkins, T. L., Ellis, C. D., & Stevens, J. R. (2019). SNP discovery in European lobster (*Homarus gammarus*) using RAD sequencing. *Conservation Genetics Resources*, 11, 253–257.
- Jenkins, T. L., Ellis, C. D., Durieux, E. D., Filippi, J. J., Bracconi, J., & Stevens, J. R. (2020). Historical translocations and stocking alter the genetic structure of a Mediterranean lobster fishery. *Ecology and evolution*, 10(12), 5631-5636.
- Jenkins, T. L., Ellis, C. D., Triantafyllidis, A., & Stevens, J. R. (2019). Single nucleotide polymorphisms reveal a genetic cline across the northeast Atlantic and enable powerful population assignment in the European lobster. *Evolutionary Applications*, 12, 1881–1899.
- Jennings, S., Kaiser, M., & Reynolds, J. D. (2009). *Marine fisheries ecology*. John Wiley & Sons.
- Jørgensen, C., Enberg, K., Dunlop, E. S., Arlinghaus, R., Boukal, D. S., Brander, K., Ernande, B., Gardmark, A., Johnston, F., Matsumura, S., Pardoe, H., Raab, K., Silva, A., Vainikka, A., Dieckmann, U., Heino, M., & Rijnsdorp, A. D. (2007). Ecology: managing evolving fish stocks. *Science*, 318(5854), 1247-1248.
- Keramidas, I., Dimarchopoulou, D., Pardalou, A., & Tsikliras, A. C. (2018). Estimating recreational fishing fleet using satellite data in the Aegean and Ionian Seas (Mediterranean Sea). *Fisheries research*, 208, 1-6.
- Kinlan, B. P., & Gaines, S. D. (2003). Propagule dispersal in marine and terrestrial environments: a community perspective. *Ecology*, 84(8), 2007-2020.
- Kitada, S. (2020). Lessons from Japan marine stock enhancement and sea ranching programmes over 100 years. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1944-1969.
- Koeck, B., Gérigny, O., Durieux, E. D. H., Coudray, S., Garsi, L. H., Bisgambiglia, P. A., ... & Agostini, S. (2015). Connectivity patterns of coastal fishes following different dispersal scenarios across a transboundary marine protected area (Bonifacio strait, NW Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 154, 234-247.

- Koeck, B., Pastor, J., Saragoni, G., Dalias, N., Payrot, J., & Lenfant, P. (2014). Diel and seasonal movement pattern of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* inside a marine reserve. *Marine environmental research*, 94, 38-47.
- Kotoulas, G., Magoulas, A., Tsimenides, N., Zouros, E., 1995. Marked mitochondrial DNA differences between Mediterranean and Atlantic populations of the swordfish, *Xiphias gladius*. *Molecular Ecology*, 4 (4), 473-482.
- Kotoulas, G., Mejuto, J., Tserpes, G., Garcia-Cortes, B., Peristeraki, P., De la Serna, J.M., Magoulas, A., 2003. DNA microsatellite markers in service of swordfish stock structure analysis in the Atlantic and Mediterranean. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collective Volume of Scientific Papers 55*, 1632–1639.
- Koumoundouros, G., Carrillo, J., Divanach, P., & Kentouri, M. (2004). The rearing of common dentex *Dentex dentex* (L.) during the hatchery and on-growing phases. *Aquaculture*, 240(1-4), 165-173.
- Koven, W., Nixon, O., Allon, G., Gaon, A., El Sadin, S., Falcon, J., Besseau, L., Escande, M., Vassallo Agius, R., Gordin, H., Tandler, A., 2018. The effect of dietary DHA and taurine on rotifer capture success, growth, survival and vision in the larvae of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Aquaculture* 482, 137–145.
- Kume, S., Joseph, J., 1969. Size composition and sexual maturity of Gill-fish caught by Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 130 degrees W. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. N°2*.
- Laikre, L., Palm, S., & Ryman, N. (2005). Genetic population structure of fishes: implications for coastal zone management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(2), 111-119.
- Lasram, F. B. R., Guilhaumon, F., & Mouillot, D. (2009). Fish diversity patterns in the Mediterranean Sea: deviations from a mid-domain model. *Marine Ecology Progress Series*, 376, 253-267.
- Lawson, J. M., Pollom, R. A., Gordon, C. A., Barker, J., Meyers, E. K., Zidowitz, H., ... & Dulvy, N. K. (2020). Extinction risk and conservation of critically endangered angel sharks in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 77(1), 12-29.
- Le Manach F., Dura D., Pere A., Riutor J.-J., Lejeune P., Santoni MC. Culioli J.-M. & Pauly D. (2011). « Preliminary estimates of total fisheries catch in Corsica, France » (1050-2008). p. 3-14 In: S. Harper and D. Zeller (eds.) *Fisheries catch reconstruction: Islands, Part II. Fisheries Centre Research Reports 19(4)*.
- Le Pape, O., Baulier, L., Cloarec, A., Martin, J., Le Loc'h, F., and Désaunay, Y. 2007. Habitat suitability for juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France): A quantitative description using indicators based on epibenthic fauna. *Journal of Sea Research*, 57: 126–136.
- Le Pape, O., Bonhommeau, S., 2015. The food limitation hypothesis for juvenile marine fish. *Fish Fish.* 16, 373–398.
- Le Pape, O., Chauvet, F., Mahévas, S., Lazure, P., Guérault, D., & Désaunay, Y. (2003). Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. *Journal of Sea Research*, 50(2-3), 139-149.
- Lecointre G., Gallut C., Chanet B., Dettai A. 2010. Du riffi chez les poissons. *Pour la science*, (390), 56-63.
- Leis, J. M. (2002). Pacific coral-reef fishes: the implications of behaviour and ecology of larvae for biodiversity and conservation, and a reassessment of the open population paradigm. *Environmental Biology of Fishes*, 65(2), 199-208.
- Leis, J. M. (2006). Are larvae of demersal fishes plankton or nekton?. *Advances in marine biology*, 51, 57-141.
- Leis, J. M., & Lockett, M. M. (2005). Localization of reef sounds by settlement-stage larvae of coral-reef fishes (Pomacentridae). *Bulletin of Marine Science*, 76(3), 715-724.
- Leis, J. M., & Lockett, M. M. (2005). Localization of reef sounds by settlement-stage larvae of coral-reef fishes (Pomacentridae). *Bulletin of Marine Science*, 76(3), 715-724.

- Leis, J. M., & Miller, J. M. (1976). Offshore distributional patterns of Hawaiian fish larvae. *Marine Biology*, 36(4), 359-367.
- Leis, J. M., Hay, A. C., Lockett, M. M., Chen, J. P., & Fang, L. S. (2007). Ontogeny of swimming speed in larvae of pelagic-spawning, tropical, marine fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 349, 255-267.
- Lembo, G., Spedicato, M. T., Økland, F., Carbonara, P., Fleming, I. A., McKinley, R. S., ... & Ragonese, S. (2002). A wireless communication system for determining site fidelity of juvenile dusky groupers *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) using coded acoustic transmitters. In *Aquatic Telemetry* (pp. 249-257). Springer, Dordrecht.
- Lett, C., Verley, P., Mullon, C., Parada, C., Brochier, T., Penven, P., & Blanke, B. (2008). A Lagrangian tool for modelling ichthyoplankton dynamics. *Environmental Modelling & Software*, 23(9), 1210-1214.
- Lleonart, J. (2015). Mediterranean Fisheries. Stocks, Assessments and Exploitation Status. IEMed Mediterranean Yearbook 2015.
- Lloret, J., Biton-Porsmoguer, S., Carreño, A., Di Franco, A., Sahyoun, R., Melià, P., ... & Calò, A. (2019). Recreational and small-scale fisheries may pose a threat to vulnerable species in coastal and offshore waters of the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*.
- Loir, M., Le Gac, F., Somarakis, S., & Pavlidis, M. (2001). Sexuality and gonadal cycle of the common dentex (*Dentex dentex*) in intensive culture. *Aquaculture*, 194(3-4), 363-381.
- Lombarte, A., & Lleonart, J. (1993). Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental biology of fishes*, 37(3), 297-306.
- Lorenzen, K., Agnalt, A. L., Blankenship, H. L., Hines, A. H., Leber, K. M., Loneragan, N. R., & Taylor, M. D. (2013). Evolving context and maturing science: aquaculture-based enhancement and restoration enter the marine fisheries management toolbox. *Reviews in Fisheries Science*, 21(3-4), 213-221.
- Luan, J., Zhang, C., Xu, B., Xue, Y., and Ren, Y. 2020. The predictive performances of random forest models with limited sample size and different species traits. *Fisheries Research*, 227: 105534.
- Lubzens, E., Bobe, J., Young, G., Sullivan, C. V., 2017. Maternal investment in fish oocytes and eggs: The molecular cargo and its contributions to fertility and early development. *Aquaculture* 472, 107–143.
- Lucas, M. C., & Baras, E. (2000). Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. *Fish and fisheries*, 1(4), 283-316.
- Mace, P. M., & Sissenwine, M. P. (1993). How much spawning per recruit is enough?. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 101-118.
- Macías, D., Fenech-Farrugia, A., De la Serna, J.M., Gómez-Vives, M.J., Lema, L., 2005a. First result about swordfish (*XIPHIAS GLADIUS*) fecundity in the Central and Western Mediterranean, an updated approach. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 58(4), 1543-1553.
- Macías, D., Hattour, A., De la Serna, J.M., Gómez-Vives, M.J., & Godoy, D., 2005b. Reproductive characteristics of swordfish (*Xiphias gladius*) caught in the southwestern Mediterranean during 2003. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58 (2), 454-469.
- Mackenzie, K., 2002. Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitology* 124, 153–163.
- MacKenzie, K., Abaunza, P., (2005). Parasites as biological tags. In: Cadrin, S.X., Friedland, K.D., Waldman, J.R. (Eds.), *Stock Identification Methods: Applications of Fisheries Science*. Elsevier, New York, pp. 211–226.
- MacKenzie, K., Brickle, P., Hemmingsen, W., & George-Nascimento, M. (2013). Parasites of hoki, *Macrurus magellanicus*, in the Southwest Atlantic and Southeast Pacific Oceans, with an assessment of their potential value as biological tags. *Fisheries Research*, 145, 1-5.
- Macpherson, E., & Raventós, N. (2005). Settlement patterns and post-settlement survival in two Mediterranean littoral fishes: influences of early-life traits and environmental variables. *Marine Biology*, 148(1), 167-177.

- Magoulas, A., Kotoulas, G., Tsimenides, N., Zouros, E., De la Serna, J.M., De Metro, G., 1993. Genetic structure of swordfish (*Xiphias gladius*) populations of the Mediterranean and the eastern side of the Atlantic: analysis by mitochondrial DNA markers. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 40 (1), pp. 126–136 (SCRS/92/084).
- Malak, D. A. (2011). Overview of the conservation status of the marine fishes of the Mediterranean Sea. IUCN.
- Marengo, M., Baudouin, M., Viret, A., Laporte, M., Berrebi, P., Vignon, M., ... & Durieux, E. D. H. (2017). Combining microsatellite, otolith shape and parasites community analyses as a holistic approach to assess population structure of *Dentex dentex*. *Journal of Sea Research*, 128, 1-14.
- Marengo, M., Culioli, J. M., Santoni, M. C., Marchand, B., & Durieux, E. D. H. (2015). Comparative analysis of artisanal and recreational fisheries for *Dentex dentex* in a Marine Protected Area. *Fisheries Management and Ecology*, 22(3), 249-260.
- Marengo, M., Durieux E. D. H., Marchand B., and Francour P. 2014. A review of biology, fisheries and population structure of *Dentex dentex* (Sparidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 24:1065-1088.
- Marengo, M., Pere, A., Marchand, B., Lejeune, P., & Durieux, E. D. (2016). Catch variation and demographic structure of common dentex (Sparidae) exploited by Mediterranean artisanal fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 92(2), 191-206.
- Marengo, Michel. Exploitation, biologie et structure de la population du denti, *Dentex dentex*, en Corse (Méditerranée Nord Occidentale). 2015. Thèse de doctorat. Université Pascal Paoli. 149p
- Mariani, S., Hutchinson, W. F., Hatfield, E. M., Ruzzante, D. E., Simmonds, E. J., Dahlgren, T. G., ... & Carvalho, G. R. (2005). North Sea herring population structure revealed by microsatellite analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 303, 245-257.
- Marques, J.F., Teixeira, C.M., Cabral, H.N., 2006. Differentiation of commercially important flatfish populations along the Portuguese coast: evidence from morphology and parasitology. *Fish. Res.* 81, 293–305.
- Marques, V., Castagné, P., Polanco, A., Borrero-Pérez, G. H., Hocdé, R., Guérin, P. É., Juhel, J-B., Velez, L., Loiseau, N., Bech Letessier, T., Bessudo, S., Valentini, A., Dejean, T., Mouillot, D., Pellissier, L., & Villéger, S. (2021). Use of environmental DNA in assessment of fish functional and phylogenetic diversity. *Conservation Biology*, 35(6), 1944-1956.
- Matić-Skoko, S., Ferri, J., Škeljo, F., Bartulović, V., Glavić, K. & Glamuzina, B. (2011). Age, growth and validation of otolith morphometrics as predictors of age in the forkbeard, *Phycis phycis* (Gadidae). *Fisheries Research* 112, 52–58.
- Megalofonou, P., De Metro, G., Lenti, M., 1990. Catch, size distribution, age and some population parameters of swordfish, *Xiphias gladius* L. in the Greek seas. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. 33, pp. 168–178.
- Mejuto, J., Cortés, B.G., 2014. Reproductive activity of swordfish *Xiphias gladius*, in the Atlantic Ocean inferred on the basis of macroscopic indicators. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49 (3), 427-447.
- Mejuto, J., Hoey, J.J., 1991. An approach to a stock hypothesis for the swordfish (*Xiphias gladius*) of the Atlantic Ocean. ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers 35 (2), 482- 501.
- Mérigot, B., Bertrand, J. A., Gaertner, J. C., Durbec, J. P., Mazouni, N., & Manté, C. (2007). The multi-component structuration of the species diversity of groundfish assemblages of the east coast of Corsica (Mediterranean Sea): Variation according to the bathymetric strata. *Fisheries research*, 88(1-3), 120-132.
- Miller, K., Huettmann, F., Norcross, B., and Lorenz, M. 2014. Multivariate random forest models of estuarine-associated fish and invertebrate communities. *Marine Ecology Progress Series*, 500: 159–174.
- Millot R, Demolliens M, Ducos S, Pugliese S, Vanalderweireldt L, Aiello A, Durieux EDH. (2022). Embryonic and larval development of Corsican brown meagre, *Sciaena umbra* (Linnaeus 1758) rearing in captivity from the Mediterranean Sea. *Aquaculture International*.
- Miniconi, R. (1989) Les poissons et la pêche en Corse. Thèse de doctorat d'état. Université d'Aix Marseille II. Faculté des sciences de Luminy, 504 p.

- Miniconi, R. (2001) Les poissons de Corse - Biologie, pêche, appellations. 262 p.
- Ministère de la transition écologique, 2022. <https://www.ecologie.gouv.fr/plan-biodiversite#e3>
- Miralles, L., Lee, L. S., Borrell, Y., & Garcia-Vazquez, E. (2016). Population genetic structure of the European conger (*Conger conger*) in north East Atlantic and West Mediterranean Sea. *Fisheries research*, 174, 245-249.
- Moore, B. R., Buckworth, R. C., Moss, H., & Lester, R. J. G. (2003). Stock discrimination and movements of narrow-barred Spanish mackerel across northern Australia as indicated by parasites. *Journal of Fish Biology*, 63(3), 765-779.
- Morais, S., Mourente, G., Ortega, A., Tocher, J.A., Tocher, D.R., 2011. Expression of fatty acyl desaturase and elongase genes, and evolution of DHA:EPA ratio during development of unfed larvae of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.). *Aquaculture* 313, 129–139.
- Morales-Nin, B., & Moranta, J. (1997). Life history and fishery of the common dentex (*Dentex dentex*) in Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Fisheries Research*, 30(1-2), 67-76.
- Murawski, S. A., Rago, P. J., & Trippel, E. A. (2001). Impacts of demographic variation in spawning characteristics on reference points for fishery management. *ICES Journal of Marine Science*, 58(5), 1002-1014.
- Nakamura, I., 1985. Billfishes of the world. FAO Fisheries Synopsis No: 125 vol.5
- Nelson JS, Grande T, Wilson MVH. 5th ed. *Fishes of the World*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2016.
- Nesbø, C. L., Rueness, E. K., Iversen, S. A., Skagen, D. W., & Jakobsen, K. S. (2000). Phylogeography and population history of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.): a genealogical approach reveals genetic structuring among the eastern Atlantic stocks. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1440), 281-292.
- Nicholson, M. D., & Jennings, S. (2004). Testing candidate indicators to support ecosystem-based management: the power of monitoring surveys to detect temporal trends in fish community metrics. *ICES Journal of marine Science*, 61(1), 35-42.
- O'reilly, P., Wright, J.M., 1995. The evolving technology of DNA fingerprinting and its application to fisheries and aquaculture. *J. Fish Biol.* 47, 29–55.
- Orsi Relini, L., Palandri, G., Garibaldi, F., 2003. Reproductive parameters of the Mediterranean swordfish. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (2), 210-222.
- Orsi Relini, L., Palandri, G., Garibaldi, F., Cima, C., 1996. Accrescimento e maturazione del pesce spada. Nuove osservazioni in Mar Ligure. *Biol. Mar. Medit.*, 3 (1), 352-359.
- Orsi Relini, L., Palandri, G., Garibaldi, F., Cima, C., Relini, M., Torchia, G., 1999. Biological parameters of the Mediterranean swordfish derived from observations in the Ligurian Sea. *ICCAT, Coll. vol. Sci. Pap.*, 49 (1), 397-406.
- Osio, G. C., Orio, A., & Millar, C. P. (2015). Assessing the vulnerability of Mediterranean demersal stocks and predicting exploitation status of un-assessed stocks. *Fisheries Research*, 171, 110-121.
- Palko, B.J., Beardsley, G.L., Richards, W.J., 1981. Synopsis of the Biology of the Swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. FAO Fish. Synop.
- Palma, J., & Andrade, J. P. (2004). Morphological study of *Pagrus pagrus*, *Pagellus bogaraveo*, and *Dentex dentex* (Sparidae) in the eastern Atlantic and the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84(2), 449-454.
- Palomera, I., Olivar, M. P., Salat, J., Sabatés, A., Coll, M., García, A., & Morales-Nin, B. (2007). Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: an ecological review. *Progress in Oceanography*, 74(2-3), 377-396.

- Palumbi, S. R., Sandifer, P. A., Allan, J. D., Beck, M. W., Fautin, D. G., Fogarty, M. J., Halpern, B. S., Incze, L.S., Leong, J.-A., Norse, E., Stachowicz, J. J., & Wall, D. H. (2009). Managing for ocean biodiversity to sustain marine ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(4), 204-211.
- Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H. & Wright, P. J. (Eds) (2002). *Manual of Fish Sclerochronology*. Brest: Ifremer-IRD Co-edition.
- Papastamatiou, Y. P., Meyer, C. G., Carvalho, F., Dale, J. J., Hutchinson, M. R., & Holland, K. N. (2013). Telemetry and random-walk models reveal complex patterns of partial migration in a large marine predator. *Ecology*, 94(11), 2595-2606.
- Paris, C. B., Helgers, J., Van Sebille, E., & Srinivasan, A. (2013). Connectivity Modeling System: A probabilistic modeling tool for the multi-scale tracking of biotic and abiotic variability in the ocean. *Environmental Modelling & Software*, 42, 47-54.
- Pastor, J., Verdoit-Jarraya, M., Astruch, P., Dalias, N., Pasqual, J. S. N., Saragoni, G., & Lenfant, P. (2009). Acoustic telemetry survey of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) in the Marine Reserve of Cerbère-Banyuls: information on the territoriality of this emblematic species. *Comptes rendus biologies*, 332(8), 732-740.
- Patarnello, T., Volckaert, F. A., & Castilho, R. I. T. A. (2007). Pillars of Hercules: is the Atlantic–Mediterranean transition a phylogeographical break?. *Molecular ecology*, 16(21), 4426-4444.
- Paterson, A. W., & Whitfield, A. K. (2000). Do shallow-water habitats function as refugia for juvenile fishes?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(3), 359-364.
- Paul, L. J. & Horn, P. L. (2009). Age and growth of sea perch (*Helicolenus percoides*) from two adjacent areas off the east coast of South Island, New Zealand. *Fisheries Research* 95, 169–180.
- Pauly, D., Christensen, V., & Walters, C. (2000). Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES journal of Marine Science*, 57(3), 697-706.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., & Torres Jr, F. (1998). Fishing down marine food webs. *Science*, 279(5352), 860-863.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R., Walters, C. J., Walters, C. J. & Zeller, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418(6898), 689-695.
- Peterson, C. H., Grabowski, J. H., & Powers, S. P. (2003). Estimated enhancement of fish production resulting from restoring oyster reef habitat: quantitative valuation. *Marine Ecology Progress Series*, 264, 249-264.
- Philippart, J. C. (1995). Is captive breeding an effective solution for the preservation of endemic species? *Biological Conservation*, 72(2), 281-295.
- Pine, W. E., Pollock, K. H., Hightower, J. E., Kwak, T. J., & Rice, J. A. (2003). A review of tagging methods for estimating fish population size and components of mortality. *Fisheries*, 28(10), 10-23.
- Pineda, J., Hare, J. A., & Sponaugle, S. U. (2007). Larval transport and dispersal in the coastal ocean and consequences for population connectivity. *Oceanography*, 20(3), 22-39.
- Pineda, J., Reyns, N. B., & Starczak, V. R. (2009). Complexity and simplification in understanding recruitment in benthic populations. *Population ecology*, 51(1), 17-32.
- Pinheiro, H. T., Bernardi, G., Simon, T., Joyeux, J. C., Macieira, R. M., Gasparini, J. L., Rocha, C., & Rocha, L. A. (2017). Island biogeography of marine organisms. *Nature*, 549(7670), 82-85.
- Pinnegar, J. K., & Polunin, N. V. (2004). Predicting indirect effects of fishing in Mediterranean rocky littoral communities using a dynamic simulation model. *Ecological Modelling*, 172(2-4), 249-267.
- Pita, A., Leal, A., Santafé-Muñoz, A., Piñeiro, C., Presa, P., 2016. Genetic inference of demographic connectivity in the Atlantic European hake metapopulation (*Merluccius merluccius*) over a spatio-temporal framework. *Fish. Res.* 179, 291–301.

- Plough, L. V. (2016). Genetic load in marine animals: a review. *Current Zoology*, 62(6), 567-579.
- Poisson, F., Fauvel, F., 2009a. Reproductive dynamics of Swordfish (*Xiphias gladius*) in the Southwestern Indian Ocean (Reunion Island). Part 1: oocyte development, sexual maturity and spawning. *Aquatic Living Resources* 22, 45- 58.
- Poisson, F., Fauvel, F., 2009b. Reproductive dynamics of Swordfish (*Xiphias gladius*) in the Southwestern Indian Ocean (Reunion Island). Part 2: fecundity and spawning pattern. *Aquatic Living Resources* 22, 59-68.
- Polanco Fernández, A., Marques, V., Fopp, F., Juhel, J. B., Borrero-Pérez, G. H., Cheutin, M. C., Dejean, T., Gonzalez Corredor, J. D., Acosta-Chaparro, A., Hocdé, R., Eme, D., Maire, E., Spescha, M., Valentini, A., Manel, S., Mouillot, D., Albouy, C., & Pellissier, L. (2021). Comparing environmental DNA metabarcoding and underwater visual census to monitor tropical reef fishes. *Environmental DNA*, 3(1), 142-156.
- Policansky, D. (1993). Fishing as a cause of evolution in fishes. In *The exploitation of evolving resources* (pp. 1-18). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Polverino, G., Cigliano, C., Nakayama, S., & Mehner, T. (2016). Emergence and development of personality over the ontogeny of fish in absence of environmental stress factors. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 70(12), 2027-2037.
- Potoschi, A., Cavallaro, G., Sturiale, P., Lo Duca, G., 1994. Uova e larve di pesce spada (*Xiphias gladius* L. 1758), tonno (*Thunnus thynnus* L. 1758) ed alalunga (*Thunnus alalunga* Bonn. 1788) pescate nello Ionio della Sicilia Orientale. *Biol. Mar. Medit.*, 1 (1), 119-124.
- Prato, G., Barrier, C., Francour, P., Cappanera, V., Markantonatou, V., Guidetti, P., ... & Gascuel, D. (2016). Assessing interacting impacts of artisanal and recreational fisheries in a small Marine Protected Area (Portofino, NW Mediterranean Sea). *Ecosphere*, 7(12), e01601.
- Prato, G., Thiriet, P., Di Franco, A., & Francour, P. (2017). Enhancing fish Underwater Visual Census to move forward assessment of fish assemblages: An application in three Mediterranean Marine Protected Areas. *PloS one*, 12(6), e0178511.
- Primack, R. B., Sarrazin, F., & Lecomte, J. (2012). *Biologie de la conservation* (Dunod).
- Purcell, J. F. H., Cowen, R. K., Hughes, C. R., & Williams, D. A. (2009). Population structure in a common Caribbean coral-reef fish: implications for larval dispersal and early life-history traits. *Journal of Fish Biology*, 74(2), 403-417.
- Qi, Y. 2012. Random Forest for Bioinformatics. In *Ensemble Machine Learning: Methods and Applications*, pp. 307–323. Ed. by C. Zhang and Y. Ma. Springer US, Boston, MA.
- Quignard J. P., Tomasini J. A. (2000) Mediterranean fish biodiversity. *Biol Mar Mediterr* 7:1–66
- Quignard, J. P. (2011). Biodiversité: la Méditerranée, évolution de sa xénodiversité ichtyique, les poissons lessepsiens et herculéens. *Bull. Acad. Sci. Let. Montpellier NS*, 42, 105-124.
- Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I., Olsen, Y., 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture* 155, 103–115.
- Regimbart, A., Guitton, J., & Le Pape, O. (2018). Zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française. Deuxième partie : Inventaire. Rapport d'étude. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°46, 175 p.
- Reis-Santos, P., Tanner, S. E., Vasconcelos, R. P., Elsdon, T. S., Cabral, H. N., & Gillanders, B. M. (2013). Connectivity between estuarine and coastal fish populations: contributions of estuaries are not consistent over time. *Marine Ecology Progress Series*, 491, 177-186.
- Relini, G., Bertrand, J.A. & Zamboni, A. (1999) Synthesis of the knowledge on Bottom fishery resources in central Mediterranean (Italy and Corsica). *Biologia Marina Mediterranea* 6 (suppl. 1). 276-291.
- Renshaw, M. A., Saillant, E., Bradfield, S. C., & Gold, J. R. (2006). Microsatellite multiplex panels for genetic studies of three species of marine fishes : Red drum (*Sciaenops ocellatus*), red snapper (*Lutjanus*

- campechanus), and cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 253(1-4), 731-735. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.09.012>
- Renshaw, M. A., Saillant, E., Bradfield, S. C., & Gold, J. R. (2006). Microsatellite multiplex panels for genetic studies of three species of marine fishes: Red drum (*Sciaenops ocellatus*), red snapper (*Lutjanus campechanus*), and cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 253(1-4), 731-735.
- Rey, J.C., 1988. Comentarios sobre las áreas de reproducción de pez espada (*Xiphias gladius*) en el atlántico y mediterráneo. ICCAT Col. Doc. Cient. Vol. XXVII: 180-193.
- Rijnsdorp, A. D. (1993). Fisheries as a large-scale experiment on life-history evolution: disentangling phenotypic and genetic effects in changes in maturation and reproduction of North Sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Oecologia*, 96(3), 391-401.
- Rochet, M. J., & Trenkel, V. M. (2003). Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(1), 86-99.
- Rochette, S., Rivot, E., Morin, J., Mackinson, S., Riou, P., & Le Pape, O. (2010). Effect of nursery habitat degradation on flatfish population: Application to *Solea solea* in the Eastern Channel (Western Europe). *Journal of sea Research*, 64(1-2), 34-44.
- Rodriguez-Galiano, V. F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., and Rigol-Sanchez, J. P. 2012. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67: 93–104.
- Rooper, C. N., Zimmermann, M., and Prescott, M. M. 2017. Comparison of modeling methods to predict the spatial distribution of deep-sea coral and sponge in the Gulf of Alaska. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 126: 148–161.
- Rooper, C. N., Zimmermann, M., and Prescott, M. M. 2017. Comparison of modeling methods to predict the spatial distribution of deep-sea coral and sponge in the Gulf of Alaska. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 126: 148–161.
- Roques, S., Sévigny, J. M., & Bernatchez, L. (2002). Genetic structure of deep-water redfish, *Sebastes mentella*, populations across the North Atlantic. *Marine Biology*, 140(2), 297-307.
- Rossi, A., Levaray, M., Paillon, C., Durieux, E. D., Pasqualini, V., & Agostini, S. (2019). Relationship between swimming capacities and morphological traits of fish larvae at settlement stage: a study of several coastal Mediterranean species. *Journal of Fish Biology*, 95(2), 348-356.
- Rueda, F. M., & Martínez, F. M. (2001). A review on the biology and potential aquaculture of *Dentex dentex*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11(1), 57-70.
- Russell, B. 2014. *Dentex dentex*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T170245A42443808. Accessed on 15 July 2022.
- Sacchi, J. (2011). Analysis of economic activities in the Mediterranean: Fishery and aquaculture sectors. *Plan Bleu*, Valbonne.
- Sacco, F., Marrone, F., Brutto, S. L., Besbes, A., Nfati, A., Gatt, M., ... & Arculeo, M. (2017). The Mediterranean Sea hosts endemic haplotypes and a distinct population of the dolphinfish *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 (Perciformes, Coryphaenidae). *Fisheries Research*, 186, 151-158.
- Sadighzadeh, Z., Valinassab, T., Vosugi, G., Motallebi, A. A., Fatemi, M. R., Lombarte, A., & Tuset, V. M. (2014). Use of otolith shape for stock identification of John's snapper, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. *Fisheries Research*, 155, 59-63.
- Said, A., Tzanopoulos, J., & MacMillan, D. (2018) The contested commons: The failure of EU fisheries policy and governance in the Mediterranean and the crisis enveloping the small-scale fisheries of Malta. *Frontiers in Marine Science*, 5, 300.

- Saillant, E., Cizdziel, K., O'Malley, K. G., Turner, T. F., Pruett, C. L., & Gold, J. R. (2004). Microsatellite Markers for Red Drum, *Sciaenops ocellatus*. *Gulf of Mexico Science*, 22(1).
- Saillant, E., Cizdziel, K., O'Malley, K. G., Turner, T. F., Pruett, C. L., & Gold, J. R. (2004). Microsatellite Markers for Red Drum, *Sciaenops ocellatus*. *Gulf of Mexico Science*, 22(1). <https://doi.org/10.18785/goms.2201.10>
- Sala-Bozano, M., Ketmaier, V., Mariani, S. (2009) Contrasting signals from multiple markers illuminate population connectivity in a marine fish. *Molecular Ecology*; 18(23): 4811-26.
- Sardenne, F., Millot, R., Bessis, E., Puccinelli, E., Bideau, A., Le Grand, F., ... & Soudant, P. (2022). Changes in lipid and fatty acid contents of gonad during the reproductive cycle of the Mediterranean swordfish *Xiphias gladius*. *Marine Environmental Research*, 105668.
- Schaefer, K., 2001. Reproductive biology of tunas. In: *Tuna physiology, ecology, and evolution*. (Ed. B. A. Block and Stevens, E. D.) Vol. 16, *Fish Physiology*. Academic Press 468 pp.
- Schaefer, K.M., 1996. Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 94, 98–112.
- Scheltema, R. S. (1986). On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. *Bulletin of marine science*, 39(2), 290-322.
- Schunter, C., Carreras-Carbonell, J., Planes, S., Sala, E., Ballesteros, E., Zabala, M., ... & Pascual, M. (2011). Genetic connectivity patterns in an endangered species: The dusky grouper (*Epinephelus marginatus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 401(1-2), 126-133.
- Sea Around Us, 2022. <https://www.seaaroundus.org/>
- Selkoe, K. A., Henzler, C. M., & Gaines, S. D. (2008). Seascape genetics and the spatial ecology of marine populations. *Fish and fisheries*, 9(4), 363-377.
- Sheaves, M., Johnston, R., & Connolly, R. M. (2012). Fish assemblages as indicators of estuary ecosystem health. *Wetlands Ecology and Management*, 20(6), 477-490.
- Shin, Y. J., Houle, J. E., Akoglu, E., Blanchard, J. L., Bundy, A., Coll, M., Demarcq, H., Fu, C., Fulton, E. A., Heymans, J. J., Salihoglu, B. Shannon, L., Sporcic, M., & Velez, L. (2018). The specificity of marine ecological indicators to fishing in the face of environmental change: a multi-model evaluation. *Ecological Indicators*, 89, 317-326.
- Siders, Z., Ducharme-Barth, N., Carvalho, F., Kobayashi, D., Martin, S., Raynor, J., Jones, T., et al. 2020. Ensemble Random Forests as a tool for modeling rare occurrences. *Endangered Species Research*, 43: 183–197.
- Siegel, D. A., Kinlan, B. P., Gaylord, B., & Gaines, S. D. (2003). Lagrangian descriptions of marine larval dispersion. *Marine Ecology Progress Series*, 260, 83-96.
- Skjæraasen, J. E., Meager, J. J., Karlsen, Ø., Hutchings, J. A., & Fernö, A. (2011). Extreme spawning-site fidelity in Atlantic cod. *ICES Journal of Marine Science/Journal du Conseil*, 68(7).
- Snelgrove, P. V., Bradbury, I. R., deyoung, B., & Fraser, S. (2008). Temporal variation in fish egg and larval production by pelagic and bottom spawners in a large Newfoundland coastal embayment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(2), 159-175.
- Sogard, S. M. (1997). Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes: a review. *Bulletin of marine science*, 60(3), 1129-1157.
- Staaterman, E., Paris, C. B., & Helgers, J. (2012). Orientation behavior in fish larvae: a missing piece to Hjort's critical period hypothesis. *Journal of theoretical biology*, 304, 188-196.
- Stephenson, R.L., 1999. Stock complexity in fisheries management: a perspective of emerging issues related to population sub-units. *Fish. Res.* 43, 247–249.

- Stoner, A. W. (2003). What constitutes essential nursery habitat for a marine species? A case study of habitat form and function for queen conch. *Marine Ecology Progress Series*, 257, 275-289.
- Stransky, C. (2005). Geographic variation of golden redfish (*Sebastes marinus*) and deep-sea redfish (*S. mentella*) in the North Atlantic based on otolith shape analysis. *ICES Journal of Marine Science*, 62(8), 1691-1698.
- Stransky, C., Gudmundsdottir, S., Sigurdsson, T., Lemvig, S., Nedreaas, K. & Saboridorey, F. (2005). Age determination and growth of Atlantic redfish (*Sebastes marinus* and *S. mentella*): bias and precision of age readers and otolith preparation methods. *ICES Journal of Marine Science* 62, 655–670.
- Sundblad, G., Bergström, U., Sandström, A., & Eklöv, P. (2014). Nursery habitat availability limits adult stock sizes of predatory coastal fish. *ICES Journal of Marine Science*, 71(3), 672-680.
- Suthers, I. M., & Frank, K. T. (1991). Comparative persistence of marine fish larvae from pelagic versus demersal eggs off southwestern Nova Scotia, Canada. *Marine Biology*, 108(2), 175-184.
- Swearer, S. E., Tremblay, E. A., & Shima, J. S. (2019). A review of biophysical models of marine larval dispersal (pp. 325-356). CRC Press.
- Taylor, M. D., Chick, R. C., Lorenzen, K., Agnalt, A. L., Leber, K. M., Blankenship, H. L., ... & Loneragan, N. R. (2017). Fisheries enhancement and restoration in a changing world. *Fisheries Research*, 186, 407-412.
- Taylor, R.G., Murphy, M.D., 1992. Reproductive biology of the swordfish *Xiphias gladius* in the straits of Florida and adjacent waters. *Fish. Bull.* 90, 809–816.
- Telesca L, Belluscio A, Criscoli A, Ardizzone G and others (2015) Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Sci Rep* 5: 1–14
- Thomsen, P. F., Kielgast, J., Iversen, L. L., Møller, P. R., Rasmussen, M., & Willerslev, E. (2012). Detection of a diverse marine fish fauna using environmental DNA from seawater samples.
- Thorrold, S. R., Latkoczy, C., Swart, P. K., & Jones, C. M. (2001). Natal homing in a marine fish metapopulation. *Science*, 291(5502), 297-299.
- Timi, J. T., Lanfranchi, A. L., Etchegoin, J. A., & Cremonte, F. (2008). Parasites of the Brazilian sandperch *Pinguipes brasiliensis* Cuvier: a tool for stock discrimination in the Argentine Sea. *Journal of Fish Biology*, 72(6), 1332-1342.
- Trippel, E. A. (1995). Age at maturity as a stress indicator in fisheries. *Bioscience*, 45(11), 759-771.
- Tsagarakis, K., Coll, M., Giannoulaki, M., Somarakis, S., Papaconstantinou, C., & Machias, A. (2010). Food-web traits of the North Aegean Sea ecosystem (Eastern Mediterranean) and comparison with other Mediterranean ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88(2), 233-248.
- Tserpes, G., Peristeraki, P., Valavanis, V., 2008. Distribution of swordfish in the eastern Mediterranean, in relation to environmental factors and the species biology. *Hydrobiologia* 612, 241–250.
- Tserpes, G., Tsimenides, N., 1995. Determination of age, growth of swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758, in the eastern Mediterranean using anal-fin spines. *Fishery Bulletin* 93, 594–602.
- Uchiyama, J.H., Shomura, R.S., 1974. Maturation and fecundity of swordfish, *Xiphias gladius*, from Hawaiian waters. *US Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS/SSRF* 675, pp. 142–148.
- UICN, 2013. Keenleyside, K.A., N. Dudley, S. Cairns, C.M. Hall, et S. Stolton (2013). *Restauration écologique pour les aires protégées: Principes, lignes directrices et bonnes pratiques*. Gland, Suisse : UICN. x + 120pp.
- UNCLOS 1982 Convention on the Law of the Sea. UN General Assembly. N° 31363
- Valentin, A. E., Penin, X., Chanut, J. -P., Power, D., Sévigny, J. -M., (2014). Combining microsatellites and geometric morphometrics for the study of redfish (*Sebastes* spp.) population structure in the Northwest Atlantic. *Fish. Res.* 154, 102–119.

- Valls, A., Gascuel, D., Guénette, S., & Francour, P. (2012). Modeling trophic interactions to assess the effects of a marine protected area: case study in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 456, 201-214.
- van der Veer, H. W., Dapper, R., & Witte, J. I. (2001). The nursery function of the intertidal areas in the western Wadden Sea for 0-group sole *Solea solea* (L.). *Journal of Sea Research*, 45(3-4), 271-279.
- Vanalderweireldt, L., Albouy, C., Le Loc'h, F., Millot, R., Blestel, C., Patrissi, M., ... & Durieux, E. D. H. (2022). Ecosystem modelling of the Eastern Corsican Coast (ECC): Case study of one of the least trawled shelves of the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 103798.
- Vassilopoulou, V., Siapatis, A., Papaconstantinou, C., Caragitsou, E., 2008. Annotated records of scombroid eggs and larvae distribution in northeastern Mediterranean waters. *Mediterranean Marine Science*, 9 (1), 21-30.
- Veiga, P., Vieira, L., Bexiga, C., Sá, R., & Erzini, K. (2006). Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2), 27-38.
- Viret, A., Tsaparis, D., Tsigenopoulos, C. S., Berrebi, P., Sabatini, A., Arculeo, M., ... & Caill-Milly, N. (2018). Absence of spatial genetic structure in common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758) in the Mediterranean Sea as evidenced by nuclear and mitochondrial molecular markers. *PLoS one*, 13(9), e0203866.
- Waldman, J.R., Richards, R.A., Schill, W.B., Wirgin, I., Fabrizio, M.C., 1997. An empirical comparison of stock identification techniques applied to striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 126, 369–385.
- Wang, S., Sun, C., Yeh, S., 2003. Sex ratios and sexual maturity of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters of Taiwan. *Zool. Stud.* 42, 529–539.
- Waples, R. S., Punt, A. E., & Cope, J. M. (2008). Integrating genetic data into management of marine resources: how can we do it better?. *Fish and Fisheries*, 9(4), 423-449.
- Waples, R.S., 1991. Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp., and the definition of “species” under the Endangered Species Act. *Mar. Fish. Rev.* 53, 11–22.
- Ward, P., Porter, J.M., Elscot, S., 2000. Broadbill swordfish: status of established fisheries and lessons for developing fisheries. *Fish Fish.* 2000 (1), 317–336.
- Ward, R. D. (2000). Genetics in fisheries management. *Hydrobiologia*, 420(1), 191-201.
- Welch, D.J., Newman, S.J., Buckworth, R.C., Ovenden, J.R., Broderick, D., Lester, R.J.G., Gribble, N.A., Ballagh, A.C., Charters, R.A., Stapley, J., Street, R., Garrett, R.N., Begg, G.A., 2015. Integrating different approaches in the definition of biological stocks: a northern Australian multi-jurisdictional fisheries example using grey mackerel, *Scomberomorus semifasciatus*. *Mar. Policy* 55, 73–80.
- Werner, F. E., Perry, R. I., Lough, R. G., & Naimie, C. E. (1996). Trophodynamic and advective influences on Georges Bank larval cod and haddock. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 43(7-8), 1793-1822.
- Whitfield, A. K., & Patrick, P. (2015). Habitat type and nursery function for coastal marine fish species, with emphasis on the Eastern Cape region, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 160, 49-59.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H., Micheli, F., Palumbi, S., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J. & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *science*, 314(5800), 787-790.
- Yang, R.-M., Zhang, G.-L., Liu, F., Lu, Y.-Y., Yang, F., Yang, F., Yang, M., et al. 2016. Comparison of boosted regression tree and random forest models for mapping topsoil organic carbon concentration in an alpine ecosystem. *Ecological Indicators*, 60: 870–878.
- Yokota, M., Harada, Y., & Iizuka, M. (2003). Genetic drift in a hatchery and the maintenance of genetic diversity in hatchery-wild systems. *Fisheries Science*, 69(1), 101-109.

- Yoneda, M., & Wright, P. J. (2004). Temporal and spatial variation in reproductive investment of Atlantic cod *Gadus morhua* in the northern North Sea and Scottish west coast. *Marine Ecology Progress Series*, 276, 237-248.
- Young, J., Drake, A., Brickhill, M., Farley, J., Carter, T., 2003. Reproductive dynamics of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, in the domestic longline fishery off eastern Australia. *Mar. Freshw. Res.* 54, 315–332.
- Zardoya, R., Castilho, R., Grande, C., Favre-Krey, L., Caetano, S., Marcato, S., ... & Patarnello, T. (2004). Differential population structuring of two closely related fish species, the mackerel (*Scomber scombrus*) and the chub mackerel (*Scomber japonicus*), in the Mediterranean Sea. *Molecular ecology*, 13(7), 1785-1798.