

Année universitaire : 2017-2018

Spécialité : Ingénieur agronome

Spécialisation (et option éventuelle) :

Sciences halieutiques et aquacoles  
(Recherche en Ecosystèmes  
Aquatiques)

### Mémoire de Fin d'Études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

## Identification, cartographie et modélisation des habitats essentiels de trois espèces patrimoniales (corb, denti et mérou brun) sur les littoraux corses par approche multi-sources

Par : Éloïse PIETTE SÉMERIL



Source: G.Antoni

**Soutenu à Rennes le 12/09/2018**

#### Devant le jury composé de :

Président (enseignant référent) : LE PAPE Olivier

Maître de stage : DURIEUX Éric

Autres membres du jury

LECOMTE Jean Baptiste, Pôle halieutique

LOBRY Jérémy, IRSTEA Bordeaux

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation  
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»  
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



# Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

## Confidentialité

Non  Oui si oui :  1 an  5 ans  10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible <sup>(1)</sup>.

Date et signature du maître de stage <sup>(2)</sup> : le 29 Août 2018



**A la fin de la période de confidentialité**, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

## Droits d'auteur

L'auteur<sup>(3)</sup> **Piette Sémeril Éloïse**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui  Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif)  accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur : le 29 Août 2018



## Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui  Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement<sup>(4)</sup>

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant : le 24 Septembre 2018



(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

## Liste des tableaux et des figures

<b>Figure 1</b> : Carte de la Corse et découpage en 4 prud'homies.....	5
<b>Figure 2</b> : Découpage du Parc Naturel Marin de Cap Corse et de l'Agriate.....	6
<b>Tableau 1</b> : Catégories de taille retenues.....	9
<b>Tableau 2</b> : Coefficients a et b, clé taille/poids .....	9
<b>Tableau 3</b> : Moyennes de poids par classe de taille.....	9
<b>Figure 3</b> : Découpage de littoraux corses en fonction des jeux de données.....	10
<b>Figure 4</b> : Découpage des littoraux corses par strates halieutiques (Pere, 2012) .....	10
<b>Tableau 5</b> : Variables explicatives .....	11
<b>Tableau 6</b> : Distributions de probabilité adaptées en fonction de la relation moyenne/variance	12
<b>Tableau 7</b> : Critères d'évaluation de la fiabilité de réponse d'une personne interrogée .....	14
<b>Figure 5</b> : Nombre d'embarquements réalisés pour le recueil du jeu de données STARESO en fonction de l'année et de la strate halieutique.....	15
<b>Tableau 8</b> : Effort de pêche moyen par strate halieutique.....	16
<b>Figure 6</b> : Effort de pêche par zones (255 zones définies par la STARESO.....	16
<b>Figure 7</b> : Cartographie des captures par unité d'effort (g.50mfilet.jour) pour le mérrou.....	17
<b>Figure 8</b> : Cartographie des captures par unité d'effort (g.50mfilet.jour) pour le corb.....	17
<b>Figure 9</b> : Cartographie des captures par unité d'effort (g.50mfilet.jour) pour le denti.....	17
<b>Tableau 9</b> : Résultats des modèles binomiaux développés pour les 3 espèces à partir du jeu de données STARESO avec les données globales puis par stade de vie (juvéniles, adultes).....	18
<b>Tableau 10</b> : Résultats des modèles CPUE par une loi distribution gaussienne sur valeurs log-transformées développés pour les 3 espèces à partir du jeu de données STARESO avec les données globales puis par stade de vie (juvéniles, adultes).....	19
<b>Figure 10</b> : Nombre de cartes complétées selon l'activité.....	20
<b>Figure 11</b> : Caractérisation de la pratique des quatre activités (pêche professionnelle, pêche récréative, plongée et chasse sous-marine) sur la zone du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate .....	21
<b>Figure 12</b> : Fiabilité des réponses en fonction de l'activité .....	22
<b>Figure 13</b> : Carte des zones d'intérêt (MoonFish) en Corse.....	24
<b>Figure 14</b> : Carte des occurrences totales et des espèces citées par zones.....	25
<b>Figure 15</b> : Carte des occurrences de sorties.....	25
<b>Figure 16</b> : Cartes des zones d'intérêt des 3 espèces étudiées réalisées à partir des réponses au questionnaire MoPaMFish sur l'aire du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate.....	25
<b>Figure 17</b> : Cartographie des zones les plus intéressantes à l'issue du regroupement des données sur l'aire du PNM, au regard des zones de pêche.....	30
<b>Figure 18</b> : Cartographie des zones les plus intéressantes à l'issue du regroupement des données sur l'aire du PNM au regard du type de fond (Campagne Carthamed, Andromède)....	30

## Liste des annexes

<b>ANNEXE I :</b> Photographies des 3 espèces d'intérêt (denti, mérrou, corb) aux stades de vie adulte et juvénile.....	1
<b>ANNEXE II :</b> Questionnaire « Denti » tiré des questionnaires MoonFish et MoPaMFish, les questions sont les mêmes pour toutes les espèces et pour toutes les activités (plongeurs, chasseurs et pêcheurs professionnels et récréatifs).....	2
<b>ANNEXE III :</b> Présentation du jeu de données finale standardisé utilisé pour la modélisation, avec un jeu de données par espèce (ici denti).....	3
<b>ANNEXE IV :</b> Schéma récapitulatif de la méthode de modélisation et de l'utilisation des données empiriques.....	4
<b>ANNEXE Va :</b> Graphiques des analyses préliminaires des données de présence et de capture pour le corb en fonction des données qualitatives (saison, profondeur, zone).....	5
<b>ANNEXE Vb:</b> Graphiques des analyses préliminaires des données de présence et de capture pour le denti en fonction des données qualitatives (saison, profondeur, zone).....	6
<b>ANNEXE Vc :</b> Graphiques des analyses préliminaires des données de présence et de capture pour le mérrou en fonction des données qualitatives (saison, profondeur, zone).....	7
<b>ANNEXE VI :</b> Résultats des modèles binomiaux a) avec les données STARESO en prenant en compte le stade de vie et la période de reproduction (Nourricerie= juvéniles hors période de reproduction, Reproduction= adultes pendant la période de reproduction), b) avec l'ensemble des données (STARESO+ OEC+ MARTE+).....	8
<b>ANNEXE VIIa :</b> Visualisation des résidus des modèles binomiaux du corb par graphique des résidus de Pearson, QQ-plot et graphe de la distance de Cook .....	9
<b>ANNEXE VIIb :</b> Visualisation des résidus des modèles binomiaux du denti par graphique des résidus de Pearson, QQ-plot et graphe de la distance de Cook.....	10
<b>ANNEXE VIIc :</b> Visualisation des résidus des modèles binomiaux du mérrou par graphique des résidus de Pearson, QQ-plot et graphe de la distance de Cook.....	11
<b>ANNEXE VIII :</b> Visualisation des résultats des modèles CPUE à valeurs positives selon la loi de distribution a) Gamma (link=inverse) et Gamma (link=log), b) gaussienne sur valeur log-transformées (link-loggit), et selon le jeu de données utilisé (STARESO ou complet).....	12
<b>ANNEXE IX :</b> Réponses aux questionnaires MoonFish et MoPaMFish.....	13
<b>ANNEXE X :</b> Résultats de l'ACM sous forme du graphe des individus colorés en fonction de leur activité et de leur fiabilité.....	14
<b>ANNEXE XI :</b> Perception de l'évolution de la ressource en termes de changement du nombre d'observations et de la taille moyenne selon l'activité.....	15
<b>ANNEXE XII :</b> Cartographie des réponses au questionnaire MoonFish par espèce.....	16
<b>ANNEXE XII :</b> Cartes d'occurrence par espèce réalisées à partir des réponses au questionnaire MoPaMFish.....	17

## SOMMAIRE

Remerciements	
Introduction.....	1
<b><u>I-Matériel et Méthodes</u></b> .....	<b>5</b>
<b>1. Zones d'étude</b> .....	<b>5</b>
1.1. La Corse.....	5
1.2. Le parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate.....	5
<b>2. Recueil de données : approche multi-sources</b> .....	<b>6</b>
2.1. Données de captures.....	6
2.1.1. Campagne scientifique STARESO	
2.1.2. Données d'embarquement Marte +	
2.1.3. Données récoltées par l'Office de l'Environnement Corse (OEC)	
2.2. Données empiriques issues de questionnaires.....	7
2.2.1. Questionnaire du projet MoonFish	
2.2.2. Questionnaire du projet MoPaMFish	
2.2.3. Distribution des questionnaires	
2.2.4. Saisie des données	
<b>3. Analyse des données</b> .....	<b>8</b>
3.1. Standardisation des données.....	8
3.1.1. Catégorie de taille	
3.1.2. Calcul du poids moyen	
3.1.3. Zones de pêche	
3.1.4. Bathymétrie	
3.1.5. Captures Par Unité d'Effort	
3.2. Développement de modèles d'habitats.....	10
3.2.1. Exploration des données et choix des variables	
3.2.2. Modèle de présence/absence	
3.2.3. Modèle CPUE à valeurs positives	
3.2.4. Modèle DELTA	
3.3. Analyse des données empiriques issues des questionnaires.....	13
3.3.1. Analyse des réponses aux questionnaires	
3.3.2. Cartographie des zones d'intérêt via SIG	
<b><u>II-Résultats</u></b> .....	<b>15</b>
<b>1. Exploration et modélisation des données de captures</b> .....	<b>15</b>
1.1. Exploration des données de capture.....	15
1.1.1. Échantillonnage	
1.1.2. Cartographie des données de CPUE	
1.2. Résultats de la modélisation.....	18
1.2.1. Choix des variables à inclure dans le modèle	
1.2.2. Résultats des modèles binomiaux	
• Résultats généraux	
• Résultats par espèce et stade de vie	
1.2.3. Modèle à valeurs positives (CPUE)	
1.2.4. Modèle DELTA	

<b>2. Analyse des questionnaires et cartographie des données empiriques.....</b>	<b>20</b>
2.1. Echantillonnage final et évaluation des profils des personnes interrogées.....	20
2.1.1. Plongeurs	
2.1.2. Chasseurs	
2.1.3. Pêcheurs récréatifs	
2.1.4. Pêcheurs professionnels	
2.1.5. Fiabilité des réponses	
2.2. Analyse des réponses sur la biologie des espèces.....	22
2.1.1. Dentis	
2.1.2. Corbs	
2.1.3. Mérours	
2.3. Cartographie.....	23
2.3.1. Zones d'intérêt à l'échelle de la Corse	
2.3.2. Zones d'intérêt du Parc Naturel du Cap Corse et de l'Agriate	
• Cartes d'occurrence	
• Cartes de polygones	
<b><u>III-Discussion</u>.....</b>	<b>26</b>
<b>1. Ensemble des approches utilisées pour mieux comprendre les habitats essentiels....</b>	<b>26</b>
1.1. Habitats et traits de vie essentiels des trois espèces étudiées.....	26
1.2.1. Dentis	
1.2.2. Corb	
1.2.3. Mérours	
1.2.4. Localisation des habitats essentiels des 3 espèces dans la zone du Parc Naturel du Cap Corse et de l'Agriate	
1.2. Pertinence de l'approche multi sources.....	30
<b>2. Limites et améliorations possibles de l'étude .....</b>	<b>30</b>
2.1. Limites modélisation.....	30
2.1.1. Réunionification des bases de données	
2.1.3. Approche delta	
2.1.4. Facteurs inclus dans le modèle	
2.2. Limites d'une approche par questionnaires.....	32
2.2.1. Données empiriques	
2.2.2. Biais d'échantillonnage	
2.2.3. Cartographie	
2.3. Limites approche multi sources.....	32
<b>3. Elargissement et suite de l'étude.....</b>	<b>33</b>
3.1. Recueil de nouvelles données	33
3.1.2. Suite du programme MoPaMFish	
3.1.2. Avancées du projet MoonFish	
3.1.3. Projet DACOR	
3.2. Applications pour amélioration de la gestion.....	33
3.2.1. A l'échelle de la Corse	
3.2.2. Parc Naturel Marin de Cap Corse et de l'Agriate	
Conclusion.....	35
Bibliographie.....	36
Annexes	
Résumé	

## REMERCIEMENTS

Je tenais tout d'abord à remercier mon maître de stage, Mr Éric Durieux pour m'avoir accordé sa confiance, pour son accueil au sein de Stella Mare et le temps qu'il a consacré à répondre à mes nombreuses interrogations et à la relecture de ce rapport.

Je remercie également Mr Antoine Aiello, directeur de la plate-forme Stella Mare de m'avoir accueillie dans cette structure pour ce stage de fin d'étude.

Merci à AGROCAMPUS OUEST et à l'ensemble des enseignants de la formation halieutique pour leurs enseignements. Plus particulièrement, j'adresse mes remerciements à Mr Olivier Le Pape, enseignant référent de ce stage, pour sa disponibilité et son aide, notamment sur les questions de modélisation.

Je tiens à remercier l'ensemble des participants du projet MoonFish avec son consortium intégrant en plus de l'Université de Corse, la STARESO, l'OEC et le CRPMEM de Corse.

Je tiens à remercier les participants du projet MoPaMFish et en particulier le partenaire que constitue l'équipe de gestion du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate pour leur aide à travers le déploiement des questionnaires.

J'adresse mes remerciements à l'ensemble des personnes qui m'ont soutenue et aidée lors de ce stage et pour la rédaction de ce mémoire et plus particulièrement Vanina Pasqualini pour son écoute et ses conseils en SIG, Christelle Paillon pour son aide dans l'élaboration des questionnaires et Anthony Père pour la distribution des questionnaires MoonFish auprès des pêcheurs professionnels.

Je souhaitais également remercier tous les plongeurs, chasseurs et pêcheurs qui ont donné de leur temps pour répondre aux questionnaires et ont partagé, toujours avec enthousiasme, leur expérience de la mer avec moi.

Enfin je remercie l'ensemble du personnel de Stella Mare pour leur accueil et plus particulièrement Alexandre Mignucci et Jules Héliou ainsi que les anciennes stagiaires Meryl, Camille et Laure pour leur bonne humeur, pour m'avoir accompagnée, soutenue et fais découvrir Bastia et le reste de l'île de Beauté pendant ces 6 mois.

## INTRODUCTION

Les écosystèmes marins jouent un rôle essentiel, d'un point de vue à la fois écologique et socio-économique. Ces écosystèmes abritent des milliers d'espèces remarquables et exploitables, et sont considérés à cet égard comme de véritables réservoirs de biodiversité (Amsallem *et al.*, 2010). L'exploitation des ressources halieutiques est un enjeu économique majeur. La pratique d'une pêche durable et plus respectueuse de l'environnement est nécessaire à la conservation de ces ressources essentielles et donc au maintien de cette activité. Ceci n'est possible qu'en prenant en compte le comportement des espèces exploitées et en étudiant la distribution des individus dans leurs habitats.

La mer Méditerranée n'échappe pas à ces constatations. C'est un écosystème particulièrement riche et hétérogène, avec plus de 8500 espèces de vertébrés, invertébrés, végétaux et algues répertoriées (Fisher *et al.*, 1987, Ribera *et al.*, 1992, Fredj *et al.*, 1998). Il subit néanmoins de fortes contraintes liées aux activités anthropiques. En effet, la mer Méditerranée est un milieu aux ressources très convoitées et exploitées notamment par la pêche professionnelle et récréative. S'ajoute à ces pressions, une activité touristique en constante expansion sur les littoraux. Ainsi la Méditerranée est l'illustration parfaite d'un territoire qui voit ses habitats naturels impactés à la fois par la pêche et le tourisme. Ces observations s'appliquent à l'ensemble des littoraux méditerranéens. Parmi eux, la Corse fait Figure d'exception. Elle se caractérise en effet par des habitats naturels et ressources halieutiques relativement préservés comparé au reste de la Méditerranée. Néanmoins, la pression appliquée sur les milieux s'accroît d'années en années. La pratique de la pêche professionnelle est limitée à environ 200 pêcheurs qui pratiquent en grande majorité une pêche artisanale multi-spécifique au filet, à la palangre et/ou au casier (CRPMEM de Corse, 2015). La pratique de la pêche récréative, incluant la chasse sous marine, est au contraire en pleine expansion sur le territoire corse, cette augmentation étant corrélée directement à l'afflux touristique toujours plus important. La pression sur les habitats marins et les ressources est ainsi multipliée, surtout en été, période durant laquelle une estimation de près de 130 000 touristes pratiquant la pêche de loisir viennent s'ajouter à plus de 22500 pêcheurs récréatifs résidents (Girard, 2012). L'impact de ces pratiques n'est pas à négliger, celles-ci pouvant avoir des répercussions similaires à celles de la pêche professionnelle (Coleman *et al.*, 2004), les espèces exploitées étant les mêmes (Morales-Nin *et al.*, 2005).

La pêche est considérée historiquement comme le plus grand facteur de stress pour les populations marines (Guidetti & Micheli, 2011). Son contrôle est donc nécessaire et particulièrement en Corse afin de ne pas répéter le même scénario que dans le reste de la Méditerranée. Il est possible de mesurer la pression exercée via l'étude d'espèces indicatrices (Mouillot *et al.*, 2002), c'est-à-dire d'espèces dont l'abondance est indicatrice de la pression d'exploitation des ressources halieutiques aussi bien niveau pêche professionnelle que pêche récréative. En Corse, trois espèces sont reconnues comme telles : le mérrou brun *Epinephelus Marginatus* (Lowe, 1834), le denti commun *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758), et le corb commun *Sciaena umbra* (Linnaeus, 1758). Les niveaux de connaissance de ces 3 espèces sont différents. En effet le mérrou brun a fait l'objet de nombreuses études sur son comportement, sa biologie et son écologie (Bouchereau *et al.*, 1999, La Mesa *et al.*, 2002, Groupe d'Etude du Mérrou, 2007, Pastor *et al.*, 2009, Condini *et al.*, 2017). A l'inverse, les connaissances sur le cycle de vie du denti (Marengo, 2015, Baudoin *et al.*, 2016) et du corb (Derbal *et al.*, 2012, Morat *et al.*, 2017, Chater *et al.*, 2018) restent plus éparses et les études menées sur ces espèces sont très récentes. Néanmoins, les études sur ces espèces en Corse restent limitées (Culioli & Quignard, 1999, Harmelin-Vivien *et al.*, 2015, Marengo, 2015)



Le mérou brun est une espèce démersale, présente dans le bassin Méditerranéen sur des fonds rocheux recouverts ou non de posidonies (Derbal & Kara, 1995). Cette espèce à longue durée de vie peut atteindre plus de 50 ans (Bruslé, 1976) et est caractérisée par un cycle de vie particulier : elle est hermaphrodite protogyne à maturité sexuelle tardive (5 ans pour 40-50 cm) (Chauvet, 1988). Ainsi après une phase femelle, les individus deviennent mâles entre 9 et 12 ans (90 cm). Sa reproduction se déroule de juillet à septembre (Zabala *et al.*, 1997) dans des zones à fonds rocheux (entre 5 et 35 mètres). Ces zones de reproduction sont soit localisées aux alentours de leur gîte habituel ou au contraire à une distance importante de leur zone de repos (Louisy & Culioli, 1999). Le mérou brun est un prédateur de haut niveau trophique avec un régime alimentaire constitué de poissons, de crustacés et de céphalopodes (La Mesa *et al.*, 2002). Cette espèce sédentaire (Pastor *et al.*, 2009) joue donc un rôle clé dans le maintien de la balance écologique des écosystèmes (Goeden *et al.*, 1982). Les stocks de mérou brun ont subi de larges pertes dans l'ouest du bassin méditerranéen depuis les années 80 (Augier, 1982), son cycle de vie particulier en faisant une espèce très vulnérable (Chauvet, 1988). En 1986 est créé le Groupe d'Etude du Mérou (GEM) dans le but de mettre en place un suivi des populations de mérous afin d'assurer leur protection. Cette espèce est de plus classée en tant qu'espèce « en danger » sur la liste rouge IUCN (Cornish & Harmelin-Vivien, 2017). Depuis quelques années, le nombre de mérous bruns est en augmentation dans les zones protégées moins influencées par les activités anthropiques (Culioli & Quignard, 1999). Le mérou brun est actuellement protégé sur les littoraux français méditerranéens (Continent et Corse) depuis la reconduction simultanée d'un moratoire interdisant la pêche récréative de cette espèce (chasse sous marine et pêche à l'hameçon) (arrêté préfectoral, 2013).

Le corb commun est une espèce gonochorique au comportement grégaire et sédentaire présente sur les zones côtières méditerranéennes, généralement distribuée entre la surface et les 30 mètres de profondeur. (Harmelin & Ruitton, 2007). Cette espèce se retrouve dans les milieux mosaïques (roches et herbiers à posidonie) présentant des cavités dans lesquelles les poissons s'abritent durant le jour. Le corb est une espèce à longue durée vie (plus de 30 ans) (Chater *et al.* 2018). Les individus observés sur les côtes corses mesurent en moyenne une quarantaine de centimètres (55 cm au maximum observé). En moyenne, les corbs sont matures à l'âge de 4 ans pour une taille d'environ 25 cm. La fraie se déroule de juillet à août (Chakroun-Marzoul & Ktari, 2003). Le corb est un carnivore nocturne qui se nourrit principalement de polychètes, de crustacés et de petits poissons (Fabi *et al.*, 1998). Les populations de corb commun ont fortement diminué dû à la pratique intensive de la pêche mais surtout de la chasse sous marine, le mode de vie du corb en faisant une proie de prédilection (Garcia-Rubies & Zabala, 1990). Le corb est classé comme espèce « vulnérable » (évaluation régionale Méditerranée) sur la liste rouge IUCN (Bizsel *et al.*, 2011). Des mesures de protection ont été mises en place en mer Méditerranée comme l'instauration de zones protégées mais surtout une interdiction de la pêche récréative du corb dans les eaux méditerranéens (Corse et continent) (Arrêté préfectoral, 2013).

Le denti commun est une espèce côtière présente dans le bassin méditerranéen. L'habitat principal de cette espèce est constitué de fonds rocheux présentant des anfractuosités, servant d'abris à proximité de coralligènes, de fonds sableux et champs d'herbiers (Marengo *et al.*, 2016). Le denti se retrouve à des profondeurs assez variables, s'échelonnant entre 0 et 200 mètres (Ramos-Esplà & Bayle-Sempere, 1991). En moyenne, les individus de cette espèce vivent plus de 20 ans, certains individus dépassant parfois les 30 ans (Baudouin *et al.*, 2016). Sa taille maximum est de 1 mètre mais les individus moyens ont une longueur allant de 50 à 60 cm (Baucht & Hureau, 1986). Sa période de fraie se déroule de fin mars à juin. En Corse, les sites de pontes sont situés entre 40 et 100 mètres de profondeur,

sur fonds rocheux (Marengo *et al.*, 2015). L'acquisition de la maturité sexuelle se fait entre 2 et 4 ans (Morales-Nin & Moranta, 1997). Le denti est une espèce à fort intérêt écologique de part sa position de prédateur des hauts niveaux trophiques. Il se nourrit principalement de poissons, céphalopodes et crustacés (Morales-Nin & Moranta, 1997). C'est en outre une espèce à fort potentiel économique pour les pêcheurs professionnels (Marengo *et al.*, 2015). Une pêche intense a conduit l'espèce à être classée comme « vulnérable » (évaluation globale) sur la liste rouge IUCN (Carpenter & Russel, 2014). Néanmoins contrairement au corb et au mérrou, aucun moratoire n'a été mis en place concernant la pêche récréative du denti sur les côtes corses, malgré l'impact assez important de cette pratique sur les populations.

Ces trois espèces ont en commun une abondance plus importante dans les zones réglementées qu'ailleurs, d'où le terme d'espèces indicatrices d'effet réserve et indicatrices de la pression de pêche (Culioli & Quignard, 1999, Chemman-Abdelkader *et al.*, 2006, Harmelin & Ruitton, 2007). Ainsi identifier les habitats juvéniles et adultes de ces espèces, les cartographier et déterminer l'abondance des individus est nécessaire afin d'identifier les espaces à protéger et donc de permettre la mise en place de mesures adaptées. Deux projets s'intéressant à ces espèces ont été récemment lancés pour répondre à ces problématiques : les projets MoonFish et MoPaMFish.

Le Moonfish est un projet collaboratif lancé par l'Université de Corse, financé par le FEDER, et réunissant l'ensemble des acteurs en lien avec la protection et la gestion des milieux marins corses : la Station de Recherches Sous Marines et Océanographiques (STARESO), l'Office de l'Environnement Corse (OEC) et le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins Corse (CRPMEMC). Le but de ce projet est de développer des outils d'aide à la décision afin de mettre en place un modèle de développement durable des ressources halieutiques en Corse. Ce projet concerne 7 espèces dont le mérrou brun, le corb et le denti, réparties sur l'ensemble des littoraux corses.

Le MoPaMFish (Monitoring of Patrimonial Mediterranean Fishes) est un projet lancé début 2018, d'une durée de 3 ans. Ce programme, engagé par l'Université de Corse via la plate forme de Stella Mare et soutenu par l'Agence de l'Eau, vise à améliorer la connaissance sur le cycle de vie, le niveau d'abondance, le comportement et les habitats de nos 3 espèces indicatrices par recensement visuel en plongée et télémétrie acoustique. Ce projet est localisé uniquement sur l'aire du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate.

Le MoonFish s'intéresse plus au côté économique et halieutique des milieux marins, là où le programme MoPaMFish est plus centré sur le côté protection des ressources et gestion du Parc Naturel Marin. Ainsi ce stage se positionne à l'interface entre ces deux projets avec comme point commun l'étude des habitats essentiels des trois espèces d'intérêt.

Les populations marines ne se distribuent pas aléatoirement dans les écosystèmes et sont, au contraire, organisées dans l'espace et le temps. La distribution de ces populations résulte à la fois des conditions environnementales (facteurs externes) et de caractéristiques propres à chacune des espèces considérées (facteurs intrinsèques) (Legendre & Legendre, 2012). Les conditions idéales définissent la niche écologique de l'espèce qui peut se définir comme étant un volume à n-dimensions, chaque dimension correspondant à un facteur pertinent qui qualifie les conditions idéales c'est-à-dire celles permettant le maintien des fonctions essentielles (la survie, la croissance et la reproduction) de manière optimale de l'espèce considérée (Hutchinson, 1957). Un habitat se définit alors comme la projection géographique de cette niche écologique. Le CIEM définira plus précisément, en 2006, un habitat comme étant un environnement particulier distingué par ses caractéristiques abiotiques et ses assemblages biologiques associés fonctionnant à des échelles spatiales et temporelles spécifiques mais dynamique dans un secteur géographique reconnaissable (CIEM, 2006,

groupe de travail sur la cartographie des fonds marins). Les espèces marines se déplacent spatialement au cours de leur cycle de vie. Leur habitat est mouvant. A chaque stade de développement (larves, juvéniles, adultes) ou fonction du cycle de vie (reproduction, nutrition), l'habitat de l'espèce change et est caractérisé par un ensemble de facteurs correspondant à la fonction ou stade de développement auxquels ce site est dédié (Vaz, 2015). L'habitat essentiel est ainsi défini comme étant l'habitat nécessaire à l'accomplissement d'un stade de vie et donc à la survie et au rétablissement d'une espèce sauvage (Le Pape, 2005).

La modélisation des habitats vise ainsi à identifier ces facteurs. De nombreuses études ont été conduites sur d'autres espèces marines avec les mêmes objectifs. Différentes méthodes statistiques ont été développées en fonction des données disponibles : modèles linéaires généralisés (Le Pape *et al.*, 2007, Martin *et al.*, 2012), modèles additifs généralisés (Koubbi *et al.*, 2006, Zuur *et al.*, 2007) ou encore régression quantiles (Vaz *et al.*, 2008). Les études s'intéressant à la modélisation d'habitats construisent leurs modèles et identifient les facteurs essentiels en s'appuyant en règle générale sur des données quantitatives de captures (Martin *et al.*, 2012), de Captures par Unité d'Effort (CPUE) (Lehodey *et al.*, 1998), de densité (Vaz *et al.*, 2008) ou de présence/absence (Brodie *et al.*, 2015). Notre étude se distingue ici par son approche multi-sources. Aux données de captures quantitatives issues de la pêche utilisées dans la modélisation s'ajoutent des données empiriques récoltées directement auprès des pêcheurs professionnels mais également des pêcheurs récréatifs, plongeurs et chasseurs sous marins de l'île. Cette approche inédite permettra une confrontation de données quantitatives et qualitatives ayant pour but une confirmation et une identification plus précises des facteurs et des habitats. De plus, aucune étude sur les habitats des mérours, corbs et dentis n'a jamais été réalisée sur la zone du Cap Corse et de l'Agriate ni sur le reste des littoraux corses. Ce travail se démarque donc à la fois par le territoire étudié et par son approche multi-sources inédite.

Il y a un véritable manque de données spatiales sur ces espèces indicatrices. Ainsi nous pouvons nous demander : *Quels sont les habitats essentiels au développement du denti (Dentex dentex), du mérour brun (Epinephelus marginatus) et du corb (Sciaena umbra) où se localisent-ils sur les littoraux corses et quels sont les paramètres qui influencent la distribution de ces trois espèces indicatrices?*

Cette étude se décline en plusieurs étapes :

i) Une première approche sera consacrée à la construction d'un modèle d'habitat basé sur des données de captures et d'effort de pêche récoltées par des observateurs embarqués auprès des pêcheurs professionnels pour les trois espèces d'intérêt. Le stade de développement des individus (juvéniles/adultes) sera pris en compte et permettra d'identifier les facteurs d'influence et les zones essentielles

ii) Les données de captures seront complétées par des données empiriques récoltées auprès de l'ensemble des utilisateurs de la mer à l'aide de deux questionnaires issus des projets MoonFish et le MoPaMFish. Le deuxième axe de ces travaux sera consacré aux traitements de ces données empiriques sous SIG, afin de cartographier les habitats essentiels à l'échelle de la Corse puis à celle du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate.

iii) Une troisième partie de cette étude sera consacrée à une analyse statistique qualitative des données recueillies via les questionnaires. La finalité de ce projet est de regrouper l'ensemble des résultats obtenus afin de produire une carte générale des habitats essentiels la plus complète possible en Corse et plus particulièrement sur la zone du Parc Naturel Marin.

## II-Matériel et Méthodes

### 1. Zones d'étude

#### 1.1. La Corse

La Corse est une île française située au Sud Est de la métropole la partie Nord Ouest de la Méditerranée (42°N, 9° E). Sa superficie est de 8722 km<sup>2</sup> avec 1047 kilomètres de littoraux, ce qui représente plus de la moitié du total des côtes méditerranéennes françaises. Outre la diversité de ses paysages terrestres, la Corse est caractérisée par des littoraux et des fonds marins remarquables de part leur hétérogénéité. La façade Est, qui borde la région de plaine orientale, présente une pente légère, les 50 mètres de profondeur sont atteints à 6 kilomètres de la côte. A l'inverse, la façade occidentale est rocheuse et la descente est plus raide, les 50 mètres de profondeur étant observables dès 100 mètres au large (Augris & Clabaut, 2001). Outre des fonds marins rocheux et sableux, les littoraux sont marqués par une très forte concentration en herbiers, majoritairement de posidonies (Pasqualini, 1997) et présentent des reliefs plus remarquables comme des structures coralligènes ou encore des épaves devenues de véritables habitats pour la faune et flore environnante. L'activité de pêche en Corse est majoritairement artisanale, peu intensive. La flotte professionnelle est répartie sur l'ensemble du territoire corse sur les 4 prud'homies (Ajaccio, Balagne, Bastia et Bonifacio) (Figure 1). Il existe deux réserves naturelles avec emprise marine, celle des bouches de Bonifacio et la réserve naturelle de Scandola. Il existe aussi 8 cantonnements de pêches répartis sur l'ensemble du territoire Corse dans la limite des 3 milles nautiques. Sur ces cantonnements, la pêche (aussi bien professionnelle que récréative) et la plongée sont strictement interdites.



Figure 1 : Carte de la Corse et découpage en 4 prud'homies

#### 1.2 Parc Naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate (Agence des Aires Marines protégées)

Le parc a été créé par décret du 15 juillet 2016 (Décret de création n°2016-963, 2016). Ce parc couvre une aire de 6830 km<sup>2</sup> comprenant 225 km de côtes et 27 communes littorales (Figure 2), ce qui fait de lui le 8<sup>ème</sup> et plus grand parc naturel marin de métropole. Les objectifs globaux de ce parc marin sont de concilier préservation et protection des fonds marins et espèces qui en dépendent et maintien des activités socio-économiques inhérentes à la zone concernée. Le périmètre de ce parc a été choisi en fonction de ces prérogatives. Ainsi en termes de gouvernance, le PNM est doté d'un conseil de gestion de 46 membres représentant les différentes autorités et experts qualifiés. Le parc naturel couvre une zone où les enjeux sont particulièrement forts. Le Cap Corse et l'Agriate présentent une topographie variée avec de forts reliefs sous marins au nord (secs, monts sous marins), des canyons sur la côte occidentale, et se démarque par l'existence d'habitats et de structures remarquables: plus de 100 km<sup>2</sup> d'herbiers de posidonies, 112 km<sup>2</sup> d'associations à rhodolithes, 26 atolls de coralligène au nord du Cap Corse à 100 mètre de fond, plus de 20 grottes identifiées, etc...

Ce parc est fréquenté à la fois par des utilisateurs professionnels (72 licences de pêche professionnelle sur ce territoire, trajectoire des ferries et navires marchands en partance de Bastia) et par les utilisateurs récréatifs (associations et clubs de plongeurs, chasseurs sous marins et pêche de loisir).

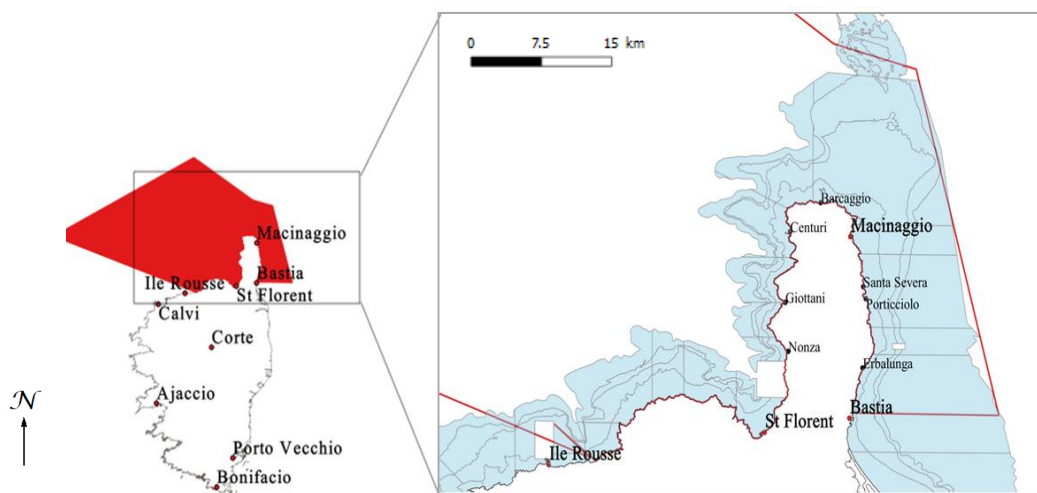


Figure 2 : Découpage du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate

L'étude est réalisée en deux parties, chacune portant sur la Corse mais à 2 échelles différentes : la première partie est réalisée sur l'ensemble de la Corse tandis que la seconde est centrée sur l'aire du Parc Naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate.

## 2. Recueil de données: approche multi-sources

### 2.1. Données de captures

#### 2.1.1. Campagne scientifique STARESO

Cette base de données halieutiques a été collectée par la STARESO après financement tout d'abord par l'Office de l'Environnement Corse (OEC) puis DPMA puis sur fonds propres. Entre 2009 et 2015, des campagnes scientifiques sont réalisées chaque année afin de recueillir des données de capture sur les espèces des littoraux corses dont le corb, le mérou et le denti. Ces données de captures ont été recueillies par des observateurs scientifiques embarqués, en collaboration avec les pêcheurs professionnels. L'échantillonnage a été effectué sur des navires de pêche choisis aléatoirement (96) et opérant sur les ports(31) et zones de pêches principaux des littoraux corses. Au total, 800 embarquements ont été effectués répartis sur 557 jours d'observations. Différents engins de pêche sont utilisés : filet poisson, filet, langouste, palangre, filet poisson/langouste, nasse. L'échantillonnage a été effectué selon 6 strates halieutiques: Ajaccio Valinco, Calvi St Florent, Cap Nord, Plaine, Porto Sagone, Sud (*Figure 3*). Ces zones ont été choisies car chacune est caractérisée par des critères géomorphologiques différents et reconnus (Père, 2012). Les 6 zones ont-elles-même été subdivisées en 255 secteurs de pêche différenciés selon leur bathymétrie et les éléments remarquables qu'elles présentaient. Des caractéristiques plus techniques comme la longueur du filet le temps d'immersion sont également indiquées pour chaque échantillon.

#### 2.1.2. Données d'embarquement Marte+

Dans le cadre du projet Marte+, une campagne d'échantillonnage a été menée dans la prud'homie Bastia-Cap Corse d'avril à novembre 2012. Cette base de données regroupe les données de suivi de pêche récoltées par des observateurs embarqués ou non (débarquement)

sur 8 navires de pêche différents. 5 ports ont été échantillonnés pour un total de 37 jours de sorties. 5 engins différents ont été répertoriés durant cette campagne : palangre, nasse, filet poisson, filet langouste, filet poisson/langouste. Les caractéristiques de l'engin utilisé, comme la longueur totale du filet sont précisées ainsi que les temps et profondeurs de cale moyens. L'échantillonnage a été effectué selon 60 zones prédéfinies.

### *2.1.3. Données récoltées par l'Office de l'Environnement Corse (OEC)*

Cette base de données a été financée par l'OEC. Les campagnes d'échantillonnage ont été menées en 1993 (données de débarquement) puis chaque année de 2004 à 2008 et de 2011 à 2013 entre avril et août (embarquement). 59 espèces différentes ont été échantillonnées et seules les données sur le mérou, le corb et le denti ont été conservées. Cet échantillonnage a été effectué exclusivement sur la prud'homie de Bonifacio. L'aire d'étude est divisée en 7 sous-zones dont 6 en eaux françaises et 1 en eaux internationales (frontière italienne). Les données sont présentées directement sous forme de CPUE exprimées en gramme par jour de pêche (24 h) par pièce de filet (50 mètres). Ainsi pour chaque jour d'échantillonnage est indiquée la capture par unité d'effort totale par espèce sans distinction de taille. Les caractéristiques techniques du navire d'échantillonnage et des engins de pêche utilisées sont rentrées dans cette base de données : longueur du filet (mètres), profondeur (mètres) et temps de cale (jour).

## *2.2. Données empiriques issues de questionnaires*

### *2.2.1. Questionnaire projet MoonFish*

Le projet MoonFish se découpe en 5 Work Packages (WP). Cette étude concerne le WP1 centré sur l'acquisition de connaissances. Dans ce cadre, il a été décidé de procéder, en complément des données de captures, à une récolte de données empiriques, via une approche par questionnaire.

Le questionnaire Moonfish a été élaboré par Christelle Paillon (UMR SPE/UMS Stella Mare) en collaboration avec Anthony Père (CRPMEM). Il vise les pêcheurs professionnels des quatre prud'homies corses impliqués dans la pêche des 7 espèces d'intérêt du programme. Ce questionnaire a été construit de manière à recueillir le plus de données possibles. Une première partie est consacrée à la pratique de la pêche (efforts de pêche, déroulement des sorties). Une deuxième partie regroupe huit questionnaires identiques, un par espèce étudiée et un questionnaire sur l'état général de l'écosystème. Cette partie s'intéresse aux caractéristiques biologiques des espèces (comportements, zones d'intérêt, etc...). Enfin une troisième partie est consacrée à la perception du milieu par les pêcheurs professionnels. Deux cartes ont été incluses afin d'être complétées directement par les pêcheurs interrogés en y entourant ses zones de pêches et les zones reconnues comme importantes pour les espèces étudiées. Pour cette étude, seules les deux premières parties seront étudiées.

### *2.2.2. Questionnaire projet MoPaMFish*

Dans le cadre du programme MoPaMFish, un questionnaire a été élaboré lors de ce stage s'inspirant du questionnaire MoonFish afin de recueillir des données similaires et faciles à regrouper. Ce questionnaire cible trois catégories d'usagers de la mer hors pêcheurs professionnels : les plongeurs, les pêcheurs récréatifs et les chasseurs sous-marins. Seules les parties « Biologie » et « Effort » ont été reprises du questionnaire MoonFish et les questions adaptées à l'audience ciblée. Ainsi trois questionnaires différents ont été mis en place, un par type d'activité. Une carte du Cap corse et de l'Agriate est incluse, à remplir directement par les personnes interviewées.

La partie effort de pêche regroupe des questions sur les habitudes de pratique de chaque activité et une partie non présente sur le questionnaire MoonFish concernant la perception du PNM. La partie « Biologie » est divisée en quatre questionnaires : trois similaires concernant chacun une espèce, et un traitant de l'état général de l'écosystème.

### 2.2.3 Distribution du questionnaire

- Moonfish

La distribution du questionnaire a été effectuée par le CRPMEM de février à juin 2018. La durée moyenne nécessaire pour compléter un questionnaire est d'une heure. La présence d'un interviewer en face à face est obligatoire. Un entretien par téléphone n'est donc pas envisageable. Le questionnaire vise si possible 75% des pêcheurs professionnels présent en Corse. La distribution s'est effectuée par prud'homie (Ajaccio, Balagne, Bastia, Bonifacio).

- MoPamFish

Après une première phase de test, la distribution des questionnaires a été effectuée d'avril à juin 2018. Une demi-heure est nécessaire pour compléter les questions. Un entretien en face à face est obligatoire. Cette distribution ne concerne que la zone du Cap Corse et de l'Agriate allant de Bastia à l'Île Rousse. L'objectif est d'interroger le maximum de personnes possédant une solide connaissance du milieu étudié. Les cibles principales sont les résidents corses à l'année et très expérimentés : les plongeurs représentants de structures privées ou associatives, les chasseurs reconnus (clubs d'apnée, magasins de chasse sous marine) et les pêcheurs récréatifs de longue date. Ainsi le but étant de collecter les données les plus fiables possibles, l'objectif a été fixé à une vingtaine de questionnaires par type d'activité

### 2.2.4. Saisie des données

Les réponses aux questionnaires sont saisies sous google forms à partir desquels sont générés automatiquement des tableaux excels. Les zones complétées sur les cartes sont saisies sous forme de couches (une couche par espèce) sous Qgis (version 2.18). Chaque zone est identifiée par un numéro désignant la personne interrogée.

## 3. Analyse des données

### 3.1. Standardisation des données

L'étude est basée sur une approche multi-sources visant à regrouper des données issues de différentes origines afin de produire une analyse la plus complète possible. Les bases de données n'ont pas été construites selon les mêmes critères et certaines informations n'ont pas été reportées dans tous les jeux de données. Ainsi seules les données nécessaires et communes au trois jeux de donnée ont été gardées. Ces données n'ont jamais été mises en commun, une réorganisation et une standardisation (taille, poids, etc...) ont donc été nécessaire afin de créer une base générale les regroupant et ainsi les traiter simultanément.

#### 3.1.1. Catégories de taille

Les tailles des individus n'ont pas été reportées de la même façon suivant le jeu de données. Il a été décidé de standardiser les données en regroupant les individus en trois classes de taille : petit, moyen et grand (*Tableau 1*). Les limites de ces classes de tailles ont été établies en se basant sur celles prédéfinies dans le jeu de données STARESO, elle-même établies en prenant en compte le cycle de vie des espèces étudiées (Chauvet, 1988, Zabala *et al.*, 1997, Morales-Nin & Moranta, 1997, Chakroun-Marzoul & Ktari, 2003)

Tableau 1 : Catégories de taille retenues

	Petit	Moyen	Grand
Denti	[0-40[	[40-60[	[60-80]
Mérou	[0-47[	[47-93[	[93-140]
Corb	[0-35[	[35-55[	[55-75]

Les individus classés comme petits sont considérés comme juvéniles et les moyens et grands comme adultes reproducteurs en se basant sur la taille de maturité. Le mérou étant hermaphrodite protogyne, il est considéré que les individus moyens sont des femelles et les grands, des mâles.

### 3.1.2. Calcul du poids moyen (Tableaux 2 & 3)

Des poids moyens par classe de taille ont été calculés en grammes à partir des clés taille/poids de chaque espèce tel que  $Poids (g) = a \times taille^b$

Tableau 2 : Coefficients a et b clé taille/poids

	a	b
Denti	0,011	3,06
Mérou	0,0127	3,085
Corb	0,0055	3,23

Tableau 3 : Moyenne des poids par classe de taille

	Petit	Moyen	Grand
Denti	597,2	2779,1	7651,5
Mérou	167,8	5279,6	26404,9
Corb	203,4	1061,1	2981,9

### 3.1.3. Zones de pêches

Pour chaque jeu de données, la zone d'échantillonnage est différente. Seules les données STARESO concernent l'ensemble du territoire. Les données Marte+ et OEC sont concentrées respectivement sur la prud'homie de Bastia et celle de Bonifacio. Le découpage OEC a été le premier créé (Figure 3a) mais les échantillonnages suivants ne l'ont pas suivi. Les 60 zones utilisées dans le projet Marte+ ne recoupent donc pas celles de l'OEC (Figure 3b). Par contre, la STARESO a repris ces 60 zones mais en les subdivisant en 255 aires suivant la bathymétrie (Figure 3c).

La modélisation a pour but de prévoir la distribution spatiale des espèces. Or le découpage en sous zone est trop précis pour pouvoir être pris en compte en tant que variable explicative (le nombre de degré de liberté est trop important pour obtenir un modèle à capacité prédictive correcte).

Il a été décidé afin de faciliter le regroupement des données et de pouvoir inclure la variable explicative zone dans notre étude de découper la Corse selon les 6 strates halieutiques Ajaccio, Calvi, Cap Nord, Plaine, Porto et Bonifacio (Figure 4) (Père, 2012). Ces 6 strates ont été définies par rapport aux différentes caractéristiques géomorphologiques particulières qu'elles présentaient (différence de profondeur et de type d'habitats).



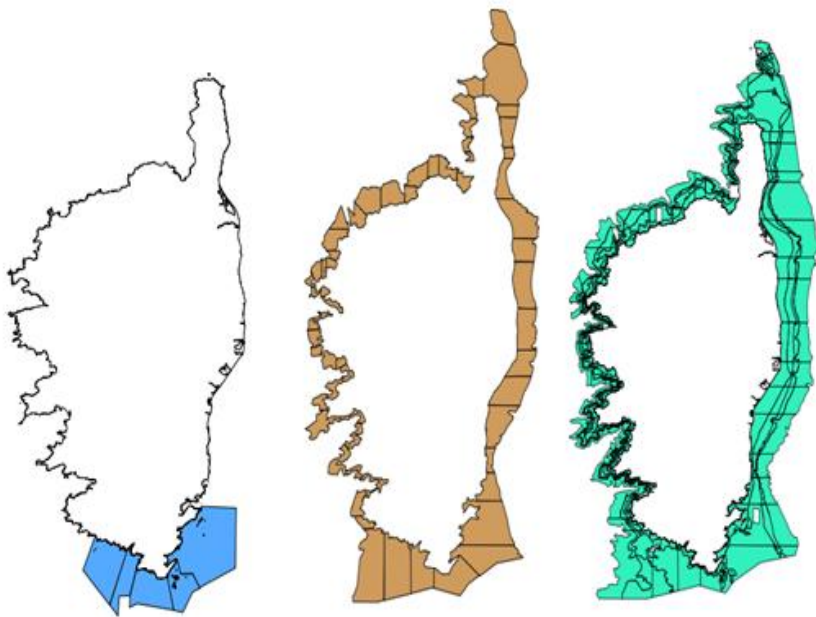


Figure 3 : Découpage des littoraux corses en fonction des jeux de données. a) Découpage OEC (5 zones), b) Découpage Marte+ (60 zones), c) Découpage STARESO (255 zones)

#### 3.1.4. Profondeur

Des classes de profondeur ont été établies allant de 0 à 100 mètres et plus, soit 5 classes de 20 mètres et la dernière de 100 mètres et plus.

#### 3.1.5. Captures Par Unité d'Effort

Les CPUE ont été calculées à partir du poids nets en poisson obtenus (conservés et rejetés) et du nombre d'individus capturés. Les CPUE calculées sont exprimées en gramme net par section de 50 mètres par jour et en individus par section (50 mètres) par jour. Cette unité a été choisie car étant utilisée dans la base de données OEC.

$$CPUE = \frac{\text{Poids (g)}}{\text{filet (50 m)} \times \text{temps (jour)}}$$

Les trois espèces sont traitées séparément, soit trois jeux de données au total regroupant les mêmes facteurs (ANNEXE III) Les données utilisées dans cette étude sont des valeurs de captures par unités d'effort

### 3.2. Développement des modèles d'habitats

Les modèles linéaires généraux (GLM) associés aux systèmes d'information géographiques (SIG) sont communément utilisés pour la cartographie d'espèces aquatiques d'intérêt. Les GLM sont particulièrement adaptés à l'analyse de la réponse des espèces aux changements environnementaux et donc à l'identification des facteurs caractéristiques de leurs habitats essentiels. Notre étude utilise des données récoltées lors de sorties de pêche professionnelle donc pas forcément distribuées normalement. La flexibilité des GLM pallie à ce problème. Les jeux de données par espèce présentent une très forte discontinuité entre les valeurs nulles et celles positives. Etablir un modèle unique basé sur les CPUE avec un jeu de données contenant une telle proportion de zéros n'est pas envisageable. Cette distribution de données inégale suggère ainsi une approche par un modèle delta en 3 étapes (Le Pape *et*

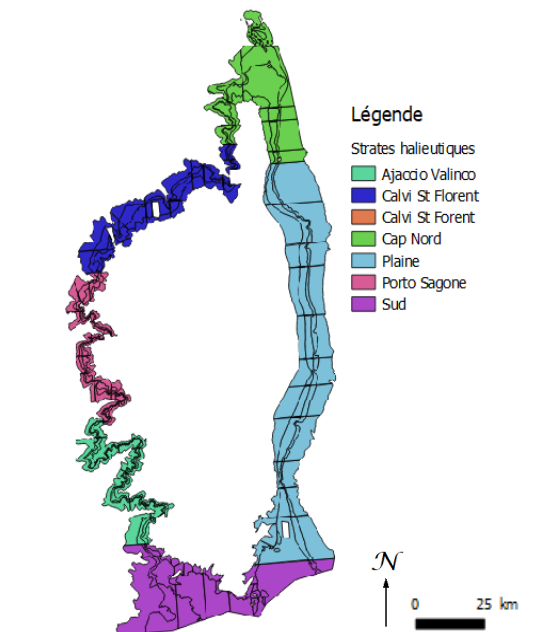


Figure 4 : Découpage des littoraux corses par strates halieutiques (Pere, 2012)

al.,2003, Lauria *et al.*, 2011). Une première phase consiste à construire un modèle binomial de présence/absence qui utilise l'ensemble des données positives et nulles. La deuxième étape repose sur l'élaboration d'un modèle de prédiction des densités (CPUE) utilisant seulement les données non-nulles. Ces deux modèles sont ensuite réunis pour en former un modèle DELTA.

Cette démarche est tout d'abord réalisée sans prendre en compte le stade de développement. Ce sont les modèles globaux soit trois modèles, un par espèce. Dans un deuxième temps la distribution des juvéniles puis des reproducteurs est modélisée, soit 3 modèles par espèce. Pour chaque modèle seules les données STARESO sont utilisées dans un premier temps. Une deuxième phase consiste à rajouter les données OEC et Marte +.

La modélisation a été effectuée en utilisant le logiciel R (64 bits, version 3.3.3). Le packages *MASS* (Venables & Ripley, 2002), *lattice* (Sarkar, 2008), *mgcv* (Wood *et al.*, 2016), et *ggplot2* (Wickham, 2016) sont utilisés dans cette étude.

### 3.2.1. Exploration des données et choix des variables

Une première analyse des données de captures est effectuée a consisté à cartographier les captures par unité d'effort moyenne par zone à l'aide du logiciel Qgis (2.18). L'effort de pêche par zone est également représenté.

Le choix des facteurs explicatifs est essentiel dans la construction d'un modèle solide. Le tableau ci-dessous regroupe les différentes variables disponibles.

Tableau 5 : Variables explicatives

Variable	Type	Remarque
Année	Qualitative	
Saison	Qualitative	Hiver, printemps, automne, été
Bathymétrie	Qualitative	Classe bathymétrique
Strates halieutiques	Qualitative	Ajaccio Valinco, Calvi St Florent, Cap Nord, Porto Sagone, Sud
Sable	Quantitative	% sable dans la zone
Posidonie	Quantitative	% posidonie dans la zone
Substrat dur	Quantitative	% substrat dur dans la zone

Les pourcentages en substrat ont été calculés à partir des surfaces en hectares présentées dans la thèse de Vanina Pasqualini (1997). La profondeur est reportée sous forme de classes de 20 mètres allant de 0 à 100 et plus. Les 6 strates halieutiques sont celles utilisées dans le jeu de données STARESO et défini par Anthony Père (2012).

Au total, 7 variables explicatives sont utilisables dont 4 qualitatives et 3 quantitatives. Le nombre de variables assez important peut poser problème dans la recherche du modèle optimal. Ainsi la réduction du nombre de variables est nécessaire. Cette réduction est effectuée selon des critères statistiques ou écologiques. Le but de l'étude est de définir des habitats essentiels globaux et non de retracer l'évolution de ces habitats. Ainsi le facteur année est éliminé pour les 3 espèces. Le choix des substrats à inclure dans l'étude s'effectue sur des critères écologiques. Les relations entre les variables qualitatives et la présence/densité en individus des 3 espèces sont ensuite étudiées. Cette exploration des données (pairplots, histogrammes, boxplots) permet de poser des hypothèses sur les résultats et donc de désigner

les variables intéressantes ou non. Les facteurs gardés peuvent être différents selon les espèces et leur stade de développement.

### 3.2.2. Modèle présence/absence

Une colonne Présence/Absence est construite. Si le nombre d'individus recensés dans la ligne est supérieur à 0, la valeur associée est 1(présence), sinon 0 (absence). La variable *Présence* suit donc une distribution binomiale, de fonction lien *loggit*.

Une ANOVA (test du Chi<sup>2</sup>) est effectuée afin de tester la significativité des variables incluses dans le modèle. Une variable est considérée comme significative au seuil des 5% c'est-à-dire pour une p-value<0,05. Un step AIC est ensuite conduit afin de confirmer et sélectionner le modèle le plus pertinent. Le modèle est considéré comme optimal pour un critère de réduction d'Akaike (AIC) minimal.

L'hétérogénéité et la normalité des résidus du modèle sont étudiées en traçant le graphe des résidus de Pearson et le qq plot des résidus de déviance standardisés. Le graphique de la distance de Cook est utilisé comme indicateur des valeurs extrêmes. Il est nécessaire de tester le modèle binomial avant de le valider. La fonction d'efficacité du récepteur (communément appelée courbe ROC) (Guisan & Zimmermann, 2000) permet d'évaluer le compromis entre sensibilité et spécificité de la prédiction. Ce test est considéré comme valide si l'Aire Sous la Courbe (AUC) > 0,75 et p-value<0,01.

### 3.2.3. Modèle CPUE à valeurs positives

La première phase de modélisation concerne l'identification de zones d'intérêts mais sans prendre en compte la notion de densité. Cette deuxième approche vise à combler ce manque en utilisant directement les Captures Par Unité d'Effort (CPUE). Les CPUE sont calculées comme indiqué dans le paragraphe précédent. Les données nulles sont supprimées (fonction subset) pour ne travailler que sur les valeurs positives.

La normalité des données est testée en traçant le qqplot de la CPUE moyenne en fonction de la bathymétrie. Il n'est pas nécessaire de tracer le graphe pour l'ensemble des variables explicatives une seule suffit à prouver la normalité.

Afin de choisir la distribution de probabilité correspondant le mieux aux données, la relation moyenne (mu) et la variance (var) est examinée. Trois possibilités sont testées énoncées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Distributions de probabilité adaptées en fonction de la relation moyenne/variance

Relation moyenne/variance	Mu=constante	Var=mu	Var=mu <sup>2</sup>	
Distribution de probabilité	Gaussienne	Poisson	Gamma	Gaussienne log-transformée

Pour la suite, il est nécessaire d'indiquer ici que la relation moyenne variance est de type var=mu<sup>2</sup>. Trois modèles sont testés : une loi gamma de fonction lien inverse, une loi gamma de fonction lien log et une loi gaussienne sur données log-transformées de fonction lien loggit.

Pour chaque modèle une ANOVA utilisant un test du Chi<sup>2</sup> et un step AIC sont effectués. Les variables sont considérées comme ayant un effet significatif pour une p-value<0.05.

Le modèle choisit est celui présentant le critère AIC le plus faible. La déviance totale expliquée par le modèle est calculée à partir des résultats de l'ANOVA.

La normalité et l'homogénéité des résidus sont étudiées en traçant le graphique des résidus de Pearson et le qqplot sur résidus de déviance standardisés. Le graphique de la distance de Cook est tracé également afin de répertorier les individus extrêmes.

La capacité prédictive du modèle est évaluée en examinant la différence entre les valeurs prédites et celles observées. Le graphique des valeurs observées en fonction de celles prédites est tracé et permet d'évaluer qualitativement le modèle. Le modèle est considéré comme bon si les valeurs suivent la droite d'équation *valeurs observées*=*valeurs prédites*. Un test de corrélation de rang de Spearman est effectué. Ce test permet d'évaluer quantitativement le modèle en comparant valeurs prédites et valeurs observées dans deux échelles différentes (relation non-affine). Le test est considéré comme validé pour une p-value<0,05 et  $R_s > 0,01$  (Carpentier *et al.*, 2009). Le pourcentage de déviance expliqué par le modèle est également utilisé comme un indicateur de la qualité prédictive du modèle.

### 3.2.4. Modèle delta

Les deux modèles précédents sont réunis en un seul modèle delta. Les modèles binomiaux et CPUE ne sont pas à la même échelle, la correction de Laurent est utilisée pour pouvoir les réunir le but final étant d'obtenir un estimateur non biaisé d'un modèle linéaire basé sur un modèle log-transformé. Les données de prédiction finales du modèle sont obtenues en multipliant les probabilités de présence prédite par le modèle binomial par la densité estimée en cas de présence corrigée. L'équation finale du modèle delta obtenu est la suivante :

$$Y = Y_{0/1} \times e^{(\ln(Y_{cpue}))} \times e^{\sigma^2 (\ln(Y_{cpue}))/2}$$

$Y$  : Probabilités prédites par le modèle delta

$Y_{0/1}$  : Probabilité de présence prédite par le modèle binomial

$Y_{cpue}$  : CPUE prédites en cas de présence

$\sigma^2(\ln(Y_{cpue}))$  : Erreur standard du modèle CPUE

Les prédictions finales sont ensuite comparées aux CPUE observées lors de l'échantillonnage afin d'évaluer la capacité prédictive du modèle. Un test de Wilcoxon est conduit à l'aide du package *ResourceSelection* (Subhash, 2017). Ce test permet de déterminer l'existence d'une différence significative entre valeurs prédites et observées, le but étant que cette différence soit moindre, le modèle est validé pour un p-value>0,05 (Laurie *et al.*, 2011). En cas de non validation du modèle delta, seuls les résultats des modèles binomiaux seront utilisés.

## 3.3. Analyse des données empiriques issues de questionnaires

### 3.3.1. Analyse des réponses aux questionnaires

L'analyse des données empiriques des questionnaires a pour but de fournir des informations supplémentaires et explicatives pour notre étude sur le comportement des espèces et des utilisateurs de la mer. Les données des questionnaires sont qualitatives. La méthode la plus communément admise est une analyse statistique descriptive et explicative.

Les informations récoltées dans la partie « biologie » sur les trois espèces d'intérêt sont reportées sous Excel afin d'être exploitées graphiquement.

Une évaluation de la population totale concernée par ces questionnaires est réalisée. Le nombre total de personnes interrogées et le nombre d'individus par type d'activité seront comparés avec la population potentielle afin d'obtenir un pourcentage de participation. La qualité des réponses est testée en analysant la capacité des personnes interrogées à fournir des réponses fiables. Plusieurs critères permettent d'évaluer la fiabilité d'un individu : le nombre d'années de pratique en général et en Corse, la fréquence de sorties, la période de sortie et niveau de pratique (*Tableau 7*). Un individu est considéré comme fiable s'il respecte un nombre de critères supérieur à 3 sur les 5 énoncés.

*Tableau 7 : Critères d'évaluation de la fiabilité de réponse d'une personne interrogée*

	Non Fiable <span style="float: right;">→</span> Fiable			
Nombre d'année de pratique de l'activité	Moins de 5 ans	Entre 5et 10 ans	<b>Plus de 10 ans</b>	
Nombre d'année de pratique en Corse	Moins de 5 ans	Entre 5et 10 ans	<b>Plus de 10 ans</b>	
Catégorie	Amateur		<b>Professionnel</b>	
Période de sortie	Une partie de l'année		<b>Toute l'année</b>	
Fréquence de sortie	Moins de 5 fois/an	5 à 15 fois/an	15 à 25 fois/an	<b>Plus de 25 fois/an</b>

Une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) est utilisée pour évaluer l'influence de la fiabilité de l'individu et de l'activité pratiquée l'individu sur les données récoltées.

### *3.3.2. Cartographie des zones d'intérêt via SIG*

Les informations sur la bathymétrie de littoraux corses ont été récupérées via le site du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM). La bathymétrie a été récupérée sous forme de couches exploitables par Qgis et regroupe le tracé des côtes Corses et les isobathes de 0 à 200 mètres. Les types d'habitats ont été obtenus sous forme de couches établies de 2013 à 2015 lors de la campagne Carthamed par Andromède et la STARESO. Ces couches regroupent tous les types de fonds sur l'aire du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate.

Les cartes des questionnaires sont remplies directement par les personnes interrogées. Sur ces cartes sont inscrites les zones de sorties et les zones reconnues comme intéressantes (nourricerie, reproduction). Ces zones sont traitées par SIG (Qgis 2.18) et enregistrées sous forme de couche shapefile. Les zones répertoriées par le questionnaire MoonFish sont séparées de celles répertoriées par le questionnaire MoPaMFish, l'échelle étant différente. Ainsi 8 couches sont créées, 4 par questionnaire : distribution mérrou, distribution denti, distribution corb et zone de pêche. La fiabilité et qualité de cette cartographie est évaluée en mettant en parallèle zones de sorties et zones de distribution afin de vérifier la cohérence des données. Ainsi une zone citée qui recouvre intégralement la zone de sortie de la personne interrogée est éliminée.

Pour le questionnaire MoonFish, toutes les autres zones tracées respectant les critères énoncés ci-dessus sont gardées et considérées comme intéressantes. En effet du fait de l'importante aire d'étude (toute la Corse) et du fait que les pêcheurs professionnels possèdent des zones de pêche distinctes, il y a très peu de chance de retrouver des couches se superposant. Néanmoins en cas de superposition, la zone sera considérée comme d'autant plus intéressante car citée par plusieurs pêcheurs.

Pour le questionnaire MoPaMFish, la zone plus réduite (PNM) suggère la présence de couches superposées. Dans un premier temps, une carte d'occurrence est réalisée.

La carte fournie avec le questionnaire est subdivisée en sous-zones selon le découpage STARESO. Une sous-zone entourée par une personne prend la valeur de 1. Ainsi les zones les plus entourées sont considérées comme les plus intéressantes. Néanmoins, procéder par occurrence peut enlever de la précision, certaines zones entourées sur les cartes par les personnes interrogées ne recoupant la plupart du temps qu'une partie de la sous-zone ou ne prenant pas en compte les chevauchements de sous-zones. Ainsi dans un second temps, une union de chaque couche de polygones est réalisée afin d'obtenir l'ensemble des intersections. Il est considéré que plus les unions résultent d'un grand nombre d'intersections plus la densité est importante. Une zone est considérée comme intéressante et est gardée lorsqu'elle résulte de l'intersection de 10 polygones ou plus c'est-à-dire citée par au moins 15% des personnes interrogées en se basant sur une base de 60. Tous les individus ne sortant pas sur les mêmes zones il est difficile de proposer un pourcentage plus important.

## II-Résultats

Une première partie est consacrée à l'exploration des données de captures et aux modèles construits à partir de ces données. Une seconde partie est centrée sur l'analyse des données empiriques obtenues à partir des questionnaires.

### 1. Exploration et modélisation des données de captures

#### 1.1. Exploration des données de capture

##### 1.1.1. Échantillonnage (Figure 5)

Le nombre d'embarquement diminue au cours du temps, passant de 157 en 2009 à 62 en 2015 lors du recueil des données STARESO. Sont à rajouter les embarquements effectués dans le cadre des projets marte+ et OEC qui concerne respectivement les années 2012 et celles de 2011 à 2013. Le nombre d'embarquement par strates varie également beaucoup selon les années (10 embarquements dans la zone Porto Sagone en 2006 mais moitié moins en 2013 et 2015).

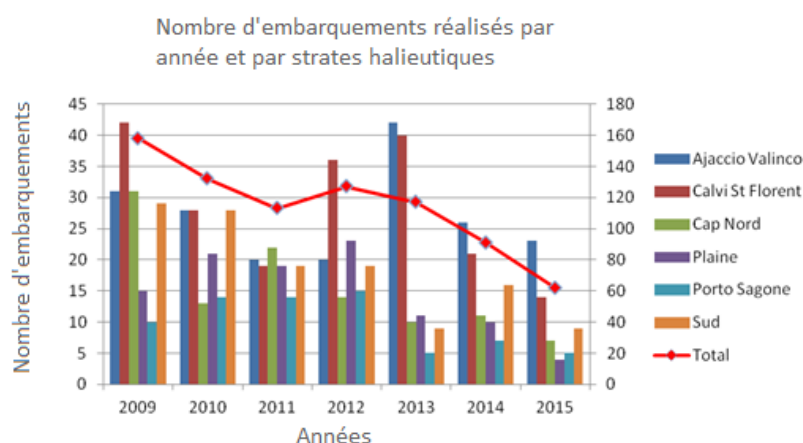


Figure 5 : Nombre d'embarquements réalisés pour le recueil du jeu de données STARESO en fonction de l'année et de la strate halieutique.

Le nombre d'embarquement n'est pas homogène selon les strates. La zone de Calvi St Florent a été la plus échantillonnée (200) au contraire de la zone Porto Sagone avec

seulement 70 échantillonnages. Les échantillonnages effectués dans le cadre des campagnes OEC et Marte+ ne concernent que les zones Sud, Cap Nord et Calvi St Florent.

### 1.1.2. Cartographie des données de captures par unité d'effort

L'effort de pêche moyen en fonction de la strate halieutique et des sous-zones a été calculé et représenté directement sous SIG. La carte ci-dessous (*Figure 6*) représente l'effort de pêche calculé en pièce de filet (50m) par jour. Les zones en quadrillage sont celles pour lesquelles il n'y a pas de données d'effort disponible (30% des 255 zones). Cette absence de données touche majoritairement les zones à fortes bathymétries et plus éloignées des côtes, la zone plaine étant particulièrement concernée avec plus de la moitié de sa surface.

La strate Sud est celle pour laquelle l'effort de pêche est le moins prononcé (26.97 50mfilet.jour). L'effort de pêche pour les autres régions oscille entre des valeurs 46,76 (Cap Nord) et 39,82 50mfilet.jour (Calvi St Florent). Néanmoins, une forte variabilité intra strate est observée avec seulement 4 à 6 sous zones par strates présentant un effort de pêche supérieur à 150 (*Tableau 8*). La zone Sud ne présente aucune zone avec un effort supérieur à 100 et est la plus homogène.

Tableau 8 : Effort de pêche moyen par strate halieutique

Strate	Effort (50m filet.jour)
Ajaccio Valinco	44,50
Calvi St Florent	39,82
Cap Nord	46,76
Plaine	40,30
Porto Sagone	41,56
Sud	26,97

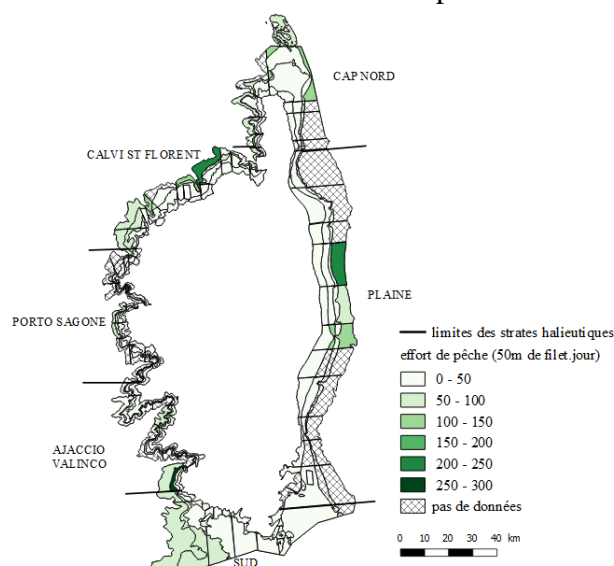


Figure 6 : Effort de pêche par zones (255 zones définies par la STARESO)

Les captures par unité d'effort (g/pièce de 50 m de filet.jour) ont été représentées pour chaque espèce globalement puis en fonction du stade de développement (adulte ou juvénile) (*Figures 7, 8, 9*). Pour les trois espèces, certaines zones présentant de fortes valeurs ressortent clairement. Les zones remarquables sont entourées en rouge sur les Figures 7, 8 et 9 ci dessous. Pour les mérus une zone similaire ressort à la fois chez les adultes et chez les juvéniles au nord ouest du cap corse près de Centuri. Pour le denti c'est également le cas avec une petite zone présentant des CPUE élevées dans la strate Calvi St Florent. Pour le corb, les zones de forte CPUE sont différenciées selon le stade de vie avec de fortes CPUE de juvéniles sur la strate Porto Sagone non retrouvées chez les adultes pour lesquelles de fortes CPUE sont retrouvées dans la zone Sud. Chez le mérus et le denti, il est également observé des zones d'intérêt différentes entre juvéniles et adultes. Les mérus juvéniles présentent une forte CPUE pour un ensemble de zones situées dans la strate Sud, non présente pour les adultes. Les dentis juvéniles et adultes présentent des zones à fortes captures dans la strate plaine mais ces zones sont localisées beaucoup plus au Sud pour les juvéniles. La partie Ouest du Cap Nord semble néanmoins redondante pour les trois espèces.

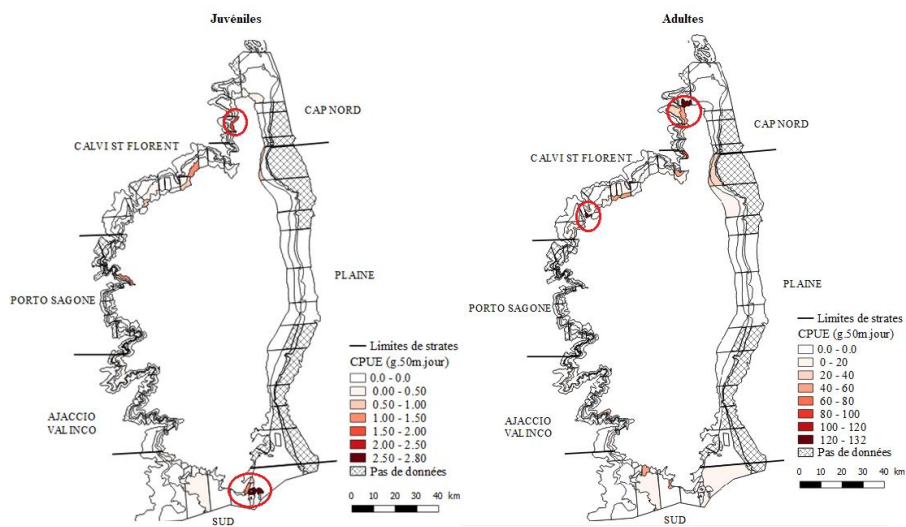


Figure 7 : Cartographie des captures par unité d'effort (g.50mfilet.jour) pour le mérrou.

a) Mérours juvéniles, b) Mérours adultes reproducteurs

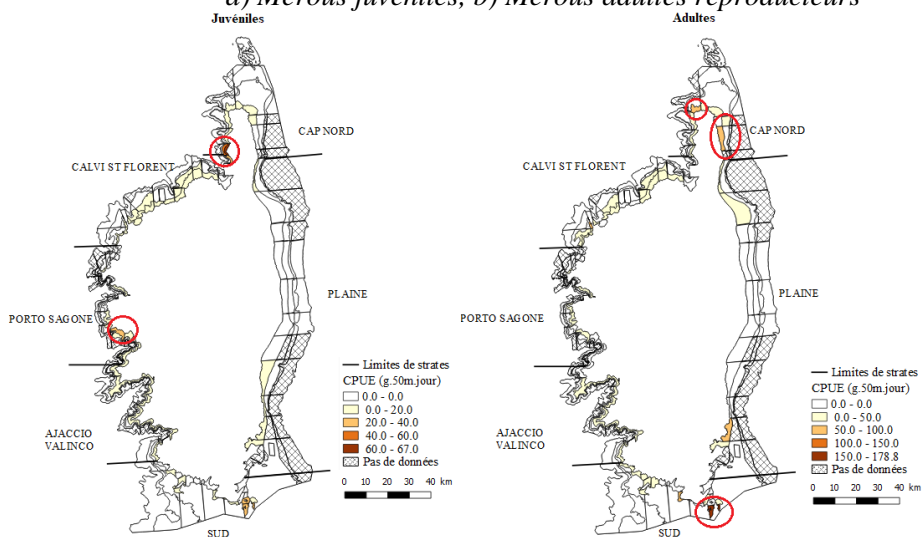


Figure 8 : Cartographie des captures par unité d'effort (g.50mfilet.jour) pour le corb.

a) Corbs juvéniles, b) Corbs adultes reproducteurs

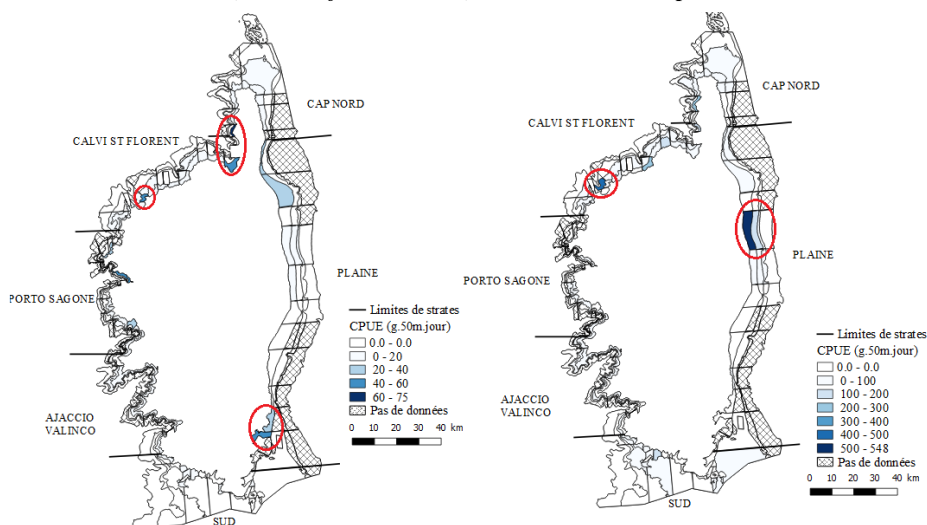


Figure 9 : Cartographie des captures par unité d'effort (g.50mfilet.jour) pour le denti.

a) Dentis juvéniles, b) Dentis adultes reproducteurs



D'autres cartes ont été réalisées en prenant en compte à la fois le stade de développement et la période de capture (hors ou pendant reproduction) mais sans réelles différences avec celles présentées ci-dessus.

## 1.2. Résultats de la modélisation

Sur les 24 modèles développés (ANNEXE VI) seuls les résultats des modèles global, juvénile et adulte pour chaque espèce utilisant les données STARESO seront étudiés dans cette partie. Les résultats obtenus pour la modélisation incluant l'ensemble des jeux de données et ceux basés exclusivement sur les adultes et période de reproduction et les juvéniles hors période de reproduction sont exposés en annexe mais ne sont pas exploitables.

### 1.2.1 Choix des variables à inclure dans le modèle

Trois variables quantitatives étaient disponibles : pourcentage en sable, pourcentage en roche et pourcentage en posidonie. Il a été décidé sur critère environnemental de ne garder que les pourcentages en roches et en posidonies. Les autres facteurs gardés (profondeur, zone et saison) sont tous qualitatifs.

L'étude des plans factoriels a montré que l'ensemble des interactions entre facteur était déséquilibrées et ce pour les 3 espèces. Il a été décidé de n'inclure aucune interaction de facteurs d'ordre 2 dans les modèles. Les histogrammes de présence/absence en fonction des facteurs (ANNEXES Va, Vb & Vc) ainsi que les graphiques de présence moyenne en fonction des facteurs montrent qu'il existe une influence de l'ensemble des variables qualitatives disponibles sur la fréquence d'occurrence. De même, les boxplots des moyennes de CPUE en fonction des variables qualitatives montrent qu'il existe une influence de ces facteurs sur les captures. Les facteurs retenus pour être inclus dans le modèle sont la saison, la zone, la bathymétrie, le pourcentage en posidonie et le pourcentage en roche.

### 1.2.2. Résultats des modèles binomiaux

- Résultats généraux

Le tableau ci-dessous (*Tableau 9*) regroupe les résultats obtenus pour les modèles présentant le plus petit coefficient d'Akaike pour chaque catégorie et chaque espèce. Seul le modèle établi pour les dentis adultes n'est pas validé car présentant un coefficient AUC <0,75.

*Tableau 9 : Résultats des modèles binomiaux développés pour les 3 espèces à partir du jeu de données STARESO avec les données globales puis par stade de vie (juvéniles, adultes)*

Espèce	JDD stareso	Coef StepAIC	Facteurs significatifs (% de déviance expliquée)	Déviance expliquée	
				totale	Test AUC
Corb	Global	2064,89	Profondeur(17,7%)+Zone(1,5%)+Saison(1%)+Posidonie(0,5%)	20,65%	0,82
	Juvenile	1468,45	Profondeur(16%)+Zone(1,6%)+Saison(0,7%)	18,30%	0,82
	Adulte	1163	Posidonie(11,4%)+zone(1,6%)+Saison(1%)+Profondeur(0,9%)	15%	0,81
Denti	Global	2377,09	Profondeur(5%)+Zone(3%)+Saison(0,6%)	8,60%	0,76
	Juvenile	1494	Profondeur(11%)+Zone(3%)+Saison(0,6%)	14,60%	0,8
	Adulte	1409	Saison(11%)+Zone(4%)+Profondeur(4%)	19%	0,74
Mérrou	Global	753,22	Profondeur(4,5%)+Posidonie(2,2%)+Roche(0,6%)	7,30%	0,76
	Juvenile	430	Profondeur(5%)+Posidonie(2%)	7%	0,75
	Adulte	454,7	Zone(5%)+Profondeur(4%)	9%	0,8

Pour les 3 espèces, les facteurs significatifs expliquant la probabilité d'occurrence sont différents selon leur stade de vie. Une ANOVA a permis de tester la significativité des facteurs gardés suite au stepAIC. Les facteurs présentés ici présentent une p-value inférieure à

0.05. Pour l'ensemble des modèles binomiaux validés, les résidus suivent une loi normale et sont homogènes (ANNEXE VIIa, VIIb & VIIc).

Le facteur profondeur a un effet significatif pour l'ensemble des catégories qu'importe l'espèce mais le pourcentage de déviance expliqué est différent selon l'âge. Le facteur zone est aussi globalement significatif excepté pour les mérours juvéniles. La saison influence significativement la probabilité de présence des corbs et dentis contrairement aux mérours. Le facteur posidonie est significatif pour les corbs adultes et les mérours juvéniles. Le pourcentage de roche a un effet sur la distribution des mérours sans distinction d'âge.

- Résultats par espèce et stade de vie

Au regard des résultats des modèles, la probabilité de présence des corbs juvéniles est plus forte pour entre 0 et 40 m, pour les adultes cette probabilité est plus importante pour les zones au-delà de 40 mètres. La déviance expliquée par le facteur zone est la même pour les juvéniles et les adultes mais les juvéniles ont une probabilité de présence plus élevée sur les zones Calvi St Florent/ Porto Sagone alors que celle des adultes est plus élevée dans la zone Sud.

Pour les dentis, le modèle juvénile est le seul à avoir été validé par le test AUC. Les résultats du modèle adultes ne sont pas pris en compte. Les sorties du modèle glm binomial indique une probabilité de présence plus élevée pour une profondeur comprise entre 20 et 40 mètres et pour les zones plaine et Porto Sagone. Les dentis juvéniles ont plus de chance d'être présents en été et printemps.

La distribution des juvéniles de mérours est positivement reliée à la présence de posidonie et sont plus généralement présent dans les zones peu profondes allant de 0 à 20 m. Au contraire, la probabilité de trouver des adultes à de telles profondeurs est très faible. La zone n'a pas d'effet significatif sur la présence des juvéniles mais influe sur les adultes, le modèle prédisant une probabilité de présence plus forte dans le Cap Nord.

### 1.2.3. Modèle à valeurs positives (CPUE)

Les modèles sur CPUE sont construits à partir des jeux de données pour lesquelles seules les valeurs de CPUE en cas de présence ont été gardées. Les graphiques des relations moyennes/variances montrent que pour toutes les espèces à tous stades de développement variance=moyenne<sup>2</sup>. Trois lois de distributions correspondant le mieux aux données ont été retenues et testées : loi gamma (fonction lien inverse), loi gamma (fonction lien log) et loi gaussienne sur données log transformées (ANNEXE VIII). Pour chaque espèce et chaque catégorie, le modèle présentant le coefficient d'Akaike minimal est celui utilisant une loi gaussienne sur données log-transformées. Le test de Pearson a permis de valider tous les modèles, les p-value renvoyées étant toutes inférieures à 0,05 les données prédites sont significativement semblables à celles observées (Tableau 10). Les résidus des modèles (annexe) sont homogènes et distribués normalement.

Tableau 10 : Résultats des modèles CPUE par une loi distribution gaussienne sur valeurs log-transformées développés pour les 3 espèces à partir du jeu de données STARESO avec les données globales puis par stade de vie (juvéniles, adultes)

Espèce	JDD stareso	Coef StepAIC	Facteurs significatifs	Déviance totale	Test de Pearson
Corb	Global	4522,104	Zone(10,5%)+Posidonie(0,7%)	11,20%	rho=0,32 (p<0,05)
	Juvénile	2193,86	Zone(15%)+Profondeur(7%)+Saison(3%)	26%	rho=0,56 (p<0,05)
	Adulte	2027	Zone(11%)+Posidonie(4%)	15%	rho=0,38 (p<0,05)
Denti	Global	5639	Zone(6%)+Profondeur(5%)+Saison(3%)	14,50%	rho=0,38 (p<0,05)
	Juvénile	2457	Zone(14%)+Profondeur(11%)	25%	rho=0,48 (p<0,05)
	Adulte	2860	Zone(15%)+Saison(8%)+Profondeur(8%)	31%	rho=0,58 (p<0,05)
Mérour	Global	1060	Zone (14%)	14%	rho=0,38 (p<0,05)
	Juvénile	269	Zone(24%)+Roche(8%)	32%	rho=0,42 (p<0,05)
	Adulte	618	Profondeur(30%)+Posidonie(5%)	35%	rho=0,6 (p<0,05)

Ces modèles construits à partir des captures par unité d'effort permettent de définir les facteurs ayant une influence significative sur la densité d'individus. Les captures se concentrant généralement sur les zones à forte densité d'individus comme les zones de reproduction ou les nourriceries, les variables identifiées comme significatives permettent de qualifier les habitats essentiels.

Pour les trois espèces à chaque stade de vie, la zone explique près de la moitié de la déviance totale du modèle (à l'exception du modèle mérou adulte). Chez les corbs adultes et juvéniles, les sorties des modèles font ressortir la zone d'Ajaccio Valinco avec des estimations de captures plus importantes. Pour les dentis, la zone Calvi St Florent pour lesquels les valeurs de captures par unité d'effort prédites sont les plus importantes. Le pourcentage de posidonie est significatif pour le modèle corb adulte et mérou adulte tandis que le pourcentage de roche influence significativement la densité en juvénile de mérou. La densité en dentis aux deux stades de vie ne semble pas être influencée par le substrat. Les saisons sont significatives seulement pour les corbs juvéniles et les dentis adultes mais n'expliquent qu'un faible pourcentage de déviance.

#### 1.2.4. Modèle delta

Les résultats des modèles binomiaux et à valeurs positives sont combinés après correction et comparés avec les observations. Pour l'ensemble des modèles, cette réunification des modèles n'a pas été concluante, les tests de Wilcoxon aboutissant pour chaque modèle delta à une p-value > 0.05. Les CPUE prédites sont significativement différentes de celles observées. La capacité prédictive des modèles étant mauvaise les résultats ne sont pas exploitables.

## 2. Analyse des questionnaires et cartographie des données empiriques

### 2.1. Echantillonnage final et évaluation des profils des personnes interrogées

Au total, 116 questionnaires ont été complétés.

- Pêcheurs professionnels

65 pêcheurs professionnels ont été interrogés sur les quatre prud'homies. 32% des pêcheurs interviewés évoluent sur la prud'homie de Bastia, pour 26% à Bonifacio, 22% en Balagne et seulement 20% à Ajaccio. Peu de pêcheurs professionnels ont complété la carte du questionnaire (7 pour les habitats mérou, 6 pour les habitats corb et 26 pour les habitats denti) (*Figure 10*). Plus des trois quarts des pêcheurs pratiquent leur activité depuis plus de 25 ans en Corse (*Figure 11b*). La totalité sort toute l'année (*Figure 11c*) et plus de 25 fois par an (*Figure 11a*).

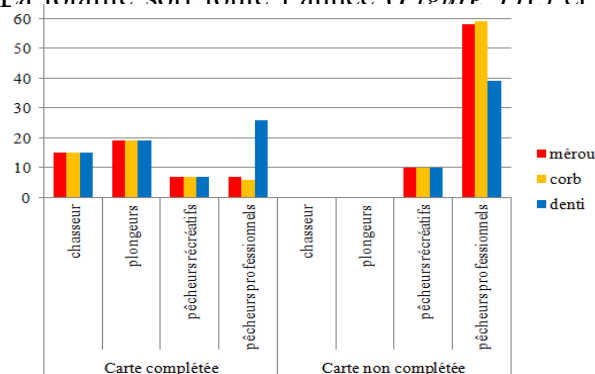


Figure 10: Nombre de cartes complétées selon l'activité

- Plongeur

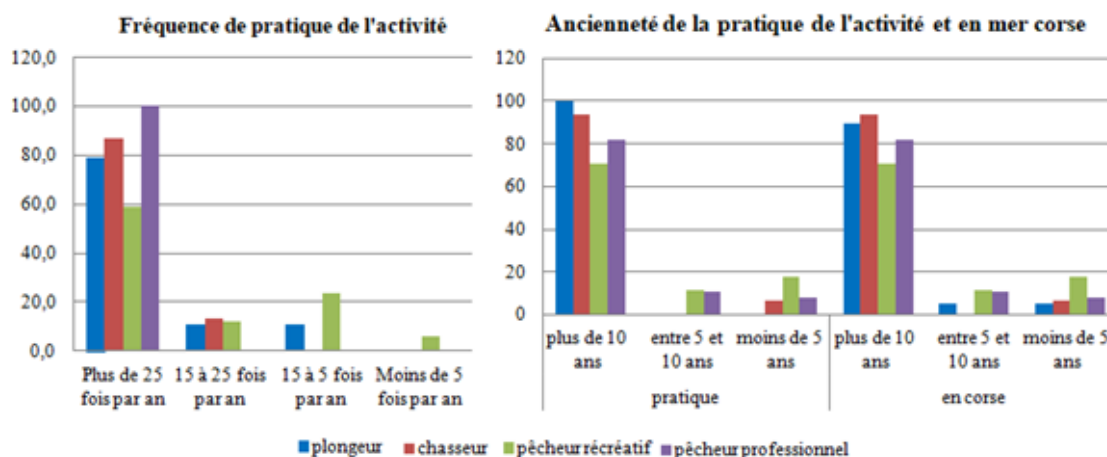
Tous les clubs (professionnels et associatifs) et écoles de plongée évoluant sur la zone du PNM ont été contactés soit 21 clubs. En moyenne, un club de plongée comprend entre 5 et 10 moniteurs plongeant régulièrement sur les mêmes zones aux mêmes moments. Il a ici été considéré qu'un questionnaire par structure était suffisant soit un objectif de 21 questionnaires. Quatorze clubs ont répondu aux questionnaires pour un total de 19 plongeurs dont 8 professionnels et 11 amateurs. L'ensemble des plongeurs interrogés pratiquent cette activité depuis plus de 10 ans et 90% plongent en Corse depuis plus de 10 ans (*Figure 11b*). Trois quarts d'entre eux plongent toute l'année (*Figure 11c*) et 79% plus de 25 fois par an (*Figure 11a*). Tous les plongeurs ont complété la carte du questionnaire (*Figure 10*).

- Chasseur

Les chasseurs sous marins ont été contactés via les deux clubs d'apnée de Bastia. 15 personnes ont été interrogées. Les chasseurs sous marins n'évoluant pas en structure officielle, il est difficile d'estimer un nombre de potentiel de personnes à interroger. Au cours des entretiens et après interrogation des magasins de chasse sous marine de la région, il a été estimé que le nombre de chasseurs potentiels intéressant pour cette étude était d'une trentaine. Sur 15 chasseurs, 14 pratiquent leur activité depuis plus de 10 ans en Corse (*Figure 11b*). 87 % chassent toute l'année (*Figure 11c*) et pour la totalité plus de 15 fois par an (*Figure 11a*). Tous les chasseurs ont complété la carte du questionnaire (*Figure 10*).

- Pêcheurs récréatifs

Les associations de pêche récréatives ont été contactées mais sans réponse de leur part. Les pêcheurs récréatifs ont été rencontrés et abordés directement dans les ports autour du Cap Corse (Toga, Macinaggio, Centuri, St Florent). Les interviews ont été menées, à l'exception de deux par le personnel de Parc Naturel Marin. Au total 17 pêcheurs récréatifs ont été interrogés. 70% des pêcheurs pratiquaient leur activité depuis plus de 10 ans et pour la totalité en Corse (*Figure 11b*). Seuls 59% des pêcheurs récréatifs interrogés sont pratiquant à l'année (*Figure 11c*) et sortent plus de 25 fois par an (*Figure 11a*). Seuls 7 pêcheurs ont rempli la carte du questionnaire (*Figure 7*).



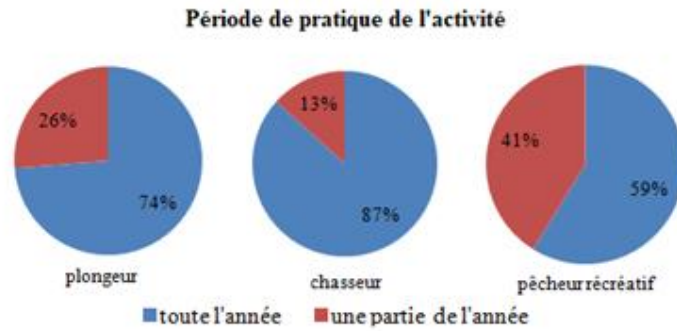


Figure 11: Caractérisation de la pratique des quatre activités (pêche professionnelle, pêche récréative, plongée et chasse sous-marine) sur la zone du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate, a) Fréquence de pratique de l'activité, b) Ancienneté de la pratique et en mer Corse), c) Période de pratique de l'activité

A noter que l'ensemble des chasseurs sous marins interrogés pratiquent également la plongée et qu'un tiers des plongeurs et chasseurs pratiquent également la pêche récréative. Les personnes interrogées ont été classées dans la catégorie correspondant à leur activité principale.

- Fiabilité des réponses et influence de l'activité sur les réponses

La fiabilité des réponses a été évaluée en fonction des critères énoncés dans la partie matériel et méthodes. Sont considérés comme fiables 66% des chasseurs, 58% des plongeurs et seulement 30% des pêcheurs récréatifs (Figure 12).

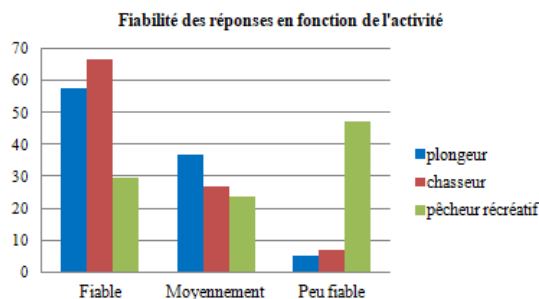


Figure 12 : Fiabilité des réponses en fonction de l'activité Fiable= 4/5 critères sur 5, Moyennement fiable= 3 critères sur 5, Peu fiable= Moins de 3 critères sur 5

Les pêcheurs professionnels n'ont pas répondu aux questionnaires concernant les espèces qu'ils jugeaient ne pas connaître. Ainsi les réponses sont considérés comme fiables.

D'après les résultats de des Analyses en Correspondances Multiples (ANNEXE X), il n'y a pas de différence significative entre les réponses suivant l'activité pratiquée et la fiabilité. Néanmoins, au regard des chiffres globaux la perception de l'évolution des populations est mitigée (ANNEXE XI).

## 2.2. Analyse des réponses sur la biologie des espèces

Les réponses empiriques des questionnaires ont été étudiées afin d'en retirer les principaux traits comportementaux des trois espèces étudiés et d'ainsi aider à l'interprétation des résultats précédemment présentés. Sont présentés ici les conclusions générales tirées de l'analyse des questionnaires.

### *2.2.1. Denti*

Les dentis sont le plus souvent observables à l'aube et au crépuscule (60% des réponses). Le printemps et l'automne ressortent comme périodes les plus favorables à l'observation ou à la pêche. Ces réponses coïncident avec celles données pour la période de reproduction puisque l'intégralité des réponses la situe entre avril et fin juin. Les juvéniles et adultes sont le plus souvent observés sur des zones à forts courants (13 personnes dont 6 pêcheurs professionnels) comprenant des herbiers et des roches, même si les dentis restent en pleine eau, sauf en hiver où une migration vers le fond a été observée, la température jouant un rôle important dans ces déplacements d'après 12 pêcheurs professionnels. Les profondeurs d'observation varient selon le stade de vie, les juvéniles étant majoritairement situés de 0 à 30 m et les adultes préférentiellement à partir de 20 mètres jusqu'à plus de 100 mètres de profondeur (8 pêcheurs professionnels). 39 pêcheurs professionnels ont mentionné l'existence d'une migration pour la reproduction. Toutes activités confondues, les personnes interrogées se rejoignent sur le fait que le nombre de dentis observés/capturés ainsi que la taille moyenne des individus sont en diminution.

### *2.2.2. Corb*

Sur 65 pêcheurs professionnels, 38 n'ont pas répondu au questionnaire sur le corb. En général, les corbs sont le plus souvent observés à l'aube, au crépuscule et la nuit et le printemps et l'été sont les saisons les plus favorables. Près de la moitié des personnes interrogées (professionnels et récréatifs) dépeignent le corb comme étant un animal discret et vivant dans un habitat mosaïque composé à la fois de roche à trous et d'herbier lui permettant de se cacher. Les juvéniles restent davantage dans la posidonie à des profondeurs comprises entre 0 et 20 m tandis que les adultes sont plus souvent localisés dans les habitats rocheux mais avec présence d'herbier entre 5 et 40 m. 24 personnes dont 10 plongeurs ont reporté l'importance des populations de corbs auprès des épaves au large de Bastia et 6 chasseurs, 1 plongeur, 3 pêcheurs récréatifs et 1 professionnel ont cité ces lieux comme étant de possibles zones de reproduction. La période de reproduction la plus fréquemment citée va de mai à juillet. Néanmoins 4 chasseurs et 1 pêcheur récréatif ont mentionné l'existence possible d'une deuxième période de reproduction en novembre. La perception de l'évolution des populations de corbs n'est pas la même selon l'activité pratiquée: les chasseurs ont tendance à considérer majoritairement que le nombre d'observation est resté identique alors que pêcheurs et plongeurs sont plus en faveur d'une augmentation. La proportion de personnes considérant le corb en diminution est similaire d'une activité à l'autre. La proportion de sans avis est néanmoins beaucoup plus élevée chez les pêcheurs.

### *2.2.3 Mérou*

La majorité des personnes (amateurs comme professionnels) interrogées rapportent que les mérours sont observables à n'importe quel moment de la journée ou de l'année. Les individus observés restent aux mêmes endroits année après année, principalement sur des fonds rocheux ou épaves présentant de nombreux trous et donc abris. Les réponses données ne semblent pas converger vers une profondeur moyenne, les adultes étant observés en zone très peu profondes (5 chasseurs et 4 plongeurs rapportent avoir observé de gros spécimens dans moins de 5 mètres de fond en été comme en hiver) comme très profondes (jusqu'à 80 mètres selon 3 pêcheurs professionnels). Les juvéniles sont rapportés à 'unanimité comme présents partout sur les littoraux corses à faible profondeur (entre 0 et 15 m) principalement dans les zones de roches et d'herbiers. Cette abondance est récente et la grande majorité des personnes ont noté une augmentation du nombre global de mérou avec une diminution globale de la taille moyenne donc une augmentation de la population de mérours bruns juvéniles.

## 2.3. Cartographie

Les réponses aux questionnaires ont abouti à la construction de carte sous SIG. Le questionnaire MoPaMfish ne concernant que la zone du Parc Naturel du Cap Corse et des Agriates, les premières cartes présentées se concentreront sur cette zone. Une cartographie des zones remarquables identifiées sur l'ensemble de la Corse via les réponses des questionnaires MoonFish sera présentée par la suite.

### 2.3.1. Zones d'intérêt à l'échelle de la Corse



Figure 13 : Carte des zones d'intérêt (MoonFish) en Corse

Les zones indiquées sur cette carte (Figure 13) sont le résultat des questionnaires proposés aux pêcheurs professionnels. Les zones indiquées sur l'aire du parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate recoupent celles définies par les pêcheurs récréatifs, plongeurs et chasseurs sous marins. Les zones inscrites ici sont majoritairement des zones reconnues par les pêcheurs comme zone de reproduction. Les données sont très inégales et à part entre espèce les couches citées ne se superposent pas puisque chaque pêcheur possède sa zone de pêche.

Des zones remarquables pour le denti se retrouvent tout autour des littoraux corses, tandis que les zones d'intérêt pour le corb sont localisées du côté de Calvi et de Bonifacio tandis que celles du mérrou se retrouvent dans le Cap Corse. Ces localisations particulières sont sans doute dues non seulement au faible taux de réponse pour le mérrou et le corb (respectivement 7 et 6 cartes complétées pour ces espèces) mais également au fait que les pêcheurs ayant répondu sont principalement localisés sur la prud'homie de Bastia et de Balagne.

### 2.3.2. Zones d'intérêt du PNM

- Cartes d'occurrence

La carte des occurrences totales (Figure 14) ci-dessous permet de visualiser à la fois les zones d'intérêt et la répartition des espèces (ANNEXE XIII).

Il apparaît que les zones les plus citées sont celles allant de 0 à 100 mètres de profondeur. Les zones les plus foncées sont localisées au sud-est du Cap Corse mais correspondent à celles où les sorties sont également les plus fréquentes (Figure 15) mais également aux zones où sont localisées de nombreuses épaves.

Les deux zones entourées en rouge ressortent plus particulièrement. Ce sont deux zones très citées, qui ne font pas parties des zones les plus fréquentées. Elles semblent riches à la fois en mérrou, en corb et en denti. La zone de l'Agriate à l'Ouest est également beaucoup citée par rapport à sa fréquentation mais plus particulièrement comme habitats

potentiels de mérous. En règle général, le mérou et le corb se retrouvent partout contrairement aux dentis qui sont cités de manière plus localisée notamment dans les zones de plus fortes profondeurs.

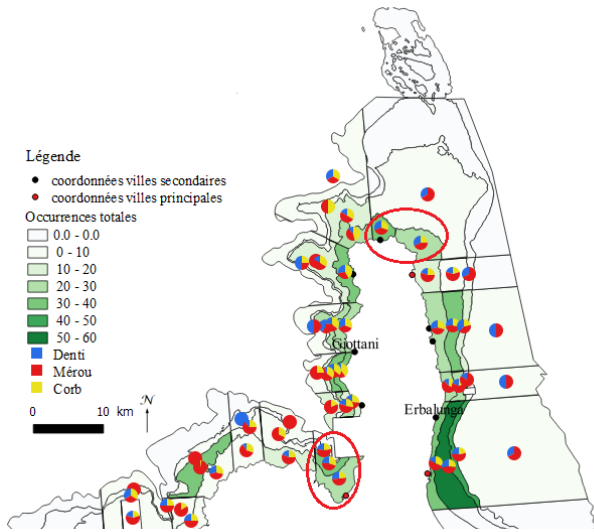


Figure 14 : Carte des occurrences totales et des espèces citées par zones.

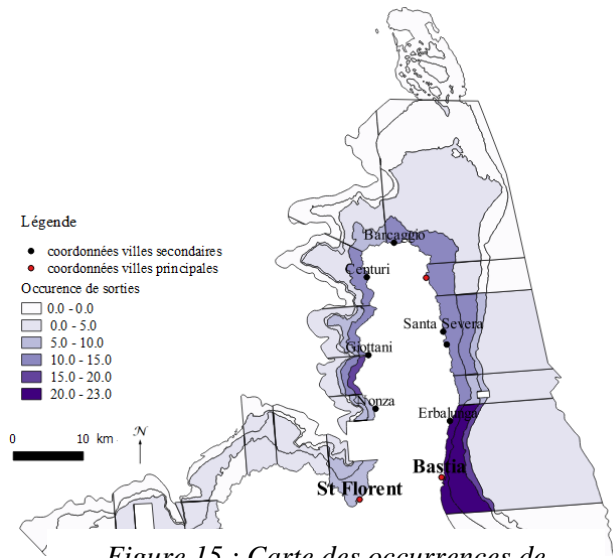


Figure 15 : Carte des occurrences de sorties

- Cartes de polygones

Les zones inscrites directement sur les questionnaires par les personnes interrogées ont été retranscrites sous Qgis sous forme de polygones. Sont présentées ici les cartes des zones d'intérêt déduites de l'intersection de l'ensemble des polygones par couche d'espèces (Figure 16).

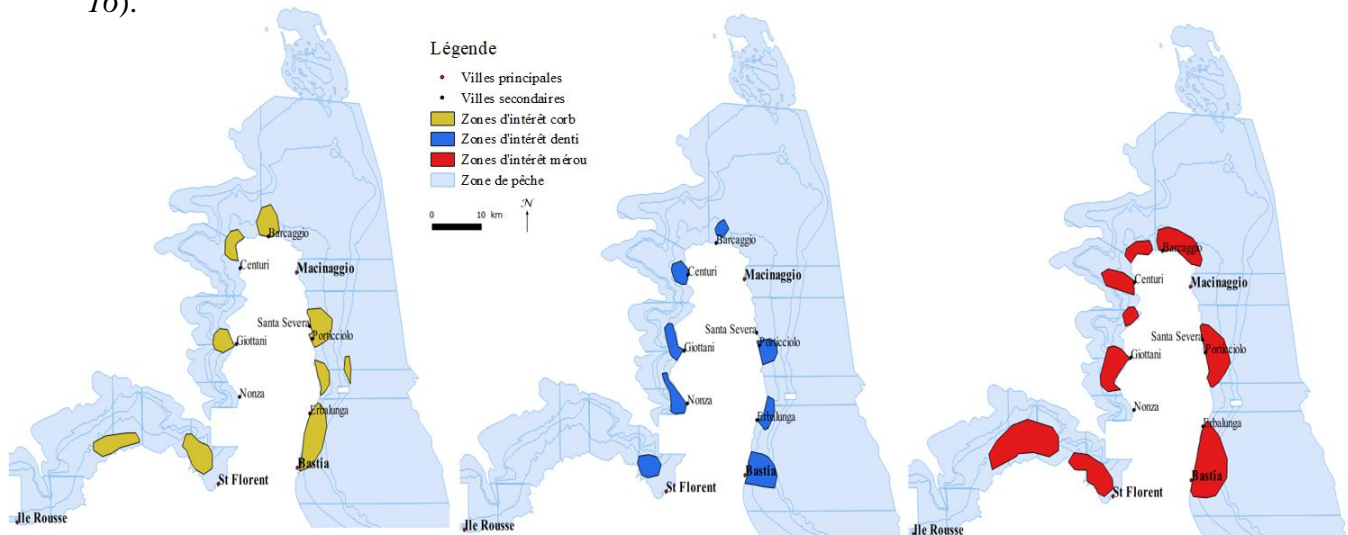


Figure 16 : Cartes des zones d'intérêt des 3 espèces étudiées réalisées à partir des réponses au questionnaire MoPaMFish sur l'aire du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate  
a) Corb, b) Dentis, c) Mérou

Comme pour les cartes d'occurrence, les zones répertoriées pour le mérou sont moins précises, le mérou semble être distribué tout le long des côtes. Pour les 3 espèces les zones entourées précédemment en rouge ressortent là aussi (Golfe de St Florent et nord du Cap). Il est à noter que les habitats d'intérêt semblent localisés principalement au niveau des pointes rocheuses et plus particulièrement des villes secondaires comme Barcaggio, Centuri, Giottani ou Porticciolo. Cette constatation est néanmoins fautive pour Macinaggio, la partie Nord Est du



Cap n'étant répertoriée comme zone d'intérêt pour aucune des trois espèces. Les zones d'intérêt se recoupent entre espèces, ce qui suppose que leurs habitats dans cette partie de la Corse sont globalement les mêmes pour les nourriceries et les zones de reproduction.

### III- Discussion

#### **1. Ensemble des approches utilisées pour mieux comprendre les habitats essentiels des trois espèces (corb, mérou et denti)**

##### 1.1. Habitats essentiels des trois espèces étudiées

Le regroupement de tous les résultats permettent de poser des hypothèses sur les facteurs caractéristiques des habitats des espèces d'intérêt selon leur stade de vie. La définition de ces critères est basée sur les résultats des modèles de présence/absence couplés aux données de densité de capture et sur les observations de savoir empiriques obtenues auprès des pêcheurs professionnels et récréatifs, des chasseurs sous-marins et des plongeurs.

Nous allons dans un premier temps discuter des habitats en ne décrivant que les zones d'intérêt par espèce puis dans une deuxième phase discuter de l'existence de zones d'intérêt plus globales communes aux trois espèces.

##### *1.2.1. Denti*

Le denti est une espèce non soumise au moratoire en vigueur pour les corbs et les mérours ce qui en fait une cible de choix pour les pêcheurs récréatifs et les chasseurs sous-marins. En outre, cette espèce est plus recherchée par les pêcheurs, cette constatation se vérifiant en observant les valeurs de captures par unité d'effort qui sont beaucoup plus forte pour le denti (jusqu'à 550 grammes par 50 mètres de filet par jour contre 180 et 130 respectivement pour le corb et le mérou). Ainsi nous pouvons considérer que les informations recueillies sont généralement plus fiables que pour les deux autres espèces. Une première analyse des captures montrent qu'une zone de forte densité en adultes et en juvéniles se situe à L'Est de Calvi. Cette zone a été également citée en tant que zone de reproduction par les pêcheurs professionnels. Ces résultats recourent ceux obtenus par Michel Marengo (2016) qui reconnaît la zone de Calvi Est comme étant riche en dentis matures. La strate Plaine ressort également avec de fortes captures de juvéniles dans la partie Sud de cette zone et de hautes densités d'individus adultes plus au Nord dans cette même strate halieutique. Le modèle de présence des adultes dentis n'est pas exploitable à la différence de celui des juvéniles. La distribution des juvéniles est effectivement corrélée à la zone avec de fortes probabilités de présence prédites sur la strate Plaine, ce qui est cohérent avec les résultats précédents, mais également sur la strate Porto Sagone et non Calvi St Florent comme nous pouvions nous y attendre. Néanmoins, la phase larvaire de cette espèce (entre 35 et 40 jours) est très dispersive (Koeck *et al.*, 2015), ce qui laisse envisager des zones de nourriceries variant dans le temps et l'espace.

Le critère bathymétrie explique 11 % de la déviance du modèle. Une profondeur comprise entre 20 et 40 mètres semble être la plus probable à la présence de dentis non matures selon le modèle, ce qui recoupe les profondeurs citées par les pêcheurs chasseurs et plongeurs qui situent les juvéniles de dentis entre 5 et 30 mètres.

En se basant seulement sur les réponses aux questionnaires, les dentis reproducteurs sont en moyenne retrouvés à des profondeurs plus basses et surtout plus variables entre 20 et 100 mètres. Ceci est cohérent avec les études conduites précédemment sur les côtes

espagnoles et corses qui situent le denti à des profondeurs pouvant aller jusqu'à 200 mètres (Ramos-Esplà & Bayle-Sempere, 1999, Marengo, 2017).

Le facteur température semble jouer un rôle particulier sur la distribution verticale de cette espèce d'après les témoignages pêcheurs professionnels et la littérature (Aspillaga *et al.*, 2017)

Aucun type de fond n'est retenu comme étant significatif sur la présence des juvéniles de dentis dans les modèles. Comme précédemment rien ne peut être déduit du modèle développé sur les individus adultes. Cependant, les juvéniles étant distribués à des profondeurs inférieures à 40 mètres près des côtes, leurs habitats sont le plus souvent composés de posidonies. En incluant les réponses issues des questionnaires, la présence de juvéniles semble également forte dans les zones rocheuses. Les personnes interrogées citent également les zones rocheuses comme étant propices à la reproduction des dentis ce qui concorde avec la littérature (Chemman-Abdelkader, 2004). En effet, les pêcheurs professionnels, dont le denti est une des proies principales, reconnaissent que les meilleures zones pour la capture de cette espèce restent les fonds rocheux notamment lors de la période de reproduction qu'ils citent tous comme étant le printemps. Cette saison de fraie observée est la même que celles définies par les études menées sur l'espèce (Marengo *et al.*, 2014). Le fait que ces types de fond ne ressortent pas forcément dans le modèle s'explique peut être par le mode de vie moins sédentaire et plus en pleine eau des dentis comparé aux mérours et corbs.

La zone à l'Est de Calvi semble posséder toutes les caractéristiques d'un habitat de reproduction. Elle présente des profondeurs variables (plus de 100 mètres) et une couverture à la fois en roche et en posidonies. Les nombreux témoignages des pêcheurs professionnels et la confirmation des résultats trouvés par la littérature semblent confirmer ce statut de potentielle zone de reproduction. Les juvéniles de dentis étant également nombreux à cet endroit nous pouvons également émettre l'hypothèse de l'existence d'une zone de nourricerie autour des 20 mètres de profondeur mais non stable dans le temps au vue de la forte dispersion larvaire de cette espèce (Koeck *et al.*, 2015).

### 1.2.2. Corb

L'ensemble des résultats sur le corb nous amène à considérer que cette espèce n'est pas distribuée équitablement sur l'ensemble des littoraux corses et que les habitats selon les stades de vie diffèrent. L'analyse des CPUE a conduit à l'identification de zones à fortes densités de captures regroupant adultes et juvéniles, localisées notamment à l'Est du Cap Nord. Une zone remarquable a été également observée dans le Sud Corse pour les adultes. Cette forte concentration proche de la réserve de Scandola est sans doute dûe justement à la présence de cette zone protégée (Harmelin, 2013). Une forte densité de juvéniles apparaît dans la strate Porto Sagone. Les modèles de présence/absence élaborés à partir de ces données de captures confirment qu'il existe une influence de la zone, ce facteur étant pour les populations juvéniles et adultes retenus comme critère significatif expliquant une grande part de déviance du modèle. Néanmoins, les zones possédant les probabilités de présence prédites par ces modèles les plus fortes sont Porto Sagone pour les juvéniles et Sud pour les adultes, la zone Cap Nord ne ressortant pas autant que lors de la première analyse des captures. L'ajout des résultats obtenus par interview des pêcheurs professionnels confirme la présence d'une zone d'intérêt sans doute de reproduction dans la zone Sud entre 0 et 50 mètres. Les questionnaires empiriques du projet MoPaMFish concentrés sur la zone du Cap Corse et de l'Agriate laissent néanmoins penser qu'il existe des zones intéressantes au niveau du Cap Nord. La zone située à l'Est du Cap, au Nord du cantonnement de Nonza a été fréquemment citée. Ces zones sont caractérisées par une profondeur allant de 0 à 50 mètres. Les réponses

aux questionnaires et les résultats des modèles permettent de préciser la profondeur. Les modèles renvoient des probabilités de présence plus fortes pour les juvéniles entre 0 et 40 mètres alors que les adultes sont prédits comme étant plutôt distribués sur des profondeurs supérieures à 20 mètres. Les questionnaires MoonFish et MoPamFish confirment cette gradation de la profondeur en fonction du stade de vie avec des profondeurs moyennes d'observation comprises entre 0 et 20 mètres pour les juvéniles et 5 à 40 pour les reproducteurs, ce qui de plus est raccord avec les études menées en Algérie (Derbal *et al.*, 2012)

La présence de posidonies est positivement corrélée à celle de corbs adultes suivant les prédictions du modèle de présence. Ni les posidonies ni la présence de roches ne ressortent comme ayant un impact significatif sur la distribution des juvéniles. Ces résultats ne sont pas cohérent avec la littérature ni avec les réponses aux questionnaires et zones remarquées par les utilisateurs de la mer. Harmelin (2010) et Derbal (2012) rapportent une présence de roches systématique respectivement sur l'aire du parc de Port Cros (Hyère, France) et sur les côtes algériennes. Les personnes interrogées lors de la phase questionnaire insistent beaucoup sur le fait que la présence de roches est nécessaire à la présence de corbs adultes et juvéniles. Les herbiers sont également cités comme étant l'habitat de base des juvéniles de corbs, notamment par les chasseurs et les plongeurs, les petits individus difficilement observable ayant tendance à s'y cacher immédiatement.

En résumé, une zone à la fois de nourricerie et de reproduction ressort à l'Est du Cap Corse à des profondeurs comprises entre 0 et 40 mètres avec des individus juvéniles plutôt localisés proche de la côte en eaux peu profondes dans des zones riches en herbiers et des adultes plus profonds, abrités dans des zones rocheuses. Une zone de nourricerie a été identifiée dans la région de Port Sagone et une de reproduction proche de la réserve de Scandola (strate Sud). Les corbs étant sédentaires (Harmelin & Ruitton, 2007), il est raisonnable d'imaginer que ces zones sont assez stables dans le temps.

### 1.2.3. Mérou

La modélisation a mis en évidence le fait que la zone ne joue pas un rôle significatif sur la distribution des juvéniles de mérou brun. Cette hypothèse est confirmée par les témoignages des utilisateurs de la mer qui rapportent en majorité une forte augmentation des mérous de petites tailles et ce sur l'ensemble des littoraux corses. Il est pertinent de poser l'hypothèse de l'apparition de zones de reproduction et de nourricerie qui n'existaient pas quelques années auparavant. Les zones de nourriceries semblent donc être dispersées sur l'ensemble du territoire à faible profondeur, le modèle rapportant une probabilité de présence forte dans la zone des 0 à 20 mètres. Cette profondeur estimée est confirmée par les témoignages des pêcheurs, plongeurs et chasseurs qui rapportent la forte concentration des juvéniles de mérous bruns dans des eaux peu profondes, autour des 10 mètres. De plus, la présence des mérous juvéniles est corrélée positivement à la présence de posidonies. En effet, les herbiers sont présents à des profondeurs comprises entre la surface et 40 mètres de profondeur (Pasqualini, 1997).

Le comportement des individus adultes est différent. Tout d'abord leur présence est corrélée positivement à la zone. La strate Cap Nord apparaît comme étant la plus propice à la présence des gros individus d'après les résultats des modèles. Une zone particulière du Cap Nord apparaît en regroupant la cartes des CPUE, des zones d'intérêt citées par les pêcheurs et celles citées par les utilisateurs récréatifs : il s'agit d'une zone située au Nord Est du Cap Corse entre Centuri et Barcaggio avec une profondeur variant entre 0 et 50 mètres ce qui correspond aux profondeurs habituelles des sites de reproduction du mérou (Louisy & Culioli,

1999). Cependant, les réponses aux questionnaires mentionnent le fait que la profondeur des mérours est très variable en fonction des saisons. Par contre le fait que l'abondance en roches ne soit pas corrélée à la présence de reproducteurs dans le modèle est en contradiction avec les témoignages et la littérature (Derbal & Kara, 1995), l'ensemble des témoignages et des études menées reconnaissant les habitats rocheux comme nécessaires à la présence de mérours.

Globalement, les juvéniles étant répartis sur l'ensemble des côtes corses entre 0 et 20 mètres, distinguer une zone de nourricerie particulière s'avère compliqué. Par contre, une aire de reproduction ressort au Nord-Est du Cap Corse dans le parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate.

#### *1.2.4. Localisation des habitats essentiels des 3 espèces dans la zone du Parc Naturel du Cap Corse et de l'Agriate*

Nous étudierons ici plus précisément l'aire du parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate et les zones qui reflètent une abondance des 3 espèces. Pour les 3 espèces, le Cap Corse semble être une aire où se concentre de fortes densités d'adultes et de juvéniles. Il est important de noter qu'au final, corbs, dentis et mérours se concentrent globalement dans des habitats similaires dans leur composition : des zones dites mosaïques concentrant à la fois forte couverture rocheuse et des herbiers de posidonies. Or le Cap Corse est caractérisé par une forte densité en herbier (Pasqualini, 1997) ainsi que par des littoraux rocheux très découpés notamment sur sa partie Est, spécificités qui en font des lieux idéaux pour servir d'abris.

Dans les zones non évoquées précédemment, trois régions (*Figures 17 & 18*) ressortent particulièrement au regard des réponses aux questionnaires et des données de captures (les résultats de modélisation étant par strates halieutiques, ils ne sont pas assez précis à plus petite échelle). Ces régions sont caractérisées par la forte présence de roches et d'herbiers. La première est située dans le Golfe de St Florent. Cette zone surnommée « roche des gendarmes » est prisée par les plongeurs et les chasseurs car très fréquentée par un grand nombre d'espèces dont le mérour, le corb et le denti notamment en été et au printemps, saisons de reproduction des trois espèces (Zabala *et al.*, 1995, Chemman-Abdelkader, 2004, Grau *et al.*, 2009). Les captures en mérour et dentis adultes y sont importantes mais sont plus anecdotiques pour le corb. Une deuxième zone, au Nord de Barcaggio a été très largement citée à la fois par les pêcheurs récréatifs, les plongeurs et les chasseurs sous marins comme étant riche en juvéniles. Elle se situe à des profondeurs comprises entre 20 et 50 mètres de fond. Néanmoins cette zone n'apparaît pas sur la carte des captures et n'a été citée que par un pêcheur professionnel, ce qui paraît plutôt logique puisque les juvéniles ne sont normalement pas pêchés. Nous pouvons ainsi poser l'hypothèse de l'existence d'une zone de nourricerie au Nord du Cap Corse. Enfin une troisième zone a attiré notre attention. Il s'agit du large de Bastia qui s'est révélé comme étant la zone la plus citée lors des questionnaires que ce soit pour les adultes ou les juvéniles des trois espèces. Cependant cette zone est la plus fréquentée par les personnes interrogées. Le grand nombre d'occurrence est donc essentiellement dû à la sur-fréquentation de la zone. Néanmoins, nous avons choisis de qualifier cette zone comme importante car étant caractérisée par un habitat spécifique : les épaves. Les épaves restent des lieux de plongée et de pêche très fréquentés du fait de la richesse de la faune qui y évolue. Ce sont des repaires de prédilection pour nos trois espèces d'intérêt et ce, à tous stades de vie. Il est donc raisonnable de qualifier ces habitats, pourtant d'origine anthropique, d'essentiels à ces 3 espèces c'est-à-dire nécessaires à leur survie et à leur rétablissement (Le Pape, 2005). Il a été évoqué par 7 personnes le fait que ces milieux partagés par toutes les activités anthropiques marines sont très fortement impactés, et que depuis plusieurs années les

populations de corbs, mérours et dentis tendent à y diminuer. Ainsi reconnaître ces habitats localisés dans le PNM comme essentiels revêt une importance particulière dans une optique de futures mesures de protections.

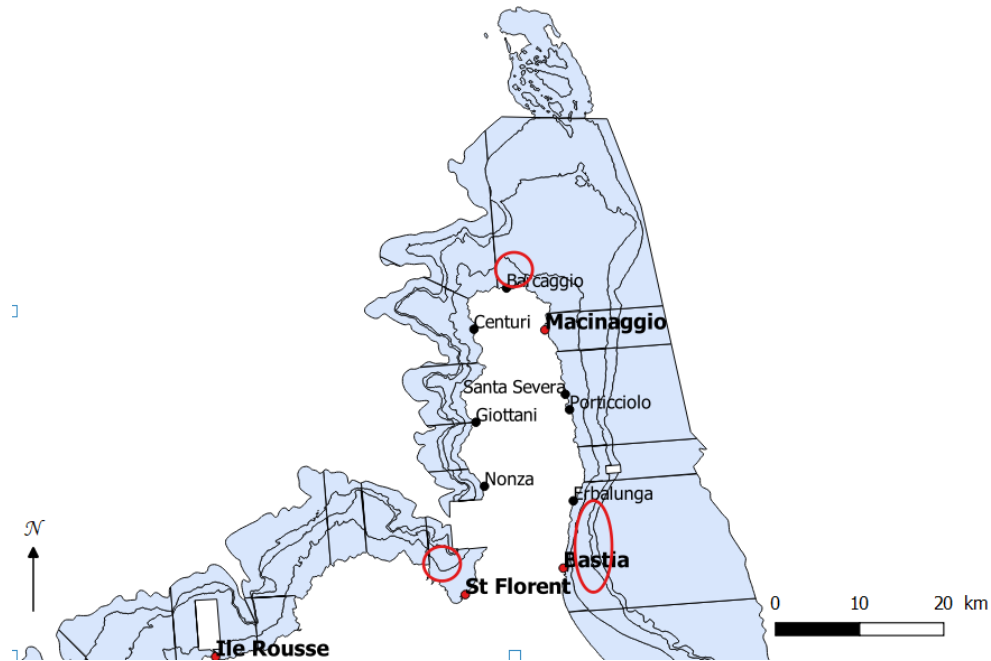


Figure 17 : Cartographie des zones les plus intéressantes à l'issue du regroupement des données sur l'aire du PNM, au regard des zones de pêche

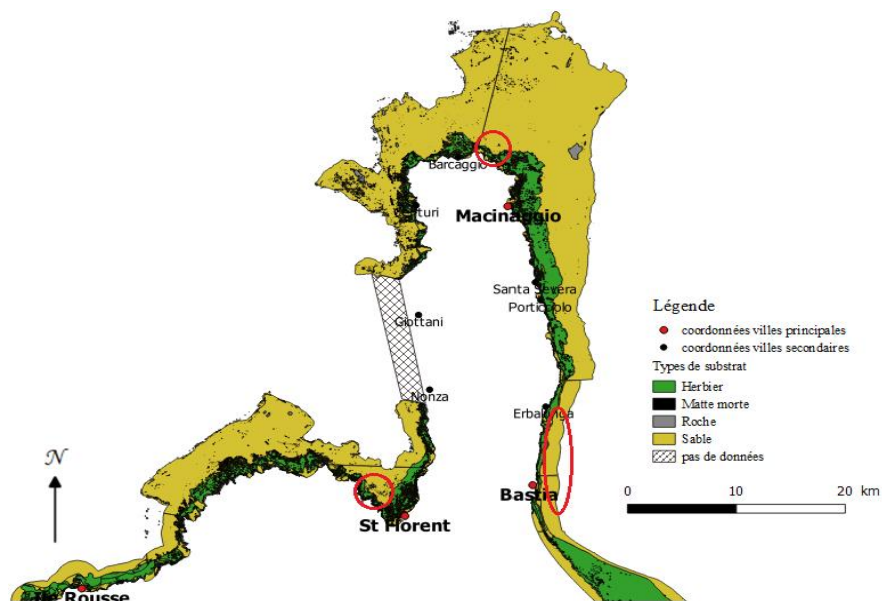


Figure 18 : Cartographie des zones les plus intéressantes à l'issue du regroupement des données sur l'aire du PNM au regard du type de fond (Campagne Carthamed, Andromède)

## 1.2. Pertinence de l'approche multi sources

La combinaison de l'ensemble des données disponibles nous permet de limiter les biais d'une approche mono source. En effet, les études existantes visant à identifier les

habitats essentiels des espèces marines sont le plus souvent basées exclusivement sur des données de captures de pêche professionnelle ou de campagnes scientifiques.

Or négliger les autres activités en lien avec la ressource revient à occulter une grande partie des informations disponibles.

Les zones citées par les pêcheurs ne recoupent pas forcément les zones citées par des chasseurs ou des plongeurs, c'est par exemple le cas de la zone du golfe de St Florent (« Roche du Gendarme ») retenue comme zone d'intérêt par les chasseurs et plongeurs pour les trois espèces mais seulement citée une fois par les pêcheurs professionnels et uniquement comme étant une zone d'intérêt pour le denti et non pour les autres espèces. A l'inverse, certaines zones notées comme remarquables au regard des seules données par unité d'effort n'ont pas été citées dans les questionnaires comme la zone des 0-50 mètres au centre de la strate Plaine. Ainsi l'information finale est beaucoup plus complète en associant les deux approches. C'est dans de tels cas que l'approche multi-source prend son sens. Cette différence dans les zones citées peut s'expliquer par le fait que l'approche de la ressource n'est pas la même selon l'activité pratiquée. Un plongeur ou chasseur, directement immergé n'a pas le même regard qu'un pêcheur à la surface.

Cette étude visait en partie à évaluer la pertinence de cette approche inédite qui associe modélisation et savoir empirique. Au vue des résultats et du fait de l'existence d'études validées ayant déjà combinées ces approches (Koutsikopoulos *et al.*, 1995, Guyomard, 2005, Persohn, 2009) il semble cohérent de valider cette approche multi source.

## 2. Limites et améliorations possibles de l'étude

### 2.1. Limites modélisation

#### 2.1.1. Réunification des bases de données

La modélisation des données de capture s'appuie sur plusieurs bases de données récoltées dans le cadre de 3 programmes séparés. Les bases ont été construites sur des critères différents. Plus particulièrement les années et les zones d'échantillonnage ne sont pas les mêmes, ce qui a rendu difficile la réunion de ces 3 bases et créé un biais dans la modélisation en donnant un poids plus important aux zones Cap Nord (données MARTE+) et Sud (données OEC). Cette absence de standardisation initiale explique en partie pourquoi les modèles construits sur la réunion des données réunies sont moins performants (voir annexe) que ceux présentés dans les résultats basés uniquement sur les données STARESO.

#### 2.1.2. Données de captures

Plusieurs choix dans la standardisation des données sont critiquables. Tout d'abord le calcul d'un poids moyen par classe de taille manque de précision, le poids de deux individus appartenant à la même classe pouvant varier. Ce calcul influence ensuite les valeurs de captures par unités d'effort. Les données de capture sont directement dépendantes de la pêche ce qui ajoute un biais : les pêcheurs restent sur des zones de pêche qui ne sont pas choisies au hasard. Les données recueillies sont donc influencées. Beaucoup d'études sur les habitats utilisent plutôt des indices d'abondance ou de densité (Koubbi *et al.*, 2006, Le Pape *et al.*, 2007, Lauria *et al.*, 2011, Vaz *et al.*, 2015), données limitant ainsi le biais rencontré.

### 2.1.3. Approche delta

Une première approche avait été tentée en développant directement des modèles prédictifs des CPUE sur des jeux de données non amputés de leurs valeurs nulles.

Ces modèles avaient rapidement été abandonnés au profit d'une approche DELTA à la vue des résultats non satisfaisants. Cette méthode a été choisie pour sa capacité à contourner les problèmes dus à un nombre de zéros trop important (Le Pape *et al.*, 2007, Martin *et al.*, 2012). Pourtant nous avons vu que la réunification des modèles binomiaux et CPUE n'a pas fonctionné ( $p$ -value < 0,05). Ainsi les valeurs de CPUE prédites par les modèles delta ne sont pas exploitables de mêmes que les CPUE prédites en utilisant seulement les valeurs positives (perte des les informations données par les zéros). C'est pourquoi seuls les résultats des modèles de présence ont pu être analysés ici. Cet échec est peut être dû au fait que le nombre de zéros est supérieur à 90% des données totales, un modèle delta étant en général utilisé pour des jeux à 70% de zéros au maximum. D'autres part, d'autres modèles basés sur des jeux de données regroupant seulement les données sur les juvéniles en période de repos et adultes en période de reproduction ont été testés mais ne convergent pas, du fait du très faible nombre de données.

### 2.1.4. Facteurs inclus dans le modèle

Le pourcentage de déviance expliqué par les modèles de présence/absence dépasse rarement les 20 %. Or les interactions entre facteurs n'ont pas été incluses car les modèles prenaient en compte déjà 5 variables. Mais au vue des questionnaires et de l'importance des zones mosaïques sur la présence des individus il serait judicieux de prendre en compte l'interaction posidonie\*roche, posidonie\*roche\*sable.

Le choix de ne prendre en compte que les 6 strates halieutiques au lieu des 60 zones envisagées au départ (nombre de degrés de liberté trop important), donne des résultats très généraux. De plus, les pourcentages de types de fond sont eux aussi peu précis. L'acquisition récente d'une carte beaucoup plus précise des fonds corses permettra d'améliorer ces données (Medtrix-Donia expert). Enfin, il serait intéressant de prendre en compte d'autres facteurs évoqués lors des questionnaires empiriques et dans d'autres études sur la modélisation des habitats comme la température, la salinité et la force du courant (Planque *et al.*, 2007, Martin *et al.*, 2012, Brodie *et al.*, 2015, Aspillaga *et al.*, 2017)

## 2.2. Limites d'une approche par questionnaires

### 2.2.1. Données empiriques

Les données recueillies via questionnaires sont issues de l'expérience, leur fiabilité dépend de beaucoup de critères et peuvent être facilement biaisées. Par exemple, une peur de se voir interdire la pêche/chasse au denti pourrait inciter les personnes concernées à modifier leurs réponses. De plus, une certaine méfiance existe concernant la révélation de zones de pêche, chasse ou plongée intéressantes qui peuvent être « volées » ou soumises à une nouvelle réglementation non favorable à la poursuite de l'activité. Ce problème a été particulièrement rencontré chez les pêcheurs professionnels, plus de la moitié n'ayant pas consenti à compléter la carte des zones remarquables.

### 2.2.2. Biais d'échantillonnage

Les programmes MoonFish et MoPaMFish, malgré des questionnaires similaires sont deux projets à visée et échelle différentes. Les questionnaires ont été distribués par deux

personnes différentes, chacun s'occupant d'un programme, les réponses ne sont donc pas forcément notées de la même manière. Ce biais de l'échantillonneur aurait pu être limité en ne faisant remplir le questionnaire que par une personne. Des biais dans les réponses des questionnaires ont été observés.

Très peu de pêcheurs de la prud'homie d'Ajaccio ont complété la carte, la cartographie est donc déséquilibrée à l'échelle de la Corse. Dans les questionnaires MoPaMFish, la moitié des pêcheurs récréatifs a été évalué comme peu fiable. Il n'a pas été facile de trouver des pêcheurs récréatifs expérimentés et résidents acceptant, les associations de pêcheurs récréatifs n'ayant jamais donné suite.

Ces questionnaires nécessitent la présence d'un interviewer en face à face, or tout le monde n'a pas le temps de se libérer pour y répondre ce qui engendre de nombreux refus. Des solutions ont été envisagées afin d'améliorer la distribution du questionnaire. L'envoi des questionnaires directement par mail avec la partie carte à imprimer et à renvoyer, est une possibilité sauf en cas de mauvaise compréhension des questions entraînant l'invalidation du questionnaire. L'interview pourrait également se dérouler directement par téléphone avec une partie carte à compléter via Google doc non plus en entourant les zones d'intérêt mais plutôt en indiquant les numéros des zones considérées comme remarquables. Néanmoins, la précision cartographique en est diminuée.

### 2.2.3. Cartographie

Les zones d'intérêt finales obtenues restent très globales. Utiliser une carte au découpage en zones encore plus petites pour travailler avec le nombre d'occurrences serait une solution pour améliorer la précision de l'analyse. Une autre possibilité serait de demander directement les points GPS aux personnes interrogées.

## 2.3. Limites approche multi sources

L'approche multi-source consiste à réunir des données complémentaires mais qui restent différentes en termes d'échelle ou de manière d'acquisition. Les données de questionnaires sont qualitatives alors que celles de capture sont quantitatives. Ces données ne peuvent vraiment être réunies qu'en tant que données complémentaires et non réellement associées sous forme de cartographie avec une même unité.

## 3. Elargissement et suite de l'étude

### 3.1. Recueil de nouvelles données

#### 3.1.2. Suite du programme MoPaMFish

Le programme MoPaMFish est dans sa première année de mise en œuvre. Le suivi par télémétrie acoustique a débuté. Le réseau d'hydrophones pour le suivi passif a été mis en place dans le cantonnement de Nonza et les premiers marquages de poissons ont eu lieu (4 mérus) L'objectif est de suivre une vingtaine individus de chaque espèce (corb, denti et mérus) durant les 3 ans prévus du projet. Cette approche permettra d'ajouter des données comportementales sur les types d'habitats et les mouvements de ces trois espèces. La mise en place de comptage visuel en plongée dès septembre permettra de compléter les données quantitatives en termes d'abondance et un partenariat avec les clubs de plongée est prévu pour mettre en place des comptages FAST (Francour *et al.*, 2013) pour des données de présence/absence.



Même si la zone d'étude du MoPamFish se cantonne au Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate, il serait intéressant d'étendre la distribution du questionnaire aux plongeurs, chasseurs et pêcheurs récréatifs de l'ensemble de la Corse

### *3.1.2. Avancées du projet MoonFish*

Dans le cadre du projet MoonFish, une base de données générale est en cours de développement afin de standardiser les données récoltées par tous les organismes participant au projet (Université de Corse, OEC, STARESO, CRPMEM Corse).

Une modélisation des captures et une analyse des questionnaires seront réalisées pour les 4 autres espèces du projet (chapon, langouste, oursin, espadon).

### *3.1.3. Projet DACOR*

Le projet DACOR vise à établir une base de données de capture en partenariat avec les pêcheurs professionnels corses. Les dernières données de captures récoltées datant de 2015, ce nouvel échantillonnage est une nouvelle source de données pouvant être à l'avenir réutilisée dans de telles études multi-sources.

## *3.2. Applications pour une amélioration de la gestion*

### *3.2.1. A l'échelle de la Corse*

L'objectif de gestion à l'échelle de la Corse est celui d'une gestion durable des ressources halieutiques. Il est nécessaire de prendre en compte les zones de nurseries identifiées lors de cette étude et au terme du projet MoonFish dans les nouvelles réglementations. La protection des espèces passe en effet par une exploitation raisonnée de ces zones de nurseries en vue d'assurer un recrutement permettant le renouvellement durable des stocks. Le moratoire sur le mérou est encore en vigueur mais celui sur le corb est dans son année de reconduction. Ceci peut s'expliquer par la présence d'un grand nombre de zones essentielles au maintien de l'espèce sur l'ensemble des littoraux Corse.

### *3.2.2. Parc Naturel Marin de Cap Corse et de l'Agriate*

Le plan de gestion du parc naturel est en cours d'élaboration. Des campagnes d'échantillonnage ont été lancées afin d'évaluer l'état global des ressources de ce territoire et de permettre la mise en place de réglementations plus adaptées. Une collaboration entre le Parc Naturel Marin et Stella Mare a de plus été convenue afin d'aider à la réalisation de ces projets. Les personnes interrogées ont néanmoins manifesté leur inquiétude vis-à-vis de la mise en place de ce parc et des possibles retombées sur leurs activités. La prise en compte de l'ensemble des acteurs semble primordiale afin de limiter au maximum les conflits notamment entre pêcheurs, chasseurs et plongeurs. L'évolution des zones de protection actuelle semblerait adaptée au vue des résultats.

## Conclusion

Au terme de cette étude plusieurs zones ont été identifiées comme intéressantes pour les 3 espèces suite à l'association de toutes les sources de données disponibles. Pour le denti, une zone à l'Est de Calvi a été retenue comme zone de reproduction du fait d'une forte concentration en adulte ainsi qu'en juvéniles. Pour le corb, plusieurs régions se répartissant sur l'ensemble des littoraux corses se distinguent : deux zones de reproduction dont une localisée à l'Est du Cap Corse et une seconde au Sud, proche de la réserve de Scandola ainsi que deux potentielles zones de nurserie dans la strate Porto Sagone et également à l'Est du Cap Corse à des profondeurs comprises entre 0 et 40 mètres. Pour le mérou, aucune zone de nurserie spécifique n'a été définie, les juvéniles étant présents partout à faible profondeur (0-20 mètres) sans distinction de région. Par contre, une zone de reproduction a été mise en évidence au Nord Est du Cap Corse. Le zoom sur le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate et l'ajout des données de savoir empirique issues de questionnaires MoPaMFish, a amené à l'identification plus précise de zones concentrant une forte densité de juvéniles et de reproducteurs des 3 espèces dans cette région : le golfe de St Florent, le nord de Cap Corse (Barcaggio) et au large de Bastia plus spécifiquement au niveau des épaves. Toutes ces zones sont essentiellement caractérisées par des fonds rocheux.

L'approche multi-source mêlant données de captures, résultats de modélisation et données de savoir empirique issues de questionnaires a permis de distinguer des zones qui n'auraient pas forcément été remarquées en cas d'approche mono-source. De plus, la prise en compte de tous les acteurs marins (pêcheurs professionnels et récréatifs, chasseurs sous marins et plongeurs) est un vrai plus en ce qui concerne la perception de la ressource. Néanmoins, cette étude ne peut pas être considérée comme optimale, puisque les résultats des modèles DELTA permettant la prévision de CPUE par zone n'ont pas pu être exploités, seuls les résultats des modèles présence/absence ayant été pris en compte. L'ajout de futures nouvelles données de capture plus récentes et plus nombreuses issues du projet DACOR permettrait peut être d'obtenir une modélisation mieux calibrée. Il aurait été également intéressant d'interroger les pêcheurs récréatifs, plongeurs et chasseurs sous marins sur l'ensemble de la Corse.

Cette étude s'inscrit ainsi véritablement à l'interface entre les programmes MoonFish et MoPaMFish, l'identification des habitats essentiels du corb, du mérou et du denti étant une problématique commune à ces deux projets. Leur mise en œuvre continue avec pour le MoPaMFish la mise en place du réseau d'hydrophone pour le suivi acoustique des trois espèces d'intérêt. Enfin cette étude pourra servir, à terme, d'appui à la mise en place de mesures dans le contexte actuel d'élaboration du plan de gestion du nouveau PNM du Cap Corse et de l'Agriate. En effet la prise en compte de l'ensemble des activités aquatiques pratiquées sur la région et de l'existence de zones de reproduction et de nurserie d'espèces patrimoniales prend ici toute son importance afin de mettre en place de futures mesures adaptées afin d'assurer la pérennité des ressources et donc le maintien de l'ensemble des activités qui en dépendent

## Bibliographie

- Anonyme**, 2013. Arrêté n° 2013357-0002 du 30 avril 2013 portant réglementation de la pêche du corb dans les eaux territoriales autour de la Corse
- Anonyme**, 2013. Arrêté préfectoral n°2013357-0004 du 23 décembre 2013 portant réglementation de la pêche de différentes espèces de mérours dans les eaux territoriales en Méditerranée continentale,
- Anonyme**, 2016. Décret n°2016-963 du 15 juillet 2016 portant création de Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriates
- Amsallem J., Deshayes M., Bonneville M.**, 2010. *Analyse comparative de méthodes d'élaboration de trames vertes et bleues nationale et régionales*, Sciences Eaux & Territoires, 3 : 40-45
- Aspillago E., Bartumeus F., Starr R.M., et al.**, 2017. *Thermal stratification drives movement of a coastal apex predator*, Sci. Rep, 7:526, [doi: 10.1038/541598-017-00576-2](https://doi.org/10.1038/541598-017-00576-2)
- Augier H.**, 1982. *Inventaire et classification des biocénoses marines benthiques de la Méditerranée*, Collect Sauvegarde Nat Cons Eur, 25:1-59
- Augris C. & Clabaut P.**, 2001. *Cartographie géologique des fonds marins côtiers : Exemples le long du littoral français*, Bilan et perspective IFREMER, 20-21
- Bauchot M.L. & Hureau J.C.**, 1986. *Sparidae in Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean 2*: 883-907, Ed. Whitehead
- Baudouin M., Marengo M., Père A., et al.**, 2016. *Comparison of otolith and scale readings for age and growth estimation of common dentex *Dentex dentex**, J. Fish Biol., 88 : 760-766, [doi: 10.1111/jfb.12816](https://doi.org/10.1111/jfb.12816)
- Bizsel C., Yokes B., Pollard D., et al.**, 2011. *Sciaena umbra*, The IUCN Red List of Threatened Species 2011
- Bouchereau J.-L., Body P., Chauvet C.**, 1999. *Growth of the dusky grouper *Epinephelus Marginatus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei, Serranidae) in the Natural Reserve of Lavezzi Islands, Corsica, France*, Scientia Marina, 63(1): 71-77
- Brodie S., Hadbay A.J., Smith A.J., et al.**, 2015. *Modelling the oceanic habitats of two pelagic species using recreational fisheries data*, Fish. Oceanography, 24:463-477
- Bruslé S.**, 1976. *Contribution to the study of the reproduction of two species of grouper (*Epinephelus aeneus* and *E.guaza*) from the coasts of Tunisia*, Comm. Int. Explor. Sci. Mer Mediterr., 23 : 49-50
- Carpenter K.E. & Russell B.**, 2014. *Dentex dentex*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014
- Carpentier, A., Martin, C.S., Vaz, S.**, 2009. *Channel Habitat Atlas for marine Resource Management*, IFREMER Boulogne-sur-Mer
- Chakroun-Marzoul N., Ktari M.H.**, 2003. *Le corb des côtes tunisiennes, *Sciaena umbra* (Sciaenidae) : cycle sexuel, âge et croissance*. Cybium, 27(3): 211-225
- Chater I., Romdhani-Dhahri A., Dufour J.-L., et al.**, 2018. *Age, growth and mortality of *Sciaena umbra* (Sciaenidae) in the Gulf of Tunis*, Scientia Marina, 82 (1), [doi: https://doi.org/10.3989/scimar.04679.21A](https://doi.org/10.3989/scimar.04679.21A)
- Chauvet C.**, 1988. *Etude de la croissance du mérour *Epinephelus guaza* (LINNE, 1758) des côtes tunisiennes*. Aquat. Living Resour., 88(1) : 277- 288.

**Chemmam-Abdelkader B., Kraïem M.M., Ezzeddine-Najai S.,** 2006. *Révision qualitative et quantitative des captures des poissons du genre Dentex (Teleostei, Sparidae) sur les côtes tunisiennes*, Actes du 6ème Congrès Maghrébin des Sciences de la Mer (Monastir, Tunisie, 18–22 décembre 2005) Bull Inst Natn Scien Tech Mer Salammbô 10:64–67

**Coleman F.C., Figueira W.F., Ueland J.S., Crowder L.B.,**2004. *The impact of United States Recreational Fisheries on Marine Fish Populations*. Science, 305 : 1958-1959

**Condini M.-V., Garcia-Charton J.-A., Garcia A.M.,**2017. A review of the biology, ecology, behavior and conservation status of the dusky grouper *Epinephelus Marginatus* (Lowe, 1834), Rev. Fish Biol. Fish., doi : 10.1007/s11160-017-9502-1

**Cornish A. & Harmelin-Vivien M.,** 2017. *Epinephelus marginatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017

**Culioli J.M. & Quignard J.P.,** 1999. *Suivi de la démographie et du comportement territorial des mâles de Méroux bruns Epinephelus Marginatus (Lowe, 1834) (Pisces Serranidae) du site du Pellu (Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, Corse, Méditerranée)*, Mar. Lif., 9 :3-9

**Derbal F., Francour P., Thibaut T., et al.,** 2016. *Écologie des sars Diplodus cervinus cervinus (Lowe, 1838) et Diplodus puntazzo (Cetti, 1777), de la badèche Epinephelus costae (Steindachner, 1875) et du corb Sciaena umbra (Linnaeus, 1758) dans le golfe d'Annaba (Est, Algérie)*, Nature & Technologie

**Fabi G., Panfili M., Spagnolo A.,** 1998. *Note on feeding of Sciaena umbra L. (Osteichthyes : Sciaenidae) in the central Adriatic Sea*. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 35 : 426.

**Fischer W., Bauchot M.L., Schneider M.,** 1987. *Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche : Méditerranée et mer noire*, FAO, Vertébrés Volume II : 761-1530

**Francour P., Bodilis P., Cottalorda J.M.,** 2013. *Suivi des peuplements de poissons dans le cadre de l'Observatoire opérationnel de la Biodiversité du Parc national de Port-Cros*, Université de Nice-Sophia Antipolis et ECOMERS, 1-41

**Fredj G., Meinardi M., Marras R.,** 1998. *Medifaune : une banque de données sur la faune marine méditerranéenne*, Premières journées d'études des producteurs français de banques de données biologiques factuelles, 115-145, Ed. d'Olmo, St Laurent du Var

**García-Rubies A., Zabala M., Limousin I.,** 1990. *Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean)*, Scientia Marina, 54(4): 317-328

**Girard S.,** 2012. *Caractérisation de la pêche récréative sur les zones Bastia/Cap Corse/St Florent*, mémoire de Master 2 Gestion Intégrée du littoral et des écosystèmes, Université de Corse, Corte

**Goeden G.B.,** 1982. *Intensive fishing and a "keystone" predator species: ingredients for community instability*, Biol Conserv, 22: 273–281

**Guidetti P. & Micheli F.,** 2011. *Art serving marine conservation*, Front Ecol Environ, 9 : 374-375

**Guisan A. & Zimmermann N.E.,** 2000. *Predictive habitat distribution models in ecology*, Ecology Modelling, 135: 147-186

**Guyomard D.,** 2005, *Approche empirique de la pêche d'espadon (Xiphias gladius) dans l'océan Indien et modélisation des déplacements des poissons dans le paysage océanique tropical*, thèse, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes

**Harmelin J.G. & Ruitton S.**, 2007. *La population de Corb (Sciaena umbra : Pisces) au parc national de Port Cros (France), état en 2005 et évolution depuis 1990 : un indicateur halieutique et biogéographique important*, Sci. Rep, 22 :49-65

**Harmelin-Vivien M., Cottalorda J.-M., Dominici J.-M., et al.**, 2015. *Effects of reserve protection level on the vulnerable fish species Sciaena umbra and implications for fishing management and policy*, Global Ecology and Conservation, 3: 279-287

**Hutchinson G.E.**, 1957. *Concluding remarks*. Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology, 22 :415-427

**Koeck B., GÉRIGNY O., Durieux E.D., et al.**, 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(0), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.01.010>

**Koubbi P., Loots C., Cotonnec G., et al.**, 2006. *Spatial patterns and GIS habitats modelling of Solea solea, Pleuronectes flesus and Limanda limanda fish larvae in the Eastern English Channel during the spring*, Scientia marina, 11:147-157

**Koutsikopoulos C., Dorel D., Desaunay Y., et al.**, 1995. *Interaction entre processus physiques et comportements individuels : conséquences sur l'organisation et le fonctionnement du stock de sole (Solea solea L.) du Golfe de Gascogne*, colloque : Les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources et des systèmes halieutiques, Rennes, ISBN : 2-7099-1259-7

**La Mesa G., Louisy P., Vacchi M.**, 2002. *Assessment of microhabitats preferences in juvenile dusky grouper (Epinephelus Marginatus) by visual sampling*, Marine Biology, 140: 175-185, doi: [10.1007/s002270100682](http://dx.doi.org/10.1007/s002270100682)

**Le Pape O.**, 2005. *Les habitats halieutiques essentiels en milieu côtier : les identifier, comprendre leur fonctionnement et suivre leur qualité pour mieux gérer et pérenniser les ressources marines exploitées, l'exemple des nourriceries côtières de poissons plats*, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, IFREMER, Agrocampus Ouest (Rennes)

**Le Pape O., Baulier L., Cloarec A., et al.**, 2007. *Habitat suitability for uvenile common sole (Solea solea, L.) in the Bay of Biscay (France) : A quantitative description using indicators based on epibenthic fauna*, J. Sea. Res., 57: 126-136

**Lauria, V., Vaz, S., Martin, C.S., et al.**, 2011. *What influences European plaice (Pleuronectes platessa) distribution in the eastern English Channel? Using habitat modelling and GIS to predict habitat utilization*, ICES, J. Mar. Sci. 68: 1500–1510.

**Legendre P. & Legendre L.**, 2012., *Numerical Ecology*, Vol.24, 1006, ISBN : 9780444538680

**Lehodey P., Andre J.M., Bertignac M., et al.**, 1998. *Predicting skipjack tuna forage distributions in the equatorial Pacific a coupled dynamical bio-geochemical model*, Fish. Oceanography, 7:317-325

**Louisy P., Culioli J.-M.**, 1999. *Synthèse des observations sur l'activité reproductrice du mérrou brun Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) en Méditerranée nord-occidentale*, Mar. Lif., 9 : 47-57

**Marengo, M., Durieux E.H., Marchand, B. et al.**, 2014. *A review of biology, fisheries and population structure of Dentex dentex (Sparidae)*. Rev. Fish Biol. Fish. 24, 1065–1088

**Marengo M., Père A., Marchand A., et al.**, 2016. *Catch variation and demographic structure of ommon dentex (Sparidae) exploited by Mediterranean artisanal fisheries*, Bull. Mar. (2), doi: <http://dx.doi.org/10.5343/brno.2015.1041>

- Martin C., Vaz S., Ellis J.R., et al.**, 2012. *Modelled distributions of ten demersal elasmobranchs of the eastern English Channel in relation to the environment*. J. Exp. Marine Biology And Ecology, 418: 91-103.
- Morales-Nin B. & Moranta J.**, 1997. *Life history and fishery of the common dentex (*Dentex dentex*) in Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean)*, Fish. Res., 30 (1):67-76
- Morales-Nin B., Moranta J., García C., et al.**, 2005. *The recreational fishery off Majorca Island (western Mediterranean): some implications for coastal resource management*, Journal of Marine Science, 62: 727-739
- Mouillot F., Rambal S., Joffre R.**, 2002. *Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem*, Global Change Biology, 8: 423-437, doi:10.1046/j.1365-2486.2002.00494.x
- Morat F., Marschal C., Dominici J.-M., et al.**, 2017. *A 31-year-old brown meagre female poached in the Scandola marine reserve in Corsica, France*, Cybium, 41(1) : 79-80
- Pasqualini V.**, 1997. *Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse*. Thèse, université de Corse Pascal Paioli (Corte), 190
- Pastor J., Verdoit-Jarraya M., Astrush P. et al.**, 2009. *Acoustic telemetry survey of the Dusly group (*Epinephelus marginatus*) in the Marine Reserve of Cerbere-Banyuls: informations on the territoriality of the emblematic species*, C.R. Biologies, 332: 732-742
- Pere A.**, 2012. *Déclin des populations de langouste rouge et baisse de la ressource halieutique en Corse : causes et perspectives*, thèse, université de Corse Pascal Paioli (Corte), 322
- Persohn C.**, 2009. *Sensibilité des populations de poissons aux changements globaux en fonction de leurs traits d'histoire de vie étudiée par une approche empirique*, thèse, Université de Bretagne Occidentale (Brest)
- Planque B., Bellier E., Lazure P.**, 2007. *Modelling potential spawning habitat of sardine (*Sardina pilarchus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the bay of Biscay*, Fisheries Oceanography, 16: 16-30, doi:10.1111/j.1365-2419.2006.00411.x
- Ramos-Esplá A.A. & Bayle-Sempere J.**, 1991. *Estatuto del *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) en el Mediterráneo*, 237-244, Ed. Boudouresque C. F., Avon M. & Gravez V., 238-244
- Ribera M.A., Gómez -Garreta A., Gallardo T., et al.**, 1992. *Check-list of Mediterranean seaweeds*, Botanica Marina 35 (2):109-130
- Sarkar D.**, 2008. *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*, Ed Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5
- Wickham H.**, 2016. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, Ed Springer, New York
- Wood S.N., Pya N., Saeften B.**, 2016. *Smoothing parameter and model selection for general smooth models (with discussion)*, Journal of the American Statistical Association; 111:1548-1575
- Vaz S.**, 2015. *Modèles d'habitats pour une approche écosystémique des pêches*, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, IFREMER, université de Montpellier.
- Vaz S., Martin C.S., Eastwood P.D., et al.**, 2008. *Modelling species distributions using regression quantiles*, J. Applied Ecology, 45:204-217

**Venables, W. N. & Ripley, B. D.**, 2002. *Modern Applied Statistics with R*. Fourth, Ed Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0

**Zabala M., Louisy P., Garcia-Rubies A., et al.**, 1997. *Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Island Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain)*, *Scientia Marina*, 61(1): 79-89

**Zuur A.F., Iena E.N., Smith G.M.**, 2007. *Analysing Ecological Data*, Chapitre 6: Generalised Linear Modelling, Ed Springer, New York, ISBN: 978-0-387-45967-7

## **Sitographie**

**Donia Expert**, *Cartographie détaillée des habitats marins*, plateforme de surveillance MEDTRIX [en ligne], [www.medtrix.fr](http://www.medtrix.fr) , consulté le 02/08/2018

**Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Corse**, *La pêche professionnelle* [en ligne], <https://www.crpmem.corsica>, consulté le 16/04/2018

**Agence des Aires Marines Protégées**, *Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate* [en ligne], <http://www.aires-marines.fr/L-Agence/Organisation/Parcs-naturels-marins/Parc-naturel-marin-du-cap-Corse-et-de-l-Agriate>, consulté le 23/03/2018

## ANNEXES

ANNEXE I : Photographies des 3 espèces d'intérêt (denti, mérrou, corb) aux stades de vie adulte et juvénile

### Denti commun (*Dentex dentex*)



Denti adulte (Source : C. Dehondt)



Denti juvénile (Source : J. Pastor)

### Mérrou brun (*Epinephelus marginatus*)



Mérrou adulte (Source : C. Dehondt)



Mérrou juvénile (Source : N. Robert)

### Corb commun (*Sciaena umbra*)



Corbs adultes (Source : G. Antoni)



Corb juvénile (Source : B. Lanza)



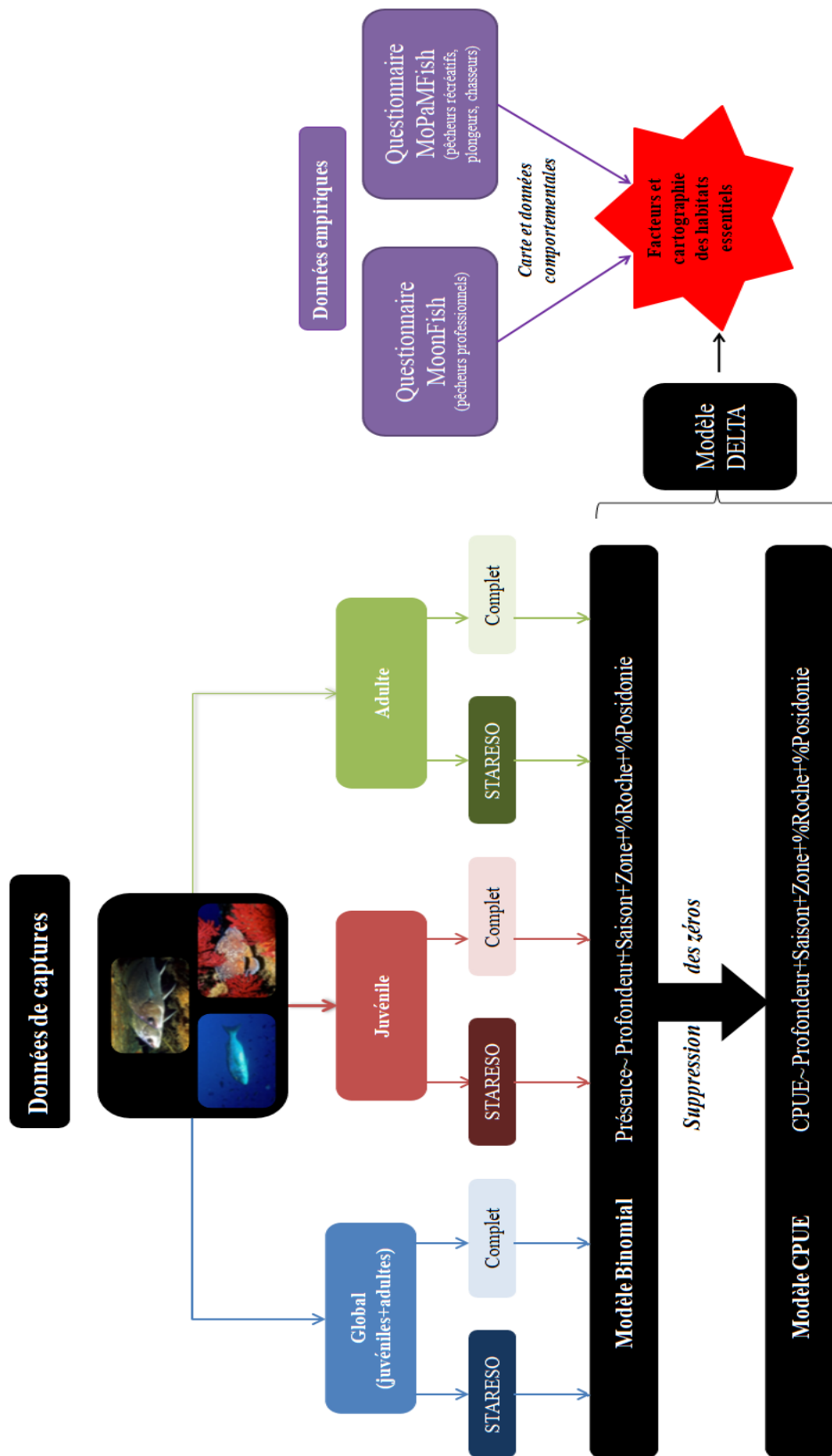
ANNEXE II : Questionnaire « Denti » tiré des questionnaires MoonFish et MoPaMFish, les questions sont les mêmes pour toutes les espèces et pour toutes les activités (plongeurs, chasseurs et pêcheurs professionnels et récréatifs)

<b>A. Denti : <i>Dentex dentex</i></b>		
1. Avez-vous déjà pêché des individus de cette espèce ? <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non		
2. Depuis que vous pêchez, connaissez-vous des périodes plus favorables à l'observation d'individus de cette espèce durant :		
1. Journée :	<input type="checkbox"/> 1. Marée haute <input type="checkbox"/> 3. Jour <input type="checkbox"/> 5. Crépuscule <input type="checkbox"/> 7. Aucune <input type="checkbox"/> 9. Ne sait pas <input type="checkbox"/> 2. Marée basse <input type="checkbox"/> 4. Nuit <input type="checkbox"/> 6. Aube <input type="checkbox"/> 8. Autres :	
2. Mois :	<input type="checkbox"/> 1. Nouvelle lune <input type="checkbox"/> 3. Lune montante <input type="checkbox"/> 5. Aucune <input type="checkbox"/> 7. Ne sait pas <input type="checkbox"/> 2. Pleine lune <input type="checkbox"/> 4. Lune descendante <input type="checkbox"/> 6. Autre :	
3. Année :	<input type="checkbox"/> 1. Printemps <input type="checkbox"/> 2. Été <input type="checkbox"/> 3. Automne <input type="checkbox"/> 4. Hiver <input type="checkbox"/> 5. Aucune <input type="checkbox"/> 6. Ne sait pas	
3. Avez-vous observé des mouvements saisonniers particuliers à cette espèce ? <input type="checkbox"/> 1. Disparition en hiver <input type="checkbox"/> 2. Migration pour la reproduction <input type="checkbox"/> Migration verticale <input type="checkbox"/> 3. Non <input type="checkbox"/> 4. Ne sait pas <input type="checkbox"/> 5. Autres :		
4. Connaissez-vous des zones préférées pour le développement de cette espèce ? <input type="checkbox"/> Ne sait pas		
1. Zones de reproduction	2. Habitats juvéniles	3. Habitats adultes
<input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Ne sait pas
Type de fond : <input type="checkbox"/> 1. sable <input type="checkbox"/> 2. vase <input type="checkbox"/> 3. roche <input type="checkbox"/> 4. herbier <input type="checkbox"/> 5. coralligène <input type="checkbox"/> 6. épave <input type="checkbox"/> 7. autre :	Type de fond : <input type="checkbox"/> 1. sable <input type="checkbox"/> 2. vase <input type="checkbox"/> 3. roche <input type="checkbox"/> 4. herbier <input type="checkbox"/> 5. coralligène <input type="checkbox"/> 6. épave <input type="checkbox"/> 7. autre :	Type de fond : <input type="checkbox"/> 1. sable <input type="checkbox"/> 2. vase <input type="checkbox"/> 3. roche <input type="checkbox"/> 4. herbier <input type="checkbox"/> 5. coralligène <input type="checkbox"/> 6. épave <input type="checkbox"/> 7. autre :
5. Profondeur d'observation : 1. Juvéniles : 2. Adultes :		
6. Connaissez-vous la période de reproduction de cette espèce ? <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non Si oui quand :		
7. Si oui, a-t-elle changé ces dernières années ? <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non <input type="checkbox"/> 3. Ne sait pas		
8. Dans l'année, existe-t-il une période durant laquelle vous observez :		
1. Beaucoup + de petits individus : <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non <input type="checkbox"/> 3. Ne sait pas <input type="checkbox"/> 4. Si oui laquelle ?		
2. Beaucoup + de grands individus : <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non <input type="checkbox"/> 3. Ne sait pas <input type="checkbox"/> 4. Si oui laquelle ?		
9. Vous rappelez-vous du plus gros individu observé ? Où et quand ?		
10. Depuis que vous pêchez, avez-vous constaté des modifications de cette espèce ?		
1. Dans le nombre d'observations : <input type="checkbox"/> 1. Identique <input type="checkbox"/> 2. En ↗ <input type="checkbox"/> 3. En ↘ <input type="checkbox"/> 4. Sans avis		
2. Dans la taille moyenne : <input type="checkbox"/> 1. Identique <input type="checkbox"/> 2. En ↗ <input type="checkbox"/> 3. En ↘ <input type="checkbox"/> 4. Sans avis		

ANNEXE III : Présentation du jeu de données finale standardisé utilisé pour la modélisation, avec un jeu de données par espèce (ici denti)

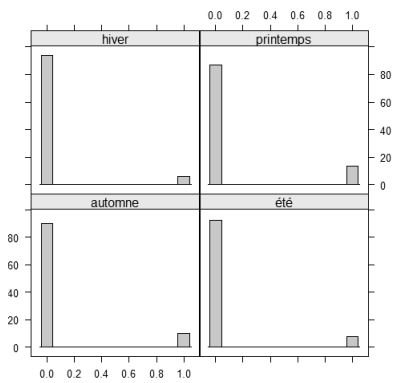
année	mois	Zone pêche	métier	profondeur	temps	longueur filet(m)	Nombre ind	Gamme taille	Poids(g)
2009	8	78	Filet poisson	[60-80]	24	800	1	[0-40]	597,2
2009	8	18	Filet rouget	[20-40]	24	800	3	[0-40]	1791,6
2010	7	30	Filet langouste	[40-60]	72	300	1	[60-80]	7651,5
2010	5	50	Filet poisson	[20-40]	24	800	2	[0-40]	1194,4
2011	4	29	Filet poisson	[60-80]	24	900	1	[60-80]	7651,5
2011	7	8	Filet poisson	[0-20]	24	200	2	[40-60]	5558,2
2012	11	181	Filet poisson	[20-40]	12	300	0	0	0
2012	7	56	Filet poisson	[80-100]	48	300	0	0	0
2013	5	13	Filet poisson	[20-40]	24	150	1	40-60	2779,1
2014	4	13	Filet poisson	[40-60]	24	200	1	60-80	7651,5
2014	6	177	Filet poisson	[20-40]	24	200	1	40-60	2779,1

ANNEXE IV : Schéma récapitulatif de la méthode de modélisation et de l'utilisation des données empiriques

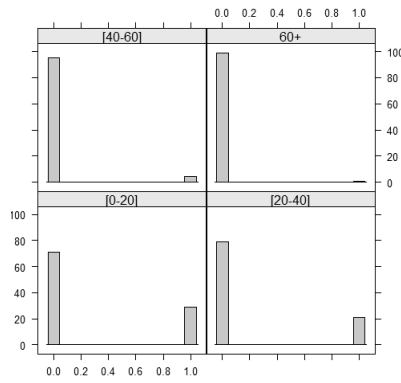


## ANNEXE Va : Graphiques des analyses préliminaires des données de présence et de capture pour le corb en fonction des données qualitatives (saison, profondeur, zone)

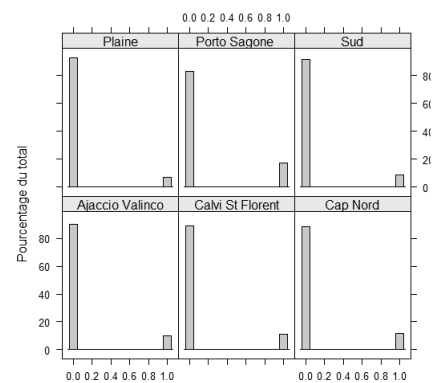
Présence du corb en fonction de la saison



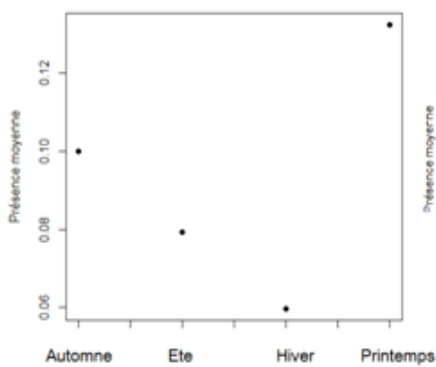
Présence du corb en fonction de la profondeur



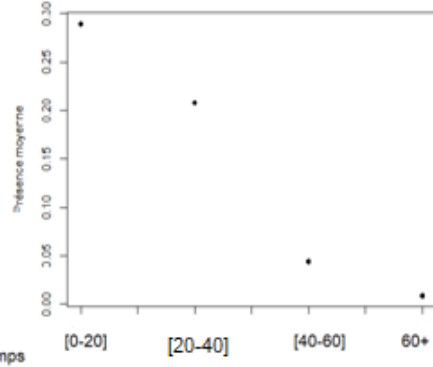
Présence du corb en fonction de la zone



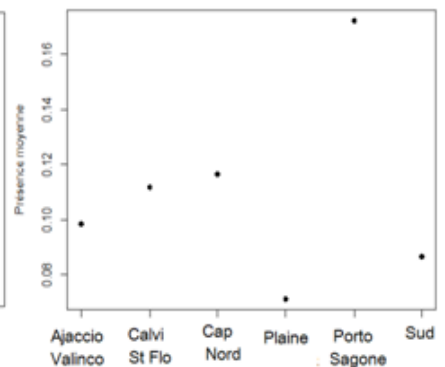
Présence moyenne du corb en fonction de la saison



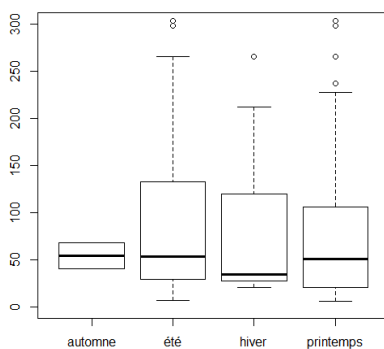
Présence moyenne du corb en fonction de la profondeur



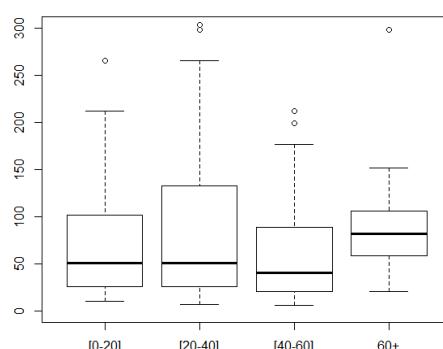
Présence moyenne du corb en fonction de la zone



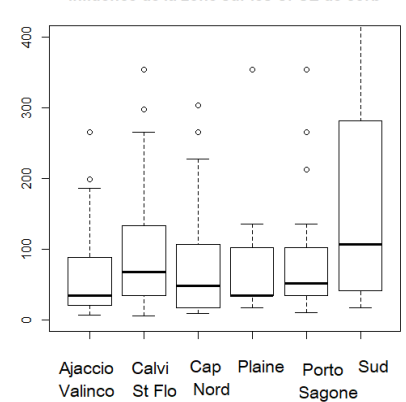
Influence de la saison sur les CPUE de corb



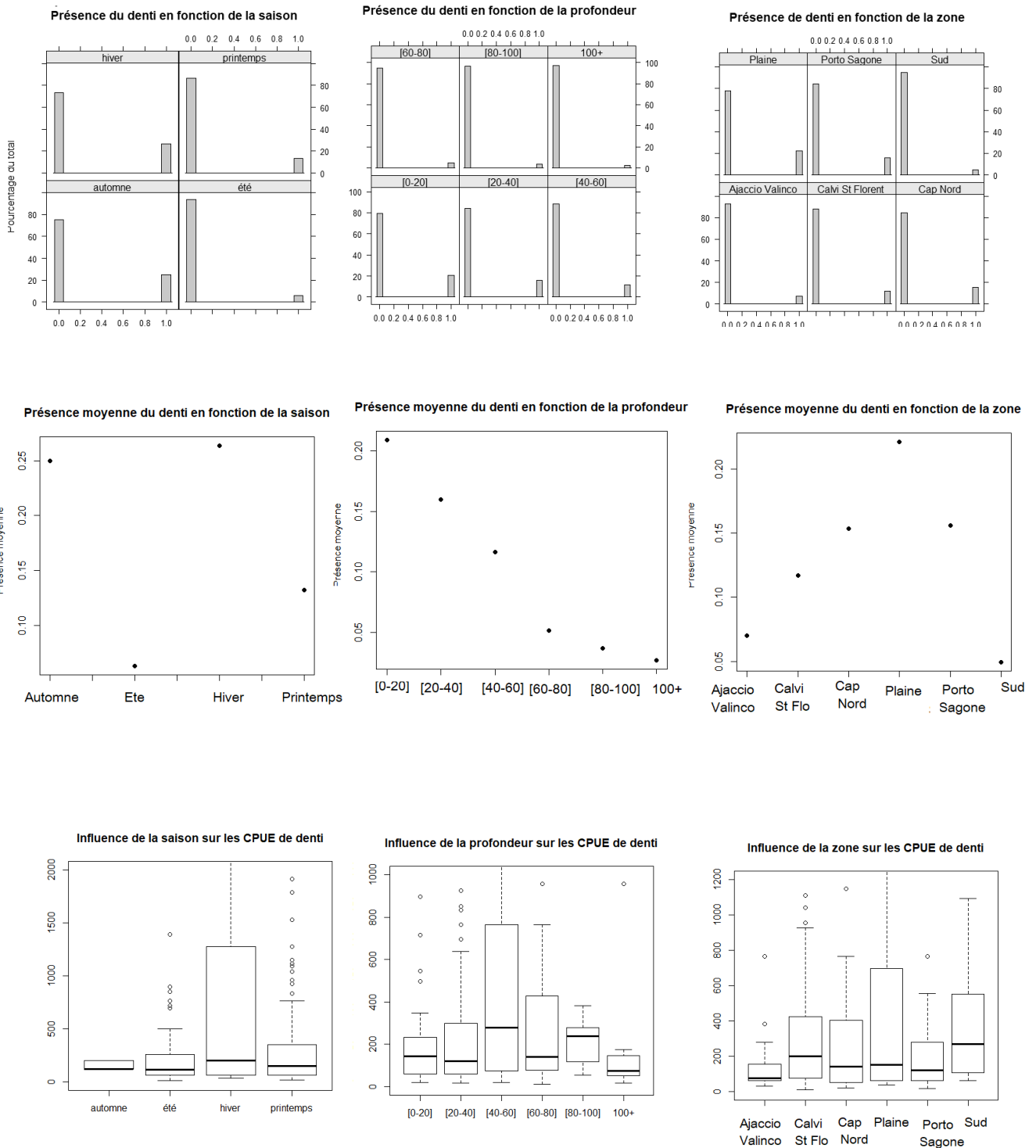
Influence de la profondeur sur les CPUE de corb



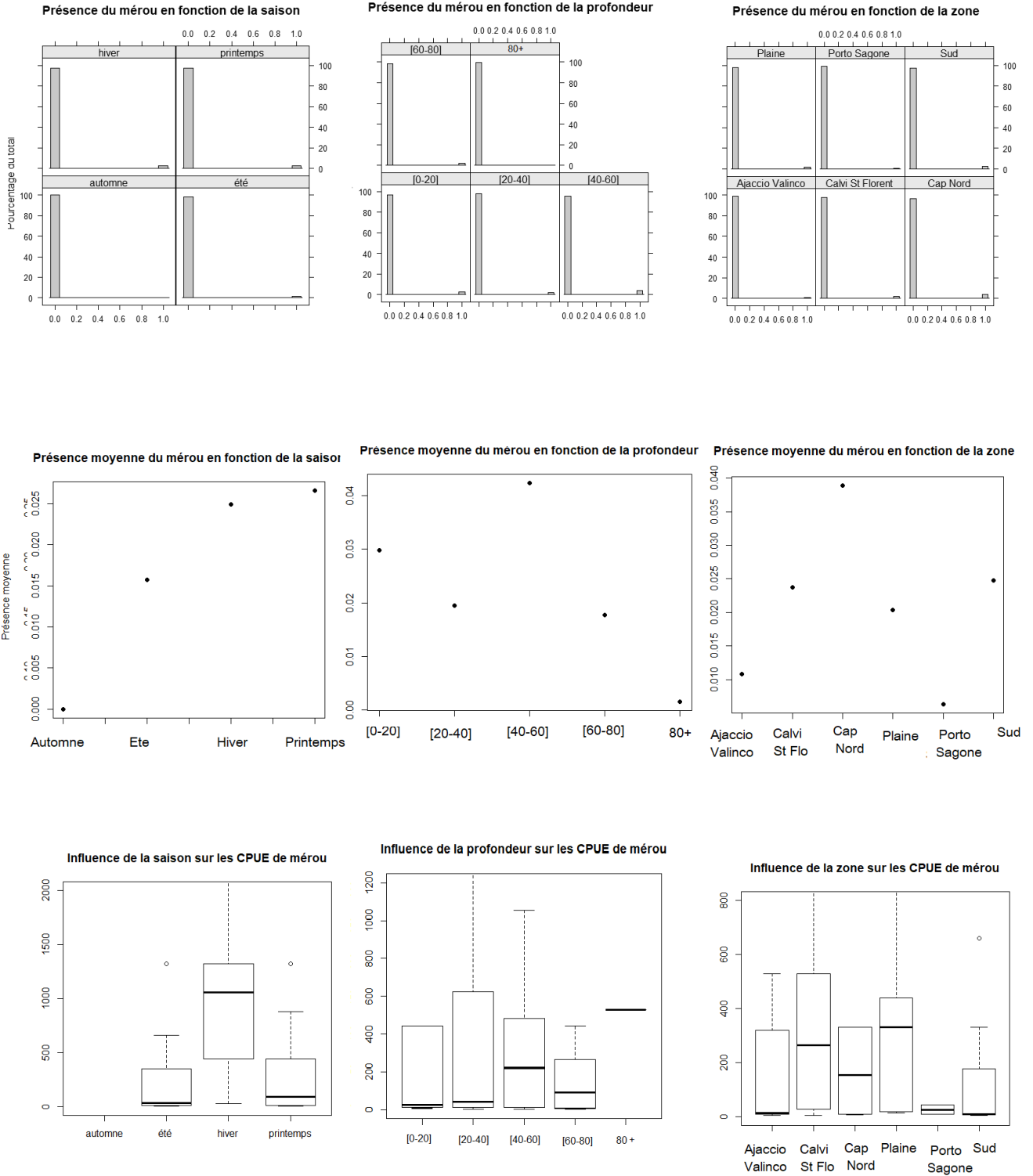
Influence de la zone sur les CPUE de corb



## ANNEXE Vb: Graphiques des analyses préliminaires des données de présence et de capture pour le denti en fonction des données qualitatives (saison, profondeur, zone)



ANNEXE Vc : Graphiques des analyses préliminaires des données de présence et de capture pour le mérou en fonction des données qualitatives (saison, profondeur, zone)



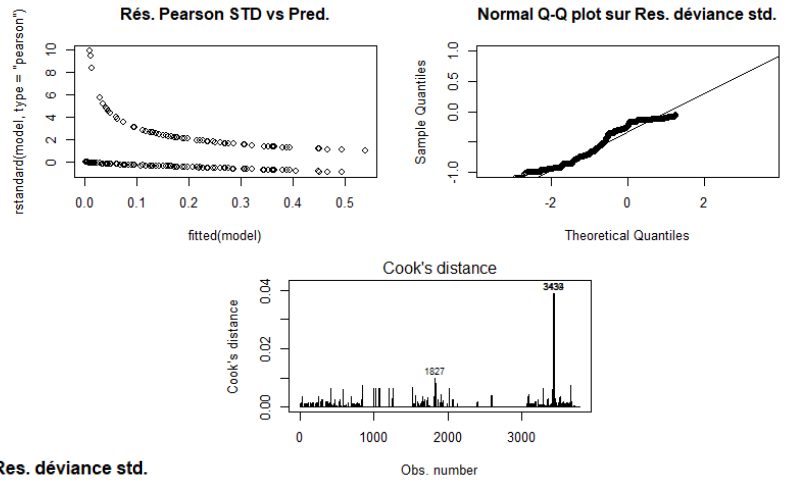
ANNEXE VI : Résultats des modèles binomiaux a) avec les données STARESO en prenant en compte le stade de vie et la période de reproduction (Nourricerie= juvéniles hors période de reproduction, Reproduction= adultes pendant la période de reproduction), b) avec l'ensemble des données (STARESO+ OEC+ MARTE+)

Espèce	JDD stareso	Coef StepAIC	Facteurs significatifs (% de déviance expliquée)	Déviance expliquée totale	Test AUC
Corb	Nourricerie	803,4	Profondeur(16%)+zone(1,5%)	17,50%	0,82
	Reproduction	651	Profondeur(14%)+Zone(4%)	16%	0,82
Denti	Nourricerie	813	Profondeur(14%)+Zone(4%)	18,00%	0,82
	Reproduction	692	Profondeur(4%)+Zone(3%)	7%	0,69
Mérrou	Nourricerie	302	Profondeur(5%)	5%	0,68
	Reproduction	Ne converge pas	Ne converge pas		

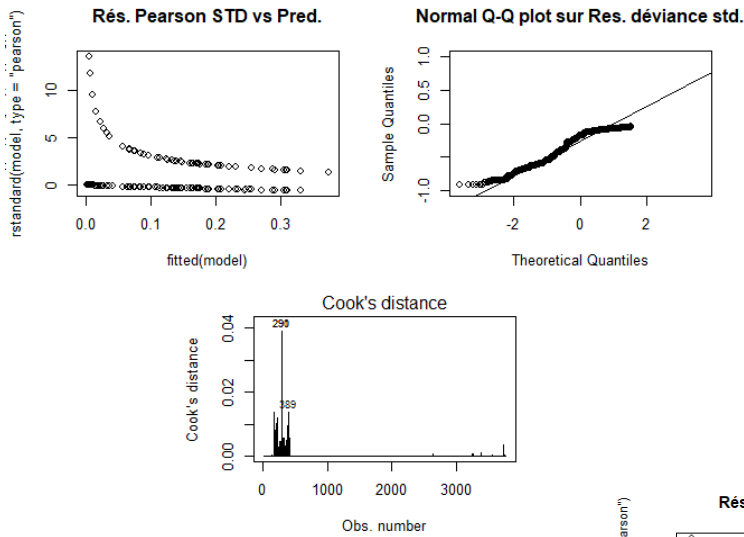
Espèce	JDD (% de zéros)	Coef StepAIC	Facteurs significatifs (% de déviance expliquée)	Déviance expliquée totale	Test AUC	
Corb	STARESO (89%)	Global	2064,89	Profondeur(17,7%)+Zone(1,5%)+Saison(1%)+Posidonie(0,5%)	20,65%	0,82
		Juvenile	1468,45	Profondeur(16%)+Zone(1,6%)+Saison(0,7%)	18,30%	0,82
		Adulte	1163	Posidonie(11,4%)+zone(1,6%)+Saison(1%)+Profondeur(0,9%)	15%	0,81
	Tout(88%)	Global	2283,18	Profondeur(17,7%)+Zone(1,7%)+Saison(1,1%)+Posidonie(0,5%)	20,83%	0,82
		Juvenile	1615,85	Profondeur(16,8%)+Zone(1,8%)+Saison(0,8%)	19,40%	0,82
		Adulte	1323,04	Posidonie(11,2%)+Zone(2,2%)+Profondeur(1%)+Saison(0,9%)	15,30%	0,81
Denti	STARESO(88%)	Global	2377,09	Profondeur(5%)+Zone(3%)+Saison(0,6%)	8,60%	0,76
		Juvenile	1494	Profondeur(11%)+Zone(3%)+Saison(0,6%)	14,60%	0,8
		Adulte	1409	Saison(11%)+Zone(4%)+Profondeur(4%)	19%	0,74
	Tout(88%)	Global	2584,9	Profondeur(5%)+Zone(4%)+Saison(2%)	11,20%	0,75
		Juvenile	1604,37	Profondeur(10,5%)+Zone(3,4%)	13,90%	0,8
		Adulte	1558	Saison(5%)+Zone(3%)+Profondeur(2%)	10%	0,74
Mérrou	STARESO(98%)	Global	753,22	Profondeur(4,5%)+Posidonie(2,2%)+Roche(0,6%)	7,30%	0,76
		Juvenile	430	Profondeur(5%)+Posidonie(2%)	7%	0,75
		Adulte	454,7	Zone(5%)+Profondeur(4%)	9%	0,8
	Tout(98%)	Global	883,67	Zone(5,1%)+Profondeur(3%)+Posidonie(0,7%)	8,80%	0,76
		Juvenile	480	Roche(1%)	1%	0,6
		Adulte	539	Zone(6,7%)+Bathy(3,6%)	10,30%	0,78

ANNEXE VIIa : Visualisation des résidus des modèles binomiaux du corb par graphique des résidus de Pearson, QQ-plot et graphe de la distance de Cook

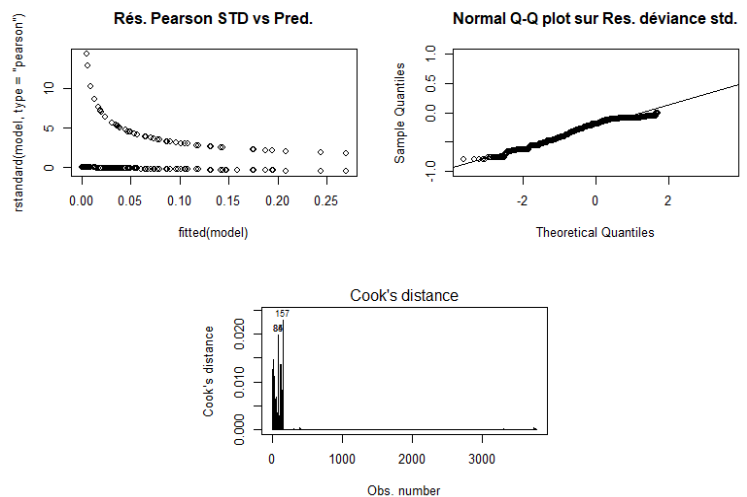
Résidus modèle global corb



Résidus modèle juvénile corb



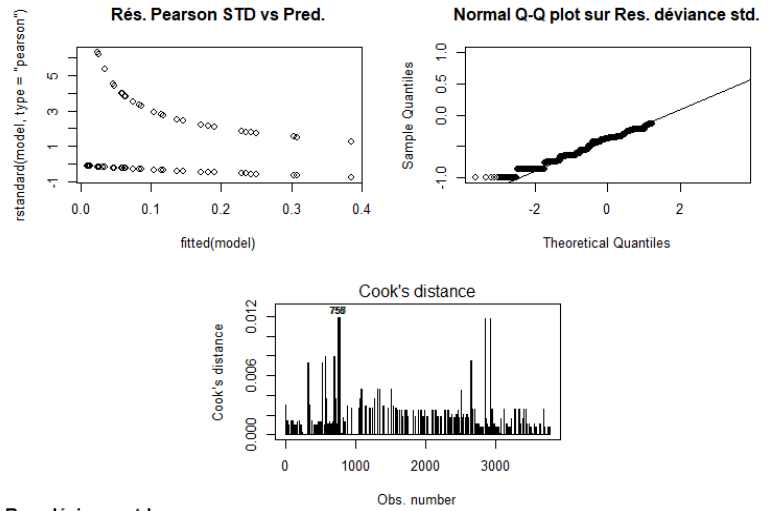
Résidus modèle adulte corb



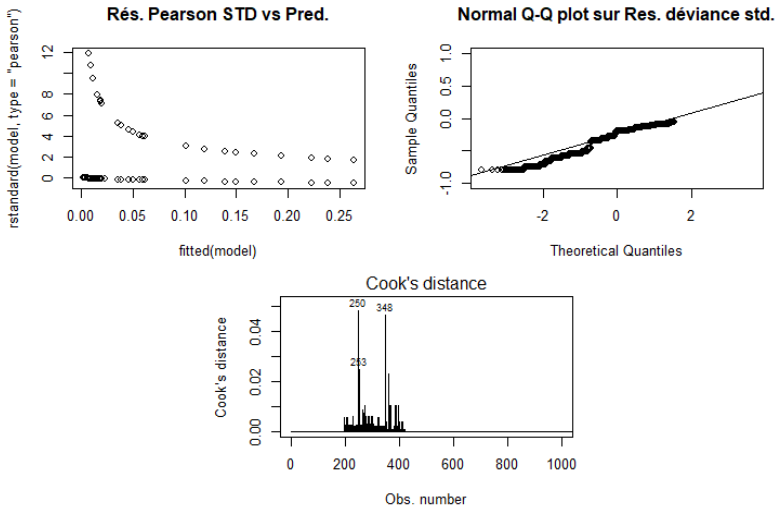


ANNEXE VIIb : Visualisation des résidus des modèles binomiaux du denti par graphique des résidus de Pearson, QQ-plot et graphe de la distance de Cook

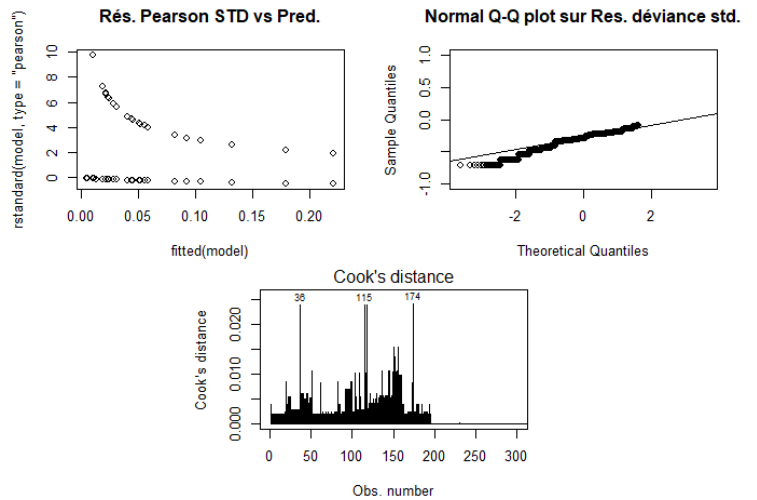
Résidus modèle denti global



Résidus modèle denti juvénile

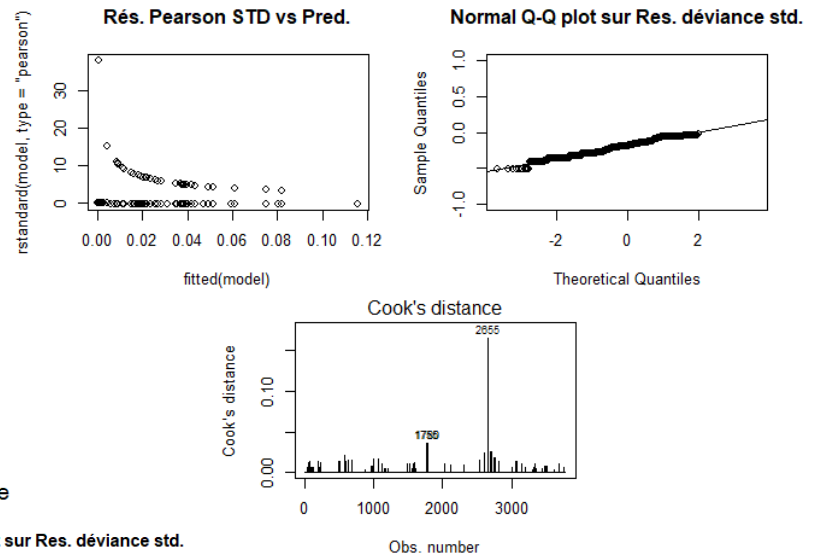


Résidus modèle denti adulte

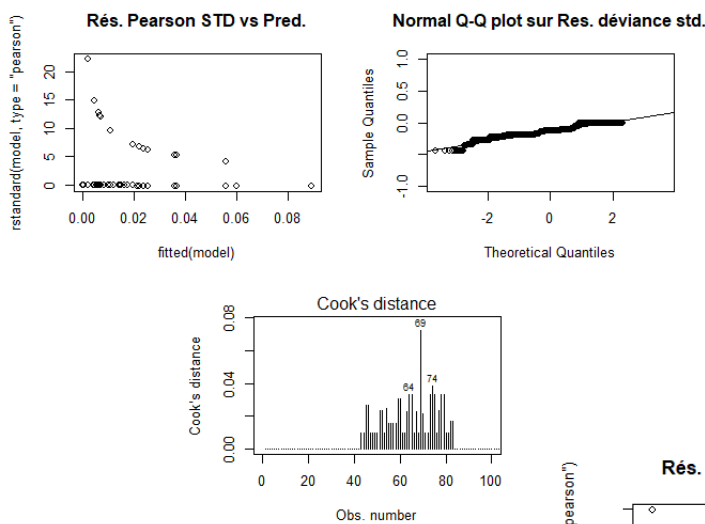


ANNEXE VIIc : Visualisation des résidus des modèles binomiaux du mérrou par graphique des résidus de Pearson, QQ-plot et graphe de la distance de Cook

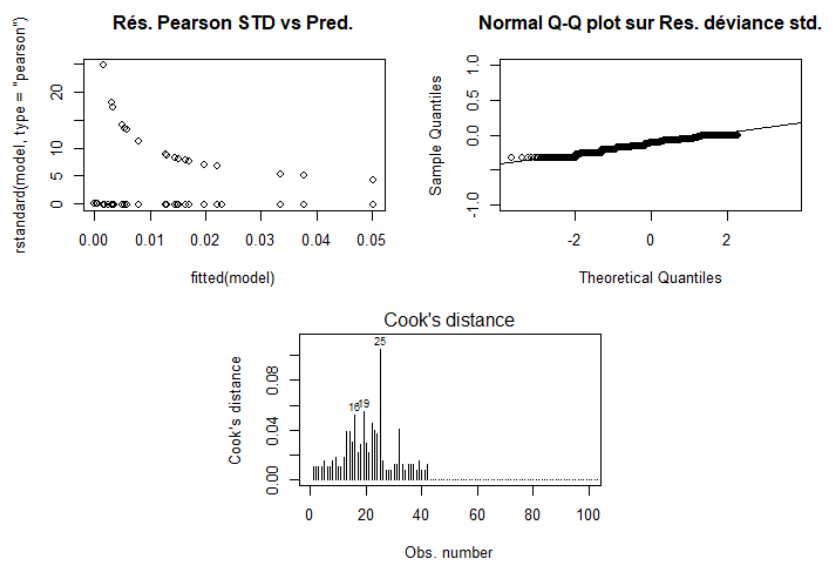
Résidus du modèle global mérrou



Résidus modèle mérrou juvénile



Résidus modèle mérrou adulte



ANNEXE VIII : Visualisation des résultats des modèles CPUE à valeurs positives selon la loi de distribution a) Gamma (link=inverse) et Gamma (link=log), b) gaussienne sur valeur log-transformées (link-loggit), et selon le jeu de données utilisé (STARESO ou complet)

Espèce	JDD (% de zéros)		Gamma(link=inverse)		Gamma(link=log)	
			Coef StepAIC	Facteurs significatifs	Coef StepAIC	Facteurs significatifs
Corb	STARESO (89%)	Global	4626,05	Zone+Posidonie	4625,26	Zone+Posidonie
		Juvenile	2257	Zone+Saison+Roche	2263	Zone+Roche+Saison
		Adulte	2052	Zone+Posidonie	2050	Zone+Posidonie
	Tout(88%)	Global	Ne converge pas	Ne converge pas	5217,12	Zone+Posidonie
		Juvenile	2465	Zone+Saison+Profondeur	2468	Zone+Roche
		Adulte	2407	Posidonie	2410	Posidonie
Denti	STARESO(88%)	Global	Ne converge pas	Ne converge pas	5736	Zone+Bathymetrie+Saison
		Juvenile	2464	Profondeur+Zone+Saison	2476	Profondeur+Zone
		Adulte	Ne converge pas	Ne converge pas	2906	Saison+Roche
	Tout(88%)	Global	Ne converge pas	Ne converge pas	6278,991	Zone+Profondeur+Saison
		Juvenile	Ne converge pas	Ne converge pas	2667,3	Zone+Profondeur
		Adulte	Ne converge pas	Ne converge pas	3244	Zone+Profondeur+Saison
Mérou	STARESO(98%)	Global	Ne converge pas	Ne converge pas	Ne converge pas	Ne converge pas
		Juvenile	270	Posidonie+ Zone	271	Posidonie+Zone
		Adulte	624,9	Posidonie+ Zone	624,8	Profondeur+Zone
	Tout(98%)	Global	Ne converge pas	Ne converge pas	Ne converge pas	Ne converge pas
		Juvenile	301	Zone+Profondeur	307	Posidonie+Zone
		Adulte	Ne converge pas	Ne converge pas	Ne converge pas	Ne converge pas

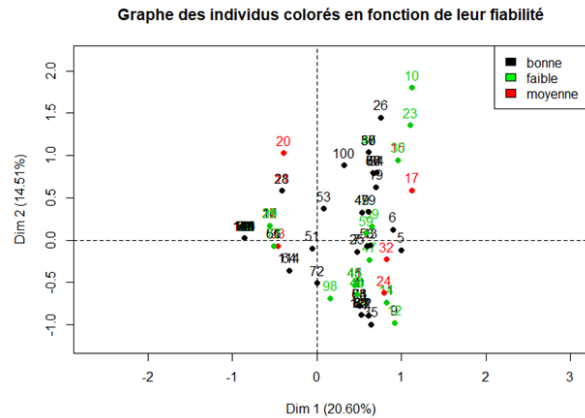
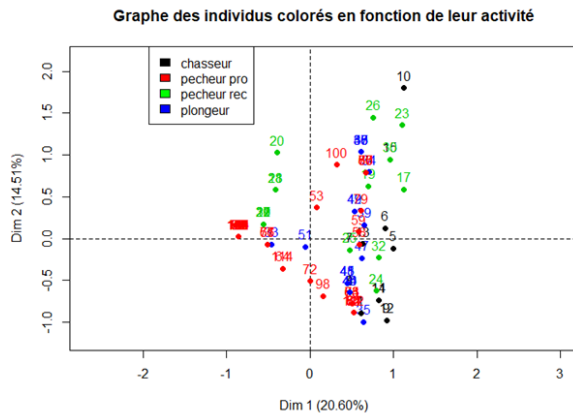
Espèce	JDD (% de zéros)		Gaussienne sur valeurs log-transformées (link=loggit)		Déviance totale	Test de Pearson
			Coef StepAIC	Facteurs significatifs		
Corb	STARESO (89%)	Global	4522,104	Zone(10,5%)+Posidonie(0,7%)	11,20%	rho=0,32 (p<0,05)
		Juvenile	2193,86	Zone(15%)+Profondeur(7%)+Saison(3%)	26%	rho=0,56 (p<0,05)
		Adulte	2027	Zone(11%)+Posidonie(4%)	15%	rho=0,38 (p<0,05)
	Tout(88%)	Global	5097	Zone(10%)	10%	rho=0,31 (p<0,05)
		Juvenile	2400	Zone(16%)+Profondeur(6%)+Saison(5%)	25%	rho=0,33 (p<0,05)
		Adulte	2377	Zone(8%)+Posidonie(2%)	10%	rho=0,33 (p<0,05)
Denti	STARESO(88%)	Global	5639	Zone(6%)+Profondeur(5%)+Saison(3%)	14,50%	rho=0,38 (p<0,05)
		Juvenile	2457	Zone(14%)+Profondeur(11%)	25%	rho=0,48 (p<0,05)
		Adulte	2860	Zone(15%)+Saison(8%)+Profondeur(8%)	31%	rho=0,58 (p<0,05)
	Tout(88%)	Global	6181	Saison(7%)+Zone(6%)+Profondeur(4%)	16%	rho=0,32 (p<0,05)
		Juvenile	2649,7	Profondeur(18%)+Zone(8%)	24%	rho=0,50 (p<0,05)
		Adulte	3202	Saison(17,4%)+Zone(7,5%)+Profondeur(6,8%)	31,50%	rho=0,58 (p<0,05)
Mérou	STARESO(98%)	Global	1060	Zone (14%)	14%	rho=0,38 (p<0,05)
		Juvenile	269	Zone(24%)+Roche(8%)	32%	rho=0,42 (p<0,05)
		Adulte	618	Profondeur(30%)+Posidonie(5%)	35%	rho=0,6 (p<0,05)
	Tout(98%)	Global	1314,06	Saison(10%)	10%	rho=0,23 (p<0,05)
		Juvenile	305	Zone(31%)+Profondeur(17%)	48%	rho=0,69(p<0,05)
		Adulte	824	Posidonie(10%)	10%	rho=0,3 (p>0,05)

## ANNEXE IX : Réponses aux questionnaires MoonFish et MoPaMFish

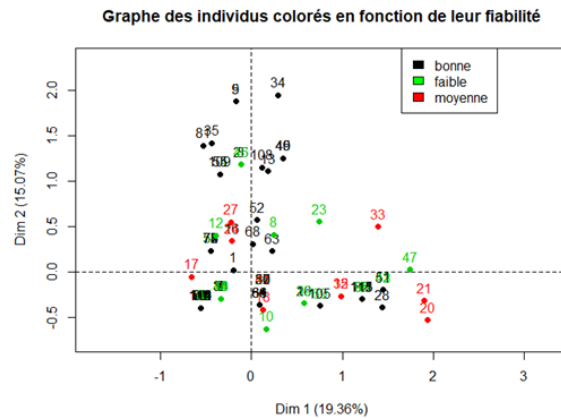
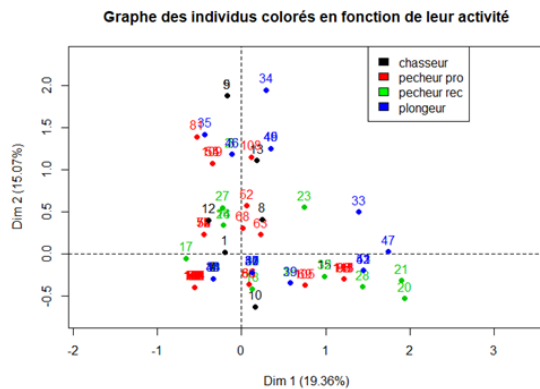
		Chasseur			Plongeur			Pêcheur récréatif			Pêcheur professionnel			Total		
		Denti	Mérou	Corb	Denti	Mérou	Corb	Denti	Mérou	Corb	Denti	Mérou	Corb	Denti	Mérou	Corb
Journée	Aucune	0	8	0	0	8	4	0	3	0	10	8	0	10	27	4
	Marée haute/basse	3	0	1	1	2	0	2	2	3	0	0	0	6	4	4
	Marée montante/descendante	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	1
	Jour	3	3	6	4	7	8	3	4	3	4	1	0	14	15	17
	Nuit	1	0	1	1	2	3	0	0	1	16	10	13	18	12	18
	Crépuscule	13	2	9	6	2	3	3	2	3	15	2	6	37	8	21
	Aube	13	2	8	9	2	4	10	6	6	33	7	15	65	17	33
	Ne sait pas/NA	2	2	2	3	0	3	5	3	5	10	40	37	20	45	47
Mois	Nouvelle lune	1	0	3	0	0	0	1	1	1	23	5	11	25	6	15
	Pleine lune	3	0	1	0	0	0	1	0	1	8	2	5	12	2	7
	Lune montante/descendante	4	0	1	2	0	1	7	3	3	4	0	1	17	3	6
	Aucune	0	9	4	12	10	6	0	2	0	16	13	1	28	34	11
	Ne sait pas/NA	8	6	8	15	9	12	10	10	10	15	44	44	48	69	74
Année	Printemps	7	3	6	9	7	7	7	7	6	40	9	14	63	26	33
	Été	4	5	8	5	6	7	1	6	4	8	4	17	18	21	36
	Automne	4	4	8	4	4	5	10	3	3	10	2	1	28	13	17
	Hiver	0	1	1	2	2	1	5	3	2	4	1	0	11	7	4
	Aucune	4	7	5	1	11	6	1	3	1	2	12	0	8	33	12
	Ne sait pas/NA	1	1	0	3	0	4	2	3	5	10	40	37	16	44	46
Mouvements saisonniers	Disparition hiver	2	2	4	3	0	1	1	0	0	0	0	0	6	2	5
	migration pour la reproduction	3	2	5	0	1	0	4	0	1	39	3	4	46	6	10
	migration verticale	5	3	5	3	1	1	3	0	0	12	0	1	23	4	7
	Non	1	3	4	3	13	11	1	3	1	9	22	28	14	41	44
Ne sait pas/NA	4	2	0	8	3	5	7	11	10	7	40	38	26	56	53	
Substrat reproduction	Sable	3	2	3	1	2	1	1	0	0	0	0	0	5	4	4
	Roche	8	9	12	6	11	4	9	10	9	34	9	17	57	39	42
	Herbier	6	5	10	2	2	4	5	3	9	10	2	6	23	12	29
	Epave	5	2	6	1	2	1	5	6	3	3	0	1	14	10	11
	Ne sait pas/NA	6	6	5	12	8	15	3	3	1	14	54	45	35	71	66
Substrat juvénile	Sable	4	4	1	2	2	3	1	0	0	7	2	0	14	8	4
	Roche	9	16	16	16	19	17	11	14	10	14	20	11	50	69	54
	Herbier	7	8	13	10	8	14	8	7	9	45	7	16	70	30	52
	Epave	0	5	6	3	5	5	3	6	2	0	0	0	6	16	13
	Ne sait pas/NA	4	1	0	3	0	1	3	1	1	15	42	45	25	44	47
Substrat adulte	Sable	3	5	4	4	2	2	3	0	0	10	0	1	20	7	7
	Roche	15	15	15	19	19	19	17	14	12	48	23	25	99	71	71
	Herbier	12	6	13	4	4	14	7	4	10	13	6	8	36	20	45
	Epave	6	7	8	6	9	10	7	9	5	2	1	1	21	26	24
	Ne sait pas/NA	0	1	0	0	0	0	1	0	0	10	41	37	11	42	37
connaissance	oui	13	11	9	5	7	0	11	6	6	54	5	24	83	29	39
	Non	2	4	6	14	12	19	6	8	8	11	60	41	33	84	74
période de reproduction	Printemps	12	3	6	5	2	0	9	1	5	54	1	24	80	7	35
	été	0	8	1	0	5	0	2	5	0	0	4	0	2	22	1
	automne	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
	hiver	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
beaucoup de gros individus	oui	11	9	8	9	13	8	7	6	4	26	4	4	53	32	24
	non	2	6	3	6	3	5	3	1	4	21	19	22	32	29	34
	Ne sait pas/NA	2	0	4	3	3	6	6	5	6	18	42	39	29	50	55
Quand	Automne	2	1	2	0	0	0	0	2	1	13	1	2	15	4	5
	Printemps	3	4	3	4	2	5	4	2	3	8	2	2	19	10	13
	été	7	4	2	5	11	2	0	4	2	0	1	0	12	20	6
	hiver	0	1	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	4	1	2
beaucoup plus de petits	oui	0	9	9	9	3	5	9	4	6	45	0	15	63	16	35
	non	2	6	4	5	12	6	2	3	2	9	23	13	18	44	25
	Ne sait pas/NA	11	0	2	4	4	8	6	10	9	11	42	37	32	56	56
Quand	Automne	1	1	4	1	0	1	3	0	0	9	0	1	14	1	6
	Printemps	1	1	2	6	3	1	5	0	3	35	0	12	47	4	18
	été	0	4	2	3	0	3	1	3	4	1	0	2	5	7	11
	hiver	0	2	3	0	0	0	1	0	2	1	0	0	2	2	5
observations	Identique	3	1	9	6	2	6	2	0	1	3	6	8	14	9	24
	En augmentation	0	13	2	1	14	6	1	7	3	1	16	5	3	50	16
	En diminution	11	1	4	8	1	6	10	4	4	50	2	9	79	8	23
Sans avis	1	0	0	3	2	1	4	3	6	11	41	42	19	46	49	
Taille	Identique	6	3	10	6	6	8	4	1	1	14	5	15	30	15	34
	En augmentation	0	5	1	0	7	1	0	5	2	1	2	1	1	19	5
	En diminution	8	6	4	8	4	8	9	4	5	37	16	7	62	30	24
	Sans avis	1	1	0	4	2	2	4	4	6	13	42	42	22	49	50

## ANNEXE X : Résultats de l'ACM sous forme du graphe des individus colorés en fonction de leur activité et de leur fiabilité

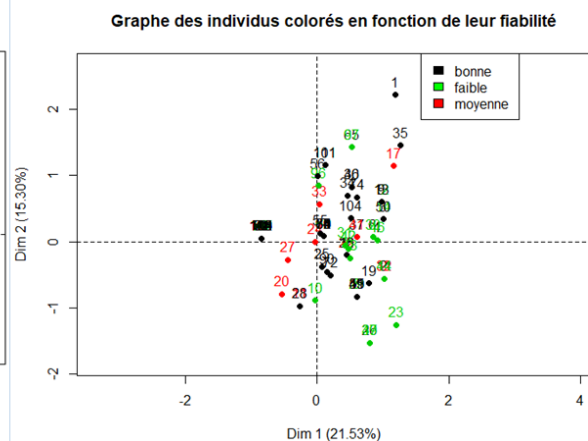
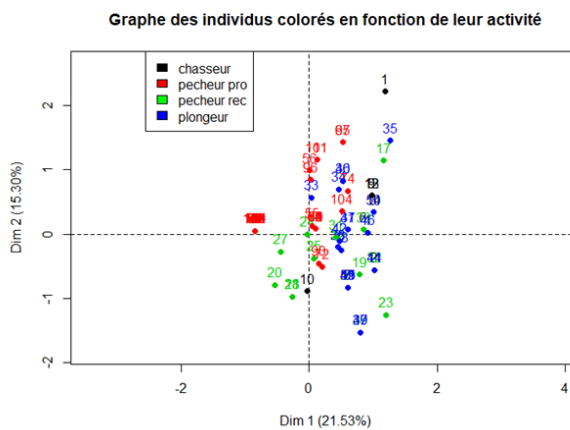
### Influence de l'activité et de la fiabilité sur les réponses concernant le corb



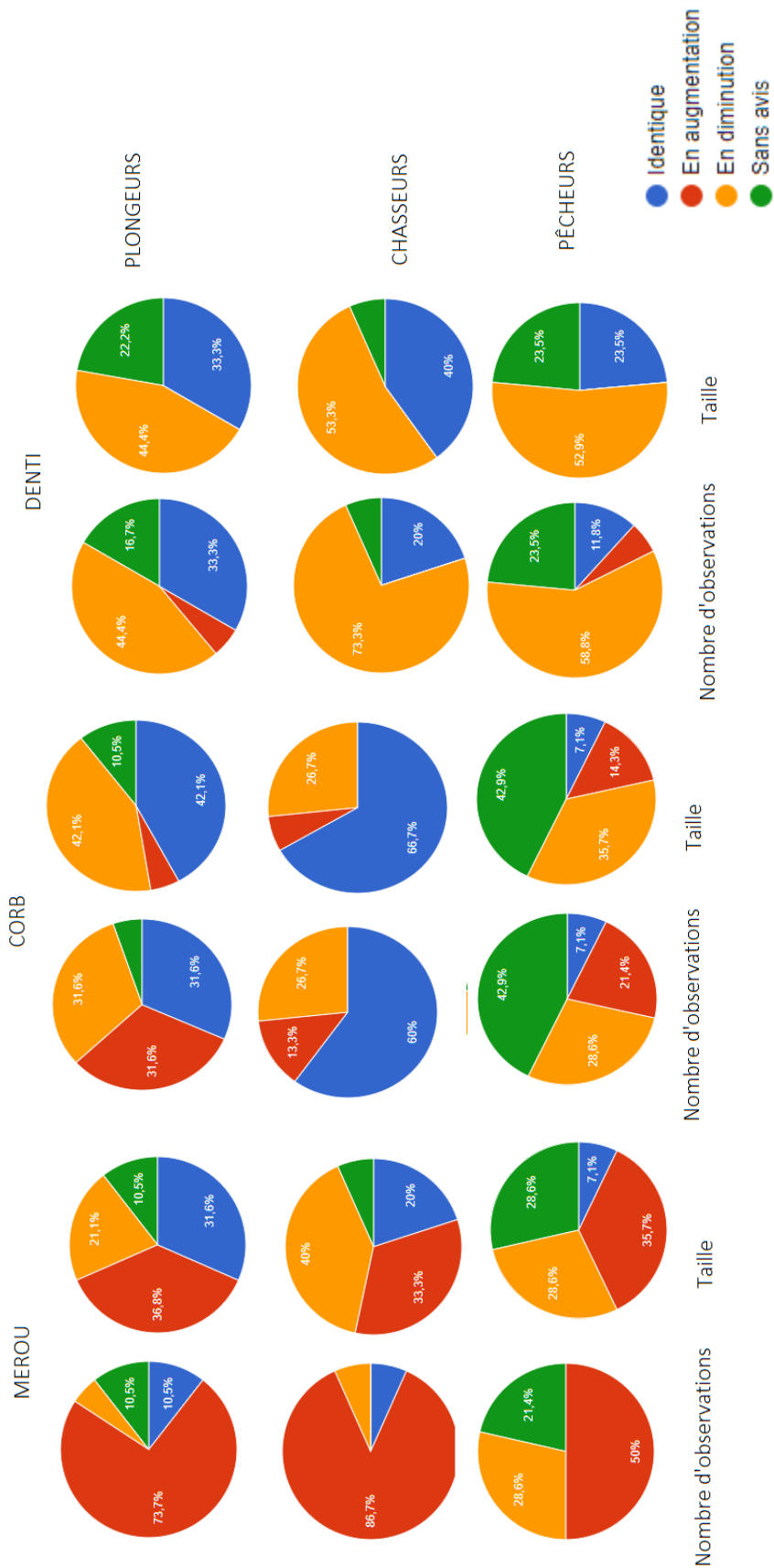
### Influence de l'activité et de la fiabilité sur les réponses concernant le denti



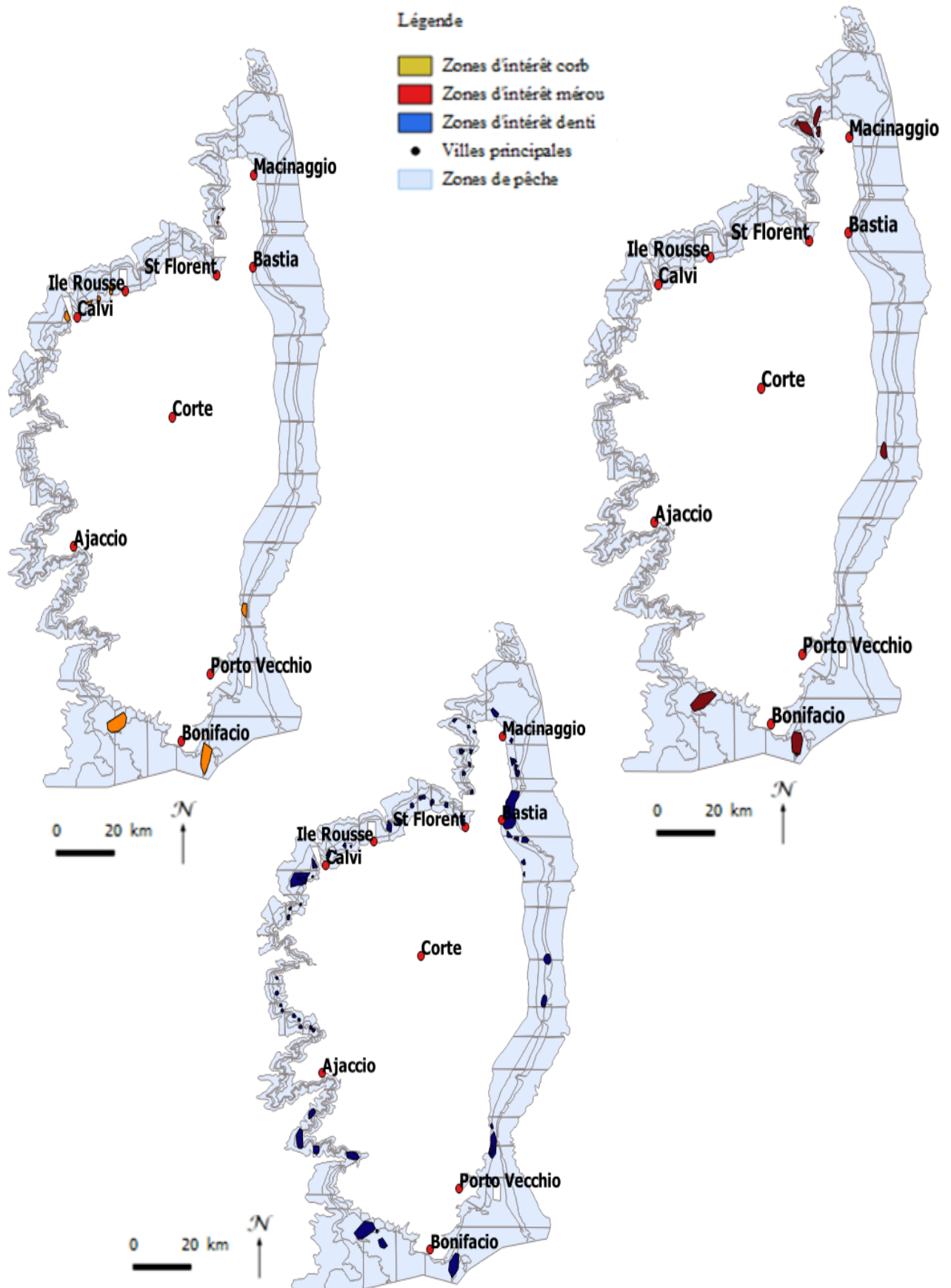
### Influence de l'activité sur les réponses concernant le mérrou



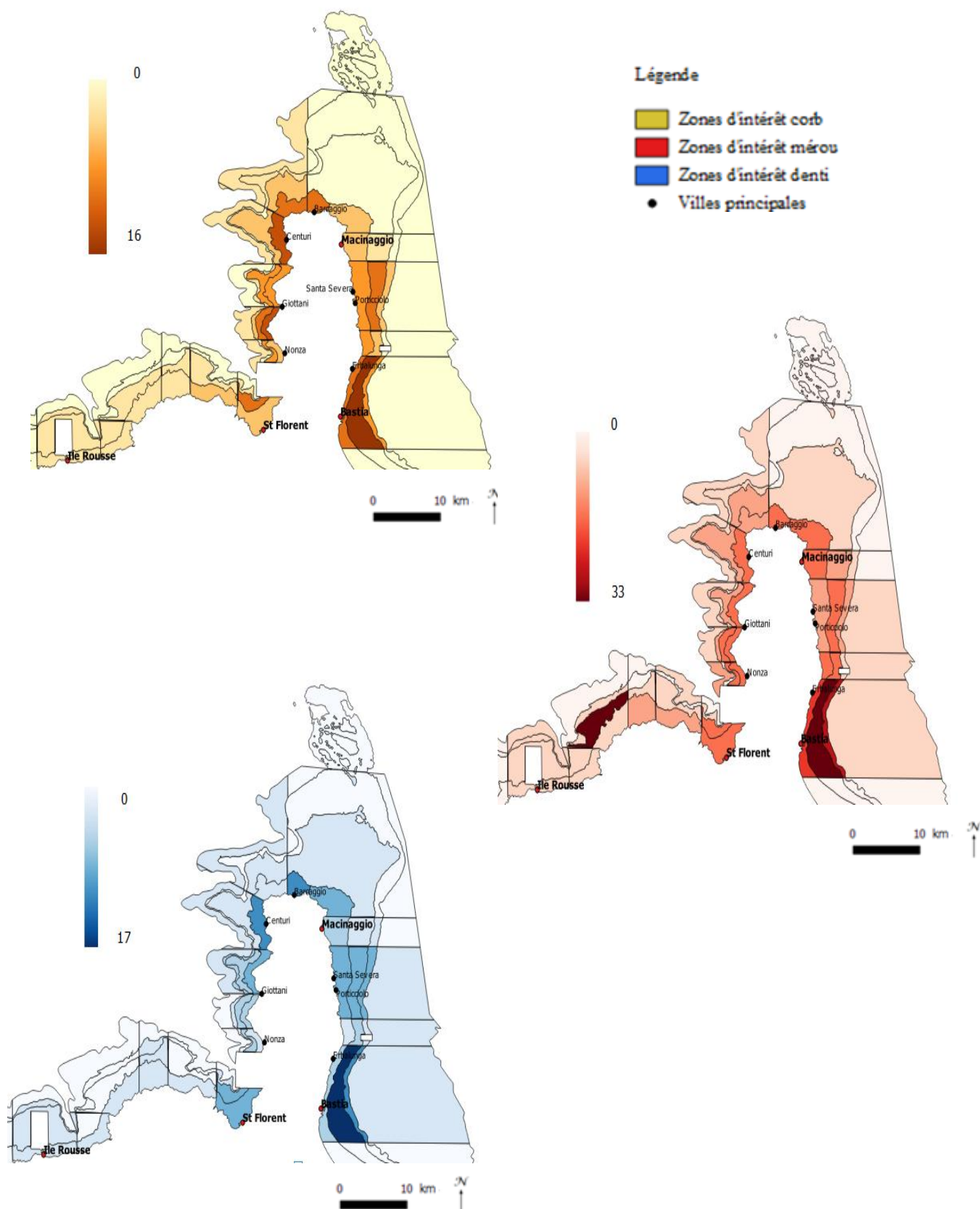
ANNEXE XI : Perception de l'évolution de la ressource en termes de changement du nombre d'observations et de la taille moyenne selon l'activité




ANNEXE XII : Cartographie des réponses au questionnaire MoonFish par espèce



ANNEXE XII : Cartes d'occurrence par espèce réalisées à partir des réponses au questionnaire MoPaMFish





	Diplôme : Ingénieur Agronome Spécialité : Halieutique Spécialisation / option : Recherche en Ecosystèmes Aquatiques Enseignant référent : Olivier LE PAPE	
Auteur(s) : PIETTE SÉMERIL Éloïse Date de naissance* : 18/11/1995	Organisme d'accueil : Plate forme Stella Mare, UMS3514- Université de Corse/ CNRS Adresse : Route de la Marana, 20620 Biguglia	
Nb pages : 63                      Annexe(s) : 17	Maître de stage : DURIEUX Éric	
Année de soutenance : 2018		
Titre français : Identification, cartographie et modélisation des habitats essentiels de trois espèces patrimoniales (corb, denti et mérrou brun) sur les littoraux corses par approche multi-sources		
Titre anglais : Identification, mapping and modelling of the essential habitats of three threatened Mediterranean species (brown meagre, common dentex and dusky grouper) on the Corsican coasts by a multi-source approach		
Résumé (1600 caractères maximum) :  Le corb <i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758), le denti <i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758) et le mérrou brun <i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834) sont trois espèces patrimoniales de poissons des littoraux corses considérées comme indicatrices de la pression exercée sur un milieu. Cette étude a pour but d'identifier les facteurs caractéristiques et les habitats essentiels de ces espèces à l'échelle de la Corse et de celle du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate par approche multi-sources inédite. La modélisation de données quantitatives de CPUE est combinée à l'utilisation de données empiriques qualitatives recueillies via questionnaires auprès des pêcheurs (professionnels et récréatifs), chasseurs et plongeurs. Des modèles d'habitats DELTA ont été développés mais n'étant pas exploitables, les résultats utilisés sont ceux issus des modèles d'habitats de présence/absence. Associés aux réponses et cartes issues des questionnaires empiriques, des habitats caractéristiques (profondeur, zone, type de substrat) ont été définis pour chaque espèce et stade de vie. Trois zones rocheuses du PNM sont ressorties concentrant de fortes densités de juvéniles et reproducteurs des 3 espèces : le golfe de Saint Florent, le nord du Cap Corse et les épaves au large de Bastia.		
Abstract (1600 caractères maximum) :  The brown meagre <i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758), the common dentex <i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758) and the dusky grouper <i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834) are three threatened Corsican species of fishes considered as indicators of the pressure exerted on an environment. This study aims to identify the characteristic factors and the essential habitats of these species at the scale of Corsica and at the scale of the Marine Natural Park of the Cap Corse and the Agriate by an unprecedented multi-source approach. The modelling of quantitative CPUE data is combined with the use of qualitative empirical data collected by questionnaires submitted to fishermen (professional and recreational), divers and submarine hunters. DELTA habitats models have been developed, but not exploitable. So the results used are the ones from the presence/absence habitats model. Combined with answers and maps from the empirical questionnaires, characteristic habitats (depth, area, substrate type) have been defined for each species and stage of life. Three rocky areas of the MNP emerged showing large density of juveniles and breeders of the three species: the gulf of Saint Florent, the northern the Cap Corse and the wrecks off Bastia.		
Mots-clés : habitats, Corse, modélisation, multi-source, données empiriques		
Key Words: habitats, Corsica, modelling, multi-sources, empirical data		