

L'institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers ☐ Site de Rennes ☒

Année universitaire : 2024-2025

Spécialité : Ingénieur agronome

Spécialisation (et option éventuelle) :
Sciences halieutiques et aquicoles (Écologie
halieutique)

Mémoire de fin d'études

☒ d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

☐ de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

☐ de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)

☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Accompagnement de la pêcherie de *Tritia mutabilis* dans le golfe du Lion vers une gestion durable par l'étude des indicateurs d'état du stock et de l'impact environnemental

Par : Lucie CHAUVEL



Soutenu à Rennes le 12 septembre 2025

Devant le jury composé de :

Président : Etienne RIVOT

Maître de stage : Carmen BATTEZ

Enseignant référent : Etienne RIVOT

Autres membres du jury

Didier GASCUEL, enseignant-chercheur
Institut Agro Rennes-Angers

Martial LAURANS, chercheur Ifremer

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers

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 ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ : 01/09/2025
(Ou de l'étudiant-entrepreneur)

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 ⁽³⁾ Nom Prénom : Chauvel Lucie

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⁽⁴⁾

☐ 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 : 01/09/2025 L. Chauvel

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.

Date et signature de l'enseignant : 11 Sept 2025 [Signature]

Utilisation de l'Intelligence Artificielle (IA) pour la rédaction du mémoire

L'intelligence artificielle a été utilisée pour améliorer le texte ☒ Oui ☐ Non

Si oui, préciser pour quelle partie de texte et à quelles fins ?

Correction grammaire et orthographe, reformulation partielle

Toute absence de déclaration précise sera considérée comme un manquement aux règles de l'éthique scientifique.

Date et Signature de l'auteur : 01/09/2025 L. Chauvel

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation de l'Institut Agro Rennes-Angers 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

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier **Carmen Battez**, chargée de mission à l'OP du Sud et maître de stage, pour son accompagnement, sa disponibilité, et la confiance qu'elle m'a accordée tout au long de ces six mois. J'ai énormément appris à ses côtés sur le fonctionnement de l'OP, les réalités de terrain, et, plus largement, sur les pêcheries de Méditerranée.

Mes remerciements vont également à **Étienne Rivot**, mon tuteur de stage, pour ses conseils méthodologiques, son regard critique et les échanges constructifs autour des analyses statistiques. Ses cours m'ont été particulièrement utiles pour ce stage.

Je remercie aussi **Michela Patrissi**, chargée de mission au Cépralmar et seconde encadrante, pour son suivi et pour ce que j'ai pu apprendre sur la mise en œuvre des protocoles de suivi scientifique.

Je souhaite également remercier **Emmanuel Tessier** et **Tarek Hattab** de l'Ifremer pour leurs retours et leurs conseils dans l'application et l'interprétation des analyses de données.

Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble de l'équipe de l'**OP du Sud** pour leur accueil et le temps qu'ils m'ont consacré. Merci à **Guy Mirete**, président de l'OP, pour ses anecdotes de pêcheur expérimenté... et plus particulièrement pour son pass « café illimité ». Merci à **Perrine Cuvilliers**, secrétaire générale, et à **Louise Hennache**, chargée de mission, pour la richesse de nos échanges et le partage de leurs connaissances sur les différents sujets traités par l'OP.

Un grand merci à tout le personnel de la **criée d'Agde** pour leur accueil chaleureux et leur disponibilité. Merci à **Yves Le Théry**, directeur, ainsi qu'à **Laurie, Olivier, Laurent, Christel, Oliver, Pierre, Sandrine, Adeline** et **Fanny**, pour le temps qu'ils m'ont accordé, leurs explications sur le fonctionnement de la criée et les échanges toujours bienveillants.

Je remercie également l'équipe du **Cépralmar**, **Jean-François Holley**, directeur, ainsi que **Florian, Élise, Laureen, Antoine** et **Théo**, pour leur accueil lors des journées de biométrie et les discussions enrichissantes.

Côté professionnels de la mer, je remercie **Jérémy Vargas**, patron-pêcheur, pour m'avoir accueillie à bord pour le suivi d'une marée. J'exprime également ma reconnaissance à tous les pêcheurs ayant participé aux campagnes des projets PEEXNAC et CoPeNaC, ainsi qu'à ceux qui m'ont consacré du temps pour répondre aux enquêtes.

Du côté des coopératives et criées, je remercie **Pierre Blanes** et **Sébastien Prunet** (SO.CO.MAP), **Naïs Anthème** et **Alan** (La Graulenne), ainsi que **Stéphane Puech** et **Gilles Letailleur** (Port-La-Nouvelle), pour leur accueil et leur disponibilité.

Je tiens à remercier **Mélissa Trougan** de l'AMP Côte Agathoise et **Delphine Marobin** du Parc Naturel Régional de Camargue pour la transmission des données sur les habitats marins. Enfin, je remercie **Flore Moussy**, du CRPMEM Occitanie, pour le partage des cartes « VALPENA ».

Table des matières

Liste des abréviations	V
Liste des figures et tableaux	VII
Liste des annexes	VIII
Avant-propos.....	IX
Introduction	1
2. Matériel et méthodes.....	4
2.1. L'échelle d'étude	4
2.2. Présentation des données mobilisées	5
2.2.1. Données logbook (2014-2025)	5
2.2.2. Protocole CoPeNaC-A (2023-2025).....	5
2.2.3. Protocole CoPeNaC-B (2023-2025).....	6
2.2.4. Données PEEYNAC (2018-2020)	7
2.3. Indicateurs d'état du stock de <i>Tritia mutabilis</i>	7
2.3.1. DPUE, indice d'abondance relative	7
2.3.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI).....	9
2.4. Impacts environnementaux de la pêche	12
2.4.1. Espèces non ciblées : captures accessoires et appâts.....	12
2.4.2. Interactions pêche/habitats	13
3. Résultats.....	13
3.1. Indicateurs d'état du stock de <i>Tritia mutabilis</i>	13
3.1.1. DPUE, indice d'abondance relative	13
3.1.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI).....	17
3.2. Impacts environnementaux de la pêche	20
3.2.1. Captures accessoires	20
3.2.2. Espèces utilisées comme appâts	23
3.2.3. Interactions pêche/habitats	23
4. Discussion.....	27
4.1. Indicateurs d'état de stock de <i>Tritia mutabilis</i>	27
4.1.1. DPUE, indice d'abondance relative	27
4.1.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI).....	28
4.2. Impacts environnementaux de la pêche	30
4.2.1. Espèces accessoires	30
4.2.2. Espèces utilisées comme appâts	31
4.2.3. Interactions pêche/habitats	31

4.3. Recommandations sur les mesures de gestion.....	32
Conclusion.....	35
Bibliographie	36
Annexes.....	41

Liste des abréviations

AEP : Autorisation Européenne de Pêche

AIC : Akaike Information Criterion (Critère d'Information d'Akaike)

AMP : Aire Marine Protégée

AMPCA : Aire Marine Protégée de la Côte Agathoise

BESTCLIM : Buccin Espèce SenTinelle pour le CLIMat

BIC : Bayesian Information Criterion (Critère d'Information Bayésien)

COGECO : Coopération pour la Gestion des Coquillages

CoPeNaC : Connaissance de la Pêcherie de la Nasse Changeante

CPUE : Captures par Unité d'Effort

CRPMEM : Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins

DLS : Data-Limited Stock (Stocks à Données Limitées)

DPUE : Débarquements par Unité d'Effort

EAFM : Ecosystem Approach to Fisheries Management (Approche écosystémique de la gestion des pêches)

ERS : Electronic Reporting System (Système de Déclaration Électronique)

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

GDR/SMDLM : Grau-du-Roi / Saintes-Maries-de-la-Mer

GFCM : General Fisheries Commission for the Mediterranean (Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée)

GIS VALPENA : Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'éVALuation des activités de PÊche au regard des Nouvelles Activités

GLM : Generalized Linear Model (Modèle Linéaire Généralisé)

GLMM : Generalized Linear Mixed Model (Modèle Linéaire Généralisé Mixte)

GSA 7 : Geographical Sub-Area 7 (Sous-Zone Géographique 7)

ICES/CIEM : International Council for the Exploration of the Sea / Conseil International pour l'Exploration de la Mer

IUCN : International Union for Conservation of Nature (Union Internationale pour la Conservation de la Nature)

LBI : Length-Based Indicators (Indicateurs basés sur la taille)

LBSPR : Length-Based Spawning Potential Ratio (Ratio du potentiel reproducteur basé sur la taille)

LM : Linear Model (Modèle Linéaire)

LMM : Linear Mixed Model (Modèle Linéaire Mixte)

LRT : Likelihood Ratio Test (Test du rapport de vraisemblance)

MDP : Menacée, en Danger ou Protégée

ML : Maximum Likelihood (Maximum de vraisemblance)

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

MSC : Marine Stewardship Council

OFB : Office Français de la Biodiversité

OP : Organisation de Producteurs

PEEXNAC : Programme d'Étude pour l'EXploitation durable de la Nasse Changeante

PNR : Parc Naturel Régional

REML : REstricted Maximum Likelihood (Maximum de vraisemblance restreint)

RMD : Rendement Maximum Durable

SIOP : Système d'Information des Organisations de Producteurs

SMDLM/PSLDR : Saintes-Maries-de-la-Mer / Port-Saint-Louis-du-Rhône

SMEL : Synergie Mer et Littoral

SPR : Spawning Potential Ratio (Ratio du potentiel reproducteur)

SO.CO.MAP : SOciété COopérative des MARins Pêcheurs

UE : Union Européenne

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Liste des figures et tableaux

Figures

Figure 1. Cartographie des ports d'attache des navires actifs sur la pêcherie de <i>Tritia mutabilis</i> , adhérents à l'OP du Sud	4
Figure 2. Cartographie des trois principaux secteurs de pêche identifiés dans le cadre des projets PEEXNAC et CoPeNaC.....	4
Figure 3. Mesures biométriques sur <i>Tritia mutabilis</i> (Cépralmar, 2024)	6
Figure 4. Structure en tailles (bin size = 2 mm), tous secteurs de pêche confondus, campagne 2023-2024. Les paramètres associés sont présentés dans le tableau	17
Figure 5. Composition des captures en poids (%) de la pêcherie de la nasse changeante, protocoles CoPeNaC-A et B, campagnes 2023-2024 et 2024-2025 confondues	20
Figure 6. Proportion d'espèces utilisées comme appâts selon leur fréquence d'utilisation (%), protocoles CoPeNaC-A et B, campagnes 2023-2024 et 2024-2025 confondues	23
Figure 7. Interactions pêcherie/habitats, posidonies du Cap d'Agde, AMP de la Côte Agathoise.....	24
Figure 8. Interactions pêcherie/habitats, le golfe de Beauduc, Parc Naturel Régional de Camargue ..	25
Figure 9. Interactions pêcherie/habitats, les bancs sableux de l'Espiguette (Parc Naturel Régional de Camargue, 2015)	26

Tableaux

Tableau 1. Méthode LBI, paramètres mobilisés pour l'étude du stock de <i>Tritia mutabilis</i> (ICES, 2012, 2015, 2018 ; Annexe III)	10
Tableau 2. Méthode LBI, fonction et interprétation des « indicateurs ratio » (ICES, 2012, 2015, 2018)	11
Tableau 3. Nombre d'individus de <i>Tritia mutabilis</i> échantillonnés par campagne et par secteur (réalisé/prévu).....	11
Tableau 4. Sélection de la distribution statistique du modèle, comparaison des scores AIC	14
Tableau 5. Résultats de l'effet fixe « Année » sur la variable réponse $\log DPUE \sim Année + Mois + Zonage_port + 1\ Bateau$, $family = gaussian$	16
Tableau 6. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio » tous secteurs confondus	18
Tableau 7. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio », secteur (1) Agde/Valras	19
Tableau 8. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio », secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries	19
Tableau 9. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio », secteur (3) Stes-Maries/Port-St-Louis	19
Tableau 10. Liste des espèces et groupes d'espèces capturés de manière accessoire par la pêcherie de la nasse changeante (IUCN, 2025)	20
Tableau 11. Classification des espèces capturées par la pêcherie de la nasse changeante (OP du Sud) selon le référentiel de certification MSC, campagnes 2023-2024 et 2024-2025 confondues (MSC, 2014 ; SAI GLOBAL, 2016).....	22

Liste des annexes

Annexe I. Principales étapes de la pêche de la nasse changeante dans le golfe du Lion (photos personnelles).....	41
Annexe II. Cartographie des points de pêche dans le cadre des protocoles COPENAC-A et B (2023-2025)	43
Annexe III. Détails et explications sur les paramètres de la méthode LBI, appliquée à la pêche de <i>T. mutabilis</i> dans le golfe du Lion (ICES, 2012)	44
Annexe IV. Bilan des échantillonnages du protocole CoPeNaC-A, campagnes 2023-2024 et 2024-2025	46
Annexe V. Cartographie des zones de protection spéciales de l'environnement marin dans le golfe du Lion (OP du Sud, 2024)	48
Annexe VI. Exploration graphique de la variable réponse « DPUE » en fonction des variables explicatives « Année », « Mois », « Zonage_port » et « Bateau »	49
Annexe VII. Exploration du jeu de données des DPUE, tables de contingence des interactions « Mois×Année », « Mois×Zonage_port », « Zonage_Port×Année »	51
Annexe VIII. Étape 1 de la sélection du modèle mixte, sélection de la distribution statistique du modèle avec la relation moyenne-variance et les analyses résiduelles	52
Annexe IX. Étapes 2 et 3 de la sélection du modèle mixte, sélection des structures aléatoire et fixe optimales	54
Annexe X. Étape 4 de la sélection du modèle mixte, analyse résiduelle du modèle retenu $\log DPUE \sim \text{Année} + \text{Mois} + \text{Zonage_port} + 1 \text{ Bateau}$, $\text{family} = \text{gaussian}$	55
Annexe XI. Résultats du modèle mixte retenu, variabilité expliquée, facteurs et modalités	57
Annexe XII. Méthode LBI, structures en tailles (bin size = 2) et valeurs des paramètres associés, campagnes 2023-2024 et 2024-2025	61
Annexe XIII. Méthode LBI, séries temporelles des « indicateurs ratio » avec distinction des secteurs de pêche, code couleur : rouge = valeur inférieure au seuil de durabilité, vert = valeur supérieure ou égale au seuil de durabilité	65
Annexe XIV. Localisation des points de pêche des protocoles PEEXNAC et CoPeNaC-A croisés avec les zones de protection des habitats marins	69
Annexe XV. Interactions pêche/habitats, zoom sur le Parc Naturel Régional de Camargue	70
Annexe XVI. Interactions pêche/habitats, les bancs sableux de l'Espiguette, zoom sur la zone de l'habitat « Reef envasé », PNR de Camargue	71
Annexe XVII. Exploration du jeu de données des DPUE, table de contingence de l'interaction « Année×Bateau »	72

Avant-propos



L'Organisation de Producteurs du Sud « OP du Sud », reconnue au niveau européen depuis 2012 (arrêté du 14 mars 2012), regroupe environ 160 pêcheurs professionnels opérant sur le littoral méditerranéen français, de Port-Vendres à Marseille, ainsi qu'en Corse. Basée en région Occitanie, l'OP a pour mission d'organiser l'activité économique de ses adhérents tout en œuvrant pour une gestion durable des ressources halieutiques, conformément au règlement (UE) n°1379/2013.

Structure professionnelle créée par et pour les pêcheurs, l'OP est dirigée par un Conseil d'Administration composé de douze membres issus des coopératives fondatrices (SO.CO.MAP, La Graulenne, Coopérative d'Agde), et s'appuie sur une équipe salariée de trois personnes. Elle intervient autour de cinq grands axes :

- Gestion collective des droits de pêche : accompagnement des adhérents sur les autorisations (AEP, licences, capacités), gestion des sous-quotas (thon rouge, espadon, effort de pêche au chalut, à la senne, à la drague) et mise à disposition d'outils numériques de suivi.
- Représentation des professionnels : défense des intérêts des adhérents auprès des institutions locales, nationales et européennes, notamment sur les questions réglementaires et d'aménagement de l'espace maritime.
- Appui aux adhérents : accompagnement personnalisé sur les aspects administratifs et réglementaires, ainsi que sur la sécurité et la formation.
- Valorisation des métiers et des produits : actions de communication pour promouvoir les savoir-faire locaux et améliorer la mise sur le marché des produits de la pêche.
- Engagement pour une pêche durable : participation à des projets scientifiques et socio-économiques portant sur la connaissance des ressources, des pratiques de pêche et des dynamiques de marché.



Le Cépralmar « Centre d'étude pour la promotion des activités lagunaires et maritimes » est un organisme technique régional qui agit depuis plus de quarante ans en faveur du développement durable des filières de la pêche, de l'aquaculture et des usages littoraux en région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée. Il accompagne les professionnels, les structures de gestion et les collectivités, en jouant un rôle d'interface entre les acteurs de terrain et les politiques publiques. Ses missions s'articulent autour de quatre volets principaux :

- Appui technico-économique aux filières professionnelles.
- Ingénierie de projet, de la conception à la mise en œuvre.
- Relais et interface entre les acteurs du littoral.
- Communication et valorisation des projets et résultats.

Introduction

Les modèles d'évaluation des stocks halieutiques constituent un outil essentiel pour la gestion durable des ressources (Walters et Martell, 2004). Cependant, leur application nécessite un ensemble de données, tel que de longues séries chronologiques de captures par âge, d'indices d'abondance, d'effort de pêche, de composition en tailles, ainsi que des informations sur les traits d'histoire de vie de l'espèce. Or, de nombreuses pêcheries sont limitées en termes de qualité, de nature et de richesse des données. Lorsque les informations existantes ne permettent pas d'appliquer les méthodes conventionnelles d'évaluation, les stocks sont qualifiés de « Data-Poor » ou « Data-Limited » (Dowling *et al.*, 2019).

La pêcherie de nasse changeante (*Tritia mutabilis*) dans le golfe du Lion, zone GSA 7 (GFCM, 2009), s'inscrit dans ce contexte. En Méditerranée, elle fait partie des nombreuses espèces pour lesquelles aucun stock n'est actuellement évalué. En 2023, seuls 14 stocks étaient officiellement évalués, tandis que 50% du volume total des espèces débarquées en France provenait de populations non évaluées (Vermard et Ulrich, 2025).

Dans cette situation, l'état du stock, le niveau d'exploitation et le potentiel de renouvellement de la ressource sont inconnus. De plus, aucune information n'est disponible sur les captures d'espèces non ciblées ou sur les interactions entre la pêcherie et les habitats, notamment les modifications potentielles des milieux provoquées par les engins. Cela représente tout d'abord un risque de surexploitation pour l'espèce ciblée, et cette absence de données constitue également un obstacle à la mise en œuvre de l'approche écosystémique des pêches. Celle-ci repose sur une bonne gestion mono-spécifique, la prévention de captures accessoires et l'évitement de pratiques de pêche dommageables pour les habitats (Hilborn, 2011).

Tritia mutabilis (Linnaeus, 1758), anciennement *Nassarius mutabilis*, est un gastéropode marin de la famille des Nassariidés (Galindo *et al.*, 2016 ; Marshall et Gofas, 2016). Cette espèce est présente dans les eaux côtières méditerranéennes, en zone néritique, entre 2 et 15 mètres de profondeur. Elle vit sur les fonds sableux fins ou sablo-vaseux, dans la couche superficielle des sédiments, généralement à moins de 5 cm de profondeur (Fisher *et al.*, 1987).

Sa période de reproduction a lieu de la fin de l'hiver au printemps (Polidori *et al.*, 2015). La fécondation, interne, est suivie du dépôt d'œufs encapsulés sur des substrats durs, de mars à mai (Fabi et Giannini, 1983). Après éclosion, les juvéniles passent par un stade planctonique de type véligère, durant lequel ils dérivent dans la colonne d'eau avant de subir une métamorphose vers leur forme benthique et de s'installer dans les sédiments (Cespuglio *et al.*, 1999). À ce jour, aucune étude scientifique ne permet de caractériser la croissance de *T. mutabilis*. Le meilleur modèle de croissance identifié par PEEXNAC (2021) intègre l'hypothèse d'un arrêt complet de la croissance durant l'hiver¹.

La maturité sexuelle est atteinte à une longueur moyenne de 17,5 mm chez les mâles et 24,4 mm chez les femelles. Les plus grands individus, majoritairement des femelles, peuvent atteindre environ 40 mm. Ce différentiel de taille reflète un dimorphisme sexuel marqué, avec des femelles plus grandes que les mâles (Mallet *et al.*, 2021).

¹ Estimation de la courbe de croissance réalisée à l'aide de la routine ELEFAN (Pauly et David, 1981) du logiciel FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005). Le meilleur modèle de croissance correspond à celui présentant le meilleur score d'ajustement et une date de recrutement cohérente avec la période de reproduction de l'espèce.

En mer Adriatique, *Tritia mutabilis* est exploitée par une pêcherie italienne soumise à un cadre réglementaire incluant des quotas journaliers, une taille minimale de débarquement et une période de pêche (Grati *et al.*, 2010 ; Polidori *et al.*, 2015). Malgré ces mesures, une baisse progressive des rendements a été constatée au cours de la dernière décennie (Grati *et al.*, 2010). Ce déclin de la ressource est attribué à une forte pression de pêche, combinée à un manque de connaissances sur la biologie de l'espèce (Balducci *et al.*, 2006 ; Grati *et al.*, 2010 ; Polidori *et al.*, 2015).

En France, la nasse changeante fait l'objet d'une pêcherie émergente dans le golfe du Lion depuis 2011 (PEEXNAC, 2021). Une forte dynamique de pêche s'est installée dès 2012, année de création de l'OP du Sud et de début du suivi des données à l'échelle de l'OP. Parmi les adhérents de l'OP du Sud, de 2012 à 2024, le nombre de navires actifs sur cette pêcherie est passé de 4 à 41, tandis que les volumes débarqués de *T. mutabilis* ont été multipliés par 45, atteignant 226 tonnes en 2024. En 2024, la noisette de mer se classe au 8^{ème} rang en volume et au 9^{ème} en valeur parmi l'ensemble des espèces débarquées par les adhérents de l'OP du Sud. En considérant uniquement la production des petits métiers, elle occupe la 2^{ème} place, derrière le poulpe de roche (*Octopus vulgaris*), en volume comme en valeur (données internes OP du Sud, 2025).

Cette pêche est pratiquée par les petits métiers² à l'aide de paniers/nasses spécifiques, directement inspirés des techniques employées en Adriatique. Ces engins, constitués d'un maillage de 10 mm, sont disposés en filières d'une cinquantaine de paniers appâtés en moyenne, immergés 24 à 48 heures puis relevés au vire-ligne (PEEXNAC, 2021 ; **Annexe I**). La période d'exploitation varie selon les stratégies de pêche : certains professionnels ciblent la noisette de mer toute l'année, tandis que d'autres concentrent leur activité sur la période la plus productive, généralement comprise entre fin novembre et fin mai (données internes OP du Sud, 2025).

Dans un contexte d'absence de suivi du stock et de connaissances limitées sur la biologie de *T. mutabilis*, l'exploitation croissante de cette espèce dans le golfe du Lion a suscité des préoccupations parmi les pêcheurs professionnels quant à la durabilité de ce nouveau métier, alors même qu'il représente un intérêt économique majeur. En effet, en 2024, sur les 41 navires ciblant la noisette de mer au sein de l'OP du Sud, cette ressource représente plus de 50% du chiffre d'affaires pour 15 d'entre eux (données internes OP du Sud, 2025). Face à ces enjeux, une dynamique collective a été engagée en 2015 par l'OP du Sud et les professionnels de la mer, afin de mettre en place un suivi de la ressource et d'amorcer une réflexion sur des mesures de gestion adaptées.

C'est dans cette perspective que la pêcherie de *T. mutabilis* a intégré en 2016 le programme Medfish, porté par le MSC et le WWF. Ce programme vise à accompagner les pêcheries méditerranéennes vers une gestion durable sur la base du Référentiel MSC (v2.0 ; MSC, 2014). Une pré-évaluation de la pêcherie a été menée (SAI GLOBAL, 2016), suivie d'un plan d'actions structuré autour de trois principes clés : « Évaluation, état du stock et stratégie de capture », « Les écosystèmes » et « La gouvernance, la gestion et la surveillance » (SAI GLOBAL, 2018). Ces travaux ont permis d'identifier des leviers d'amélioration qui ont inspiré les projets PEEXNAC (2021) et

² Les « petits métiers » désignent une activité de pêche artisanale caractérisée par une forte polyvalence des engins et des espèces ciblées, l'absence d'engins traînants (sauf dérogations réglementaires), des sorties en mer de moins de 24 heures, un statut de patron embarqué, une zone de pêche côtière (jusqu'à 20 milles nautiques) et des navires généralement inférieurs à 12 mètres, pouvant aller jusqu'à 15 mètres (Reyes *et al.*, 2015).

CoPeNaC (2025). Portés par l'OP du Sud et le Cépralmar, ces projets ont pour objectif d'acquérir des connaissances sur la pêche de *Tritia mutabilis* dans le golfe du Lion, afin de contribuer à sa gestion durable.

Dès 2018, grâce à un partenariat entre scientifiques et pêcheurs, le projet PEEXNAC a permis de combler des lacunes concernant la biologie de l'espèce (reproduction, croissance, régime alimentaire, comportement) et de collecter les premières données biométriques et de captures. Dans la continuité, le projet **CoPeNaC (Connaissance de la Pêche de la Nasse Changeante)**, initié en 2023, poursuit l'étude de cette pêche en s'appuyant sur les trois principes du Référentiel MSC (SAI GLOBAL, 2018) :

- **Principe 1 – Évaluation, état du stock et stratégie de capture**

Le projet CoPeNaC vise, d'une part, à renforcer la connaissance technique et socio-économique de la flottille ciblant la noisette de mer, et, d'autre part, à produire de premiers indicateurs d'état du stock (CPUE, DPUE, structure en tailles) dans un contexte à données limitées.

- **Principe 2 – Écosystèmes**

Une évaluation est menée sur les interactions de la pêche avec l'environnement. Elle concerne les espèces non ciblées (prises accessoires et appâts), ainsi que les impacts potentiels sur les habitats.

- **Principe 3 – Gouvernance, gestion et surveillance**

Le projet analyse le système de gestion en place, afin d'identifier des pistes d'amélioration en vue d'une exploitation durable de la ressource. Un volet est également consacré à la valorisation des résultats et au partage d'informations entre professionnels, scientifiques et gestionnaires, dans l'objectif de renforcer le dialogue et d'encourager une gestion participative.

Ce mémoire ne vise pas à présenter l'ensemble des travaux menés dans le cadre du projet CoPeNaC (2025), mais en propose une version synthétisée, centrée sur la problématique suivante :

Afin d'accompagner la pêche de *Tritia mutabilis* dans le golfe du Lion vers une gestion durable, quels indicateurs d'état du stock et quels impacts environnementaux peuvent être déterminés dans le cadre du projet CoPeNaC ?

Dans un premier temps, nous travaillons sur l'état du stock de *Tritia mutabilis* dans le golfe du Lion à partir des données collectées dans le cadre du projet CoPeNaC (débarquements, données biométriques). L'objectif est de produire des premiers indicateurs d'état du stock, en mobilisant des approches adaptées aux stocks à données limitées.

Dans un second temps, à partir des données de PEEXNAC et CoPeNaC, nous nous intéressons aux impacts environnementaux de la pêche, à travers l'analyse des espèces non ciblées (prises accessoires, appâts) et les interactions de la pêche avec les habitats.

Finalement, après avoir discuté des résultats obtenus, de leurs limites et des recommandations pour la poursuite du programme d'étude CoPeNaC, nous formulons et analysons des mesures de gestion en faveur de la durabilité de la pêche.

2. Matériel et méthodes

2.1. L'échelle d'étude

À l'échelle de l'OP du Sud, l'activité de pêche ciblant *T. mutabilis* est concentrée dans la région du golfe du Lion. Initialement limitée au secteur agathois, la pêcherie s'est progressivement étendue vers l'est, atteignant les zones du Grau-du-Roi et de la Camargue. Elle s'est également développée plus récemment vers le sud, en direction de Gruissan et Port-La-Nouvelle (**Figure 1**; données internes OP du Sud, 2025).

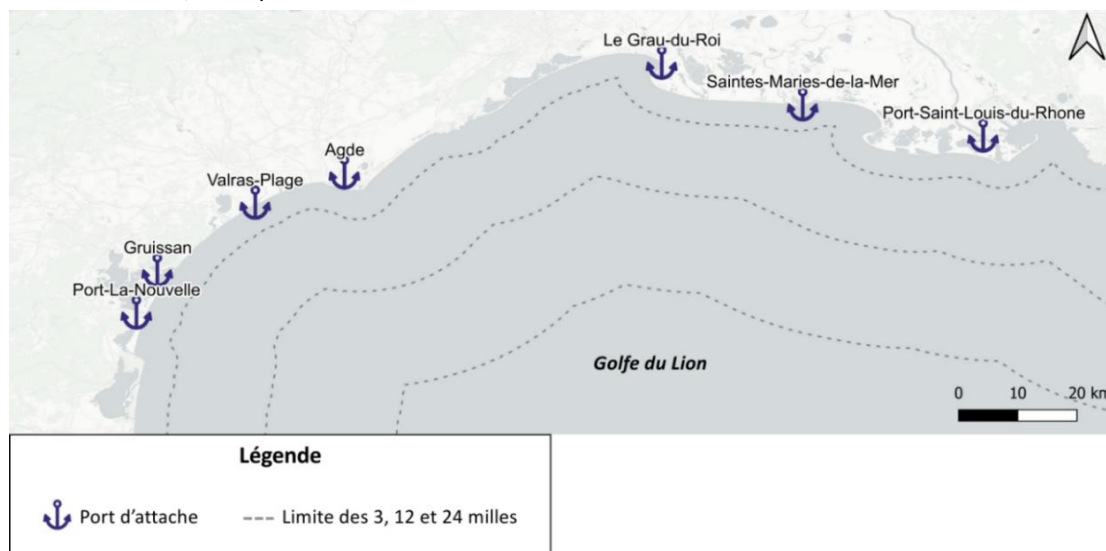


Figure 1. Cartographie des ports d'attache des navires actifs sur la pêche de *Tritia mutabilis*, adhérents à l'OP du Sud

Le projet CoPeNaC, lancé en 2023, a été déployé à l'échelle des principaux secteurs de pêche identifiés. L'étude repose donc sur trois secteurs représentatifs des zones d'exploitation les plus actives (**Figure 2**) :

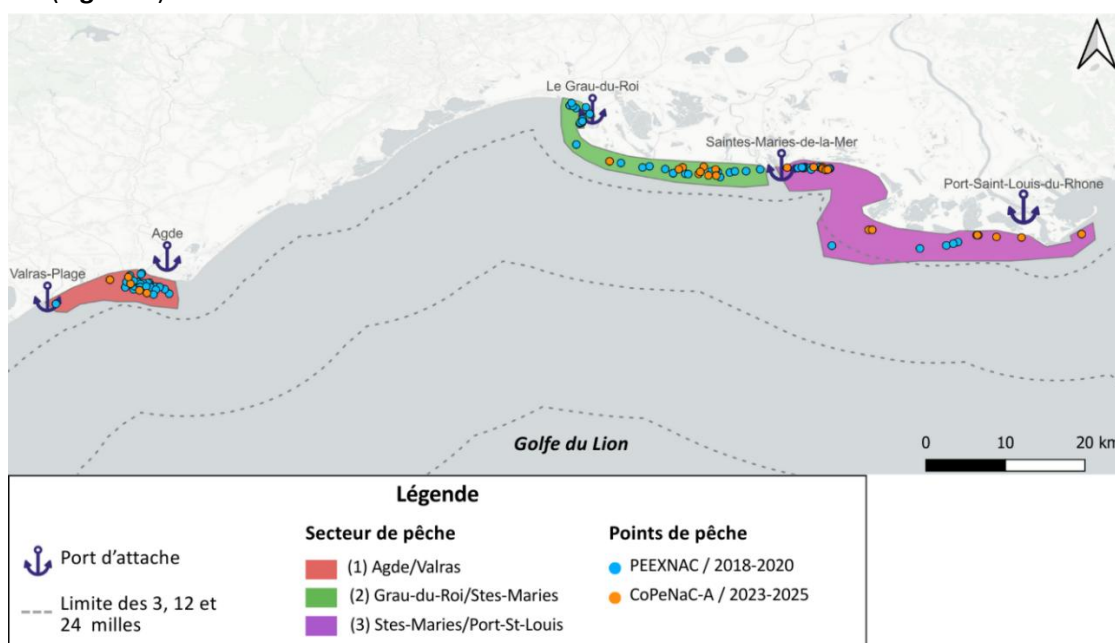


Figure 2. Cartographie des trois principaux secteurs de pêche identifiés dans le cadre des projets PEEYNAC et CoPeNaC

- Secteur (1) Agde / Valras-Plage
- Secteur (2) Grau-du-Roi / Saintes-Maries-de-la-Mer
- Secteur (3) Saintes-Maries-de-la-Mer / Port-Saint-Louis-du-Rhône

2.2. Présentation des données mobilisées

2.2.1. Données logbook (2014-2025)

Les données mobilisées proviennent du logiciel SIOP (Système d'Information des Organisations de Producteurs) de l'OP du Sud. Elles sont issues des fiches de pêche « logbook » renseignées par les pêcheurs après chaque marée, au format papier ou via l'application numérique VISIOCaptures. Il s'agit de données déclaratives.

Chaque déclaration journalière présente plusieurs informations : les espèces, le poids, le type d'engin utilisé, les dimensions de l'engin (nombre de paniers), le lieu de débarquement, la date de la marée, l'identification du navire, etc. Le poids déclaré correspond au poids débarqué, mesuré sur une balance homologuée en criée. Ces déclarations sont ensuite transmises aux Affaires maritimes, qui assurent leur saisie informatique dans le flux ERS (Electronic Reporting System). Le logiciel SIOP est connecté à ce flux, mais l'OP du Sud n'a accès qu'aux données de ses navires adhérents.

Pour cette étude, les données extraites du SIOP concernent les navires actifs sur la pêcherie de *T. mutabilis* dans le golfe du Lion, sur la période 2014-2025. Le jeu de données brut comprend 14 181 entrées, correspondant à l'ensemble des marées enregistrées (à la journée). Ces informations proviennent de 79 navires professionnels répartis sur huit ports de débarquement. Ces données permettent de calculer des **Débarquements Par Unité d'Effort (DPUE), exprimés en kilogramme(s) par panier**, et d'y associer plusieurs variables explicatives telles que le navire, l'année, le mois, et le secteur d'activité, déterminé à partir des ports de débarquement.

2.2.2. Protocole CoPeNaC-A (2023-2025)

Le protocole CoPeNaC-A repose sur une collaboration avec les pêcheurs professionnels pour la collecte de données de pêche. Son objectif principal est de constituer **des séries temporelles sur la composition biométrique des captures de *Tritia mutabilis* (poids et longueur)** avec un suivi régulier de la période de pêche la plus active, sur les principaux secteurs d'activité.

Le protocole vise également à recueillir des informations sur **les espèces non ciblées, incluant les captures accessoires et les espèces utilisées comme appâts**. Enfin, **les coordonnées GPS** des points de pêche sont relevées afin de localiser précisément les zones d'activité des navires participants.

Sa mise en œuvre s'étend sur les six mois les plus actifs de la pêcherie, de novembre à mai. L'échantillonnage est réalisé directement par les pêcheurs adhérents à l'OP du Sud, à partir de leurs filières habituelles, composées de paniers à mailles de 10 mm. Dans chaque secteur étudié (**Figure 2**), un navire est mobilisé pour appliquer le protocole.

Une fois par mois, cinq paniers d'une même filière sont prélevés, sans tri préalable. Chacun est conditionné séparément dans un sac de collecte, accompagné d'une fiche « terrain » indiquant : date et coordonnées GPS du site de pêche, poids total débarqué lors de la marée, nombre total de paniers mis à l'eau, type d'appâts utilisés, ainsi que différents facteurs environnementaux (température de surface, courant, profondeur, état de la mer). Les échantillons sont ensuite congelés à la criée

partenaire (température moyenne : -20°C), puis récupérés par le Cépralmar, qui assure leur analyse et l'intégration des informations dans une base de données dédiée.

- **Données collectées**

Pour chaque marée échantillonnée, les cinq paniers sont d'abord pesés individuellement afin de quantifier le poids brut des captures.

Un sous-échantillon aléatoire de 50 individus de *Tritia mutabilis* est ensuite prélevé dans l'ensemble du lot pour réaliser des mesures biométriques. Pour chaque individu, la longueur est mesurée du sommet de la coquille à l'extrémité du canal siphonal (**Figure 3**), et le poids individuel est relevé. Ces mesures sont effectuées à l'aide d'un pied à coulisse électronique ($\pm 0,1$ mm) et d'une balance de précision ($\pm 0,1$ g).

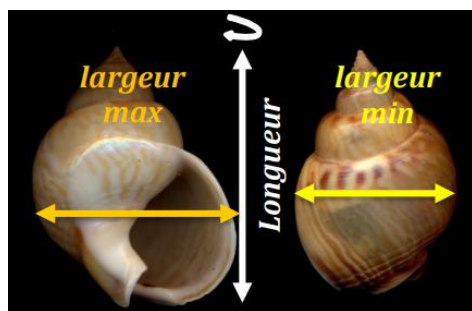


Figure 3. Mesures biométriques sur *Tritia mutabilis* (Cépralmar, 2024)

En parallèle, un second sous-échantillon, correspondant à 10% du poids total des cinq paniers, est analysé afin d'identifier et de quantifier la faune et la flore présentes dans les captures, en plus de l'espèce cible. Ces données servent à analyser la part des captures accessoires et leur composition avec l'identification des espèces ou groupes d'espèces (FishBase ; Froese et Pauly, 2025).

2.2.3. Protocole CoPeNaC-B (2023-2025)

Le protocole CoPeNaC-B repose sur une méthode de collecte de données de pêche similaire au protocole A, mais il porte sur l'échantillonnage d'une filière complète de paniers standardisés, déployée sur des stations GPS fixes. Inspiré des campagnes menées sur les gisements de bulots en Manche Ouest dans le cadre du projet COGECO (SMEL), ce dispositif vise à limiter les biais liés à différents facteurs extérieurs influençant l'abondance de *T. mutabilis* : secteur, saisonnalité et pratiques individuelles des pêcheurs.

Les campagnes d'échantillonnage sont réalisées une fois par an, sur deux années consécutives et pendant la période la plus productive de l'année (mars à mai). Une station fixe est définie dans chacun des trois secteurs étudiés (**Annexe II**). Sur chaque station, un navire professionnel est mobilisé pour poser et relever, pendant trois jours consécutifs, une filière standardisée fournie par l'OP du Sud, composée de 50 paniers à mailles fines (maille de 4 mm).

À chaque marée, les contenus des 50 paniers sont collectés sans tri préalable, puis pesés individuellement. Comme dans le protocole A, une fiche « terrain » est renseignée pour chaque opération. Les mêmes données biométriques, d'identification des espèces et de composition des captures sont collectées par le Cépralmar (**2.2.2. Données collectées**).

Dans le cadre de ce rapport, seules les données relatives aux **espèces non ciblées (espèces accessoires et espèces utilisées comme appâts)** sont exploitées.

2.2.4. Données PEEFNAC (2018-2020)

Les données issues du projet PEEFNAC, collectées entre 2018 et 2020, reposent sur un protocole similaire à celui de CoPeNaC-A. Décrit en détail dans le rapport PEEFNAC (2021), ce protocole consistait à échantillonner mensuellement les captures de noixette de mer sur les trois principaux secteurs de pêche fréquentés par les navires adhérents à l'OP du Sud (**Figure 2**). Deux différences majeures distinguent ce protocole de celui de CoPeNaC-A : l'utilisation de paniers avec un maillage plus fin (4 mm) et une couverture temporelle plus large, avec des échantillonnages réalisés sur onze mois consécutifs.

Dans le cadre de ce rapport, seules les **positions GPS des filières de pêche** issues du protocole PEEFNAC ont été exploitées.

2.3. Indicateurs d'état du stock de *Tritia mutabilis*

À partir des données disponibles, deux types d'indicateurs adaptés aux stocks à données limitées (DLS) ont été retenus pour cette étude :

- Les Débarquements par Unité d'Effort (DPUE), utilisés comme indice d'abondance relative
- Des indicateurs basés sur la taille (Length-Based Indicators, LBI)

Cette approche s'inspire notamment des travaux menés dans le cadre du projet BESTCLIM sur la pêche du bulot en Manche Ouest (Hegron-Mace *et al.*, 2017).

- **CPUE, indicateur non retenu pour l'abondance relative**

Les données de Capture Par Unité d'Effort (CPUE) sont couramment utilisées comme indice d'abondance relative pour suivre l'état d'un stock halieutique dans le temps (ex. par année ; Hoyle *et al.*, 2024). Dans le cas de la pêche de *T. mutabilis*, les protocoles CoPeNaC-A et B permettent d'estimer des CPUE exprimées en kilogrammes par panier. Toutefois, les CPUE relevées présentent plusieurs limites.

D'une part, les séries temporelles disponibles ne couvrent que deux années consécutives, ce qui est insuffisant pour dégager une tendance robuste de l'abondance du stock. D'autre part, les pesées sont réalisées sur des paniers non triés, contenant d'autres espèces que *T. mutabilis*, ce qui introduit un biais dans la mesure de l'abondance spécifique.

Dans le protocole CoPeNaC-A, seuls cinq paniers sont échantillonnés par filière. Ce sous-échantillonnage limite la représentativité des données en raison de la forte variabilité observée entre paniers, réduisant la fiabilité des CPUE. Enfin, la taille restreinte du jeu de données ne permet pas d'appliquer des modèles statistiques de type « GLM » (Modèle Linéaire Généralisé), intégrant plusieurs variables explicatives comme la zone, la saison, l'année, l'appât utilisé ou les conditions environnementales.

En raison de ces limites, les CPUE n'ont pas été retenues dans cette étude comme indicateur d'abondance relative.

2.3.1. DPUE, indice d'abondance relative

En l'absence de données robustes sur les CPUE, les Débarquements par Unité d'Effort (DPUE) peuvent également constituer un proxy de l'abondance du stock. Pour *Tritia mutabilis*, les **données logbook** sont mobilisées afin de travailler sur les **DPUE exprimés en kilogramme(s) par panier**.

Cependant, à la différence des CPUE, les DPUE ne tiennent pas compte des nasses changeantes rejetées en mer (individus sous taille), ni des sorties infructueuses lorsque les captures sont nulles ou trop faibles pour être débarquées en criée. Ils reposent uniquement sur les quantités débarquées, c'est-à-dire triées et avec un volume significatif. Dans cette étude, la part des rejets est supposée négligeable. Néanmoins, les DPUE ne permettent pas d'intégrer la notion de présence/absence de l'espèce, mais traduisent uniquement des situations de présence, avec une abondance variable.

Pour servir d'indice d'abondance relative, les DPUE doivent être standardisés pour s'affranchir des facteurs extérieurs influençant la variable réponse (conditions environnementales, performances de pêche ; Maunder et Punt, 2004). Cette standardisation permet d'isoler l'effet des variables explicatives, comme le facteur « Année ».

Pour rester cohérent avec l'échelle d'étude du projet CoPeNaC (**Figure 2**) et tester un éventuel effet « secteur de pêche » sur les DPUE, seules les données relatives aux ports situés dans le périmètre d'étude ont été retenues. Ils sont regroupés dans la variable explicative « Zonage_port » :

- Secteur (1) Agde/Valras, ports « Agde » et « Valras ».
- Secteur (2) Grau-du-Roi/Saintes-Maries, le port « Le Grau-du-Roi ».
- Secteur (3) Stes-Maries/Port-St-Louis, ports « Stes-Maries » et « Port-St-Louis ».

Les variables explicatives « Année », « Mois » et « Zonage_port » sont considérées comme des effets fixes. La variable « Bateau » doit être intégrée comme effet aléatoire. En effet, comme l'expliquent **les travaux de Zuur et al. (2009) sur les modèles à effets mixtes** : les observations sont issues de 79 bateaux différents, les inclure comme effets fixes serait coûteux en degrés de liberté, et peu pertinent pour l'interprétation des résultats. L'objectif n'est pas d'analyser chaque navire individuellement, mais de tirer des conclusions généralisables à l'ensemble de la flottille ciblant *T. mutabilis*. En considérant le « bateau » comme un effet aléatoire, nous modélisons la variabilité entre navires tout en permettant une généralisation des résultats au-delà de l'échantillon étudié. Ainsi, pour ce jeu de données, l'application d'un modèle mixte avec « Bateau » en effet aléatoire est adaptée (Zuur et al., 2009).

Le principal objectif de la standardisation des DPUE est d'analyser les variations annuelles d'abondance relative de *Tritia mutabilis* (Maunder et Punt, 2004). Notamment pour détecter une éventuelle baisse significative et durable des DPUE sur les dernières années, ce qui indiquerait un déclin du stock. Le modèle permet également d'explorer la variation mensuelle (facteur « Mois ») et géographique (facteur « Zonage_port ») sur les DPUE. L'ensemble des traitements de données et analyses statistiques a été réalisé avec le logiciel R (version 4.4.1), à l'aide du package « nlme » pour le travail sur les modèles mixtes.

2.3.1.1. Les étapes de sélection du modèle mixte

La sélection du modèle mixte a été réalisée d'après les travaux de Zuur et al. (2009), avec l'application de la stratégie « top-down ».

- **Étape 1 : Construction du « Beyond optimal model »**

La première étape consiste à construire un modèle fixe complet, appelé « beyond optimal model », intégrant l'ensemble des variables explicatives jugées pertinentes, ainsi que leurs interactions. Ce

modèle initial, sans effet aléatoire, permet de ne pas supprimer prématurément des variables et interactions potentiellement significatives. Cette étape permet également de sélectionner le modèle de distribution le plus adapté. S'il s'agit d'une distribution normale, un modèle linéaire mixte (LMM) peut être appliqué. En revanche, une distribution non gaussienne (ex. gamma) nécessite un modèle plus complexe de type GLMM (modèle linéaire mixte généralisé).

Dans notre cas, une distribution log-normale est retenue, ce qui permet l'application d'un LMM, à distribution gaussienne et avec transformation logarithmique des DPUE (voir 3.1.1). Les étapes suivantes sont menées selon la méthode adaptée aux LMM (Zuur *et al.*, 2009).

- **Étape 2 : Sélection de la structure aléatoire optimale**

À partir du « Beyond optimal model », la deuxième étape vise à identifier la structure optimale de la composante aléatoire du modèle, afin d'améliorer la part de variabilité captée par celui-ci. Pour cela, différents modèles sont comparés en faisant varier uniquement la structure des effets aléatoires, ici il s'agit d'intégrer ou non la variable « Bateau » comme effet aléatoire. Cette comparaison doit être réalisée avec la méthode d'ajustement REML (Restricted Maximum Likelihood), adaptée pour l'étude des effets aléatoires. La sélection du meilleur modèle s'appuie sur les scores AIC (Akaike Information Criterion ; Akaike, 1973) et BIC (Bayes Information Criterion ; Schwarz, 1978), ainsi que le test du rapport de vraisemblance (Likelihood Ratio Test ; LRT).

- **Étape 3 : Sélection de la structure fixe optimale**

Une fois la structure aléatoire optimale identifiée, la troisième étape consiste à sélectionner la structure fixe optimale du modèle. L'objectif est de déterminer quelles variables explicatives, parmi celles retenues à l'étape 1, ont un effet significatif sur la variable réponse.

Pour cela, différents modèles sont comparés en faisant varier la structure des effets fixes (i.e. en supprimant certaines variables explicatives ou leurs interactions), tout en conservant la structure aléatoire déterminée à l'étape 2. Les interactions sont testées en premier, puis les effets fixes.

Ces comparaisons de modèles (avec/sans interaction ; avec/sans effet fixe) sont réalisées avec la méthode d'ajustement ML (Maximum Likelihood), adaptée pour la sélection des effets fixes. Le LRT permet de déterminer si la suppression d'une interaction ou d'un effet fixe entraîne une baisse significative de la qualité du modèle (i.e. perte d'information captée par le modèle).

- **Étape 4 : Modèle final et validation**

Une fois le modèle final établi, celui-ci est réajusté à l'aide de la méthode REML afin d'obtenir les estimations définitives. La validation du modèle repose sur l'analyse résiduelle.

2.3.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI)

Dans le contexte des pêcheries à données limitées, des approches alternatives ont été développées pour étudier l'état des stocks. Parmi elles, les indicateurs basés sur la taille (Length-Based Indicators, LBI) permettent d'analyser indirectement l'état d'un stock à partir de la composition en tailles des captures. Leur collecte est peu coûteuse et techniquement simple à mettre en œuvre (ICES, 2015).

Cette méthode, développée par le groupe de travail WKLIFE du Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM), constitue une référence pour l'étude des stocks à données limitées (ICES, 2012 ; ICES, 2015 ; ICES, 2018). Certains indicateurs clés avaient déjà été introduits par Froese (2004). La méthode LBI repose sur quatre objectifs de durabilité :

- (1) La conservation des juvéniles
- (2) La conservation des grands reproducteurs
- (3) L'optimisation du rendement
- (4) L'exploitation au rendement maximum durable (RMD)

Le traitement des données de fréquence de tailles et le calcul des indicateurs ont été réalisés à l'aide du logiciel R (version 4.4.1).

2.3.2.1. Présentation de la méthode LBI et des paramètres mobilisés

L'application de la méthode LBI repose sur plusieurs paramètres :

- La taille asymptotique « Linf »
- La taille à la maturité sexuelle « Lmat »
- La taille optimale de capture « Lopt »
- La taille moyenne attendue dans les captures lorsque la mortalité par pêche est égale à la mortalité naturelle « L(F=M) »
- Les différents indicateurs issus des données de captures sont : « Lmean », « Lc », « L95% », « L25% », « Pmega », « LmaxY »

Certains paramètres proviennent de la bibliographie (paramètres d'histoire de vie), tandis que d'autres sont estimés à partir de la composition en tailles des captures. L'ensemble de ces paramètres sert au calcul « d'indicateurs ratio », comparés à des valeurs de référence attendues pour un stock exploité de manière durable. Les paramètres retenus pour l'étude de *T. mutabilis* sont présentés dans le **Tableau 1**, avec leur définition et leur méthode de calcul. Les indicateurs ratio et leur interprétation sont détaillés dans le **Tableau 2**. Pour plus d'informations sur les méthodes de détermination des paramètres, consulter l'**Annexe III**.

Tableau 1. Méthode LBI, paramètres mobilisés pour l'étude du stock de *Tritia mutabilis* (ICES, 2012, 2015, 2018 ; **Annexe III**)

Points de référence et indicateurs		
Points de référence	Estimation	Définition / Calcul
Lmat	Femelle = 24,4 mm Mâle = 17,5 mm	Données issues des travaux de Mallet <i>et al.</i> (2021) dans le cadre du projet PEEXNAC (2021)
Linf	42,53 mm	Donnée issue du rapport PEEXNAC (2021), courbe de croissance sans distinction mâle/femelle.
Lopt	28,35 mm	Taille optimale de capture, taille pour laquelle la croissance en poids atteint son maximum (hypothèse de $M/K = 1,5$) : $L_{opt} = \frac{2}{3} \times L_{inf}$
L(F=M)	Dépend des données de capture étudiées, à estimer	La taille moyenne attendue dans les captures lorsque la mortalité par pêche « F » est égale à la mortalité naturelle « M », où « F=M » est considérée comme le proxy de la mortalité par pêche au Rendement Maximal Durable (FRMD) : $L(F = M) = 0,75 \times L_c + 0,25 \times L_{inf}$
Indicateurs	Estimation	Définition / Calcul
Lmean	Dépend des	Taille moyenne des individus.

Lc	données de capture étudiées, à estimer	Taille à la première capture, taille à partir de laquelle 50% des individus sont capturés par l'engin. Estimée graphiquement.
L95%		Taille au-dessus de laquelle se trouvent 5% des individus.
Pmega		Proportion d'individus dont la taille est supérieure à $L_{opt} + 10\%$.
L25%		Taille en dessous de laquelle se trouvent 25% des individus.
LmaxY		Taille associée au maximum de biomasse capturée. Classe de taille avec biomasse maximale.

Tableau 2. Méthode LBI, fonction et interprétation des « indicateurs ratio » (ICES, 2012, 2015, 2018)

Fonction de gestion	Indicateurs ratio	Valeur attendue	Interprétation
Conservation (individus immatures)	L_c / L_{mat}	>1	La majorité des individus capturés ont dépassé la taille de maturité sexuelle. Faible pression sur les juvéniles et préservation du recrutement (la plupart des individus ont eu l'opportunité de se reproduire au moins une fois).
	$L_{25\%} / L_{mat}$		
	L_{mean} / L_{mat}		
Conservation (grands individus)	$L_{95\%} / L_{inf}$	$>0,8$	Bonne conservation des grands individus/reproducteurs.
	P_{mega}	$>0,3$	
Rendement optimal	L_{mean} / L_{opt}	≈ 1	Taille moyenne alignée avec le rendement maximal par individu, sans capture prématurée. Exploitation optimisée de la biomasse.
	L_{maxY} / L_{opt}		
Rendement Maximum Durable (FRMD/F)	$L_{mean} / L(F=M)$	≥ 1	Une valeur ≥ 1 suggère que $F \leq M$ donc $F \leq FRMD$. Il s'agit d'une situation d'exploitation durable.

2.3.2.2. Application de la méthode LBI aux données CoPeNaC-A

- Couverture spatio-temporelle du protocole

L'estimation des indicateurs repose sur les données de capture du **protocole CoPeNaC-A**, issues de 33 marées échantillonnées sur deux campagnes : 17 en 2023-2024, 16 en 2024-2025, de novembre à mai. La collecte des données dépend de l'activité des pêcheurs, certains mois n'ont pas pu être couverts pour des raisons logistiques ou météorologiques. De plus, le navire attendu dans le secteur (2) a effectué deux sorties dans le secteur (3). Ces marées ont été exclues de l'analyse afin de ne pas accentuer le déséquilibre spatial du plan d'échantillonnage et d'éviter la surreprésentation de certains mois dans le secteur (3), puisque les périodes « mai 2024 » et « novembre 2024 » ont été échantillonnées deux fois (**Tableau 3 ; Annexe IV**).

Tableau 3. Nombre d'individus de *Tritia mutabilis* échantillonnés par campagne et par secteur (réalisé/prévu)

	Secteur (1) Agde/Valras	Secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries	Secteur (3) Stes-Maries/Port-St-Louis	Tous secteurs
2023-2024	300/350	200/350	300/350	800/1050
2024-2025	200/350	250/350	300/350	750/1050

L'application de la méthode LBI a été réalisée à deux niveaux. Dans un premier temps, les données ont été regroupées, **tous secteurs confondus**, afin d'obtenir un bilan global de l'état du stock. Dans

un second temps, l'analyse a été conduite séparément, **par secteur de pêche distinct**, afin de déterminer si les résultats varient selon les zones exploitées.

- **Représentativité des engins de pêche**

Les filières de paniers utilisées pour la collecte des données présentent un maillage de 10 mm, identique à celui employé en pêche commerciale pour la nasse changeante (PEEXNAC, 2021). Il s'agit de l'engin standard utilisé par la flottille ciblant *T. mutabilis*. Les individus échantillonnés sont donc représentatifs des captures réalisées par les professionnels.

- **Choix de la largeur des classes de taille (bin size)**

La largeur des classes de taille (ou « bin size ») constitue un paramètre clé pour déterminer les valeurs de « L_c » et « L_{maxY} ». Par défaut, elle peut être estimée selon la formule *Classe de taille* = $0,23 \times L_{inf}^{0,6}$ (Wang *et al.*, 2020). Pour *T. mutabilis*, la valeur obtenue est de 2,18 mm. Une largeur de classe de taille de 2 mm a été retenue, car elle permet un lissage modéré de l'histogramme : elle réduit le bruit statistique, tout en conservant une bonne résolution de la distribution des tailles.

- **Prise en compte du dimorphisme sexuel : choix de L_{matF}**

Concernant la taille de maturité sexuelle de référence (L_{mat}), la valeur retenue est celle des femelles (L_{matF}). *Tritia mutabilis* présente en effet un dimorphisme sexuel marqué : les femelles atteignent une taille moyenne et de maturité sexuelle supérieures à celle des mâles (Mallet *et al.*, 2021 ; PEEXNAC, 2021). Or, le jeu de données mobilisé ne renseigne pas sur le sexe des individus, la méthode LBI est donc menée sur l'ensemble de la population. Dans ce contexte, et afin de refléter les enjeux de renouvellement du stock, la valeur L_{mat} la plus élevée a été retenue comme seuil de référence pour l'évaluation de l'état du stock. En effet, elle représente la part de la population (i.e. les femelles) la plus affectée par l'activité de pêche puisqu'il s'agit des plus grands individus.

2.4. Impacts environnementaux de la pêche

2.4.1. Espèces non ciblées : captures accessoires et appâts

L'analyse des espèces non ciblées repose sur les données des **protocoles CoPeNaC-A et B**. Sur les deux années de suivi, 51 marées ont été échantillonnées (26 en 2023-2024, 25 en 2024-2025 ; **Annexe II**).

2.4.1.1. Espèces accessoires

Les échantillonnages des captures ont permis d'obtenir des données sur la composition spécifique des captures. Au total, 51 marées ont été échantillonnées sur la période 2023-2025, ce qui représente environ 27 kg de captures : 14 kg pour la campagne 2023-2024 et 13 kg pour la campagne 2024-2025.

Les résultats sont présentés sous forme de graphiques de composition spécifique, exprimés en pourcentage du poids total des captures. Ils représentent la part relative des espèces capturées, ciblée et accessoires, toutes campagnes confondues. Le traitement des données et la réalisation des graphiques ont été effectués à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

2.4.1.2. Espèces utilisées comme appâts

Les informations renseignées par les pêcheurs sur les fiches « terrain » ont permis de recenser les espèces utilisées comme appâts au cours des 51 marées suivies sur la période 2023-2025. Les

résultats sont présentés sous forme de graphiques de répartition, illustrant la fréquence d'utilisation des différentes espèces, toutes campagnes confondues. Le traitement de données et la réalisation des graphiques ont été effectués à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

2.4.2. Interactions pêche/habitats

L'évaluation des interactions de la pêche de *T. mutabilis* avec les habitats marins repose sur une méthodologie inspirée des analyses de « risque pêche » conduites par l'OFB pour évaluer les pressions exercées par la pêche professionnelle sur les habitats sensibles (La Rivière *et al.*, 2020). Elle consiste à croiser, par cartographie, l'aire d'activité de la pêche avec les habitats marins.

Pour cela, des données de spatialisation de la pêche ont été mobilisées et elles proviennent des **projets PEEXNAC (2018-2020) et CoPeNaC-A (2023-2025)**. Cela représente un total de 123 points de pêche, chacun correspondant à l'emplacement GPS d'une filière posée par un navire professionnel (**Figure 2**). Le protocole PEEXNAC a couvert deux campagnes successives : 53 sorties ont été suivies entre novembre 2018 et octobre 2019, puis 37 sorties entre novembre 2019 et septembre 2020. Le protocole CoPeNaC-A a également été mené sur deux années successives : 17 sorties ont été suivies de novembre 2023 à mai 2024, puis 16 sorties entre novembre 2024 et mai 2025.

Ces données permettent de produire une première cartographie de l'aire d'activité de la pêche pour les adhérents de l'OP du Sud. Un recensement des zones marines sous protection dans le golfe du Lion a été mené en parallèle (**Annexe V**), avec une attention particulière portée aux sites Natura 2000 de la directive « Habitats » (MNHN et OFB, 2025) ainsi qu'aux zones de cantonnement. Lorsque des points de pêche sont localisés à proximité ou à l'intérieur des espaces de conservation, des données complémentaires sont sollicitées auprès des gestionnaires concernés. Elles servent à établir des cartes détaillées des habitats à enjeux et à évaluer les risques de recouvrement par l'activité de pêche. L'identification du type de pression exercée sur ces habitats, ainsi que l'évaluation du niveau de risque, ont été réalisées à l'aide de la grille d'évaluation de La Rivière *et al.* (2020). Le travail de cartographie a été réalisé avec le logiciel QGIS (version 3.40.5).

3. Résultats

3.1. Indicateurs d'état du stock de *Tritia mutabilis*

3.1.1. DPUE, indice d'abondance relative

Avant l'application du modèle mixte, un nettoyage des données a été effectué. Seules les marées associées au code d'engin « FPO » (casiers/nasses) sont conservées, ainsi que celles rattachées aux ports du périmètre d'étude (**Figure 2**). L'année 2025 est retirée car incomplète. De plus, seules les marées comptant entre 40 et 1000 paniers posés, et présentant des DPUE compris entre 5 g/panier et 5 kg/panier³, sont retenus.

L'étude de la répartition des données (tables de contingence) permet d'identifier et d'exclure des modalités sous-représentées, susceptibles de biaiser l'analyse. L'année 2014 est retirée en raison d'un faible nombre d'entrées et de son statut de « première année SIOP » (fiabilité incertaine des

³ Les seuils retenus sont inférieurs à 5 g/panier et supérieurs à 5 kg/panier. Le seuil minimum permet d'exclure les valeurs trop faibles pour avoir permis une commercialisation en criée (vente par lots de 3 kg ; à 5g/panier, une marée à 10 filières de 50 paniers donne 2,5 kg), les DPUE inférieurs 5g/panier sont considérés comme erronés. Le seuil maximal de 5 kg/panier correspond à la quantité maximale ponctuelle relevée durant les protocoles CoPeNaC. Supposer que tous les paniers atteignent ce poids moyen est très peu probable, les valeurs supérieures sont donc considérées comme aberrantes.

flux de données). Après cette étape, le jeu de données retenu pour l'analyse comprend 10 652 entrées, pour un total de 50 bateaux.

3.1.1.1. Application du modèle linéaire mixte (LMM)

Une exploration graphique des données est réalisée (**Annexe VI**). Elle ne révèle pas de tendance temporelle marquée à la hausse ou à la baisse des DPUE, seules certaines années se distinguent ponctuellement. Un effet mensuel est attendu, avec des DPUE plus élevés entre novembre et mai, et plus faibles entre juin et septembre. Un effet géographique est également anticipé, le secteur (1) Agde/Valras présente des DPUE globalement plus faibles que les deux autres secteurs. Enfin, l'analyse graphique suggère une variabilité importante liée au facteur « Bateau ».

- **Étape 1 : Construction du « Beyond optimal model »**

Le modèle de départ, « beyond optimal model », intègre l'ensemble des effets fixes jugés pertinents : « Année », « Mois », « Zonage_port ».

Cependant, l'étude des tables de contingence révèle une répartition non homogène des données en fonction des modalités, avec un fort déséquilibre (**Annexe VII**). De plus, l'interaction « Mois×Zonage_port » présente une absence de données pour une combinaison de modalités. Par précaution, afin d'éviter l'introduction de biais pouvant affecter la robustesse du modèle et ses estimations, aucune interaction n'est conservée dans la structure fixe du modèle. Les interactions « Année×Zonage_port », « Année×Mois » et « Mois×Zonage_port » sont donc écartées.

Le choix de la distribution statistique repose sur l'étude graphique de la relation moyenne-variance en fonction des effets fixes. La variance augmente fortement avec la moyenne ($V = \mu^2$), ce qui est caractéristique des distributions log-normale et gamma. Le modèle log-normal présente un score AIC plus faible et une meilleure analyse résiduelle (**Tableau 4 ; Annexe VIII**).

Tableau 4. Sélection de la distribution statistique du modèle, comparaison des scores AIC

Distribution statistique	Score AIC
Gaussien/Normal	9827
Gamma	- 1543
Log-normal	- 1766

*Score AIC corrigé pour la distribution log-normale

La distribution log-normale est retenue, les DPUE log-transformés suivent une distribution normale (gaussienne). Il est donc possible d'appliquer un LMM, sans recourir à un modèle plus complexe de type GLMM. Le modèle retenu comme « Beyond optimal model » s'écrit tel que :

$$\log(DPUE) \sim \text{Année} + \text{Mois} + \text{Zonage_port}, \text{family} = \text{gaussian}$$

- **Étape 2 : Sélection de la structure aléatoire optimale**

En tenant compte de la nature des données, la variable « Bateau » doit, si elle est intégrée dans le modèle, être considérée comme un effet aléatoire. Pour cette deuxième étape, deux structures sont comparées :

- Le modèle sans effet aléatoire (beyond optimal model)
- Le modèle avec l'effet aléatoire « Bateau » (beyond optimal model + (1 | Bateau))

Les scores AIC, BIC ainsi que le test du rapport de vraisemblance indiquent que la structure avec l'effet aléatoire « Bateau » est la plus adaptée (scores nettement inférieurs et $p < 0,001$). Cela traduit une meilleure calibration du modèle aux données avec l'intégration de l'effet aléatoire « Bateau » (**Annexe IX**). Cette structure aléatoire est retenue pour la suite.

- **Étapes 3 et 4 : Sélection de la structure fixe optimale et validation du modèle retenu**

La dernière étape porte sur la sélection de la structure fixe optimale. La suppression des interactions n'a pas besoin d'être testée. Les effets fixes ont été testés individuellement par comparaison de modèles avec et sans effet, en conservant la structure aléatoire définie à l'étape 2. Dans les trois cas, les effets fixes (Année, Mois, Zonage_port) améliorent significativement l'ajustement du modèle ($p < 0,05$; **Annexe IX**). Le modèle final retenu pour l'analyse est donc le suivant :

$$\log(DPUE) \sim \text{Année} + \text{Mois} + \text{Zonage_port} + (1 | \text{Bateau}), \text{family} = \text{gaussian}$$

Ce qui revient à :

$$\log(DPUE_{ij}) = \mu + \beta_{\text{Année}(k)} + \sigma_{\text{Mois}(l)} + \gamma_{\text{Zonage_port}(m)} + a_i + \varepsilon_{ij}$$

Où :

- $\log(DPUE_{ij})$ = le DPUE log-transformé pour l'observation j réalisée par le bateau i

- μ = intercept global

- $\beta_{\text{Année}(k)}$ = effet associé à la modalité k du facteur *Année* (comparé à la modalité de référence)

- $\sigma_{\text{Mois}(l)}$ = effet associé à la modalité l du facteur *Mois*

- $\gamma_{\text{Zonage_port}(m)}$ = effet associé à la modalité m du facteur *Zonage_port*

- a_i = effet aléatoire propre au bateau i , suit une loi normale tel que $a_i \sim N(0, \sigma_a^2)$

- ε_{ij} = erreur résiduelle, suit une loi normale telle que $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

*Les deux termes aléatoires a_i et ε_{ij} sont supposés indépendants

L'analyse résiduelle confirme globalement une bonne calibration du modèle (**Annexe X**). L'histogramme des résidus montre une distribution centrée sur zéro, sans forte asymétrie. Le graphique « résidus vs valeurs ajustées » ne montre pas de structure particulière, indiquant une variance homogène. Le « Q-Q plot » met toutefois en évidence un écart à la normalité pour les valeurs extrêmes. Le graphique « $\log(DPUE)$ vs ajusté » montre que les valeurs estimées par le modèle suivent globalement la tendance des observations, malgré une dispersion notable reflétant la variabilité non expliquée. Certains navires présentent des résidus non centrés sur zéro, suggérant que la variabilité associée aux bateaux n'est pas entièrement captée par le modèle. Malgré ces écarts, le modèle est conservé car il respecte globalement les hypothèses de validité et offre un ajustement satisfaisant pour l'interprétation.

3.1.1.2. Analyse du modèle retenu

- **Part de variabilité expliquée**

L'analyse de la part de variance expliquée a été réalisée avec le package « glmm.hp », qui permet notamment d'estimer la contribution de chaque effet fixe dans un modèle mixte⁴ (Lai et al., 2022).

⁴ La fonction `glmm.hp()`, conçue initialement pour les fonctions `lmer()` et `glmer()` du package `lme4` pour évaluer la part de variance expliquée dans les modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM), a pu être utilisée ici avec la fonction `lme()` du package `nlme`, pour l'analyse d'un modèle linéaire mixte (LMM).

Le R^2 marginal (R^2_m) représente la part de variance expliquée par les effets fixes et atteint 9,9%. Parmi ces effets, la variable « Mois » est celle qui contribue le plus avec environ 5%, suivie de « Année » ($\approx 3\%$) et de « Zonage_port » ($\approx 1\%$).

Le R^2 conditionnel, qui comprend les effets fixes et l'effet aléatoire, vaut 0,4298. Cela signifie que le modèle explique environ 43% de la variance totale. La différence entre R^2_c et R^2_m ($\approx 33\%$) correspond à la part de variance attribuée à l'effet aléatoire « Bateau ». Il s'agit du facteur expliquant la plus grande part de variance (**Annexe XI**).

- **Étude des facteurs et modalités**

L'analyse des facteurs influençant la variable réponse $\log(DPUE)$, indice d'abondance relative de *T. mutabilis*, a été réalisée à l'aide des fonctions « anova » et « summary ».

Le facteur « Année » ressort comme très significatif ($p < 0,001$). Cependant, l'étude des coefficients associés aux modalités n'indique pas de tendance temporelle marquée sur la période 2015-2024. Seules quelques années se distinguent ponctuellement de manière significative (**Tableau 5 ; Annexe XI**).

Tableau 5. Résultats de l'effet fixe « Année » sur la variable réponse $\log(DPUE) \sim Année + Mois + Zonage_port + (1 | Bateau), family = gaussian$

Effet fixe	Modalité	Coefficient estimé $\log(DPUE)$	Erreur standard	p-value	Significativité	Exponentielle du coefficient	Variation vs 2015
Année	2015	-	-	-	-	-	-
	2016	-0,25	0,05	<0,0001	***	0,78	-22%
	2017	-0,04		0,3938	ns	0,96	-4%
	2018	-0,03		0,5064	ns	0,97	-3%
	2019	0,18		0,0002	***	1,20	+20%
	2020	0,06		0,2366	ns	1,06	+6%
	2021	-0,06		0,2231	ns	0,94	-6%
	2022	-0,36		<0,0001	***	0,70	-30%
	2023	0,07		0,1253	ns	1,08	+8%
	2024	0,16		0,0009	***	1,18	+18%

Significativité : *** ($p \leq 0,001$) ; ** ($p \leq 0,01$) ; * ($p \leq 0,05$) ; ns ($p > 0,05$)

Concernant l'interprétation, dans un modèle log-linéaire, les effets des variables explicatives sont additifs à l'échelle logarithmique. Par exemple, un coefficient estimé de -0,25 pour l'année 2016 signifie qu'à l'échelle log-transformée, le DPUE est inférieur de 0,25 unité par rapport à l'année de référence (2015). Pour revenir à l'échelle réelle et faciliter l'interprétation, nous appliquons la fonction exponentielle aux coefficients estimés. Les effets deviennent alors multiplicatifs sur la variable réponse. La variation relative (en %) par rapport à la modalité de référence se calcule selon la formule : $(e^{coef} - 1) \times 100$ (Benoit, 2011). Dans l'exemple donné, $\exp(-0,25) \approx 0,78$, soit une diminution relative d'environ 22% par rapport à 2015.

Les années **2016** et **2022** présentent des DPUE significativement inférieurs à l'année de référence (2015), avec des baisses respectives d'environ 22% et 30%, traduisant une abondance relative plus faible sur ces années. À l'inverse, **2019** et **2024** ressortent comme des années plus productives, avec

des hausses significatives des DPUE estimées à +20% et +18% par rapport à 2015, indiquant une abondance relative plus élevée.

Concernant, les deux autres effets fixes, « Mois » et « Zonage_port », leur influence sur les DPUE est également significative ($p < 0,001$ et $p < 0,05$ respectivement).

Pour le facteur « Mois », les DPUE sont significativement supérieures au mois de référence (janvier) de février à mai ainsi qu'en décembre, avec un pic marqué en mars-avril (+21% et +25%). À l'inverse, les DPUE présentent une baisse significative de juin à novembre avec un déclin prononcé en septembre (-50%). Enfin, pour le facteur « Zonage_port », le secteur supposé (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries présente des DPUE significativement plus élevés que le secteur (1) Agde/Valras (+56%). Consulter l'Annexe XI pour voir les graphiques et résultats détaillés.

3.1.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI)

3.1.2.1. Structures en tailles et détermination des paramètres

Dans un premier temps, les compositions en tailles des captures sont étudiées selon l'année et le secteur de pêche. Pour chaque composition, les paramètres non fixés sont estimés. La Figure 4 présente la composition/structure en tailles de la campagne 2023-2024, tous secteurs confondus. Consulter l'Annexe XII, pour les autres graphiques de structures en tailles et paramètres associés.

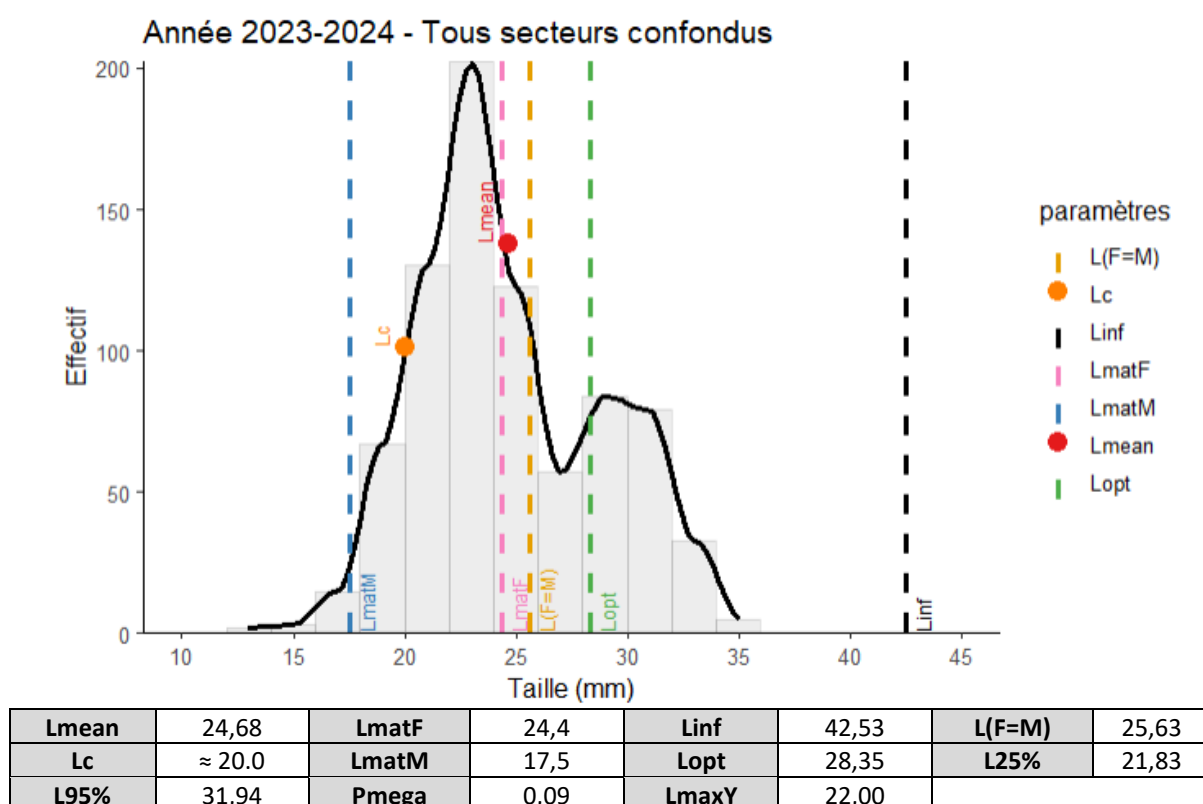


Figure 4. Structure en tailles (bin size = 2 mm), tous secteurs de pêche confondus, campagne 2023-2024. Les paramètres associés sont présentés dans le tableau

Ces valeurs servent ensuite au calcul des « indicateurs ratios » qui sont analysés et interprétés en fonction des seuils de durabilité (valeurs attendues ; Tableau 2). À noter que les structures en tailles ne suivent pas une distribution normale mais bimodale, en raison du dimorphisme sexuel marqué chez *Tritia mutabilis* (Mallet *et al.*, 2021 ; PEEYNAC, 2021).

3.1.2.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI)

- Tous secteurs confondus

Les résultats des indicateurs ratios, tous secteurs confondus, sont présentés au **Tableau 6**.

Tableau 6. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio » tous secteurs confondus

Indicateur	Conservation					Rendement optimal		RMD (FRMD/F)
	Individus immatures			Grands individus		Lmean	LmaxY	Lmean
	Lc	L25%	Lmean	L95%	Pmega			
Pt de réf.	LmatF	LmatF	LmatF	Linf		Lopt	Lopt	L(F=M)
V. Attendue	>1			>0,8	>0,3	≈1		≥1
2023-2024	0,82	0,89	1,01	0,75	0,09	0,87	0,78	0,96
2024-2025	1,05	1,00	1,12	0,75	0,10	0,96	0,99	0,91

*vert si valeur attendue atteinte ou dépassée, orange si valeur légèrement inférieure, rouge si nettement inférieure

Concernant la **conservation des individus immatures**, deux indicateurs ratio sur trois sont inférieurs à la valeur attendue en 2023-2024. Cela met en évidence une forte pression de pêche sur les individus immatures, avec une importante part de juvéniles dans les captures. La situation s'améliore en 2024-2025, puisque deux indicateurs passent au vert. Cela traduit une meilleure préservation du recrutement : la majorité des individus capturés ont atteint la taille de maturité et nous supposons qu'ils ont eu l'opportunité de se reproduire au moins une fois.

Sur la **conservation des grands individus/reproducteurs**, les deux campagnes présentent des résultats inférieurs aux seuils de durabilité (valeurs attendues), sans évolution notable entre les années. Les grands individus sont donc en nette minorité dans les captures, ce qui traduit une faible préservation des grands reproducteurs. Cette situation peut s'expliquer par une pression de pêche importante sur les plus grandes classes de taille.

Au sujet du **rendement optimal**, les deux indicateurs ratio sont en dessous du seuil cible en 2023-2024, ce qui suggère que les individus sont capturés avant d'atteindre leur rendement maximal en poids, limitant l'optimisation des captures. En 2024-2025, les indicateurs s'améliorent nettement et passent au vert. Cela traduit une exploitation à la taille optimale de capture, c'est-à-dire celle qui maximise les captures en poids pour un effort de pêche donné.

Enfin, pour l'**exploitation au RMD**, l'indicateur ratio est inférieur au seuil de durabilité sur les deux campagnes. Cela indique une mortalité par pêche (F) supérieure au niveau durable (FRMD). De plus, en 2024-2025, la valeur de cet indicateur diminue, traduisant une intensification de la pression de pêche.

- Par secteur

Concernant le **secteur (1) Agde/Valras (Tableau 7)**, les conditions ne sont pas réunies pour assurer une bonne conservation des juvéniles et des grands individus, avec un seul indicateur au vert pour les individus immatures en 2024-2025. Le rendement optimal et l'exploitation au RMD montrent une amélioration en 2024-2025, avec des indicateurs qui atteignent les seuils de durabilité ($F \leq FRMD$).

Pour le **secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries (Tableau 8)**, les indicateurs de conservation des juvéniles sont tous au vert en 2024-2025, ce qui constitue une amélioration par rapport à l'année

précédente. Les critères de conservation des grands individus ne sont pas respectés. Le rendement optimal est atteint pour les deux années. La mortalité par pêche passe sous le seuil de durabilité en 2024-2025, traduisant une exploitation qui n'est plus compatible avec le niveau au rendement maximum durable ($F > FRMD$).

Sur le **secteur (3) Stes-Maries/Port-St-Louis (Tableau 9)**, la conservation des juvéniles s'améliore en 2024-2025, mais les critères de conservation des grands individus ne sont pas respectés au cours des deux années. Le rendement optimal est globalement atteint. La mortalité par pêche dépasse le niveau durable ($F > FRMD$) sur la deuxième année.

Tableau 7. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio », secteur (1) Agde/Valras

	Conservation					Rendement optimal		RMD (FRMD/F)
	Individus immatures			Grands individus				
Indicateur	Lc	L25%	Lmean	L95%	Pmega	Lmean	LmaxY	Lmean
Pt de réf.	LmatF	LmatF	LmatF	Linf		Lopt	Lopt	L(F=M)
V. Attendue	>1			>0,8	>0,3	≈1		≥1
2023-2024	0,86	0,90	0,99	0,74	0,06	0,85	0,78	0,90
2024-2025	0,90	1,00	1,12	0,75	0,14	0,96	0,99	1,01

*vert si valeur attendue atteinte ou dépassée, orange si valeur légèrement inférieure, rouge si nettement inférieure

Tableau 8. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio », secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries

	Conservation					Rendement optimal		RMD (FRMD/F)
	Individus immatures			Grands individus				
Indicateur	Lc	L25%	Lmean	L95%	Pmega	Lmean	LmaxY	Lmean
Pt de réf.	LmatF	LmatF	LmatF	Linf		Lopt	Lopt	L(F=M)
V. Attendue	>1			>0,8	>0,3	≈1		≥1
2023-2024	0,86	0,96	1,08	0,76	0,15	0,93	1,06	1,01
2024-2025	1,13	1,04	1,14	0,76	0,14	0,98	1,06	0,89

*vert si valeur attendue atteinte ou dépassée, orange si valeur légèrement inférieure, rouge si nettement inférieure

Tableau 9. Méthode LBI, analyse des « indicateurs ratio », secteur (3) Stes-Maries/Port-St-Louis

Tableau 3: Méthode LB, analyse des « Indicateurs Ratio », secteur (3) Stes Maries/Port St Louis								
	Conservation					Rendement optimal		RMD (FRMD/F)
	Individus immatures			Grands individus				
Indicateur	Lc	L25%	Lmean	L95%	Pmega	Lmean	LmaxY	Lmean
Pt de réf.	LmatF	LmatF	LmatF	Linf		Lopt	Lopt	L(F=M)
V. Attendue	>1			>0,8	>0,3	≈1		≥1
2023-2024	0,74	0,85	0,99	0,74	0,07	0,85	0,99	1,00
2024-2025	1,05	0,99	1,09	0,72	0,04	0,94	0,99	0,90

*vert si valeur attendue atteinte ou dépassée, orange si valeur légèrement inférieure, rouge si nettement inférieure

Les résultats des LBI sont présentés sous forme de séries temporelles à l'**Annexe XIII**. Ce format est adapté aux suivis de plus longue durée (supérieurs à deux années) et permet de suivre l'évolution des indicateurs clés dans le temps : conservation des juvéniles et des grands individus, rendement optimal et exploitation au niveau du RMD.

3.2. Impacts environnementaux de la pêche

3.2.1. Captures accessoires

En plus des captures ciblées de *Tritia mutabilis*, l’analyse du contenu des paniers échantillonnés met en évidence la présence de captures accessoires (**Tableau 10**). Les espèces identifiées ne figurent pas sur la liste rouge de l’Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), et, à ce jour, aucune ne bénéficie d’un statut particulier de conservation ou de vulnérabilité.

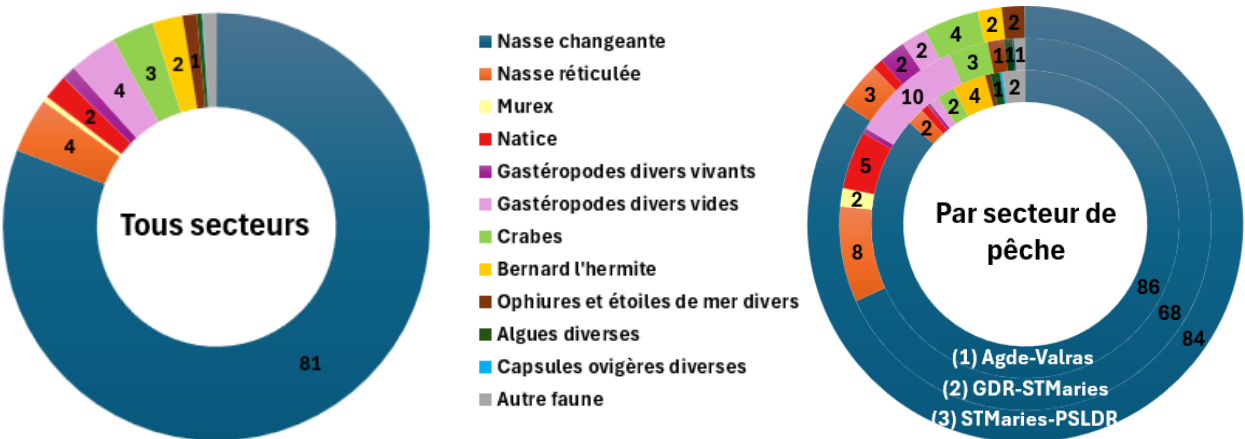
Tableau 10. Liste des espèces et groupes d’espèces capturés de manière accessoire par la pêche de la nasse changeante (IUCN, 2025)

Catégorie	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Code FAO	Statut UICN*
Gastéropode	Nasse réticulée	<i>Tritia reticulata</i>	IIR	NE
	Murex épineux	<i>Bolinus brandaris</i>	BOY	NE
	Natice	<i>Naticidae</i>	-	NE
	Autres gastéropodes	-	-	-
Crustacés	Crabes (crabe vert et étrille commune)	<i>Carcinus aestuarii</i>	CMR	NE
		<i>Necora puber</i>	LIO	NE
	Bernard l’hermite	<i>Pagurus bernhardus</i>	CZM	NE
Echinodermes	Ophiure (divers)	<i>Ophiuroidea</i>	OWP	NE
	Étoile de mer (divers)	<i>Asteroidea</i>	STF	NE
Flore	Algues (divers)	-	-	-
Œufs	Capsules ovigères (divers)	-	-	-

*NE = Non Étudié

3.2.1.1. Analyse quantitative

L’analyse quantitative met en évidence la forte sélectivité de la pêche : la nasse changeante représente en moyenne **81% des captures en poids**, tous secteurs et campagnes confondus (**Figure 5**).



Les captures accessoires constituent les 19% restants, avec une proportion plus élevée dans le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries, où elles atteignent 32% du poids total. Parmi les principales espèces accessoires :

La nasse réticulée (*Tritia reticulata*) est la plus représentée, avec 4% des captures totales. Elle est particulièrement abondante dans le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries, où elle atteint 8%. Cette espèce est systématiquement rejetée lors du tri à bord afin de « purifier » les lots en évitant les mélanges avec *T. mutabilis*, ce qui permet une meilleure valorisation en criée (interne OP du Sud).

Les crabes (crabe vert et étrille commune) représentent environ 3% des captures, avec des variations de 2% à 4% selon les secteurs. Sans valeur marchande, ils sont systématiquement rejetés.

Le bernard l'hermite (*Pagurus bernhardus*) est présent en faible proportion (2%), avec une part plus marquée sur le secteur (1) Agde/Valras où il atteint 4%. De même, il est systématiquement rejeté.

Les natices (*Naticidae*) totalisent 2% des captures, avec une plus grande concentration sur le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries. Ces gastéropodes n'étaient jusqu'ici pas valorisés et étaient systématiquement rejetés. Cependant, depuis 2025, un pêcheur de l'OP a commencé à les commercialiser, dans le cadre d'un débouché très récent et encore limité (interne OP du Sud).

La catégorie **Gastéropodes divers (vivants et coquilles vides)** représente 5% des captures en moyenne, avec une part plus importante dans le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries, où elle atteint 10%.

Le murex épineux (*Bolinus brandaris*) reste marginal dans les captures (<1%) et il présente un intérêt commercial.

3.2.1.2. Synthèse selon les critères du référentiel MSC

L'analyse des captures accessoires permet une première classification des espèces selon les critères du Référentiel « Pêche Durable » du MSC (MSC, 2014 ; SAI GLOBAL, 2016), appliqués à la pêche de la nasse changeante (**Tableau 11**).

L'espèce cible, *Tritia mutabilis* (code FAO : NSQ), représente une part dominante des captures, avec une moyenne de 81% tous secteurs confondus. Cette proportion varie de 68% dans le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries à 86% dans le secteur (1) Agde/Valras. Le secteur (2) se distingue par une proportion plus élevée de captures accessoires, atteignant 32% du poids total, contre 14% à 16% dans les deux autres secteurs.

Aucune espèce accessoire primaire ni espèce « Menacée, en Danger, Protégée » n'a été identifiée au cours des deux campagnes. Cependant, deux espèces accessoires secondaires dépassent localement le seuil de 5% du poids total des captures, ce qui les classe dans la catégorie des « espèces accessoires secondaires principales ». Il s'agit de *Tritia reticulata* (code FAO : IIR) et des natices (famille *Naticidae*), toutes deux dépassant ce seuil dans le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries.

Ces résultats montrent qu'aucune espèce accessoire sensible n'est présente dans les captures, d'après les critères de durabilité définis par le MSC.

Tableau 11. Classification des espèces capturées par la pêche de la nasse changeante (OP du Sud) selon le référentiel de certification MSC, campagnes 2023-2024 et 2024-2025 confondues (MSC, 2014 ; SAI GLOBAL, 2016)

Classification	Nom vernaculaire	Nom scientifique (code FAO)	Tous secteurs	Zone 1 Agde/Valras	Zone 2 GDR/SMDLM	Zone 3 SMDLM/ PSLDR
Espèce cible Espèce ciblée par la pêche	Nasse changeante	<i>Tritia mutabilis</i> (NSQ)	81%	86%	68% (81% en 2023- 2024 et 60% en 2024-2025)	84%
Espèces MDP (Menacée, en Danger, Protégée) Espèce reconnue MDP par les législations ou conventions, ou inscrite sur la Liste Rouge UICN.	Aucune					
Espèces accessoires primaire (principales et mineures) Poissons, crustacés, mollusques dont les stocks sont soumis à des mesures de gestion (hors MDP).	Aucune					
Espèces accessoires secondaires mineures Poissons, crustacés, mollusques, et les espèces hors du champ d'application (oiseaux, reptiles, amphibiens, mammifères) qui ne sont pas soumis à mesures de gestion (hors MDP). Mineure : Espèce représentant -5% des captures totales en poids (ou -2% si elle possède une faible productivité)	Murex épineux	<i>Bolinus brandaris</i> (BOY)	<1%	NA	2%	<1%
	Bernard l'hermite	<i>Pagurus bernhardus</i> (CZM)	2%	3%	1%	2%
	Crabes (espèces confondues)	<i>Carcinus aestuarii</i> (CMR) <i>Necora puber</i> (LIO)	3%	2%	3%	4%
Espèces accessoires secondaires principales Idem. Principale : Espèce représentant +5% des captures totales en poids (ou +2% si elle possède une faible productivité)	Nasse réticulée	<i>Tritia reticulata</i> (IIR)	4%	2%	8%	3%
	Natice	<i>Naticidae</i>	2%	1%	5%	0%

3.2.2. Espèces utilisées comme appâts

L'analyse met en évidence **quatre espèces principales** utilisées comme appâts par les professionnels adhérents à l'OP du Sud (**Figure 6**).

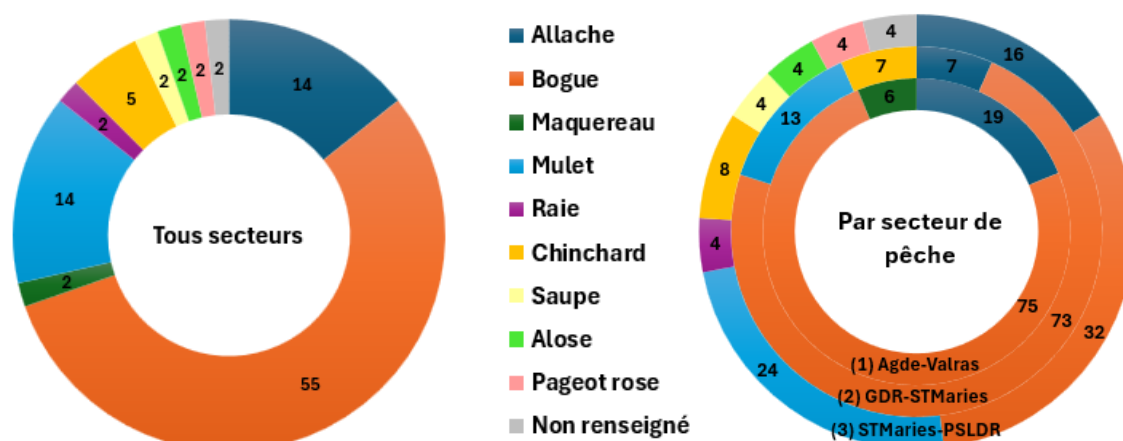


Figure 6. Proportion d'espèces utilisées comme appâts selon leur fréquence d'utilisation (%), protocoles CoPeNaC-A et B, campagnes 2023-2024 et 2024-2025 confondues

La bogue (*Boops boops*, code FAO : BOG) est l'espèce la plus fréquemment utilisée comme appât dans cette pêcherie. Elle est présente dans 55% des marées tous secteurs confondus, et domine également dans les trois secteurs : 75% (1) Agde/Valras, 73% au (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries, et 32% pour (3) Stes-Maries/Port-St-Louis.

L'allache (*Sardinella aurita*, SAA) est la deuxième espèce la plus utilisée, avec une fréquence moyenne de 14%. Elle est particulièrement présente dans les secteurs (1) et (3) avec 19% et 16%.

Le mulet/muge (*Liza spp.*, MUL) est utilisé comme appât dans 14% des marées, tous secteurs confondus. Il représente 13% des appâts dans le secteur (2) et 24% dans le secteur (3).

Le chinchard (*Trachurus mediterraneus*, JAX) constitue la quatrième espèce principale, utilisé dans 5% des marées. Il est présent dans les secteurs (2) et (3), avec une fréquence d'utilisation d'environ 7-8%.

À ces espèces principales s'ajoutent cinq autres espèces ou groupes d'espèces, utilisés plus ponctuellement (<5%). Cela comprend : le maquereau (*Scomber scombrus*, MAC), la raie (diverses espèces, *Raja spp.*, SKA), la saupé (*Sarpa salpa*, SLM), l'alose feinte (*Alosa agone*, SHZ) et le pageot rose (*Pagellus bogaraveo*, SBR).

Tous ces appâts sont achetés par les professionnels auprès de leur structure locale de commercialisation : criée d'Agde, coopératives La Graulenne et SO.CO.MAP au Grau-du-Roi. Ils proviennent de pêcheries locales opérant dans le golfe du Lion (interne OP du Sud). À ce jour, aucun stock de ces « espèces appâts » n'a été évalué dans le golfe du Lion (GSA 7 ; FAO).

3.2.3. Interactions pêche/habitats

La superposition des points de pêche avec les zones à enjeux environnementaux du golfe du Lion met en évidence plusieurs cas de proximité et de recoupement (**Annexe XIV**). Cela inclut notamment des sites Natura 2000 de la directive « Habitats », des cantonnements de pêche ainsi que des aires marines protégées.

Dans les secteurs du Grau-du-Roi, des Stes-Maries et de Port-St-Louis, l'activité de pêche se situe à l'intérieur du PNR de Camargue, et plus précisément au sein de deux sites Natura 2000 : les bancs sableux de l'Espiguette et le golfe de Beauduc. Dans le secteur Agathois, certains navires opèrent en bordure ou à l'intérieur du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde ».

Afin de mieux caractériser les habitats fréquentés et d'identifier d'éventuelles zones sensibles affectées par l'activité de pêche, des échanges ont été engagés avec les structures gestionnaires de ces espaces. L'AMP Côte Agathoise et le PNR de Camargue ont été sollicités pour le partage de cartographies détaillées des habitats à enjeux recensés.

D'après les connaissances disponibles sur *Tritia mutabilis* et les pratiques de pêche, l'activité est principalement attendue sur des zones sablo-vaseuses peu profondes, qui constituent l'habitat naturel de l'espèce (Fisher *et al.*, 1987 ; interne OP du Sud).

3.2.3.1. L'aire Marine Protégée de la Côte Agathoise

- Posidonies du cap d'Agde

La cartographie détaillée des habitats, fournie par l'AMP Côte Agathoise, permet d'identifier 33 points de pêche localisés à l'intérieur ou à proximité du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde ». Un point de pêche correspond à une filière posée par un navire professionnel (**Figure 7**).

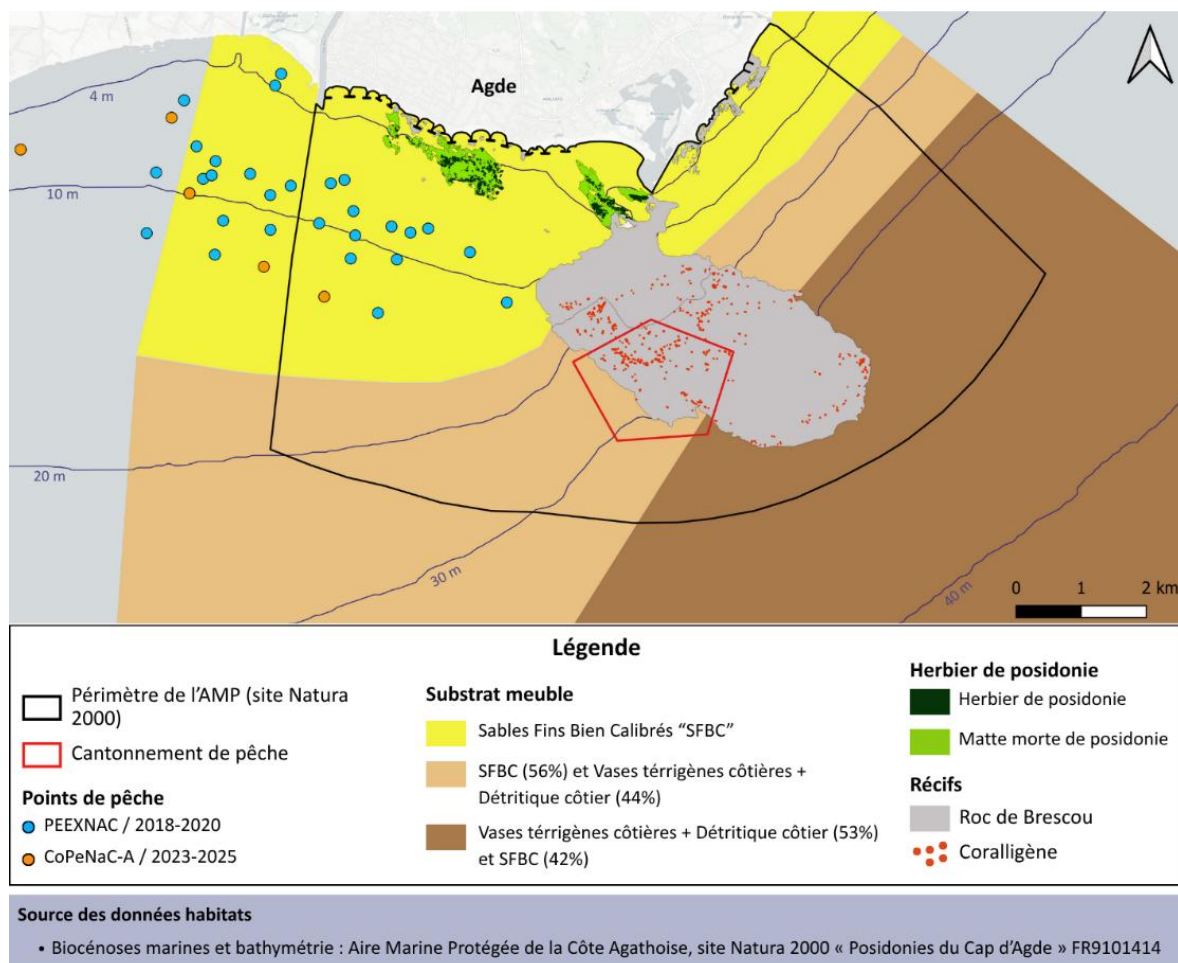


Figure 7. Interactions pêche/habitats, posidonies du Cap d'Agde, AMP de la Côte Agathoise

Parmi ces points, 14 sont situés à l'intérieur du périmètre de l'AMP, tandis que les autres se trouvent en bordure ouest de la zone. Les filières sont posées entre 4 et 20 mètres de profondeur, sur des fonds sablo-vaseux. Aucun point de pêche n'est localisé sur les habitats sensibles identifiés : les herbiers de posidonies et les zones récifales (formations coralligènes et roc de Brescou). Enfin, aucune activité n'est présente dans la zone de cantonnement.

3.2.3.2. Le Parc Naturel Régional de Camargue

Dans le périmètre du PNR de Camargue, l'analyse des interactions entre la pêche et les habitats marins se concentre sur deux principales zones à enjeux environnementaux. Le premier site est le golfe de Beauduc, situé dans la zone Natura 2000 « Camargue », qui comprend un cantonnement de pêche. Le second site est celui des « Bancs sableux de l'Espiguette », également classé Natura 2000 (Annexe XV).

- **Le golfe de Beauduc**

La cartographie permet d'identifier 17 points de pêche aux alentours du golfe de Beauduc. Parmi ces 17 points, 8 sont localisés à l'intérieur du périmètre Natura 2000, tandis que les autres se situent en périphérie, à l'ouest du site (Figure 8).

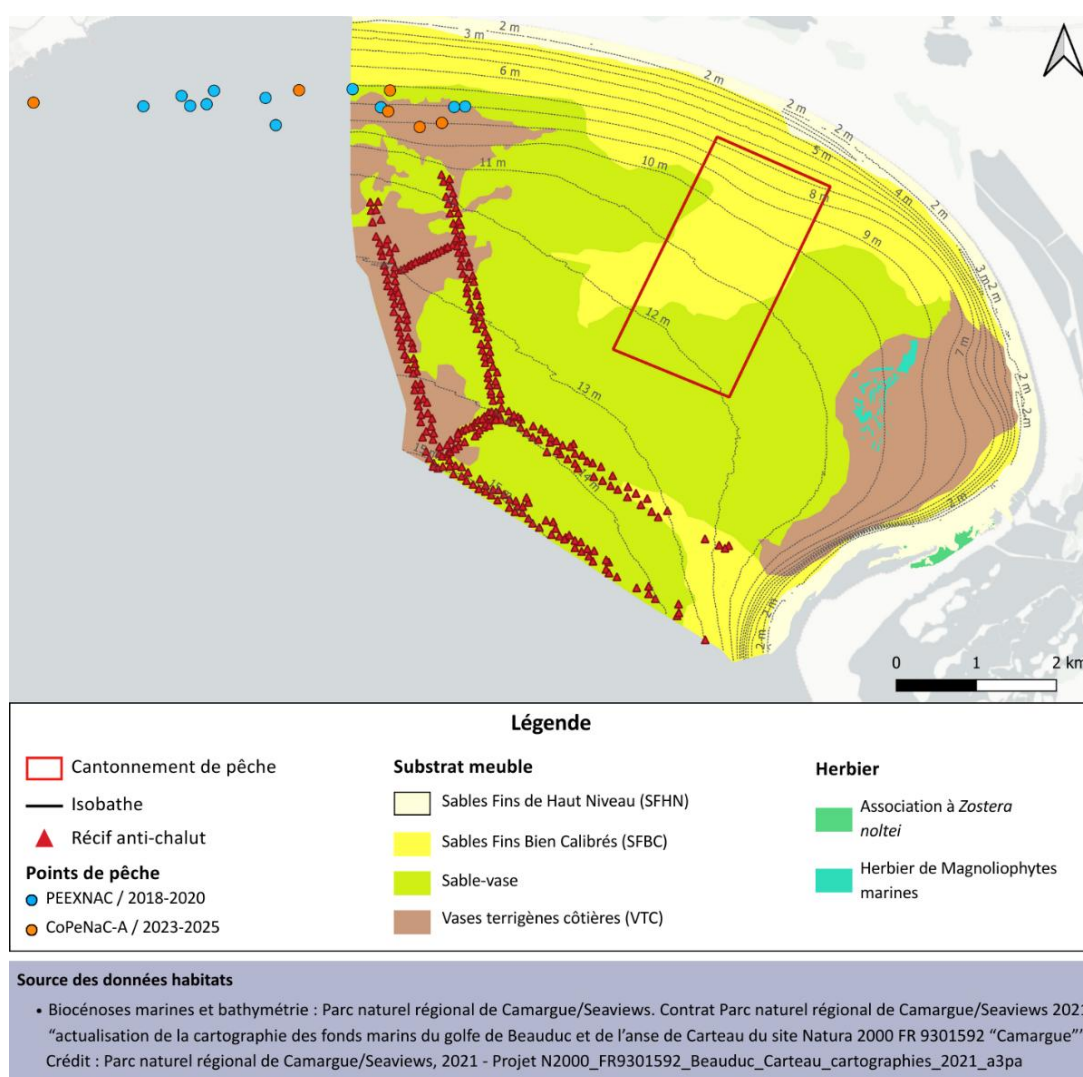


Figure 8. Interactions pêche/habitats, le golfe de Beauduc, Parc Naturel Régional de Camargue

Les filières sont placées entre 7 et 10 mètres de profondeur, sur des substrats meubles, composés majoritairement de vase terrigène côtière (VTC), ainsi que de zones sablo-vaseuses. Aucun point de pêche n'est recensé sur les habitats sensibles identifiés : les herbiers de *Zostera noltei* et les herbiers de Magnoliophytes marines. De même, aucune activité n'est relevée dans la zone de cantonnement.

- **Les bancs sableux de l'Espiguette**

La cartographie permet d'identifier 13 points de pêche autour de la zone des bancs sableux de l'Espiguette, au sein du PNR de Camargue.

Parmi ces 13 points, 5 se trouvent à l'intérieur du site Natura 2000, tandis que les autres sont localisés en périphérie (**Figure 9**). Un zoom sur la partie sud-est du site met en évidence la proximité de certains points de pêche avec des habitats sensibles (**Annexe XVI**).

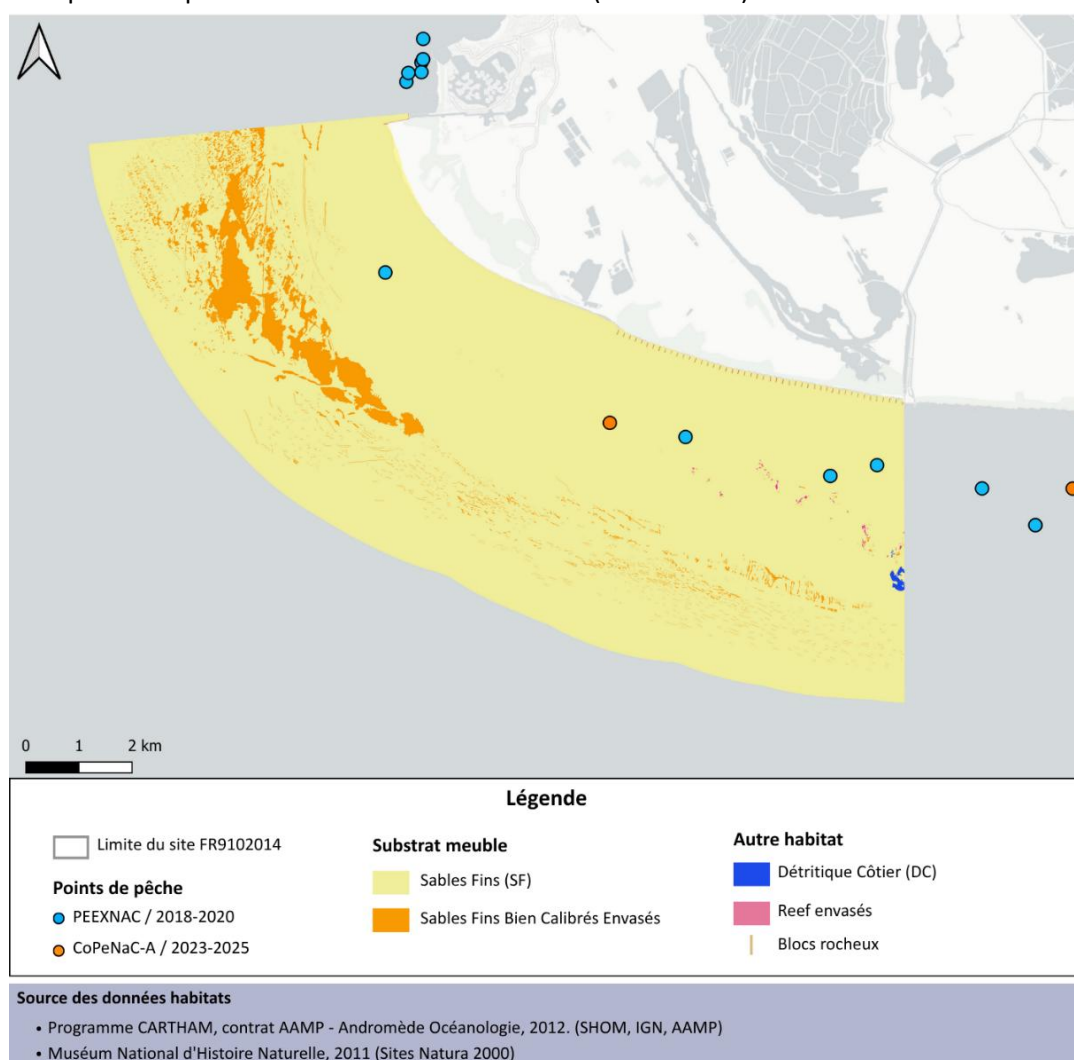


Figure 9. Interactions pêche/habitats, les bancs sableux de l'Espiguette (Parc Naturel Régional de Camargue, 2015)

Sur cette zone, trois filières apparaissent à proximité des habitats de type « reef envasés », mais aucune ne s'y superpose. De même, aucun point de pêche n'est observé à proximité des fonds détritiques côtiers (DC). L'habitat « reef envasé » correspond à une structure formée par des accumulations de vase plus ou moins compacte, pouvant présenter d'importants reliefs verticaux, jusqu'à plus d'un mètre (Parc Naturel Régional de Camargue, 2015).

4. Discussion

4.1. Indicateurs d'état de stock de *Tritia mutabilis*

4.1.1. DPUE, indice d'abondance relative

Le modèle linéaire mixte (LMM) retenu explique environ 43% de la variabilité des DPUE, dont la majeure partie est attribuée au facteur aléatoire « Bateau » (33%). Les effets fixes représentent une faible part (10%), ce qui souligne l'importance d'intégrer la variabilité associée aux navires.

L'objectif principal était d'estimer un indice d'abondance relative basé sur les DPUE standardisés afin de suivre la tendance temporelle du stock de *Tritia mutabilis*.

L'année présente un effet significatif sur la variable réponse, ce qui traduit des fluctuations interannuelles de l'abondance relative de la nasse changeante. Cependant, aucune tendance nette d'évolution, à la hausse ou à la baisse, ne se dégage sur la période 2015-2024. Seules certaines années se distinguent ponctuellement. Les plus faibles DPUE, observés en 2016 et 2022, peuvent être liés à une mauvaise année de recrutement ou à une hausse de la mortalité naturelle, causées par divers facteurs. À l'inverse, les années 2019 et 2024 présentent des DPUE plus élevés, ce qui pourrait refléter des conditions environnementales favorables à la reproduction et/ou à la survie des individus. **Globalement, l'indice d'abondance relative du stock de *Tritia mutabilis* reste stable sur la période 2015-2024.** Aucune baisse significative des DPUE sur plusieurs années consécutives n'est observée dans ce modèle. L'étude des DPUE n'indique donc pas, à ce stade, une situation de déclin du stock.

Le modèle met également en évidence **un effet mensuel** marqué, avec des DPUE significativement plus faibles entre juin et novembre, et à l'inverse, des rendements plus élevés en décembre et de janvier à mai. Ces résultats sont cohérents avec les retours des professionnels (interne OP du Sud), qui signalent une chute notable des captures dès juin, se prolongeant jusqu'à octobre-janvier selon les années. Le projet PEEXNAC (2021) avance deux hypothèses pour expliquer cette baisse saisonnière des captures. D'une part, un effet environnemental, les températures plus élevées durant l'été pourraient provoquer une hausse de la mortalité naturelle. D'autre part, des mécanismes biologiques ou comportementaux pourraient intervenir, tels qu'une phase de réduction alimentaire post-reproduction ou un enfouissement lié aux fortes températures, diminuant l'attractivité des appâts et donc l'efficacité des engins de pêche. Ces hypothèses restent à vérifier par des études scientifiques.

Enfin, **un effet géographique** est également mis en évidence, avec des DPUE significativement plus élevés dans le secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries. Cela suggère une abondance relative plus importante de *T. mutabilis* dans cette zone, en comparaison du secteur (1) Agde/Valras. À ce jour, aucune étude ne permet d'expliquer cette différence. Elle pourrait être attribuée à des conditions environnementales plus favorables à la croissance, à la reproduction et à la survie de cette espèce.

- **Limites et recommandations**

Les résultats obtenus sur l'indice d'abondance relative de *T. mutabilis* présentent plusieurs limites.

Une première limite concerne la **qualité des données déclaratives mobilisées**, liée au manque de rigueur des pêcheurs (ex. nombre de paniers arrondi) et au système de saisie à plusieurs niveaux (pêcheurs, affaires maritimes), qui accroît le risque d'erreurs. Nous pouvons également supposer que

la fiabilité des déclarations est plus faible pour les années les plus anciennes, car elles ont probablement fait l'objet d'un suivi moins rigoureux.

De plus, une forte hypothèse a été émise en associant chaque navire à un secteur de pêche en fonction de son port de débarquement (**Figure 2**). Or, les suivis réalisés dans le cadre des protocoles PEEXNAC et CoPeNaC montrent que certains navires exploitent des zones situées hors de leur secteur théorique, en particulier entre les secteurs (2) GDR/SMDLM et (3) SMDLM/PSLDR. Cela introduit une incertitude sur l'influence réelle du secteur de pêche sur les DPUE.

Sur le plan statistique, **une part importante de la variabilité des DPUE reste non expliquée**, près de 57%. Elle peut être liée à des facteurs environnementaux ou à des pratiques de pêche (ex. appât utilisé) non intégrés dans le modèle, ainsi qu'aux interactions non retenues. Par ailleurs, le facteur « Zonage_port » reste approximatif, et un facteur géographique plus précis et mieux défini pourrait améliorer la part de variabilité captée par le modèle.

De plus, l'analyse résiduelle du modèle sélectionné montre que **l'ajustement aux données** pourrait être amélioré. Nous avons fait le choix de travailler avec un modèle LMM à distribution log-normale. Il reste à évaluer si d'autres types de distributions, non explorés ici, auraient permis d'obtenir un meilleur ajustement du modèle aux données.

Une autre piste d'amélioration concerne la **structure aléatoire du modèle**. Le modèle retenu inclut uniquement un effet aléatoire « Bateau », ce qui suppose que les performances des navires sont constantes au fil des années. Or, comme le soulignent les professionnels (interne OP du Sud), les pratiques évoluent rapidement dans cette pêcherie émergente : diversification des zones, changement d'équipage ou de stratégie de pêche. Cela justifie l'intégration d'un effet aléatoire d'interaction « Bateau×Année », comme proposé par Helser *et al.* (2004). Cela implique que la performance de pêche d'un navire n'est pas constante d'une année sur l'autre. Autrement dit, même si un navire participe à la pêcherie sur plusieurs années, il est statistiquement considéré comme un navire différent chaque année. Cette approche n'a pas pu être testée ici en raison d'un nombre insuffisant d'observations pour les différentes combinaisons « Bateau×Année » (**Annexe XVII**).

Enfin, la **standardisation des CPUE**, avec un protocole plus rigoureux (données de capture spécifiques à l'espèce cible, pesée de tous les paniers d'une filière, suivi sur un plus grand nombre de marées), permettrait d'obtenir un indice d'abondance relative plus robuste. L'étude des CPUE permettrait notamment d'intégrer la notion de présence/absence de l'espèce en tenant compte des captures nulles, via une modélisation spécifique telle que la méthode Delta (Maunder et Punt, 2004). Ce suivi est toutefois plus contraignant et nécessite des moyens humains et financiers supplémentaires.

4.1.2. Indicateurs basés sur la taille (LBI)

La méthode LBI permet d'identifier des **signaux de surpêche** (Kell *et al.*, 2022). La surpêche correspond à une exploitation trop importante d'un stock, au point d'impacter sa capacité de renouvellement et de compromettre sa durabilité (Hountcheme *et al.*, 2024). Les résultats obtenus pour les différents indicateurs étudiés varient selon les zones et les années.

En matière de **conservation des juvéniles**, les résultats varient nettement selon les secteurs. Le secteur (2) affiche une situation optimale en 2024-2025, avec tous les indicateurs au vert, traduisant

une bonne préservation des jeunes individus. Le secteur (3) présente également un meilleur bilan sur la deuxième année, alors que le secteur (1) reste majoritairement en dessous des seuils de durabilité sur les deux années. Une mauvaise conservation des juvéniles peut signaler un risque de **surpêche de croissance**. Cette situation se caractérise par des captures trop précoces, avant que les individus n'aient pleinement exploité leur potentiel de croissance et de reproduction (Hountcheme *et al.*, 2024).

Au sujet de la **conservation des grands individus**, aucun secteur ne répond aux conditions de durabilité sur les deux années. La sous-représentation des grands reproducteurs constitue un facteur de fragilité pour le renouvellement du stock. Ces individus contribuent de manière déterminante à la production d'œufs et à la résilience globale de la population. Une exploitation trop importante de ces classes de taille risquerait, à plus long terme, de limiter la capacité de recrutement et de rendre le stock plus vulnérable (Hountcheme *et al.*, 2024).

Sur le **rendement optimal**, les signaux sont globalement positifs pour les secteurs (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries et (3) Stes-Maries/Port-St-Louis. Les tailles moyennes de capture sont proches des tailles optimales, ce qui suggère une exploitation qui maximise le rendement en poids pour un effort donné. Dans le secteur (1) Agde/Valras, les indicateurs ne passent au vert qu'en 2024-2025, ce qui suggère que, lors de la première année, la gamme de tailles ciblée n'était pas optimale. Des tailles nettement inférieures aux tailles au rendement optimal peuvent également signaler un **risque de surpêche de croissance**.

Concernant **l'exploitation au RMD**, le ratio $L_{mean}/L(F=M)$, utilisé comme proxy de $FRMD/F$, montre une situation contrastée entre secteurs : en 2024-2025, seul le secteur (1) Agde/Valras atteint un niveau d'exploitation jugé compatible avec le RMD ($F \approx FRMD$), tandis que les secteurs (2) et (3), compatibles avec le RMD l'année précédente, basculent en situation de mortalité par pêche excédant le rendement maximum durable. Cette évolution suggère un **risque de surexploitation**, qui peut s'expliquer par une intensification locale de l'effort de pêche.

Dans les cas extrêmes, ces situations de surpêche ($F > FRMD$, croissance) peuvent conduire à l'effondrement d'un stock. Les résultats obtenus constituent donc **des premiers signaux de vigilance**, en particulier le mauvais niveau de conservation des grands reproducteurs, mais également afin de prévenir une dynamique de surpêche de croissance et une exploitation dépassant le $FRMD$. Néanmoins, avec seulement deux années de suivi, ces signaux doivent être interprétés avec prudence. **Un suivi de plus longue durée est nécessaire** pour confirmer ou non ces tendances, en précisant leur évolution (amélioration, stabilisation ou dégradation). Dans une optique de gestion préventive, ces premiers éléments incitent à engager, en concertation avec les professionnels, **une réflexion sur la mise en place de mesures de gestion** (voir 4.3.).

- **Limites et recommandations**

Les résultats de la méthode LBI doivent être interprétés avec prudence en raison de plusieurs limites.

La première limite porte sur **la période de suivi incomplète et le plan d'échantillonnage déséquilibré**. En effet, le protocole de collecte ne couvre que la période de novembre à mai, soit sept

mois par an. Cette couverture partielle s'accompagne d'un plan d'échantillonnage déséquilibré, avec certains mois et secteurs sous-représentés (voire absents). Or, une couverture annuelle complète et équilibrée est recommandée pour limiter les biais liés aux effets saisonniers sur les structures en tailles (ICES, 2015, 2018), en particulier si les périodes non échantillonnées concentrent une majorité de juvéniles ou de grands individus. Il est donc recommandé d'étendre le suivi à l'ensemble de l'année et de veiller à ce que tous les mois et secteurs soient échantillonnés.

Une seconde limite concerne **l'absence de prise en compte du dimorphisme sexuel**. En cas de dimorphisme marqué, comme observé chez *T. mutabilis* (Mallet *et al.*, 2021), les courbes de croissance et l'application de la méthode LBI doivent être conduites séparément pour chaque sexe (ICES, 2015, 2018). Or, dans cette étude, les paramètres de croissance de Von Bertalanffy sont communs aux deux sexes et la méthode LBI est appliquée sur l'ensemble des individus. Cette approche attribue donc aux mâles les mêmes valeurs de référence que celles des femelles (Linf, Lmat), ce qui influence les indicateurs et, par conséquent, les interprétations. **En optant pour cette approche précautionneuse, le bilan obtenu est probablement le plus pessimiste**. Pour une analyse plus robuste, il est recommandé d'établir des courbes de croissance⁵ distinctes pour les mâles et les femelles, puis d'appliquer la méthode LBI séparément selon les sexes.

Également, **l'estimation de la taille optimale de capture (Lopt)** repose sur un ratio « M/K » fixé à 1,5 (invariant d'histoire de vie de Beverton et Holt ; Jensen, 1996), valeur par défaut recommandée pour les stocks à données limitées (ICES, 2015). Cette hypothèse permet d'estimer « Lopt » en l'absence de données sur la mortalité naturelle « M » et/ou le coefficient de croissance « K ». Cependant, cette valeur de référence est contestée dans la littérature : le ratio « M/K » n'est pas constant mais varie selon les espèces, leurs traits d'histoire de vie et leur environnement (Prince *et al.*, 2015). L'étude de Prince *et al.* (2015) a démontré que ce ratio pouvait varier de 0,12 à 3,52. Dans ce contexte, une estimation spécifique à *T. mutabilis* est recommandée.

Enfin, dans un contexte à données limitées, **la méthode LBSPR « Length-Based Spawning Potential Ratio »** (Hordyk *et al.*, 2015 ; ICES, 2018) peut être mobilisée en complément de la méthode LBI. Elle repose également sur la structure en tailles des individus capturés et les paramètres biologiques de l'espèce. Elle permet d'estimer le Spawning Potential Ratio (SPR), défini comme le rapport entre la biomasse reproductrice par recrue d'un stock exploité et celle d'un stock vierge. Il indique dans quelle mesure la pression de pêche a réduit le potentiel reproducteur du stock étudié. Un faible SPR peut traduire une situation de surpêche. Pour la suite, il serait intéressant d'appliquer cette méthode.

4.2. Impacts environnementaux de la pêche

4.2.1. Espèces accessoires

Les résultats obtenus ne révèlent **pas de problème majeur de durabilité** lié à la capture d'espèces accessoires par la pêche de *T. mutabilis*, selon les critères du Référentiel « Pêche Durable » du MSC (MSC, 2014 ; SAI GLOBAL, 2016). Aucune espèce « MDP » ni espèce accessoire primaire, n'a été identifiée dans les échantillons relevés au cours des deux années de campagnes. L'essentiel des

⁵ Des outils plus récents que FISAT II sont disponibles, notamment les fonctions ELEFAN du package TropFishR (Mildenberger *et al.*, 2017).

captures porte sur l'espèce cible *Tritia mutabilis*, qui représente en moyenne 81% du poids total, ce qui traduit une forte sélectivité de la pêche pour son espèce cible.

Cependant, une attention particulière doit être portée au secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries, qui présente des captures accessoires plus importantes. Il faut observer si cette tendance se confirme dans le temps ou s'il s'agit d'un phénomène isolé.

4.2.2. Espèces utilisées comme appâts

Comme pour les espèces accessoires, les espèces utilisées comme appâts dans la pêche de nasse changeante **ne sont concernées ni par un statut de protection, ni par une évaluation de l'état du stock** dans la zone GSA 7 (golfe du Lion).

De plus, le risque d'impacter un stock sensible est considéré comme limité. La diversité des espèces utilisées comme appâts montre que la pêche de noisette de mer ne dépend pas d'une seule espèce, ce qui limite la pression sur un stock unique. Ce fonctionnement offre une souplesse d'approvisionnement aux pêcheurs et constitue un point positif en termes de durabilité. Enfin, les espèces concernées présentent globalement une faible valeur marchande en criée (interne OP du Sud). Leur utilisation comme appâts constitue un débouché régulier, contribuant à leur valorisation économique tout en assurant aux pêcheurs un approvisionnement à coût abordable.

4.2.3. Interactions pêche/habitats

Cette étude a permis de cartographier l'aire d'activité de la pêche de *T. mutabilis* dans le golfe du Lion. Elle confirme une **sélectivité spatiale marquée** : les filières sont placées sur des fonds sablo-vaseux, entre 2 et 15 mètres de profondeur, soit l'habitat naturel de ce gastéropode (Fisher *et al.*, 1987). D'après les travaux de La Rivière *et al.* (2020), l'utilisation d'engins passifs/dormants, comme les filières de nasses, peut générer une **pression d'abrasion** sur les habitats, due à l'ancrage des filières. Cette pression est toutefois limitée aux niveaux d'abrasion « superficielle » et « peu profonde ». Une échelle allant de 0 (pas de risque) à 3 (risque fort), permet d'évaluer le niveau de risque associé à cette pression en fonction du type d'habitat.

Le risque est jugé **faible (niveau 1) pour les substrats meubles** (sablo-vaseux, DC, *etc.*). Cependant, il est considéré comme **modéré (niveau 2) pour des habitats plus complexes**, tels que les herbiers de posidonies et le coralligène. Pour l'habitat « reef envasé », aucune information n'est disponible sur le niveau de risque. Décrit comme « zone à biodiversité et biomasse élevées » (Parc Naturel Régional de Camargue, 2013, 2015), il est, par précaution, classé en risque modéré (niveau 2).

L'analyse de l'aire d'activité de la pêche montre que les points de pêche se situent majoritairement sur des zones à faible risque d'abrasion. Cependant, certains sont localisés à proximité des « **reef envasés** » dans les bancs sableux de l'Espiguette. Il s'agit potentiellement d'**habitats moins connus des professionnels** (interne OP du Sud). Par précaution, il faudrait informer les pêcheurs de leur localisation et recommander leur évitement.

Enfin, la pêche opère sur un espace géo-morphologiquement restreint, et plusieurs professionnels signalent des difficultés croissantes en matière de partage de l'espace marin pour la pose des filières (interne OP du Sud). La présence d'activités de pêche dans les zones Natura 2000 doit donc être prise en compte avant toute évolution réglementaire de leur statut. En effet, une concertation préalable avec les professionnels est nécessaire avant toute modification des

périmètres de protection : **des fermetures non concertées** réduiraient fortement l'aire d'activité disponible, avec un **risque de report de l'effort de pêche** sur les secteurs restants. Une intensification localisée pourrait dégrader l'état de la ressource et compromettre la durabilité de la pêche (Vaughan, 2017).

- **Limites et recommandations**

Les points de pêche étudiés proviennent uniquement de sept navires suivis dans le cadre des protocoles PEEYNAC et CoPeNaC-A. Ils ne représentent **qu'une fraction de la flottille** ciblant la noisette de mer et **ne couvrent pas l'ensemble de la zone d'activité** des adhérents de l'OP du Sud.

Pour la suite, il serait intéressant d'élargir le suivi à un plus grand nombre de navires, avec des déclarations d'activité plus régulières, idéalement à chaque sortie. Le jeu de données actuel permet seulement de localiser des points de pêche ponctuels et de délimiter une première aire de répartition de la flottille suivie. En revanche, **il ne permet pas de cartographier l'effort de pêche de la flottille ni son évolution dans le temps (ex. par année)**. Celui-ci pourrait être représenté sous forme de mailles (ex. nombre de paniers par maille et par an), offrant une vision plus précise de l'activité : apparition de nouvelles zones d'exploitation, déplacement de l'activité, « points chauds » de pression de pêche. Enfin, il serait utile d'étendre le suivi aux secteurs de pêche émergents, au large de Gruissan et de Port-La-Nouvelle, en intégrant les navires actifs dans ces zones.

4.3. Recommandations sur les mesures de gestion

- **Élargissement du système des « quotas journaliers d'apports sous criée »**

Un système de gestion existe déjà dans la pêche de *Tritia mutabilis* et a été évalué dans le cadre du projet CoPeNaC (2025). Il repose sur le rôle actif des coopératives de commercialisation SO.CO.MAP et La Graulenne au Grau-du-Roi, qui, en collaboration avec les pêcheurs, ont mis en place depuis 2018 plusieurs mesures en faveur d'une exploitation responsable de la ressource. Cela comprend :

- L'instauration de **quotas journaliers d'apports sous criée**, visant à éviter la saturation du marché et à maintenir un prix de vente attractif. Cette approche a pour objectif de « permettre aux pêcheurs de gagner autant, voire plus, en pêchant moins » (responsable commercial, SO.CO.MAP).
- Le respect d'un prix plancher de 4€/kg, rendu notamment possible grâce au système de quotas.
- L'incitation au tri des captures à bord, encourageant le rejet des individus sous-taille (≈20 mm) directement sur le lieu de pêche plutôt qu'au débarquement.

Une piste d'amélioration pour la durabilité de la pêche, identifiée par l'OP du Sud, consisterait à **étendre la mesure de « quotas journaliers d'apports sous criée »** aux autres criées du territoire, et donc à l'ensemble des navires qui y débarquent. La généralisation d'un tel dispositif, bien que principalement motivé par des enjeux commerciaux, pourrait avoir des effets bénéfiques pour les stocks en régulant indirectement l'effort de pêche. Les professionnels interrogés y sont globalement favorables.

Parmi les **quatre criées consultées**, trois se déclarent favorables ou favorables sous conditions, et une criée exprime un avis partagé. Les conditions évoquées concernent la nécessité de mener une

phase d'expérimentation, l'application du dispositif à l'ensemble des criées, ainsi que le maintien d'une certaine autonomie dans la fixation des quotas par chaque structure. L'acteur exprimant un avis partagé souligne l'importance d'une concertation avec les pêcheurs de sa structure et la nécessité d'obtenir leur accord.

Du côté des pêcheurs, 12 sur 16 interrogés se déclarent favorables/sous conditions. Deux ne se prononcent pas et un seul se dit défavorable, sans justification. Les principales conditions évoquées concernent l'application équitable du dispositif à toutes les criées et à l'ensemble des pêcheurs professionnels, ainsi que l'importance de ne pas subir de perte de rentabilité.

- **Mesures de gestion supplémentaires**

Dans le cadre du projet CoPeNaC (2025), d'autres pistes de gestion ont été discutées avec les professionnels, en s'inspirant des mesures appliquées en mer Adriatique pour *Tritia mutabilis*.

(1) Mesures techniques

- Augmentation du maillage des nasses/paniers.
- Limitation du nombre de filières/paniers qu'un pêcheur peut déployer quotidiennement.

(2) Périodes de repos biologique, avec deux niveaux d'application

- Une fermeture complète de la pêcherie dans le golfe du Lion durant la période de reproduction, avec une période suggérée de début mars à fin mai.
- Une fermeture partielle ciblant certaines zones fonctionnelles ou d'intérêt pour l'espèce (identifiées par des études préalables), sur la même période (mars-mai).

(3) Introduction de substrats de ponte artificiels, testés en Adriatique (Caprioli *et al.*, 2018). L'étude a montré que ces substrats artificiels sont effectivement utilisés par l'espèce comme support de ponte, mais leur « contribution potentielle au maintien du stock » reste à démontrer.

(4) Régulation de l'accès à la ressource

- Instauration d'un système de licences spécifiques pour la pêcherie de nasse changeante.
- Mise en place de quotas de captures à l'échelle nationale ou régionale.

Ces propositions ont été soumises à 16 pêcheurs enquêtés, qui ont évalué leur acceptabilité sur une échelle de 1 à 5 (1 = refus catégorique ; 5 = accord complet).

Les **deux mesures techniques** obtiennent les meilleurs scores d'acceptabilité, avec une moyenne de 3,2/5 chacune.

Concernant **l'augmentation du maillage**, les pêcheurs sont globalement favorables (10/16), mais refusent toutefois une hausse « trop brutale » du maillage, comme celle recommandée par Grati *et al.* (2010). Dans le contexte adriatique, cette étude préconise un maillage de 23-26 mm, présenté comme un bon compromis entre la protection des juvéniles et des rendements commerciaux satisfaisants. En revanche, une augmentation plus modérée, autour de 11-15 mm (au lieu de 10 mm actuellement), est perçue comme acceptable (10/16). Au-delà, plusieurs estiment qu'ils « ne pêcheront plus rien ». Enfin, comme le souligne un professionnel, il faudrait disposer d'études spécifiques à la pêcherie du golfe du Lion pour définir leur gamme de maillage optimale.

La **limitation du nombre de paniers** est également bien reçue (10/16). Lorsqu'un seuil maximal est évoqué, les dix pêcheurs favorables proposent des limites comprises entre 300 et 700 paniers par

navire. Un pêcheur non favorable à la mesure fixe tout de même le seuil à 1000 paniers. Un autre professionnel mentionne la mesure déjà appliquée à la prud'homie de Gruissan, avec un seuil fixé à 250 paniers par navire.

Un niveau d'acceptabilité intermédiaire se dégage pour trois mesures : **la fermeture complète de la pêche en période de reproduction, l'instauration d'une licence spécifique et l'utilisation de substrats de pont artificiels**, avec des notes respectives de 2,6/5 ; 2,6/5 et 2,5/5.

La fermeture complète en période de reproduction suscite des réticences d'ordre économique (8/16 plutôt favorables), car elle coïncide avec le pic d'activité de la pêche (mars à mai).

La licence de pêche spécifique est également moins bien accueillie (7/16 plutôt favorables). Les professionnels craignent une inégalité d'accès à la ressource, notamment pour les jeunes générations ou les « nouveaux entrants » dans cette activité. Certains redoutent un blocage de l'accès à la ressource et un monopole des licences par quelques armateurs, alors que l'exploitation de la nasse changeante constitue une source de revenus stable et sécurisante tout au long de l'année lorsque d'autres espèces ne sont pas disponibles.

Concernant **l'introduction de substrats artificiels**, les professionnels sont globalement favorables (9/16), bien que l'efficacité du dispositif soit remise en question. Plusieurs estiment que ces structures seraient « inutiles », considérant que les engins présents en mer (pots à poulpes, filières de paniers) remplissent déjà cette fonction (14/16). D'autres soulignent les contraintes liées à l'établissement de zones dédiées à la pose de ces substrats, qui pourraient être sanctuarisées (5/16).

Les deux mesures les moins bien acceptées sont **la fermeture partielle de la pêche et la mise en place de quotas à l'échelle régionale ou nationale**, avec des notes respectives de 1,8/5 et 1,6/5.

Parmi les huit pêcheurs favorables à une fermeture complète, cinq rejettent l'option d'**une fermeture partielle**. Ils soulignent la difficulté d'identifier des zones de fermeture en raison de la mobilité de la ressource, le risque accru de contournement par rapport à une fermeture totale, ainsi qu'une hausse de l'effort de pêche dans les zones restées ouvertes, jugée contre-productive pour la préservation du stock et source de tensions entre les pêcheurs.

La proposition de **quotas de captures à l'échelle nationale/régionale** est également rejetée (3/16 favorables). Les professionnels expriment une nette préférence pour une gestion locale, via les « quotas journaliers d'apports sous criée », par des professionnels qui « connaissent le terrain ». Le refus d'un encadrement à plus grande échelle repose sur plusieurs arguments : manque de confiance envers les « décideurs » perçus comme déconnectés des réalités du métier, lourdeurs administratives déjà importantes, risques d'inégalités d'accès et de concentration des quotas par quelques armateurs, comme observé selon eux pour la pêche du thon rouge. Ils alertent aussi sur les conséquences pour les pêcheurs polyvalents, qui pourraient être contraints d'abandonner certains métiers face à la multiplication des règles et restrictions.

Enfin, plusieurs pêcheurs (5/16) ont évoqué une autre mesure : **la généralisation du tri des captures** à l'aide d'une grille standardisée pour l'ensemble des professionnels. Cependant, tous les pêcheurs ne trient pas immédiatement en mer, mais souvent à quai, une fois les captures débarquées. Il est donc probable que les manipulations et le rejet dans les eaux portuaires réduisent les chances de survie des individus rejetés. Pour être efficace, cette mesure doit donc s'accompagner d'actions de sensibilisation auprès des professionnels.

Conclusion

Dans le cadre du projet CoPeNaC, cette étude visait à accompagner la pêcherie de *Tritia mutabilis* dans le golfe du Lion vers une gestion plus durable, en identifiant des indicateurs d'état du stock et en évaluant ses impacts environnementaux.

L'analyse des impacts environnementaux de la pêcherie a permis d'établir un premier état des lieux globalement positif. La pêcherie présente une forte sélectivité, sans espèce sensible capturée. La diversité des appâts utilisés limite la pression sur un stock unique, et l'activité se concentre sur des habitats meubles avec un engin de pêche à faible risque d'abrasion. Toutefois, ce volet pourra être renforcé par une meilleure spatialisation de l'effort de pêche, avec un suivi étendu à un plus grand nombre de navires et une couverture temporelle plus régulière.

L'étude de l'état du stock de *Tritia mutabilis* a mobilisé deux approches complémentaires dans un contexte à données limitées. L'analyse des DPUE standardisés ne révèle pas de tendance significative de déclin sur la période 2015-2024, ce qui suggère une stabilité globale de l'abondance de *Tritia mutabilis*. Les indicateurs basés sur la taille (LBI) révèlent toutefois que la conservation des grands individus ne respecte pas les conditions de durabilité, constat commun aux trois secteurs étudiés. Les indicateurs relatifs à la conservation des juvéniles et à l'exploitation au RMD présentent des résultats contrastés selon les secteurs et les années, sans qu'une tendance nette puisse être dégagée. Enfin, l'exploitation au rendement optimal semble globalement atteinte.

Ces résultats doivent être interprétés avec prudence compte tenu des limites méthodologiques identifiées. Ils soulignent néanmoins l'intérêt de maintenir et d'améliorer les méthodes de suivi de l'état du stock. La méthode LBI semble la plus adaptée au contexte de cette pêcherie puisqu'elle mobilise des moyens plus modestes que le suivi des CPUE, à condition de renforcer le protocole d'échantillonnage et d'analyse des données (couverture annuelle complète, prise en compte du dimorphisme sexuel, estimation spécifique du ratio « M/K »). Si le suivi des CPUE est maintenu, il est également recommandé d'améliorer le protocole de collecte (données spécifiques à l'espèce cible *Tritia mutabilis*, augmentation du nombre de marées suivies et du nombre de paniers collectés par filière). Enfin, pour garantir la robustesse des résultats, il est préférable que la méthode statistique soit définie en amont et serve de base à l'application du protocole de collecte.

Cette étude a également permis de formuler des recommandations de gestion, en s'inspirant des modèles d'autres pêcheries et en intégrant les retours des professionnels concernés. L'élargissement du dispositif des « quotas journaliers d'apports sous criée » ressort comme une mesure pertinente et globalement bien acceptée. Parmi les autres leviers identifiés, l'augmentation du maillage et la limitation du nombre de paniers par navire constituent des pistes intéressantes.

Plus largement, ce travail a fourni à l'OP du Sud de premiers outils pour étudier l'état du stock de *Tritia mutabilis* et les impacts environnementaux de la pêcherie, qui pourront être réutilisés et améliorés. Il a également permis d'engager des échanges avec des correspondants scientifiques, susceptibles d'accompagner l'OP du Sud dans l'amélioration des méthodologies statistiques et protocolaires, ainsi que dans l'application de méthodes plus robustes.

Bibliographie

AKAIKE, Hirotugu. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In : Selected papers of hirotugu akaike. New York, NY : Springer New York, 1998. p. 199-213.

BALDUCCI, G. M., OMICCIOLI, H., GIANNATTASIO, S., et al. Studio della biologia e distribuzione di *Nassarius mutabilis* (L., 1758) (Gastropoda, Prosobranchia) nel compartimento marittimo di Pesaro per una corretta gestione della risorsa. In : Atti del XXXVII Congresso della SIBM. ITA, 2006. p. 156-157.

BENOIT, Kenneth. Linear regression models with logarithmic transformations. *London School of Economics, London*, 2011, vol. 22, no 1, p. 23-36.

BEVERTON, R. J. H. and HOLT S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations, Series II, 19, Her Majesty's Stationery Office, London. 533 pp.

BEVERTON, R. J. H. Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. *Journal of Fish Biology*, 1992, vol. 41, p. 137-160.

CAPRIOLI, Riccardo et GIANANTE, Carla. Preliminary investigation on the use of artificial substrates to favor *Tritia mutabilis* (Linnaeus, 1758) spawning in Central Adriatic Sea: a possible contribution to stock maintenance. *Acta Adriatica*, 2018, vol. 59, no 1, p. 141-148.

CESPUGLIO, G., PICCINETTI, C., et LONGINELLI, Antonio. Oxygen and carbon isotope profiles from *Nassa mutabilis* shells (Gastropoda): accretion rates and biological behaviour. *Marine Biology*, 1999, vol. 135, p. 627-634.

COPENAC. Connaissance de la Pêcherie de Nasse Changeante. Rapport final du projet. À paraître. Décembre 2025.

DOWLING, N. A., DICHMONT, C. M., HADDON, M., et al. Empirical harvest strategies for data-poor fisheries: a review of the literature. *Fisheries Research*, 2015, vol. 171, p. 141-153.

FABI, G. et GIANNINI, S. Considerazioni sulla pesca della lumachina di mare *Sphaeronassa mutabilis* (L.) in Adriatica. *Gazzettino della Pesca*, 1983, vol. 30, no 9, p. 8-10.

FAO. General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM). Consulté le 10 juin 2025, <https://www.fao.org/gfcm/data/safs>.

FROESE, R. and D. Pauly. Editors. 2025. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2025).

FISHER, William, BAUCHOT, M. L., SCHNEIDER, M., 1987. Fiche FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. FAO, Rome, 760p.

FROESE, Rainer. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing: Fish and fisheries, 2004, vol. 5, no 1, p. 86-91.

GALINDO, Lee Ann, PUIILLANDRE, Nicolas, UTGE, José, et al. The phylogeny and systematics of the Nassariidae revisited (Gastropoda, Buccinoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2016, vol. 99, p. 337-353.

GAYANILO JR, F. C., SPARRE, P., et PAULY, D. FAO-ICLARM stock assessment tools II: Revised version: User's guide. FAO Computerized Information Series: Fisheries, 2005, no 8, p. I.

GFCM, FAO. Establishment of geographical Sub-areas in the GFCM area amending the resolution GFCM/31/2007/2. *RES-GFCM/33/2009/2*, 5pp, 2009.

GRATI, Fabio, POLIDORI, Piero, SCARCELLA, Giuseppe, FABI, Gianna. Estimation of basket trap selectivity for changeable nassa (*Nassarius mutabilis*) in the Adriatic Sea. *Fisheries Research*, 2010, vol. 101, no 1-2, p. 100-107.

HEGRON-MACE, Laurence, LEGRAND, Véronique, KELLNER, Kristell, et al. BESTCLIM. Buccin Espèce SenTinelle pour le CLIMat. 2017.

HELSE, Thomas E., PUNT, André E., et METHOT, Richard D. A generalized linear mixed model analysis of a multi-vessel fishery resource survey. *Fisheries Research*, 2004, vol. 70, no 2-3, p. 251-264.

HILBORN, Ray. Future directions in ecosystem based fisheries management: a personal perspective. *Fisheries Research*, 2011, vol. 108, no 2-3, p. 235-239.

HORDYK, Adrian, ONO, Kotaro, VALENCIA, Sarah, et al. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 2015, vol. 72, no 1, p. 217-231.

HOUNTCHEME, Clovis et SIMON, Ahouansou Montcho. Understanding overfishing: A literature review. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2024, vol. 26, no 1, p. 61-71.

HOYLE, Simon D., CAMPBELL, Robert A., DUCHARME-BARTH, Nicholas D., et al. Catch per unit effort modelling for stock assessment: A summary of good practices. *Fisheries Research*, 2024, vol. 269, p. 106860.

ICES. 2012. Report of the Workshop to Finalize the ICES Data-limited Stock (DLS) Methodologies Documentation in an Operational Form for the 2013 Advice Season and to make Recommendations on Target Categories for Data-limited Stocks (WKLIFE II), 20–22 November 2012, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2012/ACOM:79. 46 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.19281602>

ICES. 2015. Report of the Fifth Workshop on the Development of Quantitative Assessment Methodologies based on Life-history Traits, Exploitation Characteristics and other Relevant

Parameters for Data-limited Stocks (WKLIFE V), 5–9 October 2015, Lisbon, Portugal. ICES CM 2015/ACOM:56. 157 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.19283927>.

ICES. 2018. Technical Guidelines - ICES reference points for stocks in categories 3 and 4. ICES Technical Guidelines. Report. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.4128>.

IUCN, 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. Consulté le 10 juin 2025, <https://www.iucnredlist.org/>.

JENSEN, Asger L. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1996, vol. 53, no 4, p. 820-822.

KELL, Laurence T., MINTO, Cólín, et GERRITSEN, Hans D. Evaluation of the skill of length-based indicators to identify stock status and trends. *ICES Journal of Marine Science*, 2022, vol. 79, no 4, p. 1202-1216.

LA RIVIÈRE, Marie, TACHOIRES, Stéphanie, et TOISON, Vincent. *Habitats benthiques et activités de pêche professionnelle dans les sites Natura 2000: Méthodologie d'évaluation des risques de porter atteinte aux objectifs de conservation des sites*. 2020. Thèse de doctorat. MNHN; OFB, Office Français de la Biodiversité.

LAI, Jiangshan, ZOU, Yi, ZHANG, Shuang, *et al.* glmm. hp: an R package for computing individual effect of predictors in generalized linear mixed models. *Journal of Plant Ecology*, 2022, vol. 15, no 6, p. 1302-1307.

MALLET, Alicia, JOUVENEL, Jean-Yves, BROYON, Morgane, *et al.* Histology of *Tritia mutabilis* gonads: using reproductive biology to support sustainable fishery management. *Aquatic Living Resources*, 2021, vol. 34, p. 6.

MARSHALL, B., SCHWABE, E., et GOFAS, S. *Chiton Linnaeus, 1758*. MolluscaBase (2016). Accessed through: World Register of Marine Species at <http://marinespecies.org/aphia.php>, 2016.

MAUNDER, Mark N. et PUNT, André E. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries research*, 2004, vol. 70, no 2-3, p. 141-159.

MILDENBERGER, Tobias, TAYLOR, Marc Hollis, et WOLFF, A. M. TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 2017, vol. 8, no 11, p. 1520-1527.

MNHN and OFB. 2003-2025. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). Consulté le 19 mars 2025. <https://inpn.mnhn.fr>

MSC. MSC Fisheries Certification V.2.0 Requirements and Guidance for the Fisheries Certification Requirements V2.0, 1st October 2014.
<https://www.msc.org/documents/schemedocuments/fisheries-certification-schemedocuments/fisheries-certification-requirements-version-2.0>.

PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMARGUE, 2013. Document d'Objectifs Natura 2000 – Bancs sableux de l'Espiguette – Tome 1 : Diagnostic ; enjeux et objectifs de conversation. Parc naturel régional de Camargue, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Languedoc-Roussillon, Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement région Languedoc-Roussillon, Préfecture Maritime de Méditerranée, 199p.

PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMARGUE, 2015. Document d'Objectifs Natura 2000 – Bancs sableux de l'Espiguette – Tome 2 : Définition des éléments opérationnels, Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement région Languedoc-Roussillon, Préfecture Maritime de Méditerranée, 70p.

PAULY, D. et DAVID, N. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung*, 1981, vol. 28, no 4, p. 205-211.

PEEXNAC. Gestion d'une espèce nouvellement exploitée : la noisette de mer. 2021. <https://www.francefilerepeche.fr/projets/peexnac-mieux-connaître-noisette-mer/>.

POLIDORI, Piero, GRATI, Fabio, BOLOGNINI, Luca, et al. Towards a better management of *Nassarius mutabilis* (Linnaeus, 1758): biometric and biological integrative study. *Acta Adriatica*, 2015, vol. 56, no 2, p. 233-244.

PRINCE, Jeremy, HORDYK, Adrian, VALENCIA, Sarah R., et al. Revisiting the concept of Beverton-Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *ICES Journal of Marine Science*, 2015, vol. 72, no 1, p. 194-203.

REYES, Nastassia, BAHUCHET, Serge, et WAHICHE, Jean-Dominique. Quelle définition des «petits métiers» de la pêche?. De l'analyse juridique à l'ethnoécologie des pêcheurs lagunaires languedociens. *Revue d'ethnoécologie*, 2015, no 7.

SAI GLOBAL. Rapport de pré-évaluation, Pêcherie de noisette de mer à la nasse dans le golfe du Lion. Medfish. MSC. 2016.

SAI GLOBAL. Plan d'action vers la durabilité, Pêcherie de noisette de mer à la nasse dans le golfe du Lion. Medfish. MSC. 2018.

SCHWARZ, Gideon. Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*, 1978, p. 461-464.

SMEL, Synergie Mer et Littoral. COGECO – COOpération pour la GEstion des COuillages. Consulté le 24 mars 2025. <https://www.smel.fr/cogeco/>.

TORREJON-MAGALLANES, J., 2020. sizeMat : Estimate Size at Sexual Maturity. R package version 1.1.1. <https://CRAN.R-project.org/package=sizeMat>.

VAUGHAN, Duncan. Fishing effort displacement and the consequences of implementing Marine Protected Area management—An English perspective. *Marine Policy*, 2017, vol. 84, p. 228-234.

VERMARD, Youen et ULRICH, Clara. Bilan 2024 du statut des ressources halieutiques débarquées par la pêche française hexagonale en 2023. 2025.

VON BERTALANFFY, Ludwig. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human biology*, 1938, vol. 10, no 2, p. 181-213.

WALTERS, Carl J. et MARTELL, Steven JD. *Fisheries ecology and management*. Princeton University Press, 2004.

WANG, Kun, ZHANG, Chongliang, XU, Binduo, et al. Selecting optimal bin size to account for growth variability in Electronic LEngth Frequency ANalysis (ELEFAN). *Fisheries Research*, 2020, vol. 225, p. 105474.

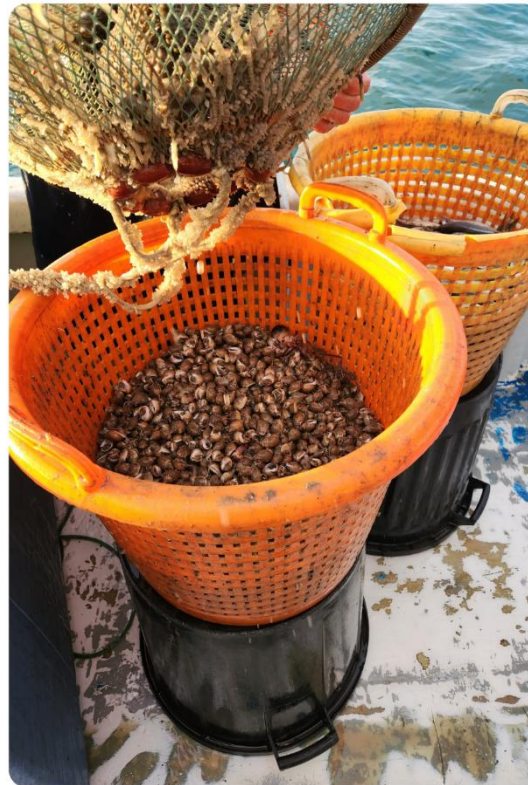
ZUUR, Alain F., IENO, Elena N., WALKER, Neil J., et al. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. New York : springer, 2009.

Annexes

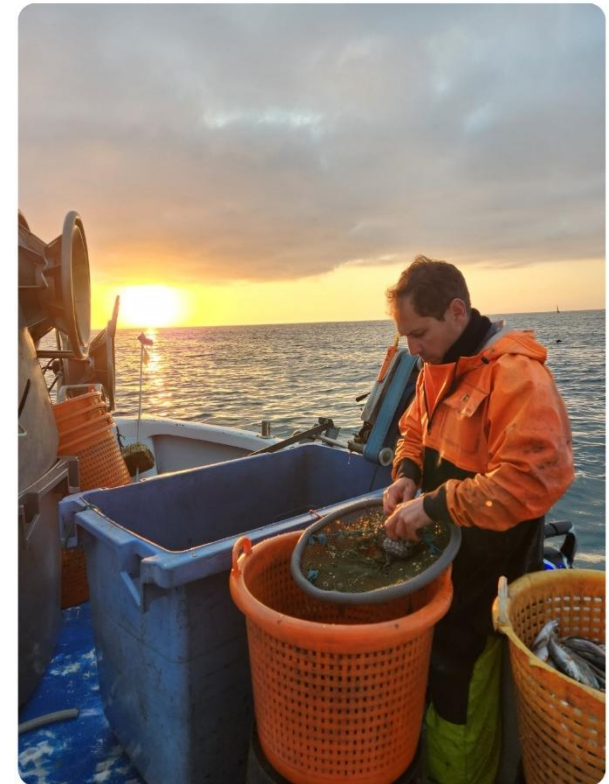
Annexe I. Principales étapes de la pêche de la nasse changeante dans le golfe du Lion (photos personnelles)



(1) Relevé d'une filière au vire-ligne après 24h-48h de pose



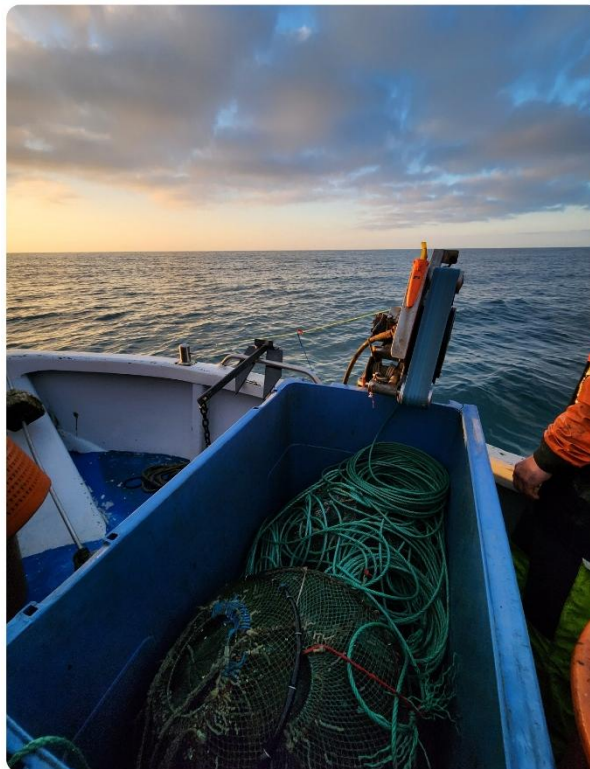
(2) Collecte des nasses changeantes



(3) Mise en place d'un nouvel appât



(4) Panier prêt pour une nouvelle mise à l'eau

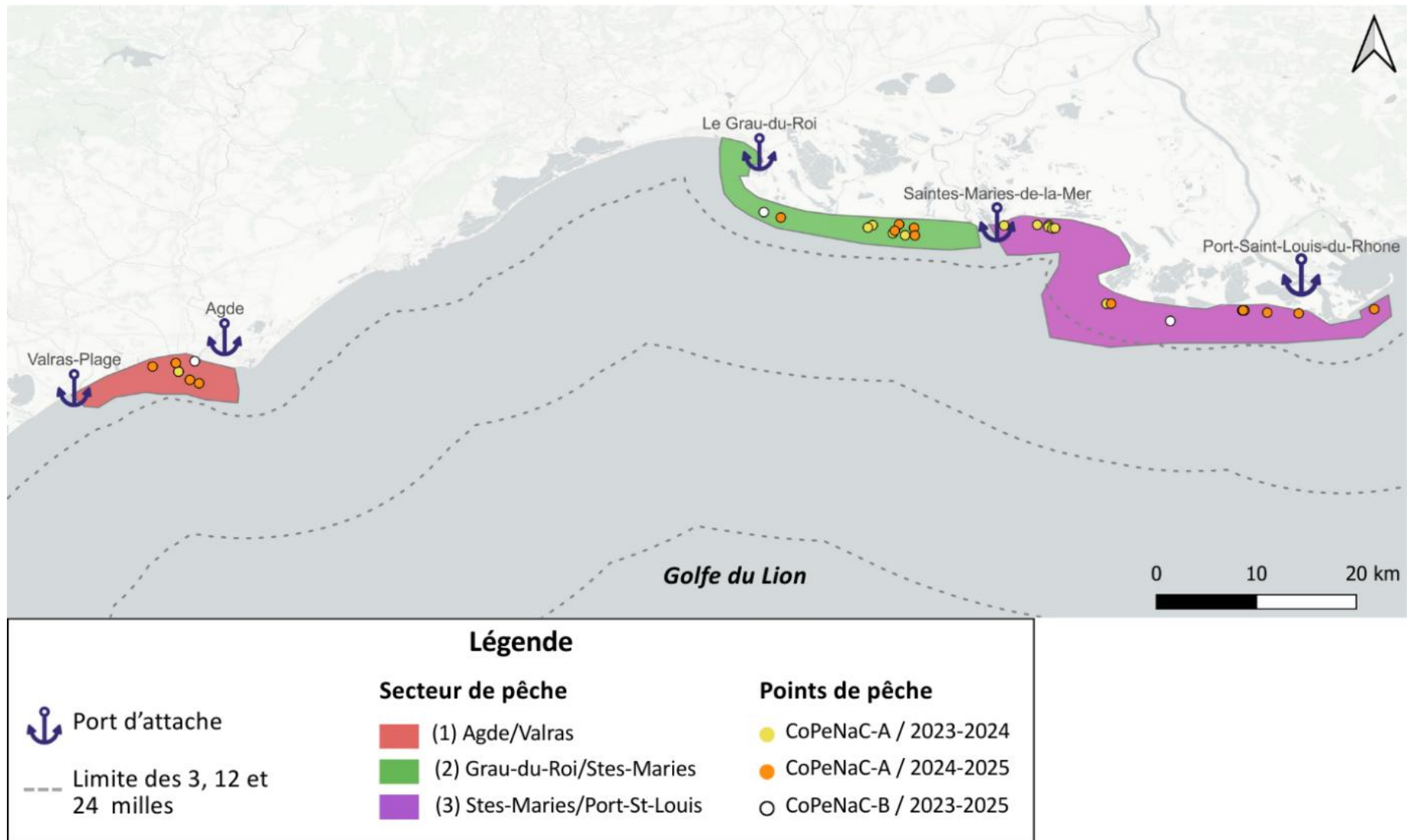


(5) Stockage de la filière entière à bord



(6) Remise à l'eau de la filière sur une nouvelle zone

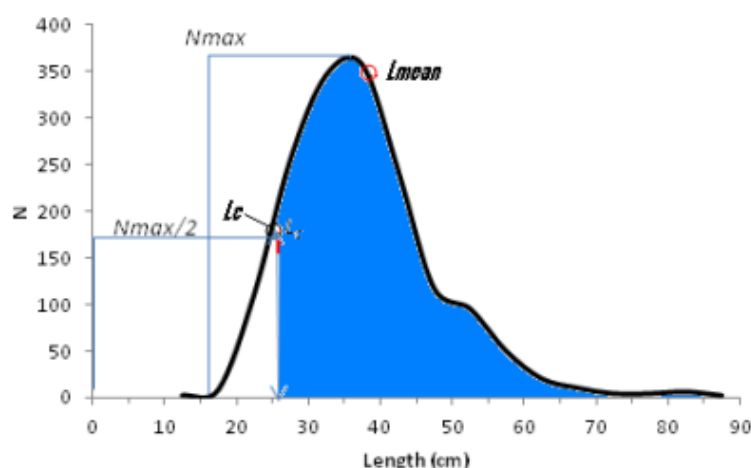
Annexe II. Cartographie des points de pêche dans le cadre des protocoles COPENAC-A et B (2023-2025)



Taille à la première capture (L_c)

La taille à la première capture correspond à la classe pour laquelle 50% des individus deviennent vulnérables à l'engin de pêche et sont capturés.

Dans le cadre de la méthode LBI (ICES, 2012), L_c est estimée à partir de la courbe de structure en tailles des captures, en repérant la valeur située à mi-hauteur de la pente ascendante.



Estimation graphique de la taille de première capture « L_c » (ICES, 2012).

La valeur de L_c n'est pas fixe et est amenée à varier selon la composition en tailles des captures.

Taille à la maturité (L_{mat})

La taille à la maturité L_{mat} correspond à la longueur à laquelle 50% individus sont considérés comme matures sexuellement.

Chez *Tritia mutabilis*, cette valeur a été déterminée dans le cadre du projet PEEXNAC (2021)⁶ par Mallet *et al.* (2021) : une L_{matF} de 24,4 mm pour les femelles et un L_{matM} de 17,5 mm pour les mâles.

Taille asymptotique (L_{inf})

La taille asymptotique correspond à la longueur moyenne qu'un individu peut atteindre s'il pouvait grandir pour une durée infinie, paramètre issu de la fonction de croissance de Von Bertalanffy (1938). Pour *T. mutabilis*, la valeur de L_{inf} utilisée (42,53 mm) est issue du projet PEEXNAC (2021)⁷.

Taille optimale (L_{opt})

« L_{opt} » correspond à la taille pour laquelle la croissance en poids atteint son maximum. Cela implique que :

⁶ Ces valeurs ont été obtenues par modélisation statistique (régression logistique bayésienne avec 10 000 itérations, fonction gonad_mature du package R *sizeMat* ; Torrejon-Magallanes, 2020), à partir d'un suivi mensuel de la gamétogenèse sur des individus de tailles variées. Réalisé séparément pour les mâles et femelles.

⁷ La valeur de L_{inf} a été estimée à partir de la progression des modes de fréquence de taille, en appliquant la méthode ELEFAN (Pauly et David, 1981), intégrée au logiciel FiSAT II (Gayanilo *et al.*, 2005). Cette routine permet d'ajuster la courbe de croissance de Von Bertalanffy (1938) à partir de distributions de longueur-fréquence, sans recours à des données âge-longueur, souvent indisponibles dans les pêcheries à données limitées.

- C'est la taille pour laquelle un stock non exploité présente la biomasse de cohorte la plus élevée, donc un potentiel de production d'œufs maximum.
- C'est la taille qui permet de maximiser les captures pour un effort de pêche donné (F). À l'inverse, c'est la taille à laquelle une quantité donnée de capture génère le niveau de pression de pêche le plus faible.

Elle peut être estimée à partir des paramètres de croissance et de mortalité naturelle selon la formule de Beverton (1992) :

$$L_{opt} = L_{inf} \times \frac{3}{3 + \frac{M}{K}}$$

Où M est la mortalité naturelle, L_{inf} est la taille asymptotique, et K le coefficient de croissance, ces paramètres sont issus du modèle de Von Bertalanffy (1938).

Dans une approche simplifiée, notamment utilisée dans la méthode LBI, lorsque les paramètres biologiques M (mortalité naturelle) et/ou K (coefficient de croissance de Von Bertalanffy) ne sont pas connus, nous supposons que le ratio « M/K » est égal à 1,5 (ICES, 2015). Cette constante est désignée comme un « invariant d'histoire de vie de Beverton et Holt » (Jensen, 1996). Elle permet de réduire l'équation à :

$$L_{opt} = \frac{2}{3} \times L_{inf}$$

Pour *T. mutabilis*, cette simplification conduit à une estimation de $L_{opt} \approx 28,35$ mm.

L(F=M) comme proxy de la mortalité par pêche au Rendement Maximum Durable (FRMD)

L'indicateur $L(F=M)$ correspond à la taille moyenne attendue dans les captures lorsque la mortalité par pêche (F) est égale à la mortalité naturelle (M) du stock étudié (ICES, 2012).

Beverton et Holt (1957) ont formulé une équation reliant la taille moyenne des individus capturés (L_{mean}) aux paramètres de croissance de Von Bertalanffy (L_{inf} , K) à la mortalité naturelle (M), à la mortalité par pêche (F), et à la taille de première capture (L_c). En supposant « $F=M$ », cette équation peut être simplifiée et donner :

$$L(F = M) = \frac{3 \times L_c + L_{inf}}{4} = 0,75 \times L_c + 0,25 \times L_{inf}$$

Une fois calculé, $L(F=M)$ est comparé à la taille moyenne observée dans les captures (L_{mean}) :

- Si $L_{mean} < L(F=M)$: la mortalité par pêche est probablement supérieure à M, donc $F > FRMD$, ce qui suggère une surexploitation du stock étudié.
- Si $L_{mean} \geq L(F=M)$: la mortalité par pêche est inférieure ou égale à M, donc $F \leq FRMD$, ce qui traduit une exploitation du stock allant de la sous-exploitation à la pleine exploitation, compatible avec une gestion durable de la ressource.

Comme pour L_c , la valeur de $L(F=M)$ n'est pas fixe et est amenée à varier selon la composition en tailles des captures.

Annexe IV. Bilan des échantillonnages du protocole CoPeNaC-A, campagnes 2023-2024 et 2024-2025

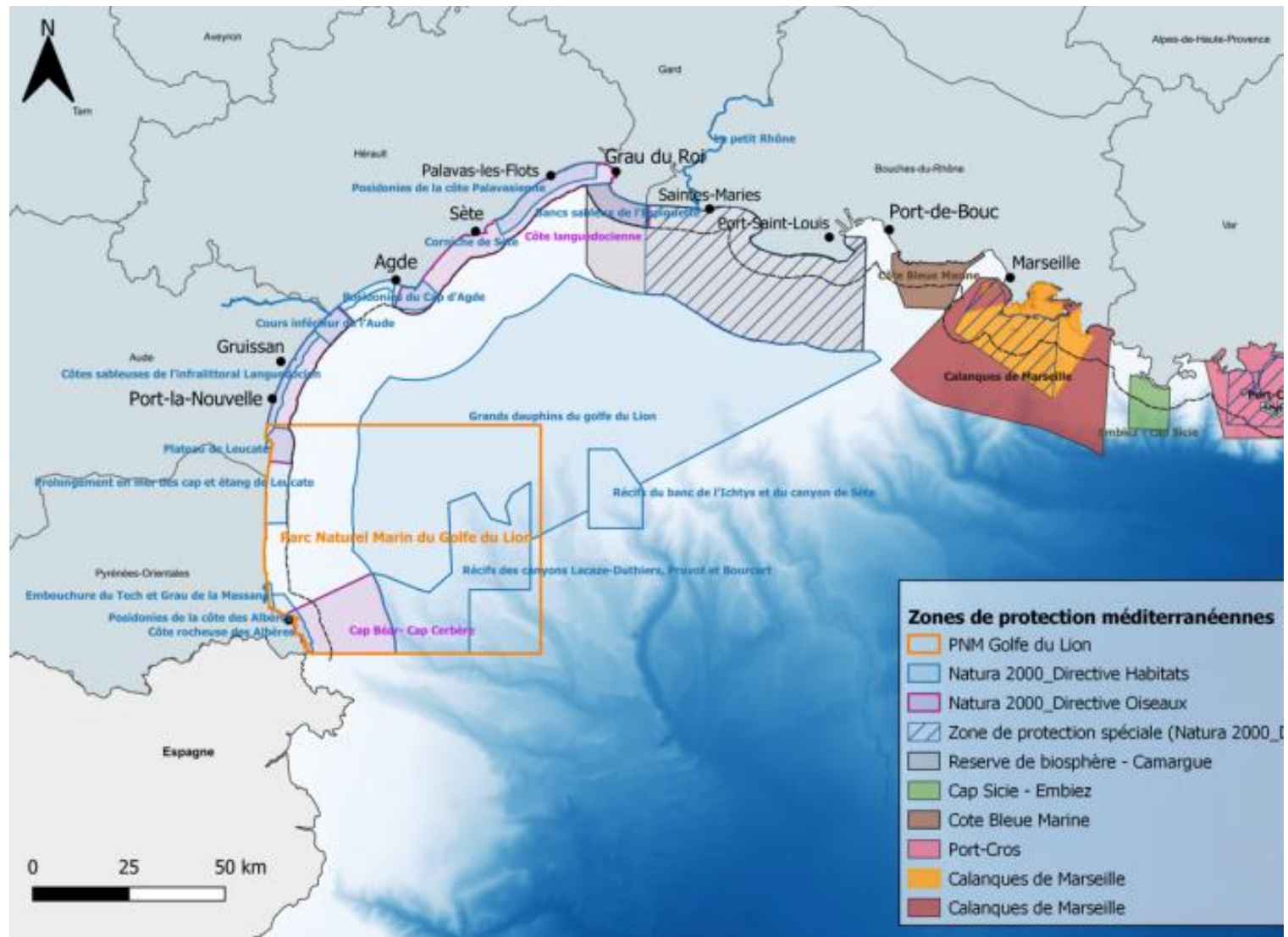
CAMPAGNE 2023-2024				
Mois	Secteur	Navire	Date échantillonnage	Nombre de paniers collectés
nov. 2023	Stes-Maries	LE BELIER	27/11/2023	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	Pas de sortie - autre pêche	0/5
	Agde	LOU CALYPSO	Pas de sortie - autre pêche	0/5
déc. 2023	Stes-Maries	LE BELIER	Pas de sortie - autre pêche	0/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	28/12/2023	5/5
	Agde	LOU CALYPSO	04/12/2023	5/5
janv. 2024	Stes-Maries	LE BELIER	23/01/2024	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	31/01/2023	5/5
	Agde	LOU CALYPSO	23/01/2024	5/5
févr. 2024	Stes-Maries	LE BELIER	13/02/2024	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	26/02/2024	5/5
	Agde	LOU CALYPSO	05/02/2024	5/5
mars 2024	Stes-Maries	LE BELIER	14/03/2024	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	06/03/2024	5/5
	Agde	LOU CALYPSO	27/03/2024	5/5
avr. 2024	Stes-Maries	LE BELIER	18/04/2024	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	Pas de sortie - météo	0/5
	Agde	LOU CALYPSO	30/04/2024	5/5
mai 2024	Stes-Maries	LE BELIER	13/05/2024	5/5
	Grau-du-Roi secteur (3)	L'AVENTURE	14/05/2024	5/5
	Agde	LOU CALYPSO	23/05/2024	5/5
TOTAL	Stes-Maries	LE BELIER	6 mois	30/35
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	5 mois	25/35
	Agde	LOU CALYPSO	6 mois	30/35

*Secteur (3) : données exclues de l'analyse, secteur (3) échantillonné au lieu du (2)

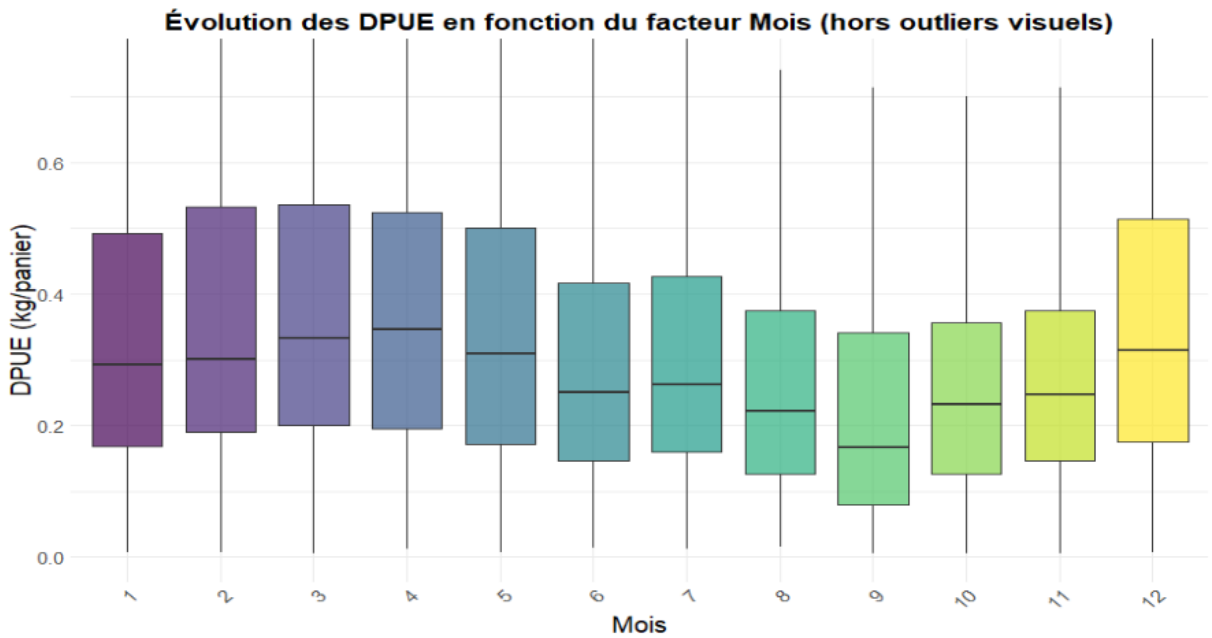
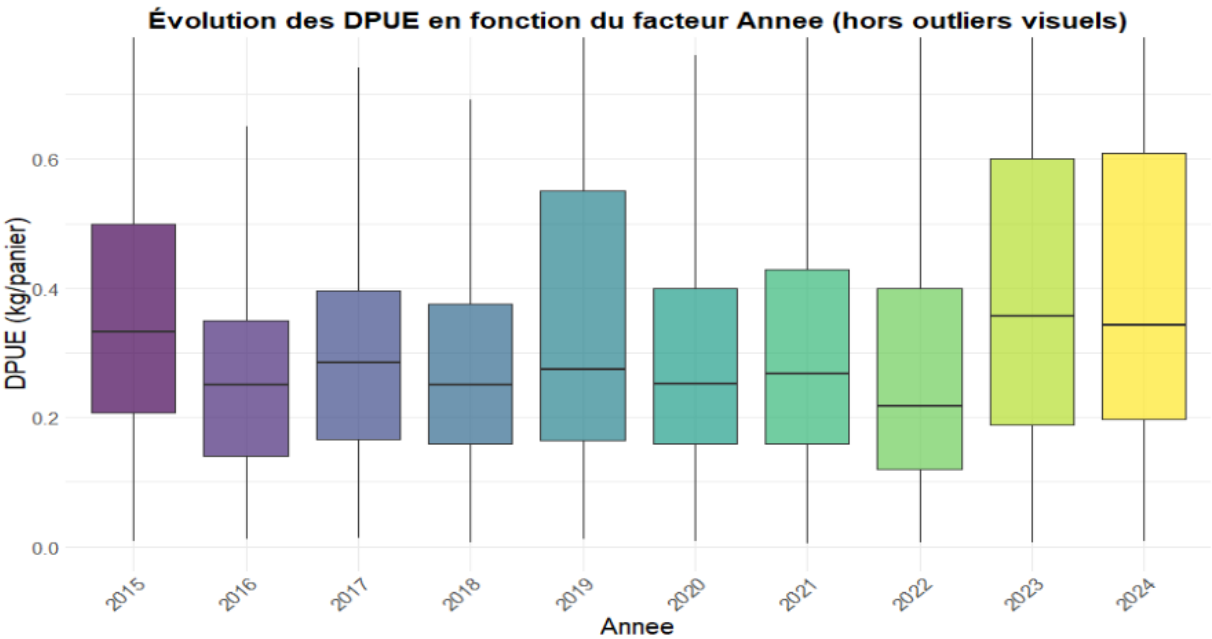
CAMPAGNE 2024-2025				
Mois	Secteur	Navire	Date échantillonnage	Nombre de paniers collectés
nov. 2024	Stes-Maries	GABRIEL 2	29/11/2024	5/5
	Grau-du-Roi secteur (3)	L'AVENTURE	28/11/2024	5/5
	Agde	CARLA JULIA V	Pas de sortie – pêche poulpe	0/5
déc. 2024	Stes-Maries	GABRIEL 2	30/12/2024	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	pas de sortie – météo	0/5
	Agde	CARLA JULIA V	pas de sortie – météo	0/5
janv. 2025	Stes-Maries	GABRIEL 2	pas de sortie – panne moteur	0/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	20/01/2025	5/5
	Agde	CARLA JULIA V	pas de sortie – pêche poulpe	0/5
févr. 2025	Stes-Maries	GABRIEL 2	22/02/2025	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	21/02/2025	5/5
	Agde	NARVAL II	25/02/2025	5/5
mars 2025	Stes-Maries	GABRIEL 2	27/03/2025	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	07/03/2025	5/5
	Agde	NARVAL II	04/03/2025	5/5
avr. 2025	Stes-Maries	GABRIEL 2	18/04/2025	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	28/04/2025	5/5
	Agde	NARVAL II	11/04/2025	5/5
mai 2025	Stes-Maries	GABRIEL 2	16/05/2025	5/5
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	28/05/2025	5/5
	Agde	NARVAL II	14/05/2025	5/5
TOTAL	Stes-Maries	GABRIEL 2	6 mois	30/35
	Grau-du-Roi	L'AVENTURE	6 mois	30/35
	Agde	NARVAL II	4 mois	20/35

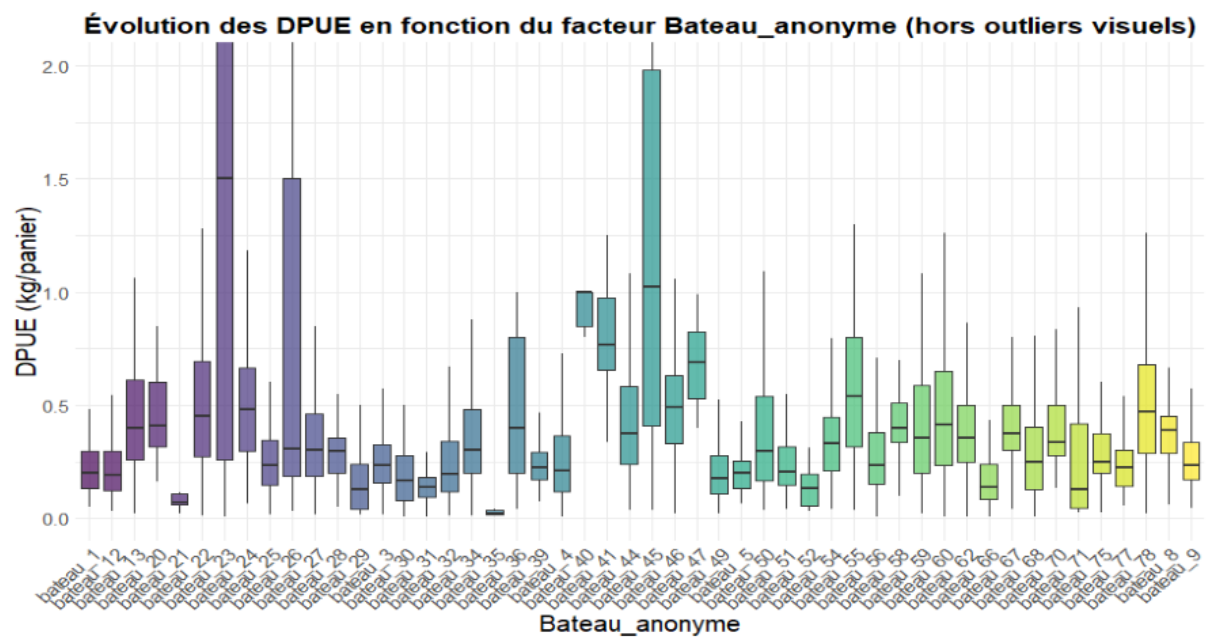
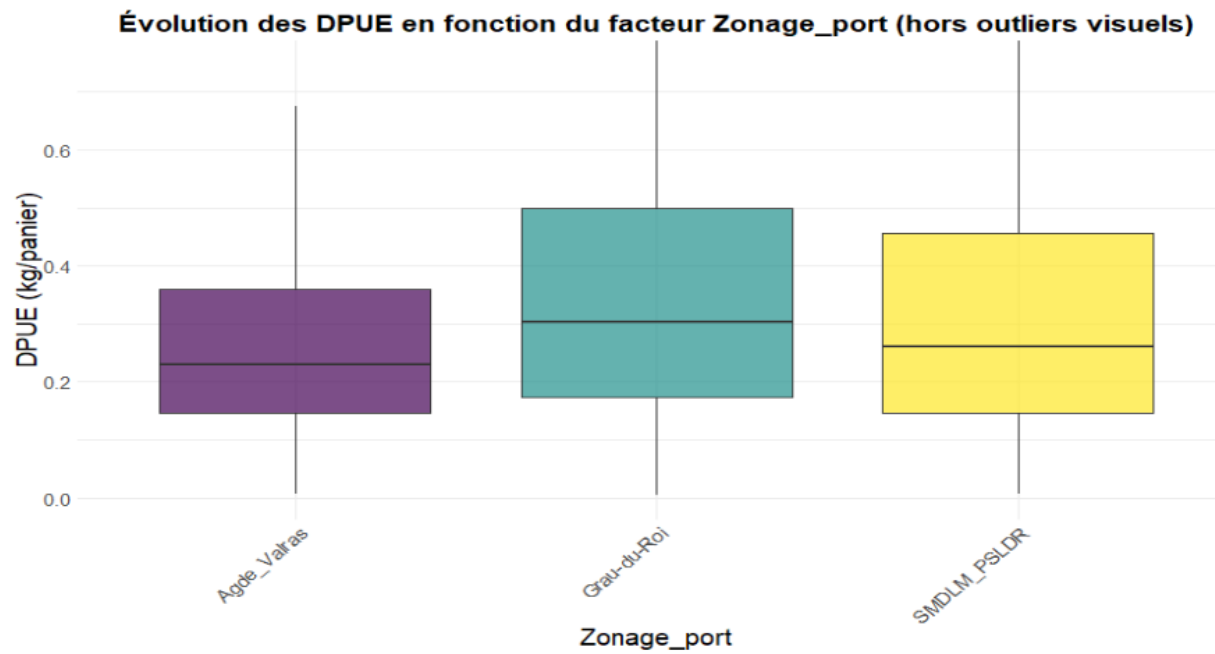
*Secteur (3) : données exclues de l'analyse, secteur (3) échantillonné au lieu du (2)

Annexe V. Cartographie des zones de protection spéciales de l'environnement marin dans le golfe du Lion (OP du Sud, 2024)



Annexe VI. Exploration graphique de la variable réponse « DPUE » en fonction des variables explicatives
« Année », « Mois », « Zonage_port » et « Bateau »





Annexe VII. Exploration du jeu de données des DPUE, tables de contingence des interactions « Mois×Année », « Mois×Zonage_port », « Zonage_Port×Année »

Table de contingence : Mois * Année

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	41	48	138	51	111	116	125	172	151	149
2	54	91	111	75	113	119	130	112	173	176
3	58	60	152	69	124	54	216	110	227	134
4	47	58	98	61	124	71	197	154	219	142
5	31	52	84	47	110	90	132	114	151	190
6	28	71	62	48	69	88	133	71	113	178
7	24	47	46	67	38	112	89	53	116	99
8	14	7	35	47	49	111	86	56	58	70
9	33	12	29	50	45	68	77	53	56	43
10	38	5	49	30	60	71	81	71	37	78
11	57	51	79	36	91	131	100	116	93	111
12	65	127	56	45	94	96	136	184	153	128

Table de contingence : Mois * Zonage_port

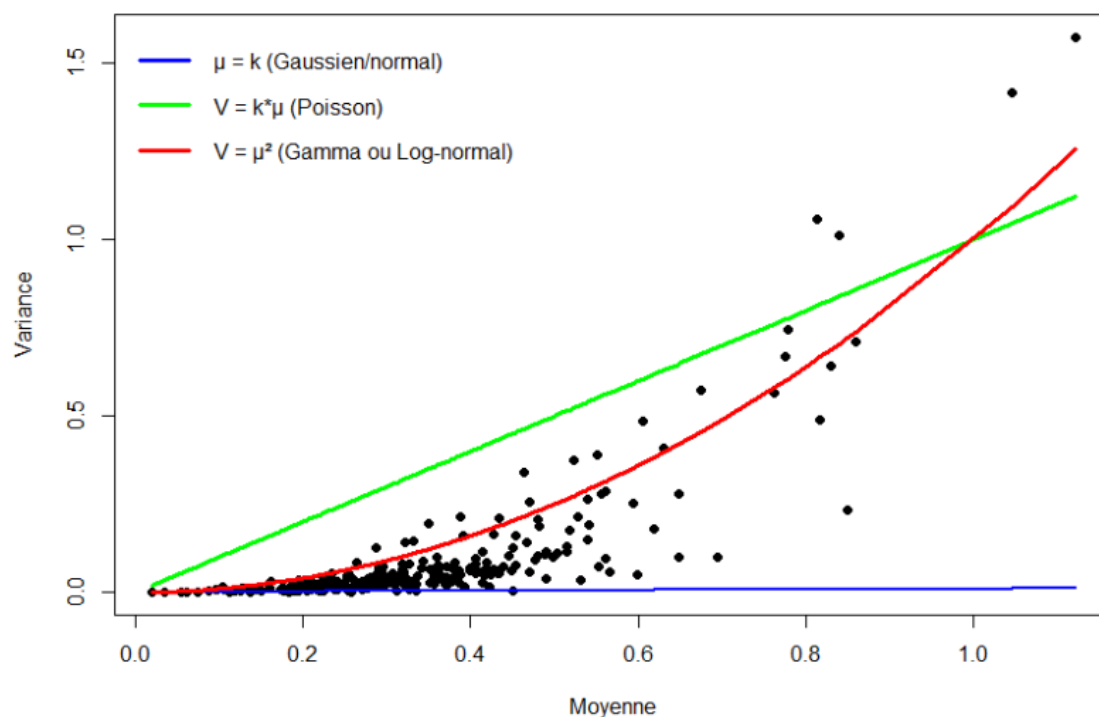
	Agde_Valras	Grau-du-Roi	SMDLM_PSLDR
1	278	659	165
2	267	715	172
3	259	773	172
4	217	690	264
5	101	640	260
6	43	615	203
7	31	527	133
8	5	395	133
9	8	379	79
10	3	367	150
11	91	555	219
12	163	734	187

Table de contingence : Zonage_port * Année

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Agde_Valras	96	165	233	116	164	93	132	96	149	222
Grau-du-Roi	394	399	677	490	656	757	1006	892	1038	740
SMDLM_PSLDR	0	65	29	20	208	277	364	278	360	536

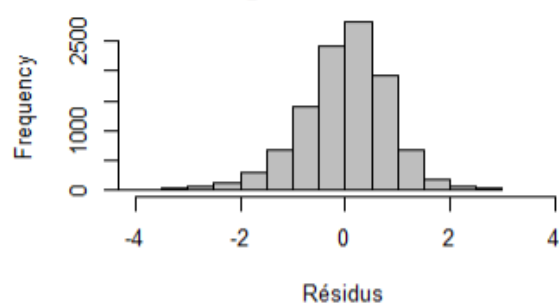
Annexe VIII. Étape 1 de la sélection du modèle mixte, sélection de la distribution statistique du modèle avec la relation moyenne-variance et les analyses résiduelles

Relation Moyenne-Variance

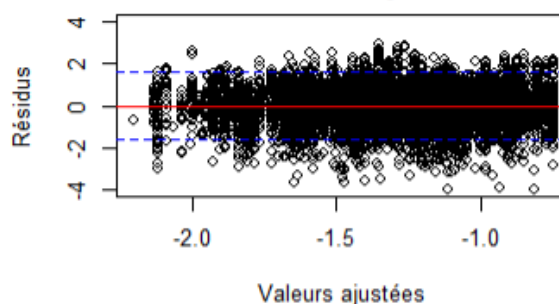


Analyse résiduelle, modèle linéaire (LM), distribution log-normal
 $\log(DPUE) \sim \text{Année} + \text{Mois} + \text{Zonage_port}, \text{family} = \text{gaussian}$

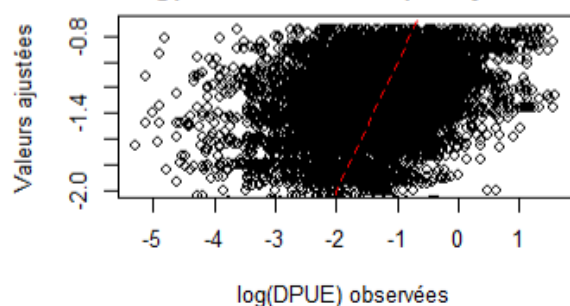
Histogramme des résidus



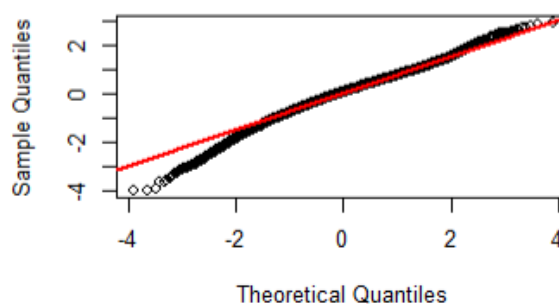
Résidus vs Ajustés



Log(DPUE observées) vs ajustées

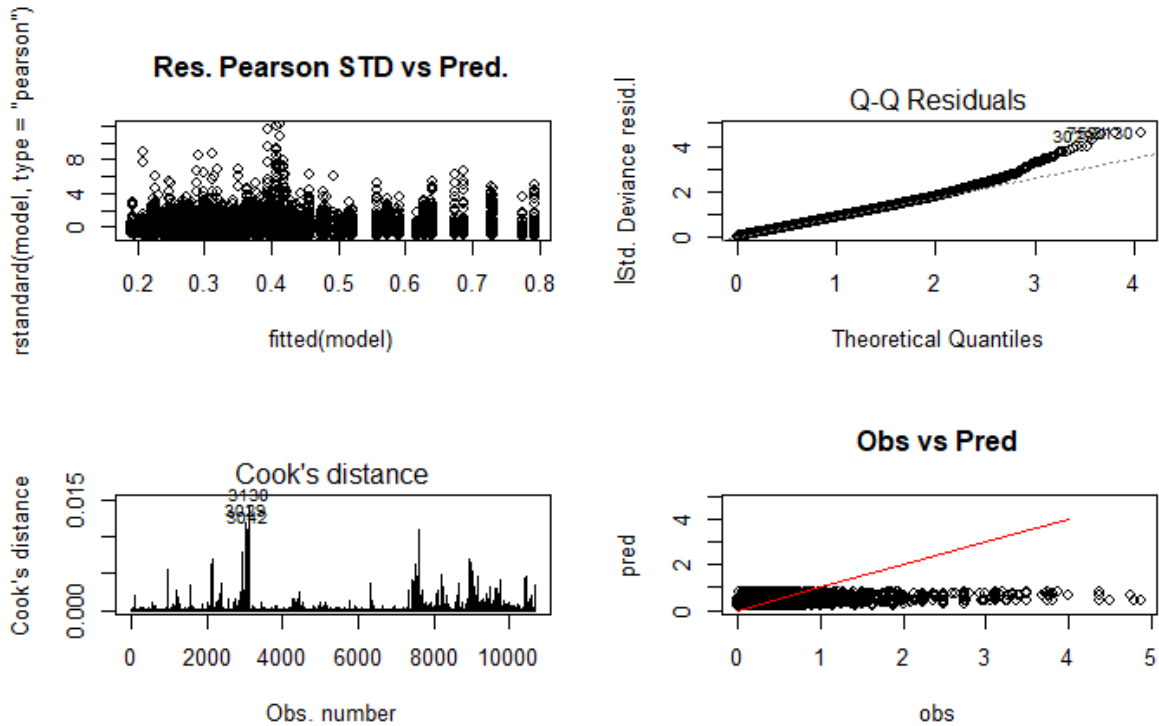


Q-Q Plot



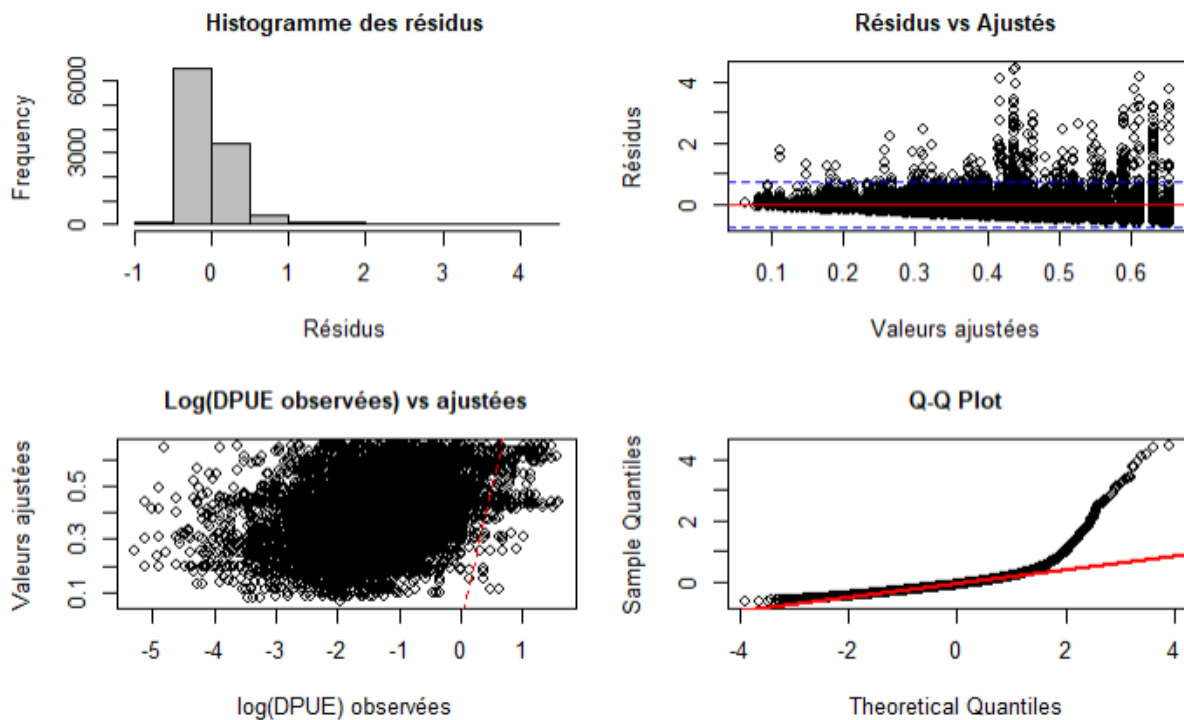
Analyse résiduelle, modèle linéaire généralisé (GLM), distribution gamma

$$DPUE \sim Année + Mois + Zonage_port, family = Gamma$$



Analyse résiduelle, modèle linéaire (LM), distribution normale

$$DPUE \sim Année + Mois + Zonage_port, family = gaussian$$



Annexe IX. Étapes 2 et 3 de la sélection du modèle mixte, sélection des structures aléatoire et fixe optimales

Test de l'effet aléatoire « Bateau »

	Model <int>	df <dbl>	AIC <chr>	BIC <chr>	logLik <chr>	Test <fctr>	L.Ratio <chr>	p-value <chr>
model.fixe.gls	1	24	26249.22	26423.73	-13100.61			
model.mixte	2	25	23732.99	23914.78	-11841.50	1 vs 2	2518.224	<.0001

Test de l'effet fixe « Année »

	Model <int>	df <dbl>	AIC <chr>	BIC <chr>	logLik <chr>	Test <fctr>	L.Ratio <chr>	p-value <chr>
Modele.complet	1	25	23621.08	23802.92	-11785.54			
Modele.sans_annee	2	16	24080.27	24196.65	-12024.14	1 vs 2	477.1883	<.0001

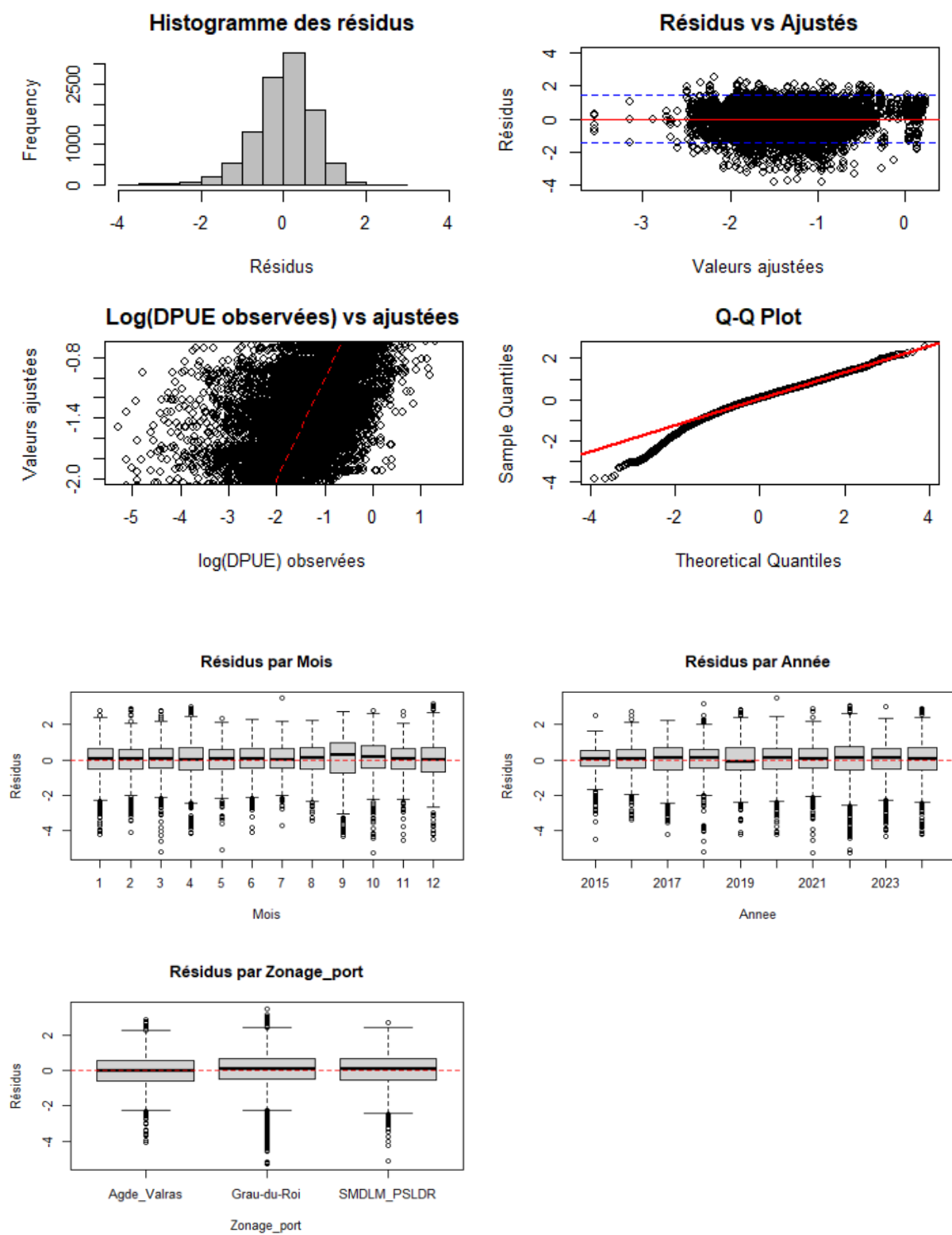
Test de l'effet fixe « Mois »

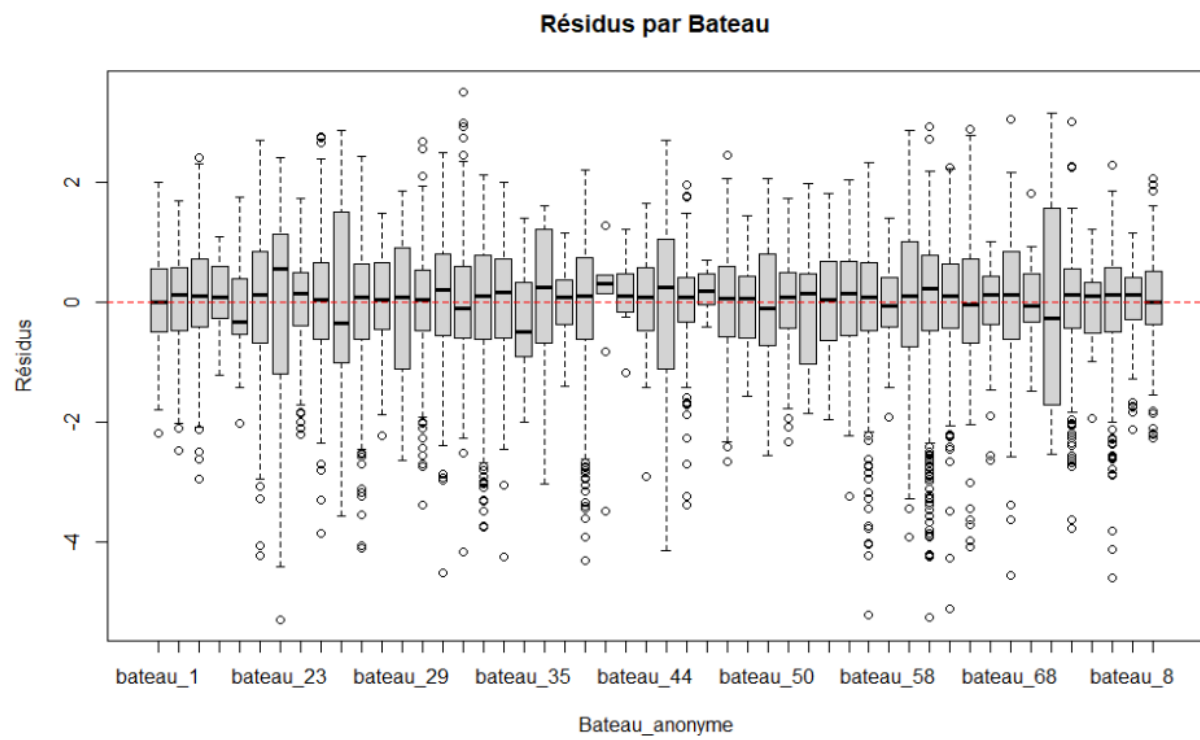
	Model <int>	df <dbl>	AIC <chr>	BIC <chr>	logLik <chr>	Test <fctr>	L.Ratio <chr>	p-value <chr>
Modele.complet	1	25	23621.08	23802.92	-11785.54			
Modele.sans_mois	2	14	24551.37	24653.20	-12261.68	1 vs 2	952.2824	<.0001

Test de l'effet fixe « Zonage_port »

	Model <int>	df <dbl>	AIC <chr>	BIC <chr>	logLik <chr>	Test <fctr>	L.Ratio <chr>	p-value <chr>
Modele.complet	1	25	23621.08	23802.92	-11785.54			
Modele.sans_zonageport	2	23	23624.71	23792.00	-11789.35	1 vs 2	7.623073	0.0221

Annexe X. Étape 4 de la sélection du modèle mixte, analyse résiduelle du modèle retenu
 $\log(DPUE) \sim \text{Année} + \text{Mois} + \text{Zonage_port} + (1 | \text{Bateau}), \text{family} = \text{gaussian}$





Annexe XI. Résultats du modèle mixte retenu, variabilité expliquée, facteurs et modalités

Résultat du package « glmm.hp », étude de la variabilité expliquée par le modèle

```
$r.squaredGLMM
      R2m      R2c
[1,] 0.09860372 0.4298314

$hierarchical.partitioning
      Unique Average.share Individual I.perc(%)
Annee    0.0349      -0.0022    0.0327    33.16
Mois     0.0477      0.0056    0.0533    54.06
Zonage_port 0.0117      0.0009    0.0126    12.78

$variables
[1] "Annee"      "Mois"      "Zonage_port"

$type
[1] "hierarchical.partitioning"

attr(,"class")
[1] "glmmhp"
```

Résultats de la fonction « anova », étude des facteurs

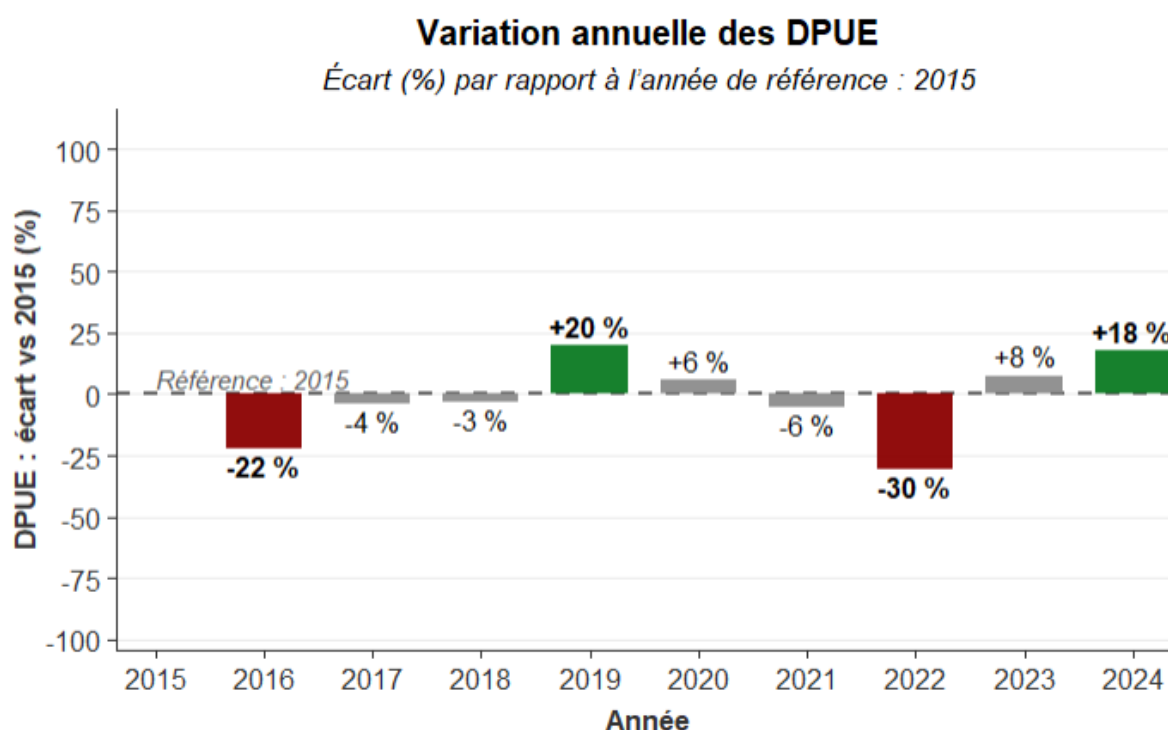
	numDF <int>	denDF <dbl>	F-value <chr>	p-value <chr>
(Intercept)	1	10580	274.20534	<.0001
Annee	9	10580	56.11588	<.0001
Mois	11	10580	90.31701	<.0001
Zonage_port	2	10580	3.82978	0.0217

Résultats de la fonction « summary », étude des modalités

	Value <chr>	Std.Error <chr>	DF <chr>	t-value <chr>	p-value <chr>
(Intercept)	-1.6401108	0.15482663	10580	-10.593208	0.0000
Annee2016	-0.2496155	0.04802031	10580	-5.198123	0.0000
Annee2017	-0.0413875	0.04853234	10580	-0.852781	0.3938
Annee2018	-0.0348635	0.05247152	10580	-0.664428	0.5064
Annee2019	0.1832317	0.04902571	10580	3.737462	0.0002
Annee2020	0.0582120	0.04918317	10580	1.183575	0.2366
Annee2021	-0.0578179	0.04745788	10580	-1.218299	0.2231
Annee2022	-0.3638766	0.04830937	10580	-7.532215	0.0000
Annee2023	0.0737005	0.04808132	10580	1.532830	0.1253
Annee2024	0.1640157	0.04946682	10580	3.315672	0.0009
Mois2	0.0990238	0.03087446	10580	3.207303	0.0013
Mois3	0.1895063	0.03066159	10580	6.180576	0.0000
Mois4	0.2194204	0.03100839	10580	7.076162	0.0000
Mois5	0.1094516	0.03256387	10580	3.361136	0.0008
Mois6	-0.1839016	0.03399257	10580	-5.410054	0.0000
Mois7	-0.1554155	0.03629721	10580	-4.281749	0.0000
Mois8	-0.3462808	0.03941912	10580	-8.784588	0.0000
Mois9	-0.7017216	0.04107179	10580	-17.085247	0.0000
Mois10	-0.4318044	0.03951302	10580	-10.928156	0.0000
Mois11	-0.2043066	0.03351900	10580	-6.095247	0.0000
Mois12	0.1037966	0.03147003	10580	3.298268	0.0010
Zonage_portGrau-du-Roi	0.4439298	0.16141246	10580	2.750282	0.0060
Zonage_portSMDLM_PSLDR	0.4088381	0.21353079	10580	1.914656	0.0556

Résultats de l'effet fixe « Année » sur la variable réponse							
<i>log(DPUE) ~ Année + Mois + Zonage_port + (1 Bateau), family = gaussian</i>							
Effet fixe	Modalité	Coefficient estimé log(DPUE)	Erreur standard	p-value	Significativité	Exponentielle du coefficient	Variation vs 2015
Année	2015	-	-	-	-	-	-
	2016	-0,25	0,05	<0,0001	***	0,78	-22%
	2017	-0,04		0,3938	ns	0,96	-4%
	2018	-0,03		0,5064	ns	0,97	-3%
	2019	0,18		0,0002	***	1,20	+20%
	2020	0,06		0,2366	ns	1,06	+6%
	2021	-0,06		0,2231	ns	0,94	-6%
	2022	-0,36		<0,0001	***	0,70	-30%
	2023	0,07		0,1253	ns	1,08	+8%
	2024	0,16		0,0009	***	1,18	+18%

Significativité : *** ($p \leq 0,001$) ; ** ($p \leq 0,01$) ; * ($p \leq 0,05$) ; ns ($p > 0,05$)

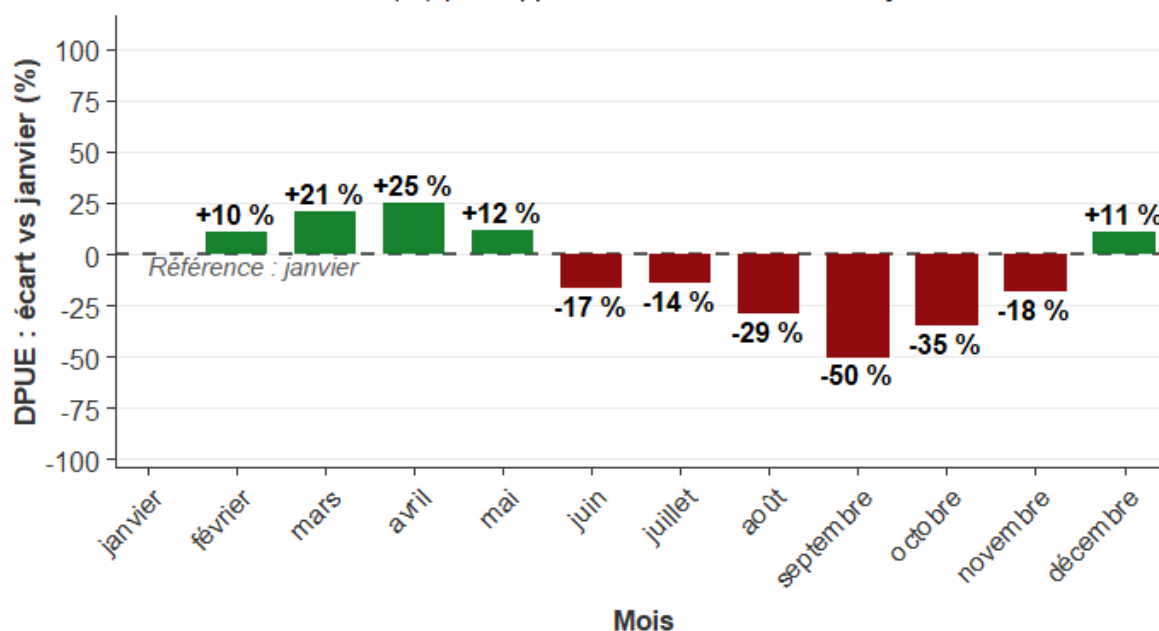


Résultats de l'effet fixe « Mois » sur la variable réponse							
<i>log(DPUE) ~ Année + Mois + Zonage_port + (1 Bateau), family = gaussian</i>							
Effet fixe	Modalité	Coefficient estimé log(DPUE)	Erreur standard	p-value	Significativité	Exponentielle du coefficient	Variation vs janvier
Mois	Janvier	-	-	-	-	-	-
	Février	0,09	0,03	0,0013	**	1,10	+10%
	Mars	0,19		<0,0001	***	1,21	+21%
	Avril	0,22		<0,0001	***	1,25	+25%
	Mai	0,11		0,0008	***	1,12	+12%
	Juin	-0,18		<0,0001	***	0,83	-17%
	Juillet	-0,16	0,04	<0,0001	***	0,86	-14%
	Août	-0,35		<0,0001	***	0,71	-29%
	Septembre	-0,70		<0,0001	***	0,50	-50%
	Octobre	-0,43		<0,0001	***	0,65	-35%
	Novembre	-0,20	0,03	<0,0001	***	0,82	-18%
	Décembre	0,10		0,0010	***	1,11	+11%

Significativité : *** ($p \leq 0,001$) ; ** ($p \leq 0,01$) ; * ($p \leq 0,05$) ; ns ($p > 0,05$)

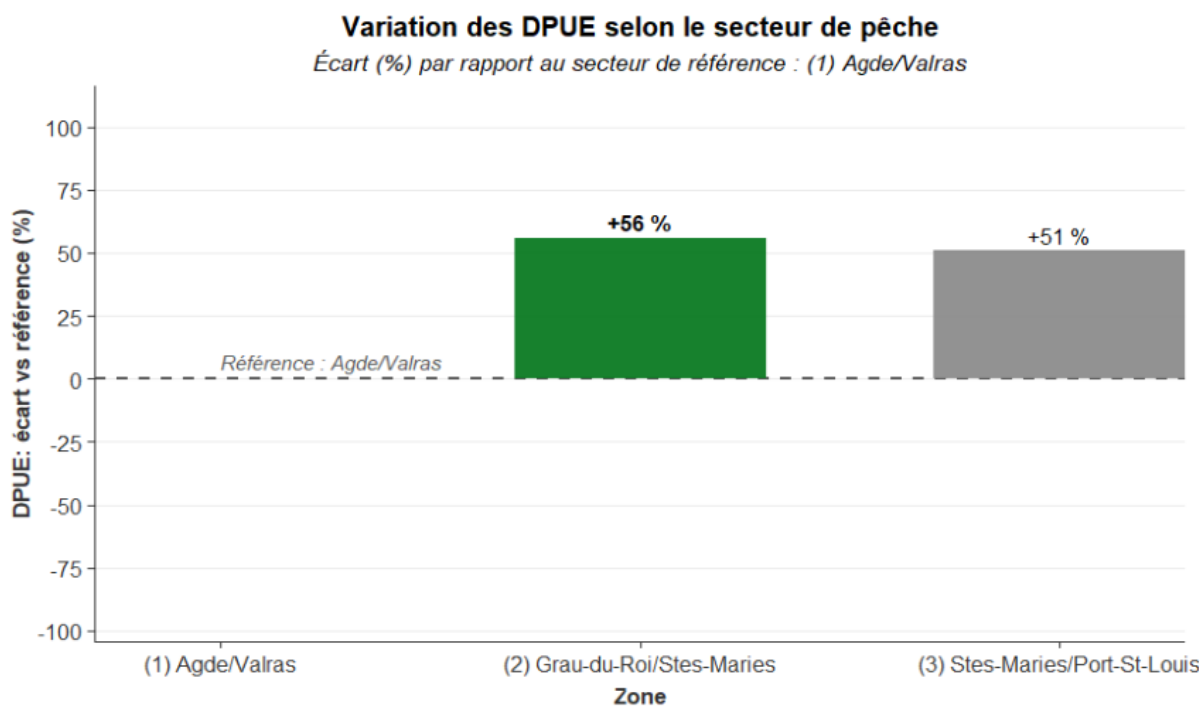
Variation mensuelle des DPUE

Écart (%) par rapport au mois de référence : janvier

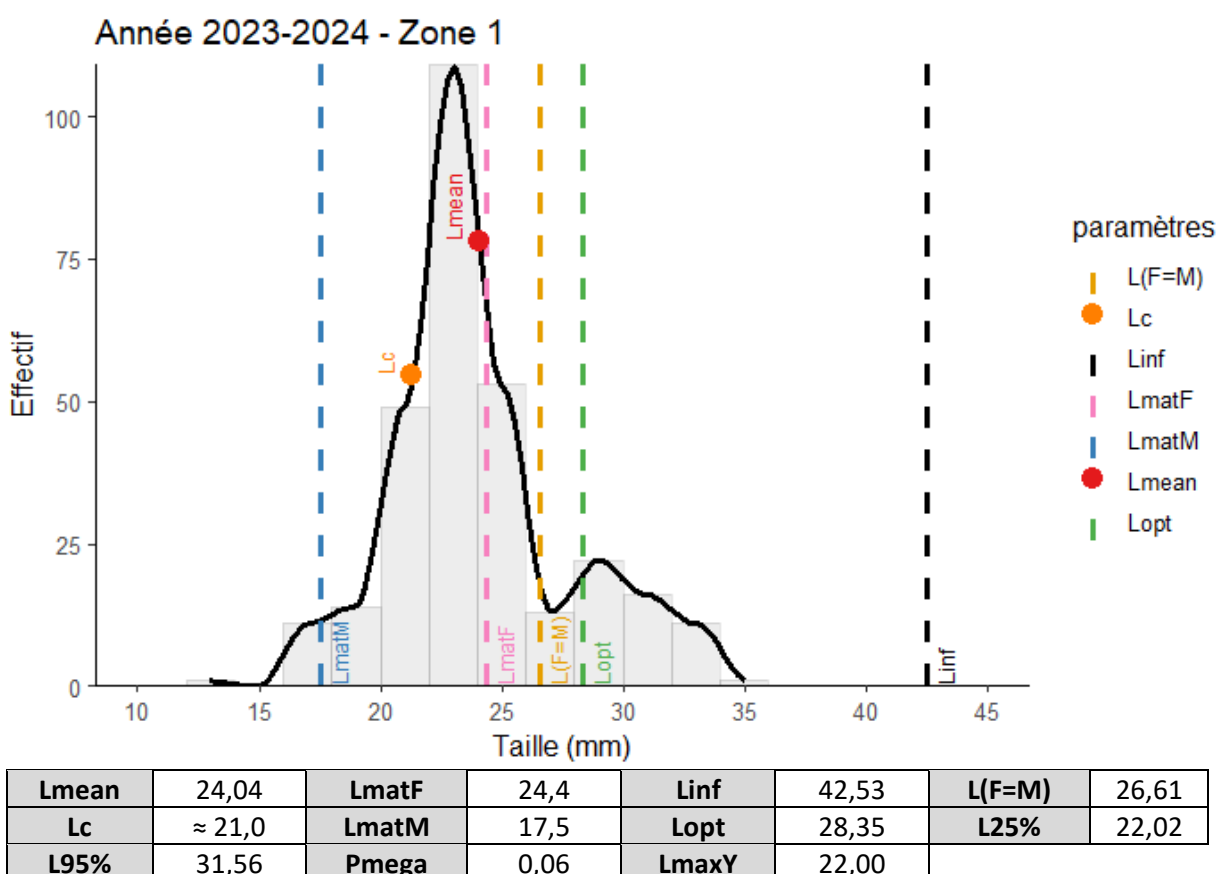
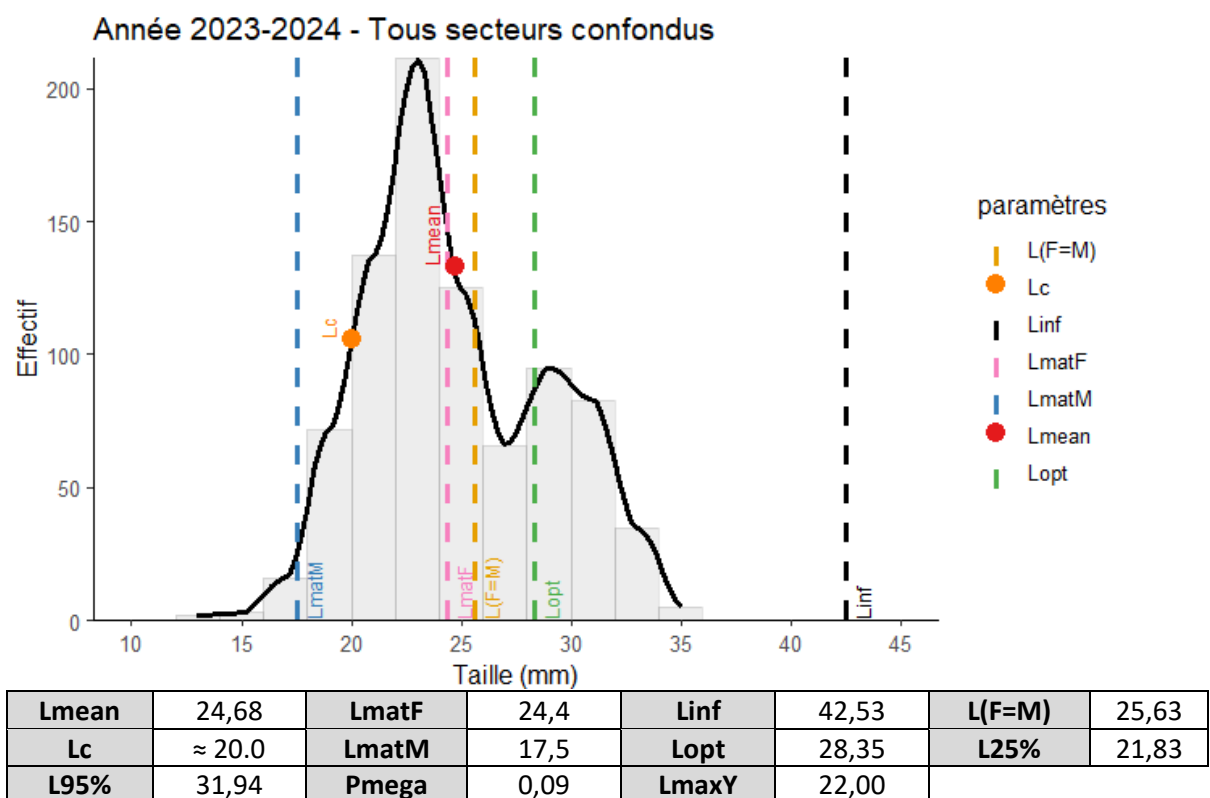


Résultats de l'effet fixe « Zonage_port » sur la variable réponse <i>log(DPUE) ~ Année + Mois + Zonage_port + (1 Bateau), family = gaussian</i>							
Effet fixe	Modalité	Coefficient estimé log(DPUE)	Erreur standard	p-value	Significativité	Exponentielle du coefficient	Variation vs secteur (1)
Zonage_port	(1) Agde / Valras	-	-	-	-	-	-
	(2) Grau-du-Roi / Stes-Maries	0,44	0,16	0,0060	**	1,56	+56%
	(3) Stes-Maries / Port-St-Louis	0,41	0,21	0,0556	ns	1,51	+51%

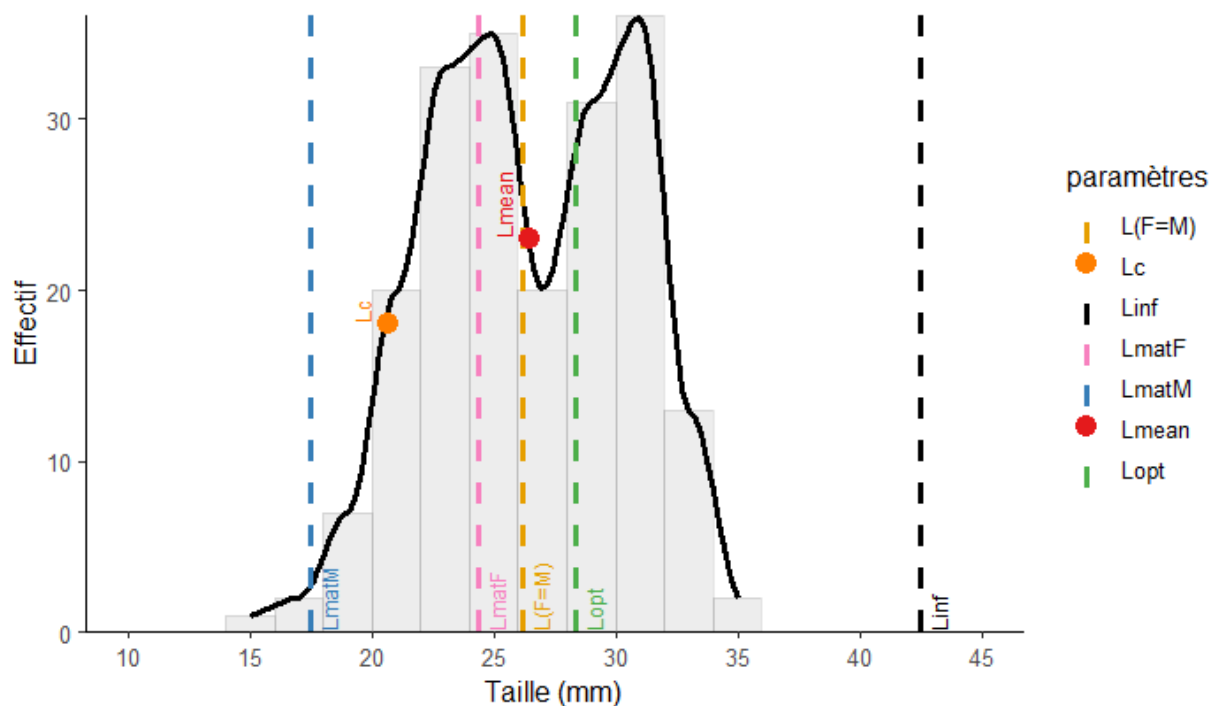
Significativité : *** ($p \leq 0,001$) ; ** ($p \leq 0,01$) ; * ($p \leq 0,05$) ; ns ($p > 0,05$)



Annexe XII. Méthode LBI, structures en tailles (bin size = 2) et valeurs des paramètres associés, campagnes 2023-2024 et 2024-2025

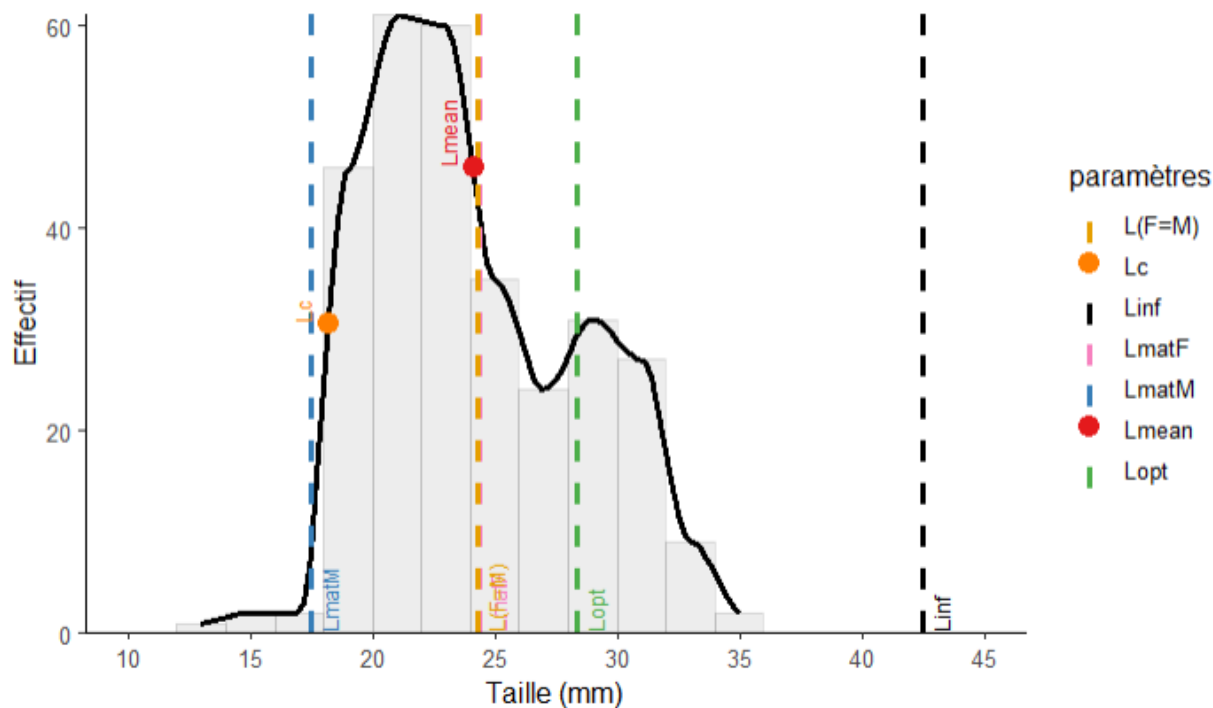


Année 2023-2024 - Zone 2



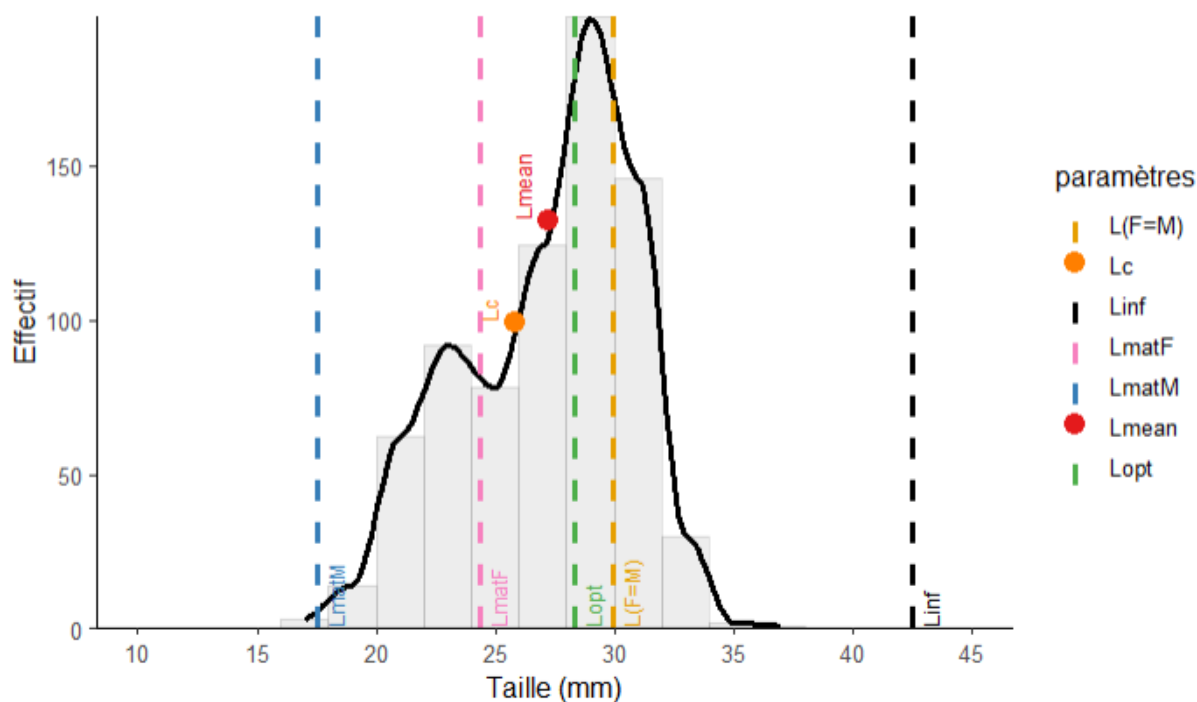
Lmean	26,44	LmatF	24,4	Linf	42,53	L(F=M)	26,16
Lc	≈ 21,0	LmatM	17,5	Lopt	28,35	L25%	23,46
L95%	32,46	Pmega	0,15	LmaxY	30,00		

Année 2023-2024 - Zone 3



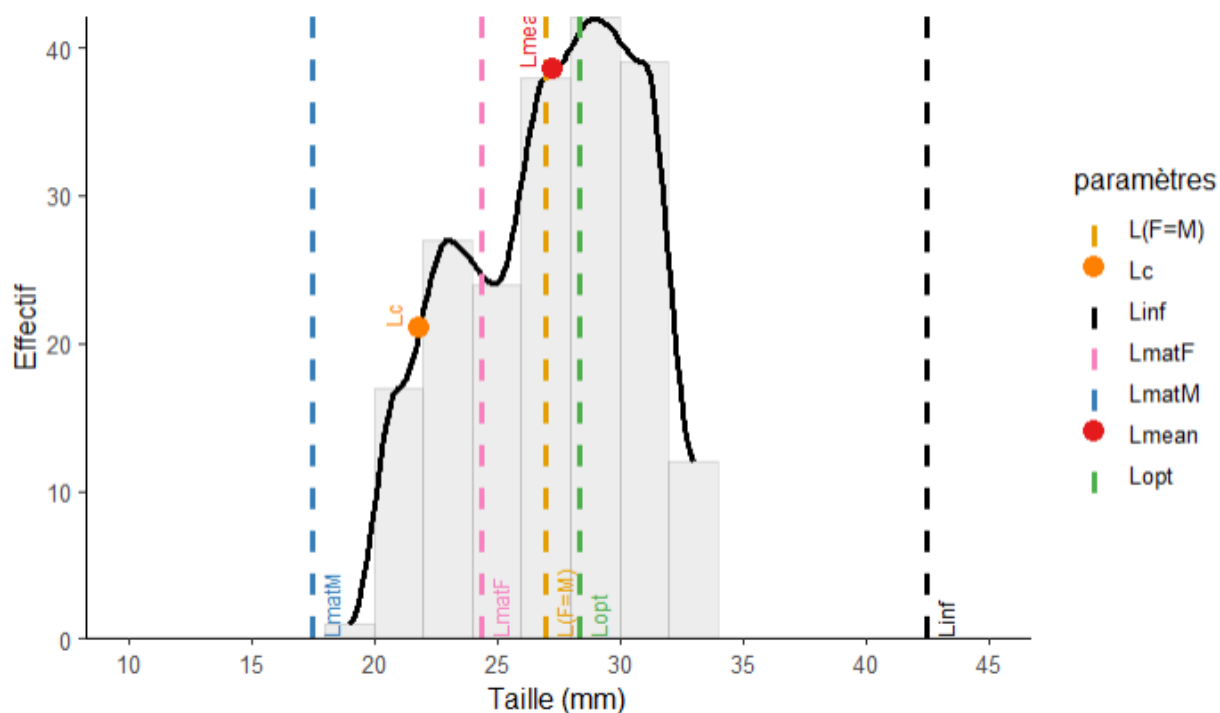
Lmean	24,16	LmatF	24,4	Linf	42,53	L(F=M)	24,28
Lc	≈ 18,0	LmatM	17,5	Lopt	28,35	L25%	20,72
L95%	31,52	Pmega	0,07	LmaxY	28,00		

Année 2024-2025 - Tous secteurs confondus



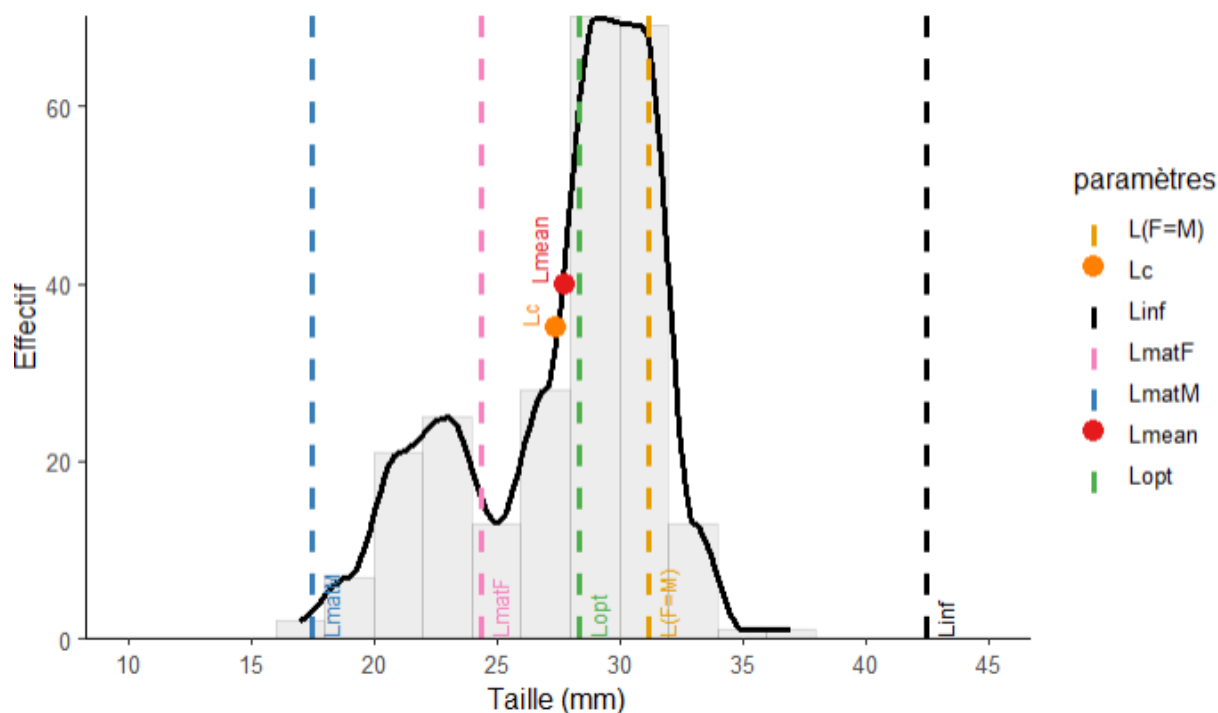
Lmean	27,22	LmatF	24,4	Linf	42,53	L(F=M)	29,98
Lc	≈ 25,5	LmatM	17,5	Lopt	28,35	L25%	24,48
L95%	31,94	Pmega	0,10	LmaxY	28,00		

Année 2024-2025 - Zone 1



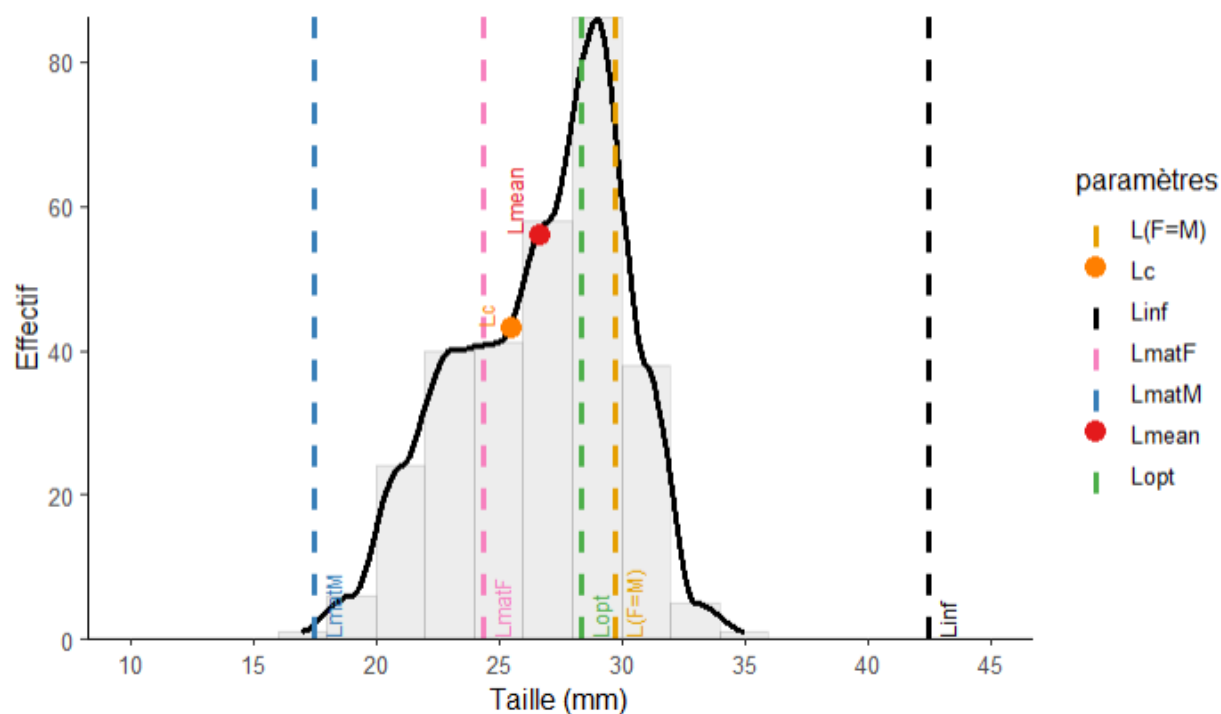
Lmean	27,31	LmatF	24,4	Linf	42,53	L(F=M)	26,98
Lc	≈ 22,0	LmatM	17,5	Lopt	28,35	L25%	24,34
L95%	32,10	Pmega	0,14	LmaxY	28,00		

Année 2024-2025 - Zone 2



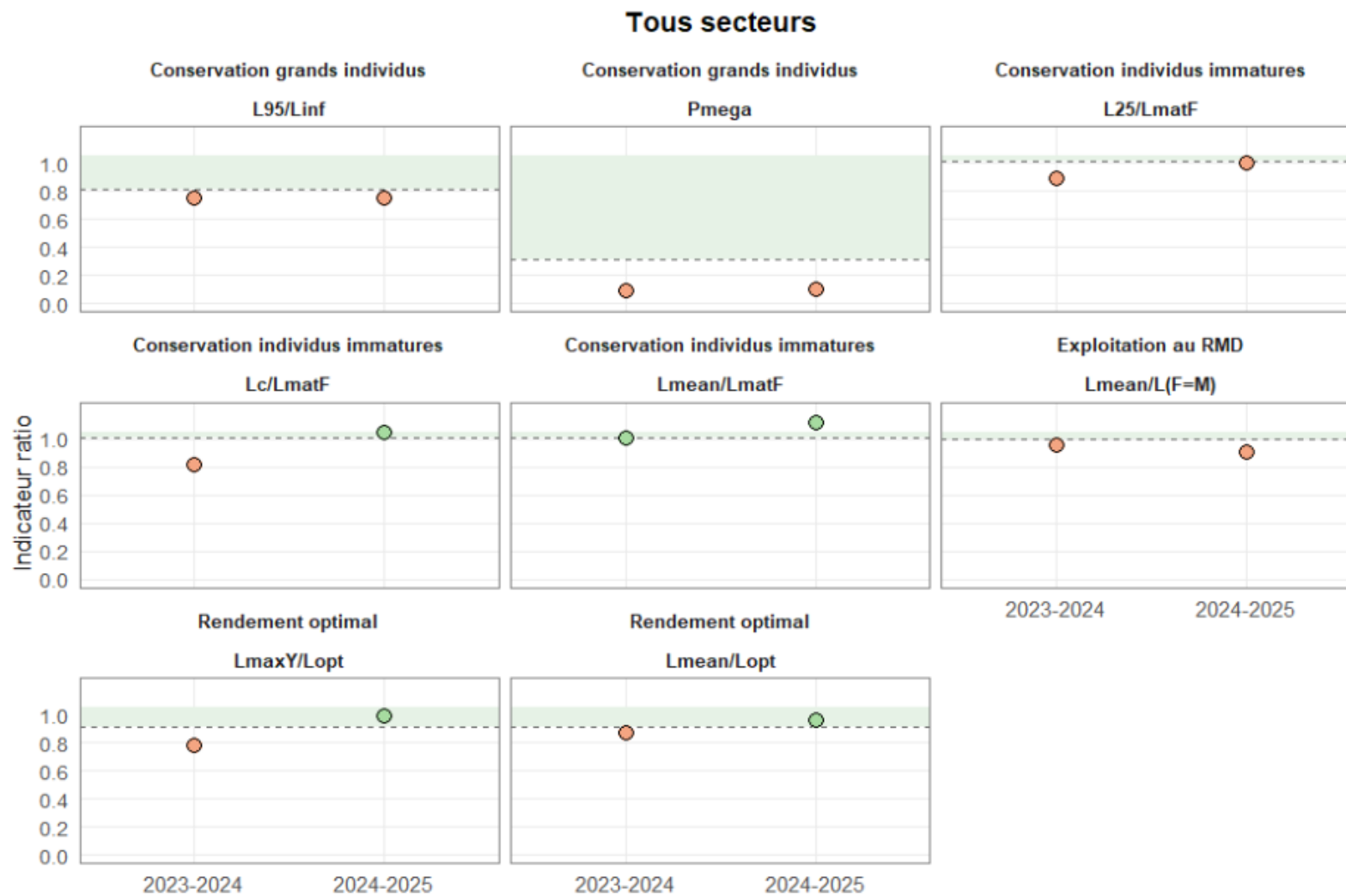
Lmean	27,76	LmatF	24,4	Linf	42,53	L(F=M)	31,18
Lc	≈ 27,5	LmatM	17,5	Lopt	28,35	L25%	25,36
L95%	32,13	Pmega	0,14	LmaxY	30,00		

Année 2024-2025 - Zone 3

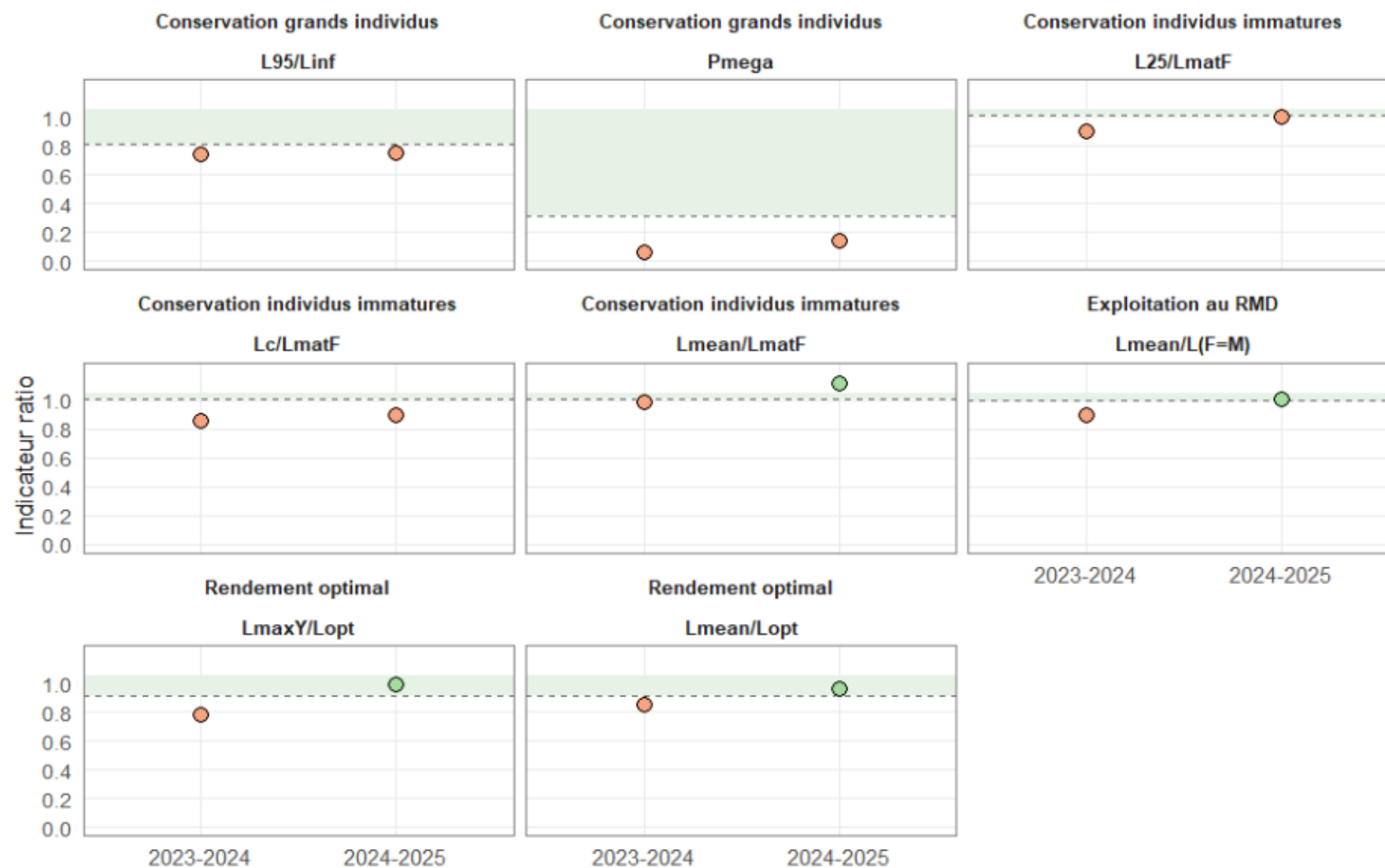


Lmean	26,70	LmatF	24,4	Linf	42,53	L(F=M)	29,76
Lc	≈ 25,5	LmatM	17,5	Lopt	28,35	L25%	24,07
L95%	30,79	Pmega	0,04	LmaxY	28,00		

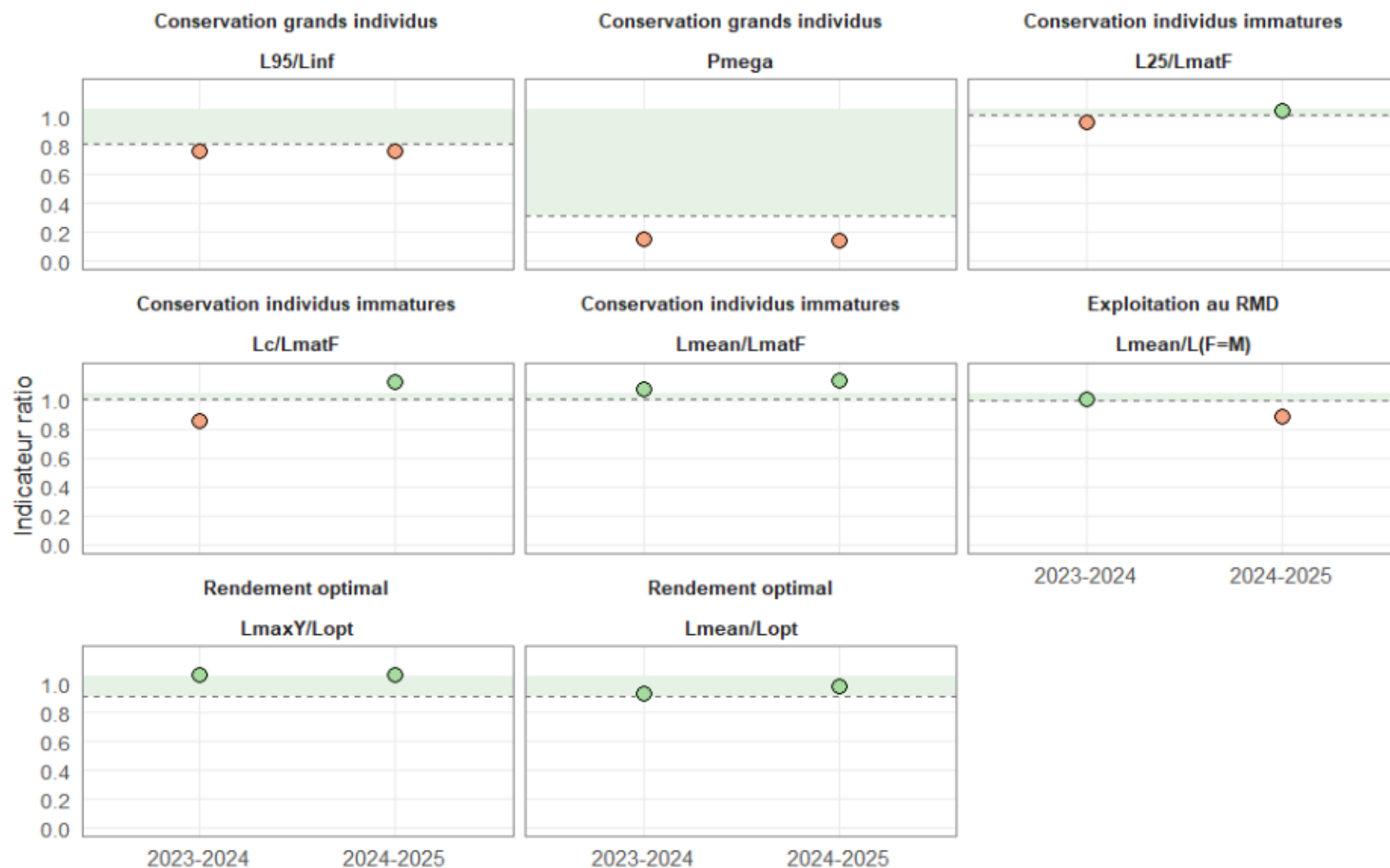
Annexe XIII. Méthode LBI, séries temporelles des « indicateurs ratio » avec distinction des secteurs de pêche, code couleur : rouge = valeur inférieure au seuil de durabilité, vert = valeur supérieure ou égale au seuil de durabilité



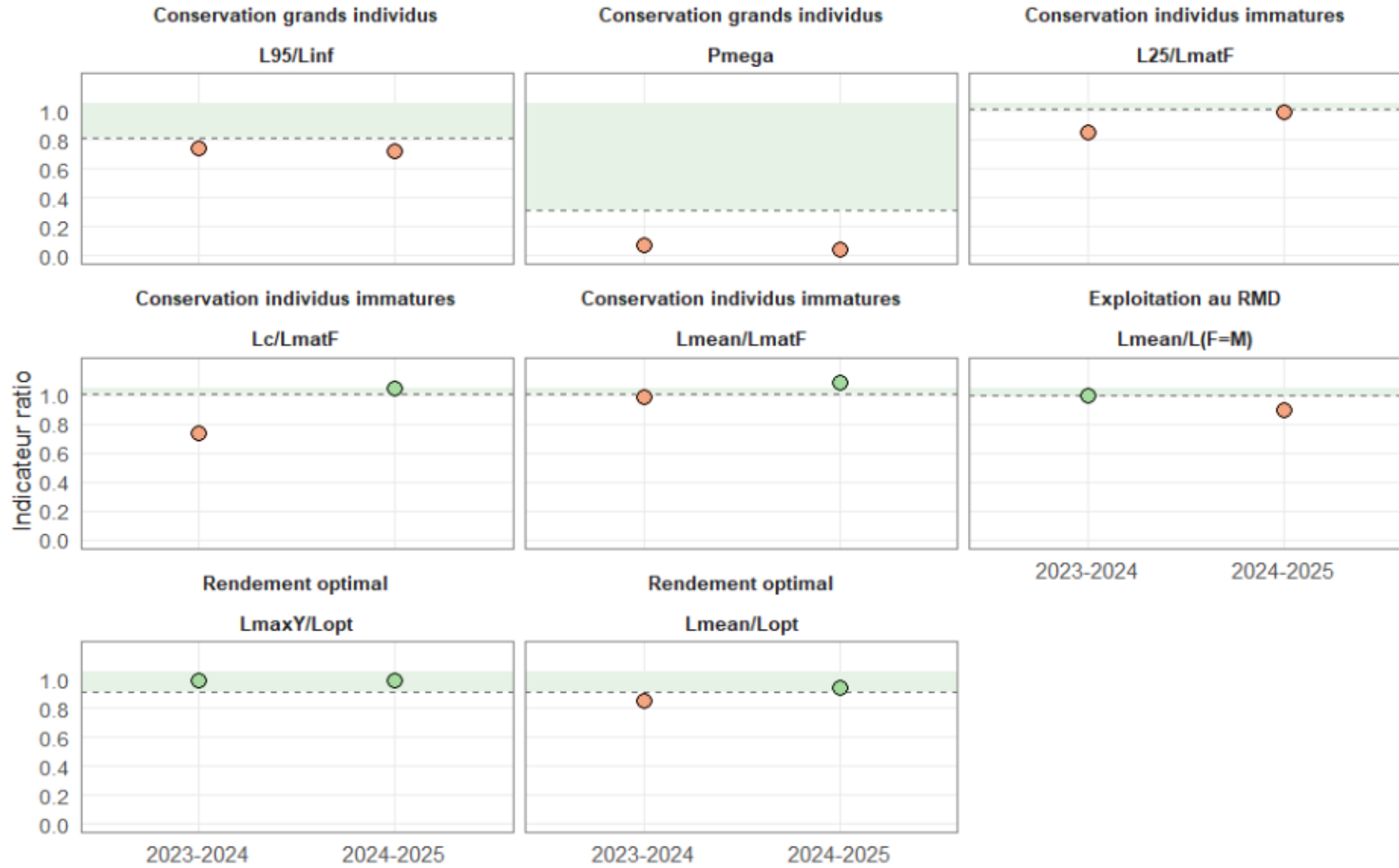
Secteur (1) Agde/Valras



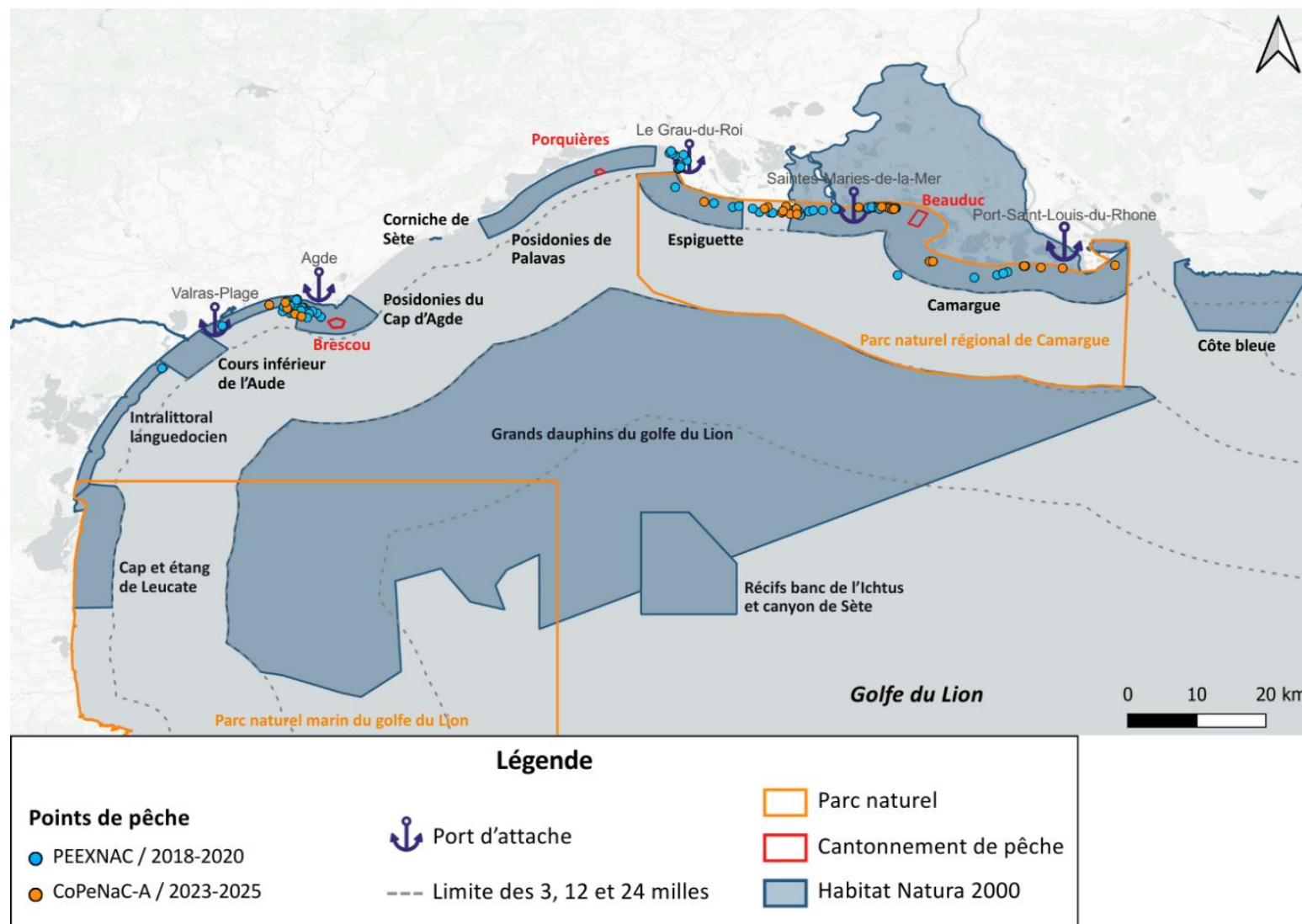
Secteur (2) Grau-du-Roi/Stes-Maries



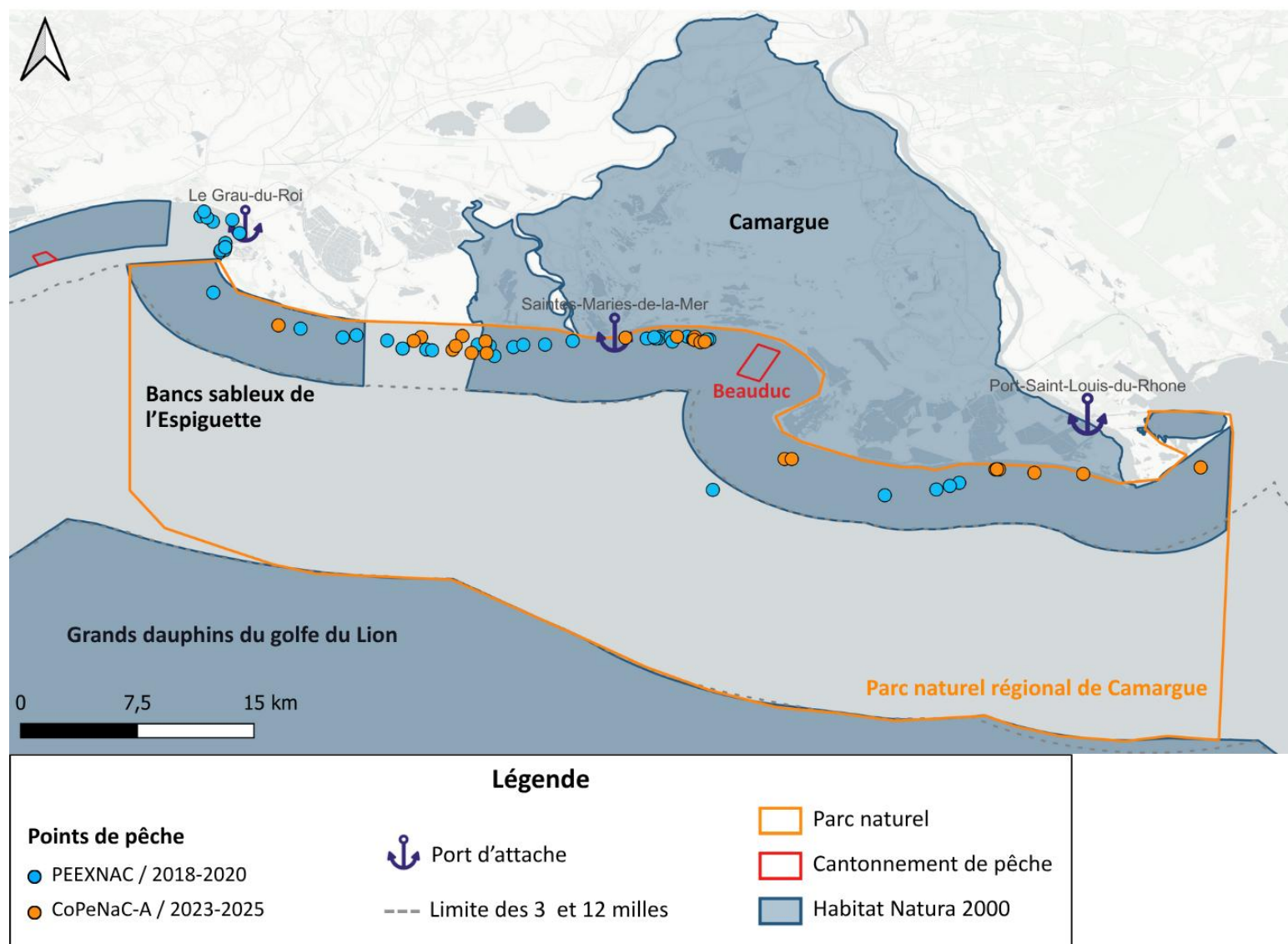
Secteur (3) Stes-Maries/Port-St-Louis



Annexe XIV. Localisation des points de pêche des protocoles PEEXNAC et CoPeNaC-A croisés avec les zones de protection des habitats marins



Annexe XV. Interactions pêche/habitats, zoom sur le Parc Naturel Régional de Camargue



Annexe XVI. Interactions pêche/habitats, les bancs sableux de l’Espiguette, zoom sur la zone de l’habitat « Reef envasé », PNR de Camargue

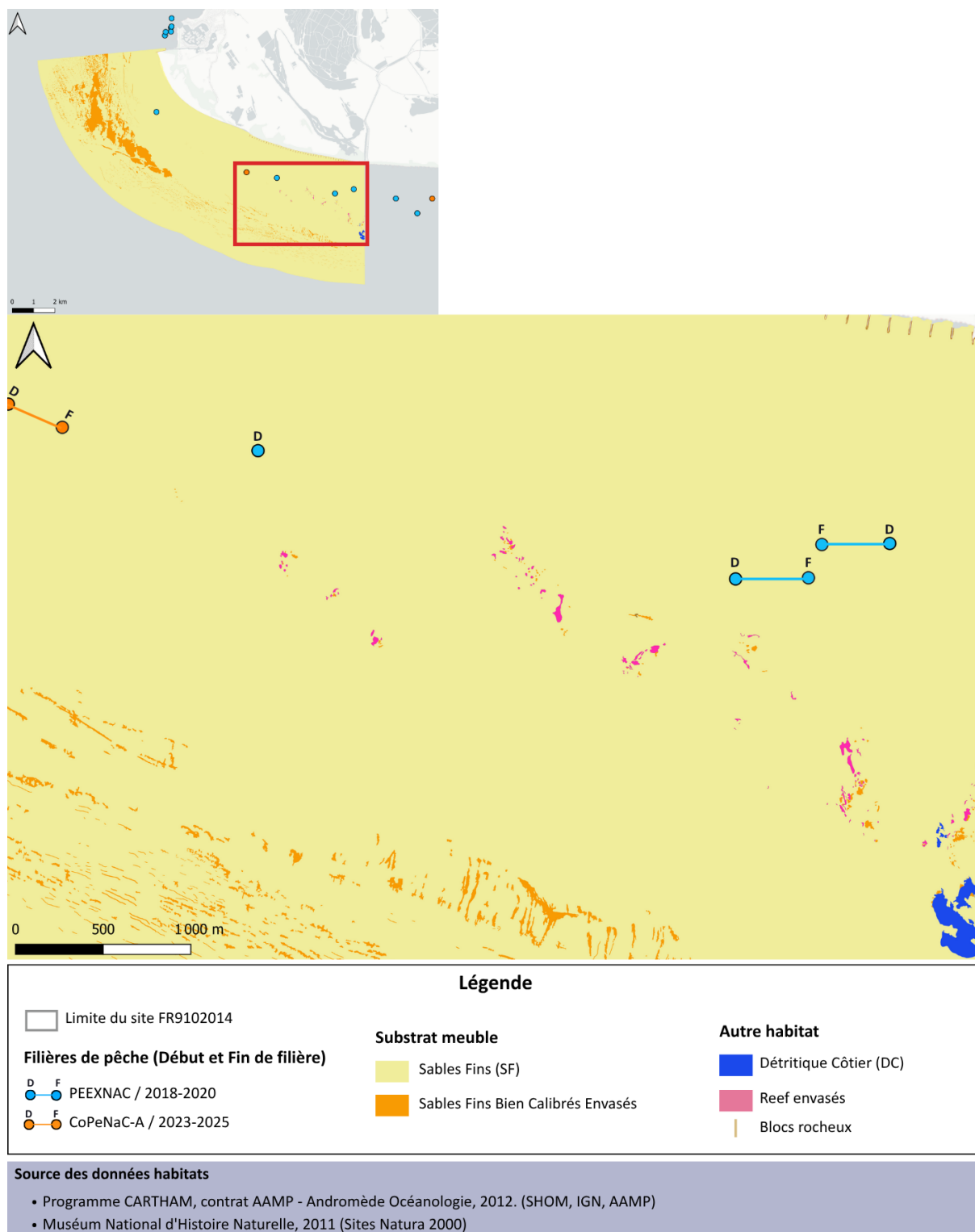


Table de contingence : Bateau_anonyme * Année

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
bateau_1	23	16	38	0	0	0	5	11	0	9
bateau_12	0	0	0	0	0	6	34	8	30	33
bateau_13	0	0	0	0	0	0	27	79	0	0
bateau_20	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
bateau_21	0	0	0	0	0	1	0	0	13	0
bateau_22	0	0	0	0	25	0	0	0	0	84
bateau_23	0	0	0	0	0	0	0	49	90	58
bateau_24	0	0	0	0	0	0	0	0	11	94
bateau_25	0	0	0	0	0	27	66	48	36	62
bateau_26	7	20	52	13	37	10	0	0	0	0
bateau_27	0	0	0	0	64	127	101	39	26	4
bateau_28	7	16	29	0	0	0	0	0	0	0
bateau_29	0	11	21	0	0	0	0	0	0	0
bateau_3	47	118	80	66	67	38	40	30	36	38
bateau_30	59	85	28	0	0	0	0	0	0	0
bateau_31	0	0	0	16	57	63	39	21	56	21
bateau_32	0	0	0	0	43	120	155	78	128	119
bateau_34	0	0	0	0	0	0	43	39	35	0
bateau_35	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0
bateau_36	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bateau_39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
bateau_4	0	9	144	109	149	167	144	105	83	69
bateau_40	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bateau_41	0	2	0	0	0	0	0	0	8	0
bateau_44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
bateau_45	0	0	0	0	0	0	0	48	46	49
bateau_46	65	22	1	0	0	0	105	113	142	0
bateau_47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
bateau_49	0	0	0	6	83	82	68	71	40	52
bateau_5	0	14	29	14	0	0	0	0	0	0
bateau_50	0	0	0	0	45	0	47	40	28	0
bateau_51	0	0	0	0	0	0	14	40	49	43
bateau_52	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
bateau_54	0	0	0	0	0	0	0	0	6	63
bateau_55	0	0	0	0	0	0	0	16	67	34
bateau_56	0	28	114	84	101	91	60	0	0	0
bateau_58	49	27	0	0	12	0	0	0	0	0
bateau_59	0	0	0	0	0	0	0	19	112	56
bateau_60	23	89	23	0	17	67	151	134	153	161
bateau_62	0	0	0	0	12	75	89	89	153	105
bateau_66	0	0	0	6	39	19	26	20	35	41
bateau_67	89	62	10	4	0	0	0	0	0	0
bateau_68	0	0	0	0	0	0	21	51	57	18
bateau_70	0	0	0	0	0	0	0	0	19	38
bateau_71	0	0	0	20	4	0	0	0	0	0
bateau_75	33	27	132	107	88	71	107	71	59	74
bateau_77	0	0	0	0	0	4	24	0	0	0
bateau_78	0	14	175	150	164	140	109	20	0	0
bateau_8	19	10	20	23	16	0	0	8	2	0
bateau_9	0	8	35	5	5	19	27	19	27	28

Résumé

	Diplôme : Ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers Spécialité : Ingénieur agronome Spécialisation / option : Sciences halieutiques et aquacoles / Écologie halieutique Enseignant référent : Etienne RIVOT	
Auteur(s) : Lucie CHAUVEL		Organisme d'accueil : OP du Sud
Date de naissance* : 16/04/2000		Adresse : Criée du Grau d'Agde, Quai commandant Meric, 34300 Agde
Nb pages : 35	Annexe(s) : 17	
Année de soutenance : 2025		Maître de stage : Carmen BATTEZ
Titre français : Accompagnement de la pêche de <i>Tritia mutabilis</i> dans le golfe du Lion vers une gestion durable par l'étude des indicateurs d'état du stock et de l'impact environnemental		
Titre anglais : Supporting the <i>Tritia mutabilis</i> fishery in the Gulf of Lion towards sustainable management through the study of stock status indicators and environmental impact		
Résumé		
Depuis 2011, la pêche de <i>Tritia mutabilis</i>, ou nasse changeante, s'est fortement développée dans le golfe du Lion. Cette dynamique s'accompagne d'une dépendance économique croissante des petits métiers envers cette espèce, alors que les connaissances disponibles sur cette pêche restent limitées. Dans ce contexte, l'étude CoPeNaC, portée par l'OP du Sud, vise à produire des premiers indicateurs d'état du stock dans un contexte à données limitées, et à analyser les impacts environnementaux de cette pêche. Concernant l'état du stock, l'analyse des DPUE (Débarquements Par Unité d'Effort) standardisés suggère une abondance relative stable de <i>Tritia mutabilis</i> sur la période 2015-2024. En parallèle, les indicateurs basés sur la taille (LBI) mettent en évidence une faible conservation des grands individus, en dessous des seuils de durabilité. Les indicateurs liés à la conservation des juvéniles et à l'exploitation au RMD ne présentent pas de tendance nette et sont à surveiller. L'exploitation au rendement optimal semble globalement atteinte. Ces résultats, à interpréter avec prudence compte tenu des limites et incertitudes, soulignent l'importance d'un suivi renforcé des indicateurs pour mieux caractériser l'état du stock. Sur le plan environnemental, l'étude souligne la forte sélectivité de l'engin pour l'espèce ciblée, l'absence d'espèces accessoires sensibles, la diversité des appâts utilisés limitant la pression sur un stock unique, ainsi qu'une activité concentrée sur des habitats meubles peu sensibles. Enfin, des recommandations de gestion ont été formulées en concertation avec les professionnels. Ce travail fournit ainsi à l'OP du Sud des premiers outils de suivi et d'aide à la décision pour accompagner la pêche vers une gestion durable.		
Abstract		
Since 2011, the <i>Tritia mutabilis</i> fishery, also known as the mutable nassa, has grown significantly in the Gulf of Lion. This dynamic is accompanied by a growing economic dependence of small-scale fisheries on this species, while the available knowledge on this fishery remains limited. In this context, the CoPeNaC study, led by the OP du Sud, aims to produce initial stock status indicators in a data-limited context and to analyze the environmental impacts of this fishery. Regarding stock status, the analysis of standardized LPUE (Landings Per Unit of Effort) suggests a stable relative abundance of <i>Tritia mutabilis</i> over the period 2015-2024. In parallel, length-based indicators (LBI) highlight a poor conservation of large individuals, below sustainability thresholds. Indicators related to the conservation of juveniles and to exploitation at the MSY level show no clear trend and need to be monitored. Exploitation at the optimal yield level appears to be generally achieved. These results, to be interpreted with caution given the limitations and uncertainties, underline the importance of strengthening the monitoring of indicators to better characterize stock status. From an environmental perspective, the study highlights the high selectivity of the gear for the target species, the absence of sensitive bycatch species, the diversity of baits used which limits pressure on a single stock, and an activity concentrated on soft-bottom habitats considered to be of low sensitivity. Finally, management recommendations were formulated in consultation with professionals. This work thus provides the OP du Sud with initial monitoring and decision-support tools to accompany the fishery towards sustainable management.		
Mots-clés : <i>Tritia mutabilis</i> ; CoPeNaC ; Golfe du Lion ; stock à données limitées ; indicateurs d'état de stock ; impact environnemental ; gestion durable		
Key Words : <i>Tritia mutabilis</i> ; CoPeNaC ; Gulf of Lion ; data-limited stock ; stock status indicators ; environmental impact ; sustainable management		

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires