

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 (GPAE)	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)
--	--

Projet LIFE Espèces Marines Mobiles
Évaluation de l'efficacité des hameçons circulaires en tant que dispositifs de réduction des captures accidentelles de la pêche "Thon rouge de ligne – Pêche artisanale" dans le golfe du Lion (Méditerranée nord-occidentale)

Par : Manon TRUFFAUT



Soutenu à Rennes le 10/09/2025

Devant le jury composé de :

Président : Didier GASCUEL
 Maître de stage : Bertrand WENDLING
 Enseignant référent : Didier GASCUEL

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

Pablo BROSSET, Enseignant- chercheur L'institut Agro Rennes-Angers
 Sonia MEHAULT, Ifremer, Jury extérieur

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 «Patrimoine-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⁾ : 27/08/2025
(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⁾ **Manon TRUFFAUT**

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 : 27/08/2025

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

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

☒ Oui ☐ Non

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

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☒ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(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

Avant-propos :

Utilisation d'une Intelligence Artificielle générative (IAg) pour la rédaction du mémoire

Des outils d'intelligence artificielle générative ont-ils été utilisés ?

☐ Non ☒ Oui

Si oui, préciser pour quels usages :

- Appui technique dans l'écriture et la vérification de scripts sous R lors de l'exploration des données et de leur analyse statistique
- Aide à la correction linguistique et syntaxique lors de la rédaction du mémoire

Manon Truffaut

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier tous les pêcheurs professionnels que j'ai pu rencontrer au cours de mon stage, lors des entretiens ou des embarquements, qui m'ont accordé de leur temps, souvent avec bienveillance et passion et sans qui cette étude n'aurait pas été possible.

Je remercie tout particulièrement Renaud et son équipage qui m'ont accueillie à bord pendant tout de même plus d'une centaine d'heures ! Merci d'avoir rendu ces moments toujours agréables et remplis de rires et de bonne humeur malgré des conditions de mer parfois compliquées et des pêches pas toujours fructueuses.

Je remercie évidemment mon maître de stage et directeur de la SATHOAN, Bertrand Wendling pour sa réactivité sans limites et ses conseils pertinents, et surtout pour la confiance et l'autonomie qu'il m'a accordée dans la mise en place et le déroulé des expérimentations.

Un très grand merci à Nolwenn Cosnard, chargée de mission à la SATHOAN qui m'a accompagnée et aidée tout au long de ces 6 mois, pour sa bienveillance et sa disponibilité en toutes circonstances !

Merci à Christine et Cécile d'avoir rendu la vie au bureau toujours agréable. Merci à Pierrot pour les viennoiseries et les cafés du matin qui rendent la vie à Sète encore plus ensoleillée qu'elle ne l'est déjà. Merci à Roxane, stagiaire sur le projet PROTECT-MED avec qui l'entraide et la bonne humeur étaient toujours de mise.

Je remercie également Tristan Rouyer de l'Ifremer de Sète pour son appui indispensable dans le traitement des données expérimentales, pour sa gentillesse, et la passion qu'il transmet au travers de ses explications. Merci également à Olivier Derridj de l'Ifremer pour son accompagnement au début des embarquements et pour son appui technique indispensable.

Merci à toute l'équipe du projet LIFE EMM, que j'ai eu l'occasion de rencontrer au cours d'un séminaire à Rochefort et lors de la formation Obsmer à Brest. De superbes rencontres et des échanges toujours enrichissants !

Je remercie mon tuteur de stage, Didier Gascuel, pour ses conseils avisés au cours de mon stage mais aussi plus généralement pour ses qualités pédagogiques et la passion qu'il a su nous transmettre au cours de ces quatre années de formation.

Enfin, merci aux amis, nouveaux comme anciens, merci à Nini, JM et Martin ; et merci Sète pour ton accueil et ton bon vivre.

Sommaire

I. INTRODUCTION	1
I.1. CONTEXTE HALIEUTIQUE : LA PECHERIE PALANGRIERE “THON ROUGE DE LIGNE - PECHE ARTISANALE” DE LA SATHOAN	2
I.2. CONTEXTE TECHNIQUE : LES HAMEÇONS CIRCULAIRES	4
I.3. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS	5
II. MATERIEL ET METHODES	6
II.1. EXPERIMENTATION SCIENTIFIQUE EN MER	6
II.1.1. <i>Protocole</i>	6
a) Matériel utilisé	6
b) Protocole expérimental	6
c) Opérations de pêche réalisées	7
II.1.2. <i>Description des variables utilisées</i>	9
II.1.3. <i>Analyses statistiques</i>	10
a) Composition spécifique de la capture	10
b) Capture ou taux de capture	10
c) État de la capture	12
d) Zone d’hameçonnage	12
e) Taille des individus	12
II.2. ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS AUPRES DES PROFESSIONNELS	13
II.2.1. <i>Objectifs</i>	13
II.2.2. <i>Guide d’entretien</i>	13
II.2.3. <i>Plan d’échantillonnage des enquêtes</i>	13
II.2.4. <i>Analyse des données</i>	15
III. RESULTATS	16
III.1. RESULTATS STATISTIQUES DE L’EXPERIMENTATION EN MER	16
III.1.1. <i>Composition de la capture</i>	16
III.1.2. <i>Taux de capture</i>	17
a) Observation des captures à l’échelle de l’opération de pêche	18
b) Observation des captures à l’échelle du panier	19
III.1.3. <i>État de la capture</i>	20
III.1.4. <i>Zone d’hameçonnage</i>	21
III.1.5. <i>Taille des individus</i>	22

III.2. PRATIQUES ET PERCEPTIONS DES PROFESSIONNELS	23
III.2.1. Utilisation et perceptions des hameçons circulaires et droits dans la pêche.....	23
a) Utilisation des hameçons droits et circulaires	23
b) Approvisionnement en hameçons	23
c) Perceptions et raisons d'utilisation des hameçons droits et circulaires.....	24
III.2.2. Rapport des professionnels à la durabilité de leurs pratiques et aux captures accessoires	26
III.2.3. Motivations et freins à la mise en place de pratiques durables.....	27
IV. DISCUSSION	29
IV.1. ANALYSE COMPAREE DES HAMEÇONS DROITS ET CIRCULAIRES	29
IV.1.2. Thon rouge (<i>Thunnus thynnus</i>)	29
IV.1.3. Requin peau bleue (<i>Prionace glauca</i>)	30
IV.1.4. Raie pastenague violette (<i>Pteroplatytrygon violacea</i>)	30
IV.1.5. Autres espèces	31
IV.1.6. Facteurs transversaux	31
IV.2. MISE EN PERSPECTIVE AVEC LES PERCEPTIONS DES PROFESSIONNELS	32
IV.3. LIMITES ET PERSPECTIVES	33
CONCLUSION.....	34
BIBLIOGRAPHIE	36
ANNEXES.....	40

Liste des abréviations

AEP : Autorisation Européenne de Pêche

ARP : Analyse Risque Pêche

BEE : Bon État Écologique (notion centrale de la DCSMM)

CPUE : Captures Par Unité d'Effort (Catch Per Unit Effort)

DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

DSF : Document Stratégique de Façade

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

GLM : Modèle Linéaire Généralisé (Generalized Linear Model)

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

ICCAT : International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (CICTA en français, Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique)

OFB : Office Français de la Biodiversité

OP : Dans ce rapport, Opération de Pêche (mais désigne souvent une Organisation de Producteurs)

Pêcherie TRL : Pêcherie « Thon Rouge de Ligne – Pêche artisanale »,

SATHOAN : Organisation de producteurs basée à Sète (originellement pour SARDINE THON ANCHOIS, et aujourd'hui Société Coopérative Maritime des Pêcheurs de Sète Môle)

TAC : Totaux Admissibles de Captures (Total Allowable Catch)

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ZPF : Zone de Protection Forte

Codes FAO utilisés dans ce rapport :

BFT : Thon rouge (*Thunnus thynnus*)

BSH : Requin peau bleue (*Prionace glauca*)

CDI : Puffin de Scopoli (*Calonectris diomedea*)

HKE : Merlu européen (*Merluccius merluccius*)

MAC : Maquereau commun (*Scomber scombrus*)

MOX : Poisson-lune (*Mola mola*)

MSP : Marlin de la Méditerranée (*Tetrapturus belone*)

PLS : Raie pastenague violette (*Pteroplatytrygon violacea*)

SWO : Espadon de Méditerranée (*Xiphias gladius*)

Glossaire

Avançon : Bas de ligne comprenant l'hameçon agrafé sur la ligne mère de la palangre lors du filage, qui peut être en nylon, en fluorocarbène ou en acier.

Basket ou « panier » : Portion de la ligne mère située entre deux bouées sur une palangre, comportant un même nombre d'hameçons.

ECHOSEA® : Application smartphone mise en place par la SATHOAN permettant notamment aux pêcheurs professionnels d'enregistrer leurs observations et leurs captures d'espèces non ciblées.

Escher : Désigne l'action de fixer un appât sur l'hameçon.

Filage : Action de mise à l'eau de la palangre.

Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

Ikejime : Méthode japonaise d'abattage qui consiste à planter une pointe dans le cervelet du poisson (qui commande les nerfs) pour neutraliser le système nerveux, sans que le cœur ne s'arrête de pomper le sang. Cela minimise le stress et la souffrance de l'animal, permet de vider le poisson de son sang et d'améliorer la qualité et la conservation de la chair.

Marée : Période de trajet du navire depuis le port d'attache jusqu'à la zone de pêche, l'action de pêche sur zone et le trajet retour jusqu'au port.

Obsmer : Dispositif mis en place par l'IFREMER d'observation des captures en mer des navires de pêche professionnelle, avec pour objectif de mieux connaître les interactions entre l'activité de pêche, les ressources et les écosystèmes marins.

Opération de pêche : Correspond à la mise à l'eau de l'engin de pêche (ici la palangre). Il est possible d'effectuer plusieurs OP par marée, une OP englobe le filage et le virage d'une palangre.

OPQUOTA : Plateforme de gestion et de suivi en ligne des quotas de pêche en Méditerranée pour les adhérents à la SATHOAN.

Palangre : Engin de pêche dormant composé d'une ligne mère, sur laquelle sont fixés à intervalles réguliers des hameçons. Elle peut être de fond (lestée) ou pélagique. Dans le cadre de la pêche TRL, des palangres pélagiques dérivantes maintenues proches de la surface par des flotteurs sont utilisées.

Virage : Action de relevage de la palangre.

Liste des figures

Figure 1. Carte des zones d'activité de pêche des navires de la flottille TRL en 2024	3
Figure 2. Captures cibles et accidentelles (en nombre d'individus) de la pêcherie TRL en 2024 d'après les données OPQUOTA et ECHOSEA 2024.	3
Figure 3. Hameçons utilisés lors de l'expérimentation en mer : (gauche) hameçon droit en « J » et (droite) hameçon circulaire en « C ».....	6
Figure 4. Schéma du montage de la palangre expérimentale	7
Figure 5. Localisation des opérations de pêche (palangres) conduites dans le cadre de l'expérimentation hameçon dans le golfe du Lion entre mars et mai 2025.....	8
Figure 6. Types de pêche pratiqués par les navires enquêtés.....	14
Figure 7. Répartition (%) et nombre de captures réalisées par espèce et par type d'hameçon.....	16
Figure 8. Comparaison des CPUE des hameçons J et C pour les espèces principales	19
Figure 9. Comparaison des effets du type d'hameçon sur la capturabilité relative des espèces principales	20
Figure 10. État à la remontée des thons rouges capturés selon le type d'hameçon	20
Figure 11. Zone d'hameçonnage selon le type d'hameçon pour les espèces principales.....	21
Figure 12. Distribution des fréquences de tailles des thons rouges et des raies pastenagues violettes capturés selon le type d'hameçon	22
Figure 13. Proportion des navires utilisant chaque type d'hameçon (gauche) et proportion d'utilisation de chaque type d'hameçon (droite)	23
Figure 14. Définitions de la durabilité : critères choisis par les professionnels (%)	26

Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques générales des opérations de pêche lors de l'expérimentation hameçon ..	8
Tableau 2. Description des variables mobilisées pour l'étude	9
Tableau 3. Taux d'échantillonnage des navires enquêtés.....	14
Tableau 4. Répartition des captures par espèce selon le type d'hameçon, et résultats des tests exacts de Fisher	17
Tableau 5. CPUE comparées des hameçons C et J.....	18
Tableau 6. Statistiques descriptives des tailles moyennes des captures selon le type d'hameçon.....	22
Tableau 7. Types de fournisseurs utilisés pour l'approvisionnement en hameçon des pêcheurs enquêtés.....	24
Tableau 8. Analyse thématique des entretiens : arguments avancés en faveur des hameçons C et J.	25

Tableau 9. Analyse thématique des entretiens : motivations et freins à mettre en œuvre des pratiques plus durables	28
---	----

Liste des annexes

ANNEXE I. PHOTOGRAPHIE DES CAPTEURS DE TEMPÉRATURE ET DE PROFONDEUR STAR ODDI	40
ANNEXE II. FICHE MARÉE A REMPLIR PAR L'OBSERVATEUR EMBARQUÉ.....	41
ANNEXE III. PLAN DE LIGNE À REMPLIR PAR L'OBSERVATEUR EMBARQUÉ	42
ANNEXE IV. LISTE DES CHAMPS RENSEIGNÉS DANS LA BASE DE DONNÉES LORS DE CHAQUE MARÉE	43
ANNEXE V. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DES ANALYSES STATISTIQUES RÉALISÉES POUR LA COMPARAISON DE DIFFÉRENTS TYPES D'HAMEÇONS	44
ANNEXE VI. ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNÉES DE L'EXPÉRIMENTATION	46
ANNEXE VII. OBSERVATION DE LA VARIABLE TEMPS DE TREMPAGE	48
ANNEXE VIII. GUIDE D'ENTRETIEN	49
ANNEXE IX. ANALYSE STATISTIQUE DU TAUX DE CAPTURE EN FONCTION DU TYPE D'HAMEÇON	51
ANNEXE X. RESULTATS DES GLMS SUR LA CPUE PAR OP ET PAR ESPECE.....	52
ANNEXE XI. RÉSULTATS DES GLMS COMPLETS PAR OP ET PAR ESPÈCE : EFFET D'AUTRES VARIABLES SUR LA CPUE.....	53
ANNEXE XII. RÉSULTATS DES GLMMS SIMPLES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES OR AU NIVEAU DU BASKET.....	55
ANNEXE XIII. RÉSULTATS DES GLMMS AU NIVEAU DU BASKET SELECTIONNÉS PAR AIC : EFFET D'AUTRES VARIABLES SUR LA PROBABILITE DE CAPTURE	56
ANNEXE XIV. TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ÉTAT DES CAPTURES PAR ESPÈCE ET PAR TYPE D'HAMEÇON	57
ANNEXE XV. DISTRIBUTION DES TAILLES DES POISSONS-LUNES ET DES REQUINS PEAU BLEUE	58
ANNEXE XVI. CODAGE THÉMATIQUE DES ENTRETIENS : PERCEPTION DES CAPTURES ACCESSOIRES..	59
ANNEXE XVII. CODAGE THÉMATIQUE DES ENTRETIENS : PERCEPTIONS DE LA DURABILITÉ	61
ANNEXE XVIII. ANALYSE DE PUISSANCE STATISTIQUE POUR LA DÉTECTION DE L'EFFET DES HAMEÇONS C SUR LES TAUX DE CAPTURE DU THON ROUGE (BFT), DES RAIES PASTENAGUES VIOLETES (PLS) ET DES REQUINS PEAU BLEUE (BSH)	63
ANNEXE XIX. PHOTOGRAPHIE DES DIFFÉRENTS HAMEÇONS UTILISÉS DANS LA PÊCHERIE (NON EXHAUSTIF).....	64
ANNEXE XX. CARTE DES AIRES MARINES PROTÉGÉES DANS LE GOLFE DU LION	65

Préambule

Le Projet LIFE Espèces Marines Mobiles

Le projet LIFE Espèces Marines Mobiles (LIFE EMM), lancé en 2024 et porté par l'Office Français de la Biodiversité (OFB), est un programme national d'envergure de conservation des espèces marines sensibles sur les trois façades maritimes françaises. Financé par l'Union européenne et par le ministère de la Transition écologique, le LIFE EMM mobilise un budget de 21,8 millions d'euros et associe une dizaine de partenaires à la fois scientifiques, institutionnels et professionnels dont l'Ifremer, la LPO, plusieurs parcs naturels marins et l'organisation de producteurs SATHOAN.

Ce projet vise à réduire la mortalité de 23 espèces marines protégées d'ici 2030 au travers de trois grands objectifs sur les trois façades maritimes françaises :

1. La restauration des habitats fonctionnels des oiseaux marins
2. La réduction des dérangements des espèces et des mortalités induites
- 3. La réduction des mortalités liées aux engins de pêche**

Ce dernier volet repose sur l'expérimentation et l'évaluation de dispositifs de limitation des captures accidentelles, sur la lutte contre la pêche fantôme et sur le retrait d'engins perdus. L'approche adoptée se distingue par son ancrage territorial, avec des actions mises en œuvre à l'échelle locale (OFB 2022). Dans ce cadre, la SATHOAN est bénéficiaire du projet LIFE EMM sur la façade méditerranéenne au travers de sa pêcherie palangrière au thon rouge « Thon rouge de ligne – pêche artisanale ». Plusieurs dispositifs de réduction des captures accidentelles ont été sélectionnés pour être expérimentés, parmi lesquels les hameçons circulaires qui font l'objet de la présente étude.

Ce travail s'inscrit donc dans une dynamique nationale (et européenne) de préservation des espèces marines dites sensibles, tout en contribuant à évaluer l'efficacité et l'acceptabilité de mesures de mitigation concrètes au sein d'une pêcherie emblématique de Méditerranée, celle du thon rouge.

I. Introduction

Les écosystèmes marins sous aujourd'hui soumis à de nombreuses pressions, qui impactent durablement les ressources halieutiques et les populations qui en dépendent. La méditerranée est une des zones les plus concernée avec près de 65 % de ses stocks exploités de manière non durable d'après le dernier rapport de la FAO sur l'état des ressources halieutiques mondiales (Sharma et al. 2025).

Parmi les problématiques majeures figure celle des captures accidentelles (*bycatch*), qui concernent des individus non ciblés : poissons, oiseaux, mammifères marins ou tortues, et qui incluent souvent des espèces menacées ou protégées (FAO 2022; Lewison et al. 2014). À l'échelle mondiale, la pêche palangrière visant les thonidés et les espadons, est parmi les plus concernées par ces captures accessoires. Une méta-analyse globale a montré que la pêche à la palangre (de surface ou de fond) présente les ratios les plus élevés de captures accidentelles de requins, comparativement aux autres techniques de pêche (Oliver et al. 2015), alors même que la majorité des élasmobranches méditerranéens sont classés menacés sur la Liste Rouge de l'UICN (Dulvy et al. 2014). En Méditerranée, cette problématique se traduit notamment par des captures accidentelles de requin peau bleue (*Prionace glauca*, Linnaeus 1758), de tortues marines, principalement de tortues caouannes et d'oiseaux marins, en particulier les puffins qui subissent une mortalité non négligeable liée aux palangres de surface (Camiñas et al. 2006; Casale 2011; Carpentieri et al. 2021).

À différentes échelles, des mesures règlementaires se mettent donc en place pour faire face à ces pressions. La loi européenne sur la restauration de la nature, promulguée en 2024 vise à restaurer d'ici 2030 au moins 20% des écosystèmes marins endommagés dans l'UE et d'ici 2050, l'ensemble d'entre eux (Union européenne 2024). Ces objectifs ambitieux se traduisent par la définition d'un « Bon État Écologique » (BEE) à atteindre, défini par la Directive-cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM, Directive 2008/56/CE) (France 2019), décliné en France dans les Documents Stratégiques de façade (DSF). À l'échelle de la méditerranée, le DSF fixe des objectifs de réduction des pressions liées à la pêche (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires 2022). De plus, les activités de pêche professionnelles au niveau des zones Natura2000 sont aujourd'hui soumises aux Analyses Risque Pêche (ARP), qui permettent l'évaluation et la hiérarchisation des risques liés aux interactions pêche-biodiversité. Ces ARP doivent permettre d'identifier les habitats et les espèces sensibles et déboucher d'ici 2027 à la mise en place de mesures contraignantes dont potentiellement la désignation de Zones de Protection Forte (ZPF) (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires 2024; UICN Comité français 2022).

Face à ces enjeux, le renforcement des programmes d'observateurs embarqués et de collecte de données apparaît indispensable pour mieux évaluer ces impacts et accompagner les efforts de conservation (Carpentieri et al. 2021). En parallèle, différentes mesures de mitigation ont été testées à travers le monde, parmi lesquelles on trouve des dispositifs de dissuasion pour les oiseaux, la modification des engins de pêche ou l'utilisation d'hameçons circulaires (Gilman, Murua, Chaloupka 2024). C'est dans ce contexte réglementaire assez dense que s'inscrivent les projets PROTECT-MED et LIFE EMM, menés actuellement par la SATHOAN, en testant des dispositifs de réduction des captures accidentelles pour limiter l'impact de la pêcherie thonière sur les espèces sensibles. La présente étude est donc focalisée sur le test des hameçons circulaires dans la pêcherie à l'hameçon ciblant le thon rouge (*Thunnus thynnus*, Linnaeus 1758) dans le golfe du Lion.

I.1. Contexte halieutique : la pêche palangrière “Thon Rouge de Ligne - Pêche artisanale” de la SATHOAN

Le thon rouge : biologie, histoire et statut de conservation

La pêche étudiée cible le thon rouge à l'hameçon dans le golfe du Lion, à la fois la palangre et à la canne.

Le thon rouge de l'Atlantique et de Méditerranée est un grand migrateur, présent dans tout l'Atlantique Nord et utilisant la Méditerranée comme principale zone de reproduction (Fromentin, Lopuszanski 2014). Sa biologie, caractérisée par une croissance rapide, une longévité importante et une maturité tardive, en fait une espèce à forte valeur commerciale mais particulièrement vulnérable et sujette à la surpêche comme en témoigne son histoire (ICCAT 2023).

En effet, à partir des années 1980, l'essor du marché japonais du sashimi a entraîné une intensification rapide de l'effort de pêche, plaçant le stock dans une situation de surexploitation critique au début des années 2000 (Fromentin, Powers 2005). Pour tenter de sauver le stock, en 2007 l'ICCAT a mis en place un plan de reconstitution, incluant une réduction drastique du TAC (Totaux Admissibles de Captures), des contrôles accrus et une obligation d'autorisation européenne de pêche (AEP) pour cibler l'espèce (ICCAT 2019). Ces mesures ont conduit à une reconstitution progressive du stock, confirmée par les évaluations scientifiques, si bien qu'en 2018, l'ICCAT est passé d'un plan de reconstitution à un plan de gestion. En 2022, une nouvelle étape est franchie : l'ICCAT adopte une règle de contrôle des captures (HCR, Harvest Control Rule), permettant de fixer les TAC de manière automatique à partir d'une évaluation des stratégies de gestion (MSE, Management Strategy Evaluation) (ICCAT 2022a). Aujourd'hui, le stock n'est donc plus considéré en surexploitation et les captures sont encadrées par un TAC en augmentation progressive, fixé à 40 570 t en 2025 pour l'ensemble de l'Atlantique Est et de la Méditerranée (ICCAT 2024), dont 6 312,5 t pour les navires français opérant en Méditerranée (France 2025).

La flotte « Thon Rouge de Ligne – Pêche artisanale » en Méditerranée française

En Méditerranée française, 149 navires palangriers et canneurs disposent d'une AEP leur permettant de cibler le thon rouge. Parmi eux, 67 sont adhérents à l'Organisation de Producteurs SATHOAN, qui gère 75 % du quota attribué aux petits métiers méditerranéens (soit 555,3 t en 2025) (France 2025). Cette flotte se concentre principalement son activité dans le golfe du Lion, mais ses activités s'étendent à l'ensemble de la façade méditerranéenne française (Fig. 1) et autour des îles Baléares à certaines périodes de l'année (non représentées sur la figure 1). Cette pêche artisanale, caractérisée par des navires de moins de 18 mètres, souvent polyvalents, est ancrée dans un contexte socio-économique littoral où la pêche façonne l'identité et de l'histoire du territoire (Guyader et al. 2013; Fromentin, Powers 2005; SATHOAN 2025a).

À ce jour, 63 navires de la pêche sont habilités à la marque collective « Thon Rouge de Ligne – Pêche artisanale » (TRL) créée par la SATHOAN en collaboration avec l'association VALPEM en 2013. Cette marque permet aujourd'hui de valoriser les pratiques durables de ses adhérents et de différencier cette pêche des flottilles industrielles au travers d'une double éco-labellisation [MSC](#) et [Pêche Durable](#), impliquant des audits réguliers et le respect d'un [cahier des charges](#) strict (Thon Rouge de ligne 2025). Depuis la création de la marque, la SATHOAN est régulièrement investie dans de nombreux projets associant scientifiques et pêcheurs professionnels pour améliorer la durabilité et la sélectivité de la pêche TRL. On peut notamment citer les projets SELPAL (sur l'effort de pêche palangrier), REPAST (sur les raies pastenagues), POBLEU (sur les captures accidentelles), RAYVIVAL (sur

la survie des raies pastenagues violettes). Une autre étape majeure a été la création de l'outil [ECHOSEA©](#), permettant un suivi des captures accidentelles au sein de la pêcherie. Son utilisation conditionne également le maintien de l'éco-certification (SATHOAN 2025b). Ces initiatives s'inscrivent dans une logique proactive d'anticipation des enjeux de conservation.

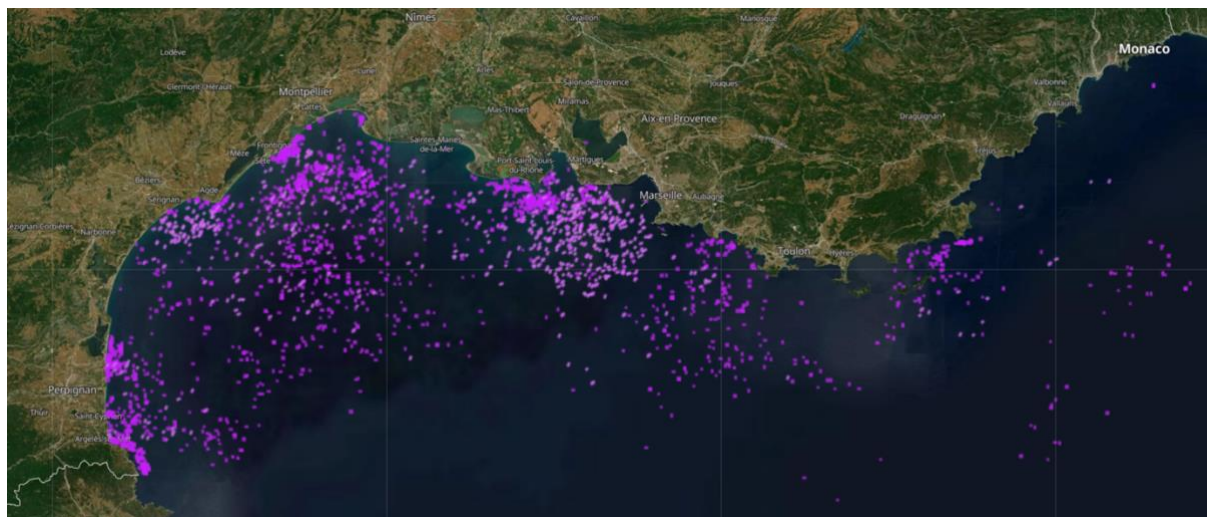


Figure 1. Carte des zones d'activité de pêche des navires de la flottille TRL en 2024. Carte réalisée grâce au logiciel HALIOP© de la SATHOAN. Chaque point coloré correspond à une déclaration de capture de thon rouge sur la saison de pêche 2024 par un navire de la pêcherie.

Défis persistants : captures accidentelles et sélectivité

Malgré ces avancées vers plus de durabilité, la pêcherie reste confrontée à des défis persistants en termes de sélectivité et de captures accidentelles. D'après les données OPQUOTA et ECHOSEA© de 2024, le thon rouge représentait 84 % des captures en poids (et près de 50 % en nombre), l'espadon environ 4 %, tandis que près de la moitié des individus capturés correspond à des espèces accessoires (Fig. 2). Les plus préoccupantes incluent le requin peau bleue *Prionace glauca* (10 % des captures en nombre), la raie pastenague violette *Pteroplatytrygon violacea* (36 %), ainsi que le poisson-lune *Mola mola* (2 %) et certains oiseaux marins, notamment le puffin de Scopoli et le puffin des Baléares, ce dernier étant classé « En danger critique » par l'UICN (Genovart et al. 2016).

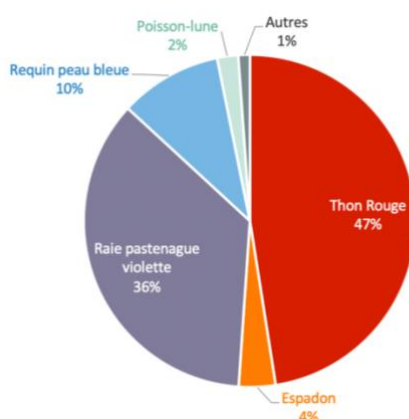


Figure 2. Captures cibles et accidentelles (en nombre d'individus) de la pêcherie TRL en 2024 d'après les données OPQUOTA et ECHOSEA 2024. Les données Echosea en 2024 couvrent 73% de l'effort de pêche (73% des marées ont donné lieu à une déclaration Echosea). Le nombre de captures accidentelles totale est donc obtenu par extrapolation au nombre de marées total.

Le requin peau bleue, également en danger critique d'extinction en Méditerranée sur la liste rouge de l'UICN (Sims et al. 2016), utilise notamment le golfe du Lion comme zone de reproduction et de nurserie, ce qui rend ses populations particulièrement vulnérables aux captures accidentelles (Aires-da-Silva, Gallucci 2007). De même, la raie pastenague violette, espèce pélagique encore mal connue, présente des traits biologiques qui la rendent sensible à l'exploitation (gestation courte mais portées réduites), étant l'une des principales espèces accessoires de la palangre au thon rouge (Poisson, Ellis, McCully Phillips 2024).

Bien que la majorité de ces espèces soient relâchées vivantes et en bonne condition, suivant les « bonnes pratiques » du [cahier des charges TRL](#) — lequel interdit volontairement le débarquement des requins peau bleue pourtant encore autorisés à la vente — plusieurs travaux montrent que la capture, même suivie d'une remise à l'eau, peut induire blessures, stress ou mortalité différée (Ellis, McCully Phillips, Poisson 2017; FAO 2022).

L'amélioration de la sélectivité est donc un enjeu majeur, à la fois écologique et socio-économique, qui s'inscrit dans un contexte réglementaire plus large. En effet dans le golfe du Lion, une multitude d'aires marines protégées se superposent, dont plusieurs sites Natura2000 (ANNEXE XX. où les activités de pêche professionnelles sont aujourd'hui soumises aux ARP. En parallèle, la pêcherie TRL doit mettre en œuvre des actions concrètes sur ces sujets pour répondre aux exigences de la certification MSC, telles que définies dans son Plan d'amélioration (Sieben, Gascoigne, Clers 2020).

I.2. Contexte technique : les hameçons circulaires

Les hameçons circulaires cités précédemment, dits « circle » ou en « C », sont déjà majoritairement utilisés dans la pêcherie palangrière à l'échelle mondiale mais les hameçons droits dits « J » sont historiquement plus répandus en méditerranée. Une minorité de pêcheurs emploie également des hameçons japonais ou des « tuna hooks », plus étroits et épais. L'hameçon C se distingue de l'hameçon J par sa forme caractéristique : la pointe recourbée vers l'intérieur et perpendiculaire à la hampe. Cette morphologie particulière permet à l'hameçon lorsqu'il est avalé, de glisser le long des tissus mous, pivoter et venir généralement se fixer dans la commissure de la bouche plutôt que dans l'œsophage ou l'estomac, contrairement aux hameçons droits (Cooke, Suski 2004; Kerstetter, Graves 2006).

Cette caractéristique technique est à la base de l'intérêt des hameçons C en tant que dispositif de réduction des captures accidentelles. De nombreuses études menées en Atlantique, Pacifique ou Méditerranée montrent que leur utilisation réduit la fréquence des hameçonnages internes et la mortalité immédiate à la remontée de la palangre, améliorant ainsi la probabilité de survie post-relâche des espèces accessoires, notamment les tortues marines, de certains requins et de raies (Pacheco et al. 2011; Piovano, Swimmer, Giacoma 2009; Gilman et al. 2015; Carbonara et al. 2023). Dans le cas du requin peau bleue qui nous intéresse spécifiquement, plusieurs travaux montrent que les hameçons C augmentent la proportion d'individus hameçonnés à la bouche et réduisent le stress et les blessures graves (Afonso et al. 2012; Campana et al. 2016). Pour la raie pastenague violette, des études indiquent que l'usage d'hameçons C, plus larges que les J, peut diminuer significativement sa capture (Piovano, Clò, Giacoma 2010).

Les effets positifs potentiels s'étendent aussi aux espèces cibles car la réduction des hameçonnages internes, conduisant à un plus grand taux de survie à la remontée des thonidés, contribue à une meilleure qualité de la chair, en réduisant les blessures et le stress, ce qui peut améliorer la valeur marchande des captures (Ward et al. 2009; Reinhardt et al. 2017). Ainsi, ce type

d'hameçon apparaît comme un compromis intéressant pour concilier durabilité écologique et performance économique. Toutefois, les résultats restent variables selon les contextes et certaines études observent qu'une augmentation de la capture de thonidés avec les hameçons C s'accompagne souvent d'une augmentation des captures de requins pélagiques (Reinhardt et al. 2017; Gilman et al. 2015; Yokota, Kiyota, Minami 2006), mettant en évidence l'importance d'autres facteurs tels que le type d'appât, la profondeur de pêche ou le matériau du bas de ligne (Watson et al. 2005; Afonso et al. 2012).

Ces constats ont mené à l'échelle internationale, à des recommandations en faveur de l'adoption des hameçons C. La FAO et l'ICCAT (Rec. 22-12) encouragent explicitement leur usage pour réduire la mortalité des tortues marines. Aux États-Unis, la NOAA a même rendu leur utilisation obligatoire dans certaines flottilles palangrières ciblant les thonidés et l'espadon en 2004 (FAO 2011; ICCAT 2022b; National Marine Fisheries Service (NOAA) 2004).

Dans le contexte méditerranéen, où la pression sur les espèces sensibles demeure forte, les données sur l'efficacité des hameçons C restent encore limitées, notamment en Méditerranée française. Seules quelques études de petite ampleur, comme celle de Cambié et al. (2012) en Italie, se sont intéressées à leur impact. La présente étude vise donc à mieux évaluer la pertinence de ce dispositif dans le contexte spécifique de la pêche TRL.

I.3. Problématique et objectifs

La présente étude se focalisera sur l'évaluation de l'efficacité et l'acceptabilité des hameçons circulaires en tant que dispositif de réduction de la capture et de la mortalité des espèces accessoires de la pêche palangrière ciblant le thon rouge dans le golfe du Lion. La question centrale de ce mémoire est :

Les hameçons circulaires permettent-ils de réduire la mortalité des espèces accessoires sans compromettre la capture d'espèces ciblées comparativement aux hameçons droits, et dans quelles mesures les pêcheurs de la pêche « Thon rouge de ligne – pêche artisanale » sont-ils prêts à les adopter ?

Cette problématique sera traitée par deux approches différentes : (1) une expérimentation en mer, visant à évaluer directement l'effet des différents types d'hameçons (circulaire ou droit) sur les différentes espèces (capturabilité, mortalité, zone d'hameçonnage, taille), et (2) une enquête socio-professionnelle, permettant de replacer ces résultats dans le cadre plus large des pratiques et enjeux de durabilité, tout en évaluant l'acceptabilité de ce dispositif par les professionnels.

II. Matériel et méthodes

II.1. Expérimentation scientifique en mer

L'expérimentation en mer a été réalisée dans des conditions de pêche palangrière professionnelles, dans le but de comparer les hameçons C et les hameçons J. Les tests ont été réalisés à bord **d'un palangrier volontaire** ciblant le thon rouge dans le golfe du Lion en Méditerranée, faisant partie de la pêche TRL. Réaliser les tests sur un unique navire permet de limiter la variabilité induite par le navire, et les choix stratégiques de pêche inhérents à chaque capitaine. La période d'expérimentation a été définie en fonction des disponibilités du navires et des contraintes météorologiques.

II.1.1. Protocole

a) Matériel utilisé

Deux types d'hameçons ont été utilisés dans le cadre de l'expérimentation (Fig. 3). Les hameçons J sont des **AMO J-HOOK 6/0**, et les hameçons C sont des **TUNA CIRCLE HOOK 2144SS 12/0** de chez *Mare Aperto* (Italie), l'un des principaux fournisseurs de la flottille étudiée. Ces modèles correspondent aux hameçons couramment employés par les professionnels de la pêche palangrière ciblant le thon rouge dans le golfe du Lion.

Tous les hameçons sont en **acier avec finition mate** et présentent un **offset latéral d'environ 10°**, destiné à améliorer l'hameçonnage. Le modèle J est caractérisé par une hampe droite et une pointe parallèle à l'axe de la hampe ; alors que le C possède une ouverture plus fermée avec une pointe recourbée vers l'intérieur, perpendiculaire à la hampe.

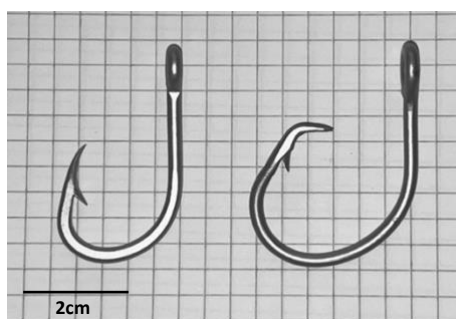


Figure 3. Hameçons utilisés lors de l'expérimentation en mer : (gauche) hameçon droit en « J » et (droite) hameçon circulaire en « C »

b) Protocole expérimental

Pour chaque opération de pêche (OP) expérimentale, la ligne est composée d'environ **1000 hameçons** avec une **alternance par basket** entre les 2 types : « C » et « J » (Fig.4). Un basket désigne une portion de ligne de 8 hameçons délimitée par 2 flotteurs. Le choix de l'alternance des hameçons par basket permet de minimiser les effets confondants des variables environnementales et opérationnelles pour l'analyse des différences des taux de capture comme par exemple la distribution spatiale de la ligne par rapport à celle de l'espèce ciblée (Burns, Kerstetter 2022).

Les hameçons ont été montés sur des avançons en nylon monofilament d'environ **7m de longueur**, conformément aux pratiques usuelles dans la flottille étudiée. Le montage de la ligne est de type « snap longline », c'est-à-dire que les avançons sont directement fixés sur la ligne mère (nylon

monofilament, 180mm) avec des agrafes métalliques. Ce type de montage se distingue notamment du montage dit « en poubelle », où les avançons sont montés directement sur la ligne mère.

Tous les hameçons ont été eschés avec un seul type d'appât pour réduire les effets d'autres facteurs, ici des sardines (*Sardina pilchardus*) entières congelées.

Des capteurs STAR ODDI (ANNEXE I.) récoltant les données de température et de profondeur toutes les deux minutes sont agrafés en début et fin de palangre au niveau de la ligne mère.

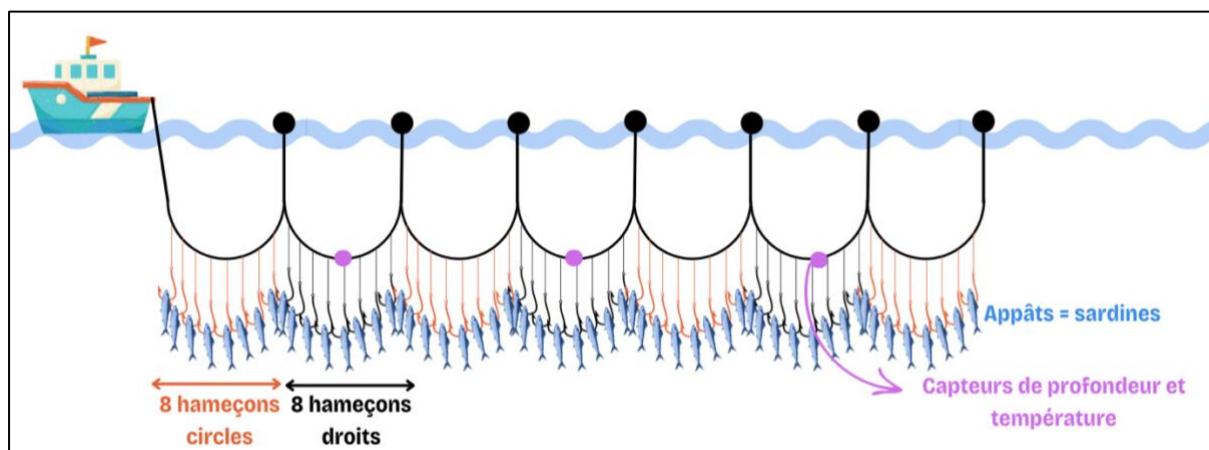


Figure 4. Schéma du montage de la palangre expérimentale

Une observatrice en mer (Manon TRUFFAUT) a été embarquée sur chaque marée expérimentale et a rempli une fiche marée (ANNEXE II). Les données récoltées alimentant également la base de données **Obsmer de l'Ifremer** ainsi que la base de données du projet **LIFE EMM**, cette fiche a été réalisée pour permettre de récolter les données relatives aux différents programmes en plus des données nécessaires à notre étude.

Pour chaque OP expérimentale, les paramètres de pêches, de gréement, les informations de localisation de la palangre, d'heures de filage et de virage sont notamment relevées.

Pour chaque capture réalisée, le type d'hameçon et l'emplacement sur la palangre sont notés sur le plan de ligne (ANNEXE III). Chaque individu capturé est identifié. La taille, le poids et le sexe (en fonction de l'espèce) sont déterminés selon le protocole Obsmer : les captures cibles remontées à bord (thon, espadon) sont mesurées par l'observatrice et une estimation visuelle de taille est réalisée pour les captures accidentelles qui sont relâchées sans être remontées à bord. La condition des captures cibles et accidentelles est notifiée (vivant/mort). La position de l'hameçon (interne/externe/autre) est relevée. Les données sont ensuite bancarisées dans plusieurs bases de données (interne SATHOAN, LIFE EMM, Allegro IFREMER), le détail des champs renseignés pour chaque marée est disponible en Annexe IV.

c) Opérations de pêche réalisées

Dix palangres expérimentales ont été déployées entre le 24 mars et le 08 mai 2025 dans le golfe du Lion, au large de Sète (42-44°N, 3,5-4,5°E), (Fig.5). Cette zone est habituellement fréquentée par les pêcheurs de thon rouge à l'hameçon basés autour de Sète.

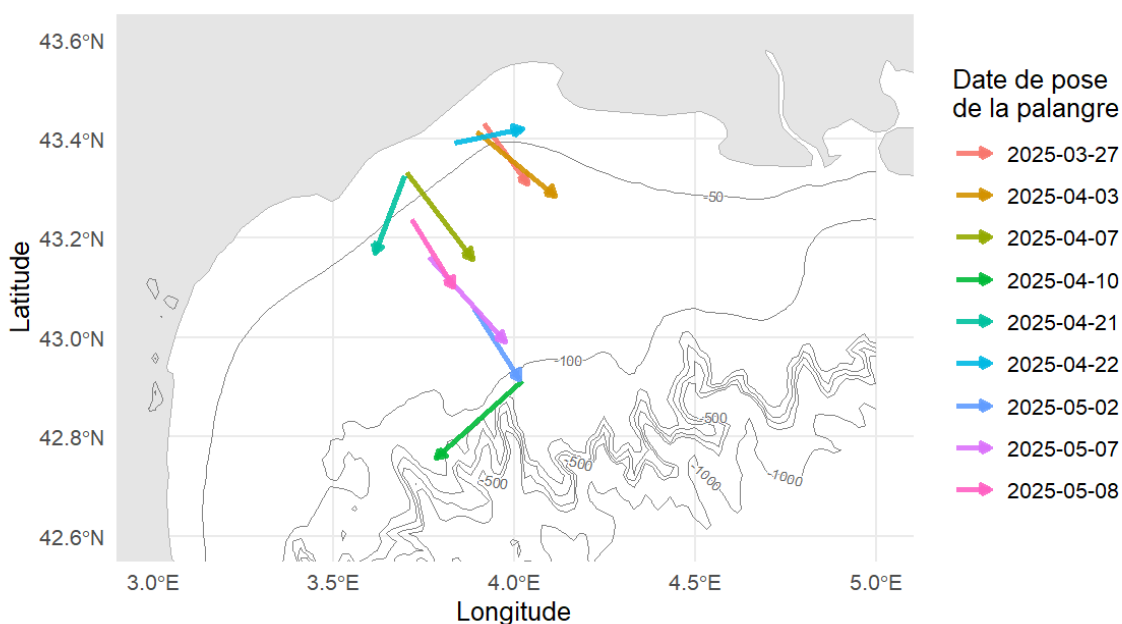


Figure 5. Localisation des opérations de pêche (palangres) conduites dans le cadre de l'expérimentation hameçon dans le golfe du Lion entre mars et mai 2025

Les palangres ont été posées dans l'après-midi (entre 14h et 19h) et le virage a été généralement commencé après le crépuscule et terminé dans la nuit. La durée de virage varie d'une OP à l'autre entre 2h30 et 5h, selon les captures réalisées et les conditions de mer.

Le nombre de marées à réaliser a été défini selon les contraintes économiques et temporelles du projet et du pêcheur ; mais un nombre plus élevé de marées serait potentiellement nécessaire pour détecter une influence du type d'hameçon si elle existe, d'après des analyses de puissances réalisées (ANNEXE XVIII.).

La première OP expérimentale n'est pas exploitable car le navire a déployé une palangre eschée avec un mix de sardines et d'encornets. Le protocole a ensuite été ajusté et les palangres expérimentales ont été eschées uniquement avec des sardines. Seulement 9 OP ont donc été exploitées dans la suite de notre étude. Le détail des OP expérimentales est disponible dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques générales des opérations de pêche lors de l'expérimentation hameçon

Date	N total d'hameçon	N total d'hameçons C	N total d'hameçons J	Appât utilisé	Filage (Heure de début et de fin)	Virage (Heure de début et de fin)
24/03/2025	992	496	496	Sardine & Encornet	14:30 - 18:00	20:10 - 00:30
27/03/2025	1008	504	504	Sardine	14:50 - 17:00	19:30 - 22:20
3/04/2025	1008	504	504	Sardine	14:45 - 17:30	20:55 - 01:00
07/04/2025	1024	512	512	Sardine	16:00 - 19:00	21:55 - 01:20
10/04/2025	1072	536	536	Sardine	13:50 - 16:40	21:50 - 02:55
21/04/2025	1040	520	520	Sardine	15:05 - 17:05	21:25 - 00:40
22/04/2025	1008	504	504	Sardine	15:45 - 17:45	20:30 - 23:05
2/05/2025	992	496	496	Sardine	15:25 - 17:35	21:55 - 03:05
07/05/2025	1024	512	512	Sardine	15:25 - 18:10	22:45 - 03:45
08/05/2025	960	480	480	Sardine	14:25 - 16:15	20:55 - 23:20
Total	10 128 (9 136)	5 064	5 064			

II.1.2. Description des variables utilisées

Le jeu de données utilisé comporte une première partie structurée à l'échelle du **basket** (8 hameçons), avec une ligne par basket.

Les variables principales utilisées pour l'analyse, référencée dans le tableau 2 sont : l'identifiant de l'OP, le numéro du basket, la présence ou l'absence de capture.

Pour chaque capture, les variables renseignées sont : le code FAO de l'espèce, l'état de l'individu à la sortie de l'eau, l'état à la remise à l'eau (pour les captures accessoires), la zone d'hameçonnage (bouche, interne, externe). D'autres variables sont également renseignées mais n'ont pas été exploitées dans le cadre de cette étude, comme la taille¹, le poids² et le sexe si identifiable (pour les requins et les raies).

Une seconde feuille, renseignée à l'échelle de l'OP, regroupe des variables environnementales et techniques, notamment la température et la profondeur mesurées au niveau de la ligne mère (grâce aux capteurs), ainsi que le temps de trempage moyen de la ligne.

Enfin, des variables supplémentaires ont été créées pour cette étude :

- La latitude et la longitude approximatives de chaque basket, obtenues par interpolation linéaire entre les positions GPS de début et de fin de filage,
- Le temps de trempage de chaque basket, estimé par interpolation linéaire du temps de trempage entre les bouées de début et de fin de ligne, variable identifiée comme déterminante dans les travaux de Ward (2005) avec un effet suggéré par l'analyse exploratoire (ANNEXE VII),
- La bathymétrie approximative de chaque basket, obtenue via les coordonnées spatiales grâce au package R:marmap.

Tableau 2. Description des variables mobilisées pour l'étude

Variable	Type	Unité / Modalités	Source
Identifiant OP	Qualitative (nominale)	Code alphanumérique	Données brutes de l'OP
Numéro du basket	Quantitative (entier)	n° basket (1...N)	Données brutes de l'OP
Présence/absence capture	Binaire	0/1	Observation directe
Code FAO	Qualitative (nominale)	Code FAO	Observation directe
État à la sortie	Qualitative (nominale)	Vivant / Mort	Observation directe
État à la remise à l'eau	Qualitative (nominale)	Vivant / Mort / Blessé	Observation directe (captures accessoires)
Zone d'hameçonnage	Qualitative (nominale)	Bouche / Interne / Externe / ...	Observation directe
Température ligne mère	Quantitative continue	°C	Capteurs
Profondeur ligne mère	Quantitative continue	m	Capteurs
Temps de trempage moyen (ligne)	Quantitative continue	minutes	Capteurs
Latitude (basket)	Quantitative continue	degrés décimaux	Interpolation GPS
Longitude (basket)	Quantitative continue	degrés décimaux	Interpolation GPS
Temps de trempage (basket)	Quantitative continue	minutes	Interpolation
Bathymétrie	Quantitative continue	m	Interpolation via R:marmap

¹ La taille mesurée correspond à : la longueur à la fourche pour le thon rouge, la longueur totale pour le requin peau bleue et le poisson-lune, la longueur maxillaire inférieur-fourche pour l'espadon et le marlin et la largeur du disque pour les raies. Pour les espèces accessoires non remontée à bord, la taille est estimée visuellement par l'observateur.

² Le poids correspond au poids exact disponibles via les déclarations de capture pour les espèces cibles ou au poids estimé par relations taille-poids (RTP) pour les espèces accessoires.

II.1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques permettent d'évaluer l'effet du type d'hameçon (J ou C) sur différentes variables. Les choix d'analyses à effectuer ont été réalisés au regard de l'analyse de la bibliographie existante (ANNEXE V.) et des caractéristiques de notre jeu de données.

a) Composition spécifique de la capture

Les données ont été agrégées par espèce et par type d'hameçon pour comparer le nombre d'individus capturés par les hameçons C et J. Pour évaluer si la distribution des captures différait significativement entre les deux types d'hameçons, un test exact de Fisher a été appliqué sur les tableaux de contingence obtenus. L'hypothèse indique que la composition ne dépend pas du type d'hameçon et l'hypothèse alternative qu'il existe une association significative ($p > 0,05$).

b) Capture ou taux de capture

Deux méthodes statistiques ont été utilisées pour évaluer les différences de taux de capture entre les deux types d'hameçons, en utilisant deux niveaux de précision.

Les deux méthodes sont réalisées sur les espèces avec le plus de captures, la plupart des études suggérant de ne se focaliser que sur les espèces avec un nombre suffisant de captures : $n > 10$ (Kerstetter, Graves 2006; Yokota, Kiyota, Minami 2006) et $n > 40$ (Afonso et al. 2012). Ainsi, seront analysées les captures de thon rouge ($n = 176$), de raies pastenagues violettes ($n = 53$), et dans une moindre mesure celles des poissons lunes ($n = 9$) et des requins peau bleue ($n = 6$). Les analyses se porteront également sur le groupe d'espèce « non ciblées » qui regroupe toutes les captures autres que le thon rouge.

Méthode 1 : Comparaison des CPUE au niveau de l'OP

Une première méthode pour analyser la capturabilité des différentes espèces, souvent retrouvée dans la littérature (Fauconnet et al. 2024; Carbonara et al. 2023; Huang et al. 2016), repose sur la comparaison des Captures par Unité d'Effort (CPUE, définie comme le nombre d'individus capturés pour 1000 hameçons) par OP et par type d'hameçon.

La comparaison des CPUE entre hameçons J et C a été réalisée à l'aide d'un **test de randomisation**. L'hypothèse nulle de ce test considère qu'il n'existe pas de différence entre les deux types d'hameçons. La statistique de test est la différence moyenne de captures entre hameçons C et J pour chaque OP. Les données sont redistribuées aléatoirement 10 000 fois (resampling sous R), et la proportion de valeurs simulées supérieures ou égales à la valeur observée permet d'estimer la probabilité associée (p-value). Cette approche fournit une mesure directe de la force de la preuve contre l'hypothèse nulle. D'autres tests ont également été réalisés pour comparaison : le test de Student sur $\log(\text{CPUE} + 1)$ pour respecter la normalité des données (test de Shapiro-Wilk) et de l'homogénéité de variance (test de Bartlett), ainsi que le test de Wilcoxon qui est souvent utilisé pour les petits échantillons avec distribution non normale.

Les OP étant très hétérogènes dans leurs captures (la variabilité inter-OP est décrite par l'analyse exploratoire préliminaire en Annexe VI), l'influence de variables environnementales et techniques (température de l'eau, temps de trempage moyen, bathymétrie moyenne) sur la capturabilité des différentes espèces a été étudiée avec des **modèles linéaires généralisés (GLMs)** au niveau de l'OP.

Cependant, la faible taille d'échantillon ($n = 9$) limite la robustesse de ces analyses. Le modèle utilisé pour chaque espèce est :

$$\text{logit}(p_i) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{FormeHameçon}_i + \beta_2 \cdot \text{BathymétrieMoyenne}_i + \beta_3 \cdot \text{TempsTrempageMoyen}_i + \beta_4 \cdot \text{TempératureMoyenne}_i,$$

Où p_i est la probabilité que l'opération i capture l'espèce considérée, et β_{0-4} sont les coefficients associés aux différentes variables explicatives. La sélection des variables retenues a été réalisée selon le critère d'information d'Akaike (AIC).

Méthode 2 : Comparaison de la probabilité de capture à l'échelle du panier

Une seconde méthode pour tester si les taux de capture diffèrent significativement entre les deux types d'hameçons est l'utilisation de modèles linéaires généralisés mixtes (GLMMs), pour chaque espèce au niveau du basket, niveau d'information plus fin qu'au niveau de l'OP.

Pour tenir compte de la dépendance entre paniers au sein d'une même OP, un effet aléatoire de l'OP a été inclus dans les modèles GLMMs. Cette approche permet de contrôler statistiquement la grande variabilité entre OP, sans chercher à l'expliquer directement, de la même manière que l'a fait Ward (2009) avec une régression logistique conditionnelle. Cette approche est pertinente dans notre jeu de données, où chaque OP correspond à un ensemble de paniers ayant des caractéristiques environnementales communes (température, profondeur de la ligne, date, phase du cycle lunaire, force du vent, état de la mer...). Dans une étude à plus grande échelle, avec un plus grand nombre de réplicats indépendants, il serait envisageable d'exclure l'effet aléatoire OP et d'inclure ces variables environnementales comme effets fixes, pour expliquer la variabilité inter-OP de manière explicite. Cependant, dans notre cas, où le nombre d'OP est limité ($n=9$), cette approche serait moins robuste, et pourrait conduire à des conclusions erronées. Le choix d'un modèle avec effet aléatoire nous permet donc de limiter les biais.

Les GLMMs utilisés ont une distribution binomiale et une fonction de lien logit. Ce type de modèle est adapté à l'analyse d'une variable réponse binaire, ici :

- 1 si le panier a capturé au moins un individu de l'espèce étudiée
- 0 sinon (y compris les paniers ayant capturé uniquement d'autres espèces)

Ces modèles permettent d'estimer la probabilité de capture en fonction de la variable explicative forme de l'hameçon, tout en prenant en compte la structure des données par OP. Le lien logit modélise les log-odds (logarithme des cotes) de capture, ce qui permet une interprétation directe des coefficients sous forme de capturabilité relative (odds ratios) pour chaque type d'hameçon. Le modèle utilisé est :

$$\text{logit}(p_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{FormeHameçon}_j + b_i$$

Où :

- p_{ij} est la probabilité que le panier j , de l'opération i , capture l'espèce considérée,
- FormeHameçon_j est la variable catégorielle indiquant si l'hameçon est de type J (hameçon de référence = C),
- $b_i \sim N(0, \sigma^2)$ est l'effet aléatoire par OP i
- β_0 (Intercept) est le terme constant du modèle, qui représente les log-odds de capture quand toutes les variables explicatives sont à zéro

- β_1 est le coefficient associé à la variable explicative *FormeHameçon_j*, représentant l'effet de l'hameçon J relativement à l'hameçon C

La capturabilité d'une espèce donnée (odds ratio) est alors définie par le ratio suivant :

$$OR = \frac{p_{J/(1-p_J)}}{p_{C/(1-p_C)}} = e^{\beta_1},$$

Où $p_{J/C}$ est la probabilité de capture avec un hameçon J ou C, et $p_{J/C}/(1 - p_{J/C})$ représente la cote de capture avec un hameçon J ou C. Les résultats de capturabilité relative ont été exprimés sous forme d'**odds ratios (OR)** accompagnés de leurs **intervalles de confiance à 95 %**.

Afin d'étudier l'impact de variables non constantes au sein d'une même OP sur la probabilité de capture, des **modèles linéaires généralisés mixtes (GLMMs)** ont été appliqués pour le thon rouge et la raie pastenague violette, seules espèces pour lesquelles le nombre de captures était assez important ($n > 10$). Le modèle complet utilisé est :

$$\text{logit}(p_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{FormeHameçon}_j + \beta_2 \cdot \text{Bathymétrie}_j + \beta_3 \cdot \text{TempsTrempage}_j + b_i,$$

Où :

- p_{ij} est la probabilité que le panier j , de l'opération i , capture l'espèce considérée,
- *FormeHameçon_j* est la variable catégorielle indiquant si l'hameçon est de type J (hameçon de référence = C),
- $b_i \sim N(0, \sigma^2)$ est l'effet aléatoire par opération de pêche i
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ les coefficients associés aux différentes variables explicatives

La sélection des variables retenues pour chaque modèle a été réalisée selon le critère d'information d'Akaike (AIC).

Tous les modèles décrits précédemment ont été ajusté sous le logiciel R (R Core Team 2023), à l'aide de la fonction **glmer** du package *lme4*, ou avec la fonction **glmmTMB** qui est plus flexible et adaptée aux jeux de données avec de nombreux zéros (Brooks et al. 2017).

c) État de la capture

Les données ont été agrégées par espèce, type d'hameçon et état de l'individu à la sortie de l'eau. L'association entre le type d'hameçon et l'état de la capture a été testée à l'aide d'un test du Chi², ainsi qu'avec un test de Cochran-Mantel-Haenszel, permettant de contrôler l'effet de l'OP.

d) Zone d'hameçonnage

Les données ont été agrégées par espèce, type d'hameçon et zone d'hameçonnage. L'association entre le type d'hameçon et la zone de l'hameçonnage a été évaluée grâce à un test du Chi², ainsi qu'avec un test de Cochran-Mantel-Haenszel, permettant de contrôler l'effet de l'OP. La relation entre la zone d'hameçonnage et l'état de la capture a également été étudiée au moyen d'un GLM.

e) Taille des individus

Les données de taille ont été comparées entre les deux types d'hameçons avec un test non paramétrique de Wilcoxon car les hypothèses de normalité ont été rejetées (test de Shapiro-Wilk).

II.2. Entretiens semi-directifs auprès des professionnels

II.2.1. Objectifs

En complément de l'analyse statistique, des entretiens semi-directifs ont été réalisés auprès des professionnels de la pêche TRL pour documenter leurs pratiques actuelles et explorer leurs perceptions vis-à-vis des dispositifs testés dans le cadre des projets LIFE EMM et PROTECT-MED. Ces entretiens visaient principalement à :

- Caractériser l'utilisation actuelle des différents types d'hameçons (J et C) et quantifier leur utilisation au sein de la pêche
- Étudier les perceptions des pêcheurs concernant les hameçons C, en termes de performance technique, de sélectivité et de compatibilité avec leurs pratiques, pour analyser leur acceptabilité en tant que dispositif de réduction des captures accidentelles
- Étudier plus largement les représentations des professionnels vis-à-vis de la durabilité de leurs pratiques et identifier les freins et leviers potentiels à la mise en place de pratiques plus durables dans la pêche

II.2.2. Guide d'entretien

Le questionnaire semi-directif élaboré s'articule autour de trois axes principaux :

- Hameçons utilisés (dans le cadre du projet LIFE EMM)
- Appâts utilisés (dans le cadre du projet PROTECT-MED)
- Perceptions de la durabilité et des captures accessoires (thématique commune aux deux projets)

Le guide d'entretien disponible en ANNEXE VIII, combine différents types de questions :

- Des questions fermées et quantitatives afin de recueillir des données chiffrées (type et quantité d'hameçons, fournisseurs...),
- Des questions ouvertes sur les motivations, les perceptions des enjeux de durabilité, et l'évolution des pratiques,
- Des espaces de commentaire libre pour recueillir le discours spontané des professionnels.

Les entretiens ont été réalisés en face à face, sur le lieu de travail des pêcheurs (port ou navire) ou dans les locaux de la SATHOAN. Chaque entretien est mené de manière individuelle, non-anonyme, dans une démarche volontaire des professionnels. La présence d'un guide commun permet de garantir la comparabilité des réponses, tout en laissant à chaque professionnel la possibilité de s'exprimer librement sur les sujets abordés.

II.2.3. Plan d'échantillonnage des enquêtes

Au total, **27 navires ont été enquêtés**, dont **21 palangriers**, ce qui correspond à un taux de couverture global de **43 %**, et de **55 % pour les palangriers** spécifiquement (Tab. 3). Ainsi, l'échantillon représente environ la moitié de la pêche TRL, ce qui peut être considéré comme satisfaisant en termes de représentativité.

Tableau 3. Taux d'échantillonnage des navires enquêtés. Les professionnels enquêtés font partie de la pêche TRL et sont adhérents à l'OP SATHOAN. Le taux d'échantillonnage est calculé à l'échelle de cette pêche et non pas à l'échelle de tous les petits métiers ciblant le Thon Rouge dans le golfe du Lion.

Zone	Nombre de navires dans la pêcherie		Nombre de navires enquêtés		Taux d'échantillonnage	
	Total	dont palangriers	Total	dont palangrier	Général	Palangriers
Pyrénées Orientales - Aude	11	3	3	2	27%	67%
Hérault - Gard	31	23	13	11	42%	48%
Bouches-du-Rhône	14	8	6	5	43%	63%
Var - Alpes-Maritime	7	4	5	3	71%	75%
Total	63	38	27	21	43%	55%

Tous les navires enquêtés ciblent le thon rouge mais avec des engins de pêche différents (Fig. 6). Une majorité des navires pratiquent exclusivement la pêche du thon rouge à la **palangre** (n = 15), tandis que d'autres pratiquent uniquement la **pêche à la canne** (n = 5). Certains combinent les deux techniques (n=2) et d'autres pratiquent exclusivement la pêche à la canne pour le thon rouge, mais disposent également d'une **Autorisation Européenne de Pêche (AEP) palangre espadon**, ce qui peut les conduire parfois à capturer du thon rouge de manière accessoire sur leur palangre à espadon.

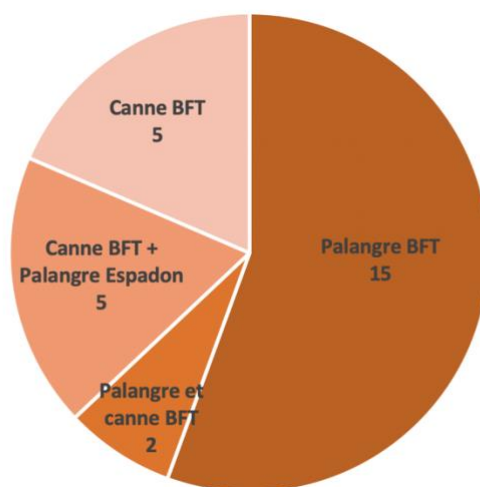


Figure 6. Types de pêche pratiqués par les navires enquêtés

II.2.4. Analyse des données

La partie quantitative des entretiens a été utilisée pour décrire avec l'usage des hameçons C au sein de la flottille, en quantifiant leur fréquence d'emploi comparativement aux hameçons J.

La partie qualitative des entretiens semi-directifs a été analysée selon une approche **d'analyse thématique**. Cette approche repose sur un processus d'identification (par codage thématique), d'organisation et d'interprétation des thèmes récurrents présents dans un corpus de données qualitatives (Braun, Clarke 2006). Elle est souvent utilisée dans les recherches en sciences sociales qui s'appliquent aux pêcheries, car elle offre un cadre pour mettre en évidence les arguments récurrents et les divergences dans le discours des professionnels, tout en conservant la diversité de leurs points de vue (Young et al. 2018; Lindkvist et al. 2022).

Dans notre étude, l'analyse thématique a permis de structurer le contenu des entretiens, en identifiant les arguments récurrents sur les différentes thématiques :

- Raisons d'utilisation des différents types d'hameçons et leurs caractéristiques
- Perception des captures accessoires et facteurs impactant leur prise
- Représentations de la durabilité de la pêche au thon rouge à l'hameçon. Cette thématique a été abordée en deux étapes : dans un premier temps, les professionnels ont été invités à définir librement la notion de « pêche durable » puis il leur a été proposé une liste de termes associés à la durabilité, parmi lesquels ils devaient sélectionner cinq éléments qu'ils jugeaient les plus représentatifs de leur point de vue
- Motivations et leviers à la mise en place de pratiques durables

Les éléments thématiques issus de cette analyse ont notamment été mobilisés dans la discussion pour enrichir l'interprétation des résultats expérimentaux observés en mer, par la mise en relief avec les perceptions des professionnels et donc de la réalité de terrain.

III. Résultats

III.1. Résultats statistiques de l'expérimentation en mer

III.1.1. Composition de la capture

La composition spécifique des captures (Fig.7, Tab.4) est principalement **dominée par le thon rouge** (*Thunnus thynnus*), représentant **69,3 %** des individus capturés ($n = 176$). Les prises accessoires les plus fréquentes sont celles de la **raie pastenague violette** (*Dasyatis violacea*) avec **20,9 %** des captures, suivies du **poisson-lune** (*Mola mola*, **3,5 %**) et du **requin peau bleue** (*Prionace glauca*, **2,4 %**). Les autres espèces (Espadon, Marlin de la Méditerranée, Puffin de Scopoli, Maquereau commun, Merlu européen) ne représentent qu'une part marginale de la capture ($< 2 \%$ chacune) et leur capture peut être considérée comme un événement rare.

L'analyse de la répartition des captures par type d'hameçon (C ou J) n'a **pas révélé de différence significative dans la composition spécifique** globale (test exact de Fisher pour les tableaux de contingence, $p = 0,516$). De même, aucune différence significative n'est observée au niveau de chaque espèce, notamment le thon rouge ($p = 0,41$) et la raie pastenague violette ($p = 0,54$). Ainsi, le type d'hameçon (C ou J) n'a pas montré une influence sur la proportion des espèces capturées lors de l'expérimentation.

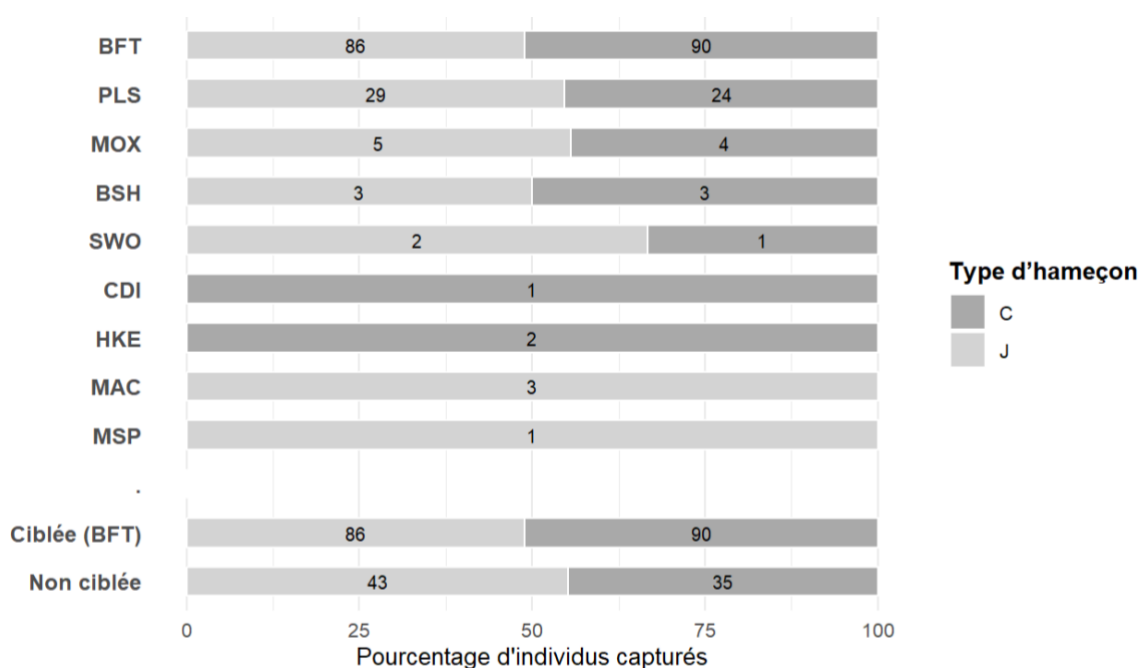


Figure 7. Répartition (%) et nombre de captures réalisées par espèce et par type d'hameçon. La figure présente la proportion relative et le nombre d'individus capturés par espèce selon le type d'hameçon utilisé (C ou J). La dernière ligne regroupe les captures non ciblées (toutes prises accessoires confondues).

Tableau 4. Répartition des captures par espèce selon le type d'hameçon, et résultats des tests exacts de Fisher. Le tableau détaille le nombre total de captures (N), la proportion de chaque espèce dans la capture totale (%), la répartition des captures en nombre par type d'hameçon (C et J) et les p-values issues du test exact de Fisher, évaluant la différence de répartition des captures entre les hameçons C et J. Aucune différence significative n'a été observée pour les différentes espèces, ni pour la composition spécifique globale ($p = 0,516$).

Espèces (Code FAO)	Nombre total de captures N	% de la capture totale	Capture sur les C	Captures sur les J	Test exact de Fisher P-values
Thon rouge, <i>Thunnus thynnus</i> (BFT)	176	69,3	90	86	0,41
Raie pastenague violette, <i>Dasyatis violacea</i> (PLS)	53	20,9	24	29	0,54
Poisson lune, <i>Mola mola</i> (MOX)	9	3,5	4	5	1
Requin peau bleue, <i>Prionace glauca</i> (BSH)	6	2,4	3	3	1
Espadon, <i>Xiphias gladius</i> (SWO)	3	1,2	1	2	1
Marlin de la Méditerranée, <i>Tetrapturus belone</i> (MSP)	1	0,4	0	1	1
Puffin de Scopoli, <i>Calonectris diomedea</i> (CDI)	1	0,4	1	0	0,49
Maquereau commun, <i>Scomber scombrus</i> (MAC)	3	1,2	0	3	0,25
Merlu européen, <i>Merluccius merluccius</i> (HKE)	2	0,8	2	0	0,24
Toutes captures non ciblées confondues	78	30,7	35	43	0,41

III.1.2. Taux de capture

Observation des CPUE globales

La CPUE globale (en nombre d'individus pour 1000 hameçons) obtenue à partir de l'ensemble des données de l'expérimentation, est calculée pour les espèces d'intérêt :

- Thon rouge : 19,3 individus / 1000 hameçons
- Raie pastenague violette : 5,8 individus / 1000 hameçons
- Requin peau bleue : 0,7 individus / 1000 hameçons

La CPUE du thon rouge est cohérente avec la valeur de référence de 20 individus / 1000 hameçons issue des données OPQUOTA en 2024. Celle de la raie pastenague violette présente aussi des valeurs similaires à celles observées dans les projets passés REPAST et SELPAL (4 à 6 individus / 1000 hameçons en début et fin de saison) (SATHOAN 2025b). En revanche, la CPUE du requin peau bleue est inférieure aux données des projets passées et données ECHOSEA de 2024 (2 à 4 individus / 1000 hameçons), ce qui peut s'expliquer par la période d'échantillonnage (mars-mai) qui ne correspond pas à la période de plus forte abondance des requins peau bleue dans le golfe du Lion (août - septembre), d'après le projet POBLEU (SATHOAN 2023).

a) Observation des captures à l'échelle de l'opération de pêche

Comparaison des CPUE selon le type d'hameçon par OP et par espèce

Les tests de randomisation réalisés sur les CPUE par espèce et par OP ne mettent en évidence aucune différence significative de CPUE entre les hameçons C et J pour toutes les espèces ($p > 0,05$) (Tab. 5). Visuellement, on peut observer de légères différences de CPUE entre les types d'hameçons pour le poisson-lune et le requin peau bleue (Fig. 8), mais qui ne sont pas statistiquement significatives (Tab.5). Ces différences apparentes s'expliquent par le faible nombre d'observations (2 à 4 OP avec capture par groupe), ce qui limite la puissance des tests statistiques.

Des tests complémentaires (test de Student et test de Wilcoxon) ont été réalisés (ANNEXE IX) et confirment l'absence de différence significative de capturabilité entre les hameçons C et J. Des modèles linéaires généralisés simples (GLM) ont également été appliqués pour le thon rouge et la raie pastenague violette (ANNEXE X), aboutissant aux mêmes conclusions.

Tableau 5. CPUE comparées des hameçons C et J. Le tableau présente le nombre de captures totales de chaque espèce et pour chaque type d'hameçons en précisant dans combien d'OP différentes ont été réalisées ces captures. Les CPUE sont calculées au niveau de l'OP (en nombre d'individus pour 1000 hameçons) et sont données avec leur intervalle de confiance à 95% (IC95) et leur écart type (SD). La p-value du test de randomisation indique si une différence significative de CPUE est observée entre les groupes C et J.

Espèces	Hameçons C		Hameçons J		Test de randomisation	
	Nombre de captures (nombre d'OP avec capture)	CPUE moyenne $\pm$ IC95 (SD)	Nombre de captures (nombre d'OP avec capture)	CPUE moyenne $\pm$ IC95 (SD)	P-value	Différence significative
Thon Rouge (BFT)	90 (9)	18.85 $\pm$ 9.07 (13,8)	86 (9)	18 $\pm$ 9.85 (15,07)	0,8974	Non
Raie pastenague violette (PLS)	24 (4)	11.71 $\pm$ 14.74 (15,03)	29 (4)	13.9 $\pm$ 10.74 (10,95)	0,6797	Non
Poisson Lune (MOX)	4 (2)	3.7 $\pm$ 3.64 (2,63)	5 (4)	2.33 $\pm$ 0.9 (0,92)	0,1074	Non
Requin peau bleue (BSH)	3 (3)	1.87 $\pm$ 0.09 (0,04)	3 (2)	2.99 $\pm$ 1.98 (0,71)	0,4653	Non
Non ciblées	35 (6)	5.62 $\pm$ 5.16 (9,12)	43 (7)	5.49 $\pm$ 3.72 (7,34)	0,9119	Non

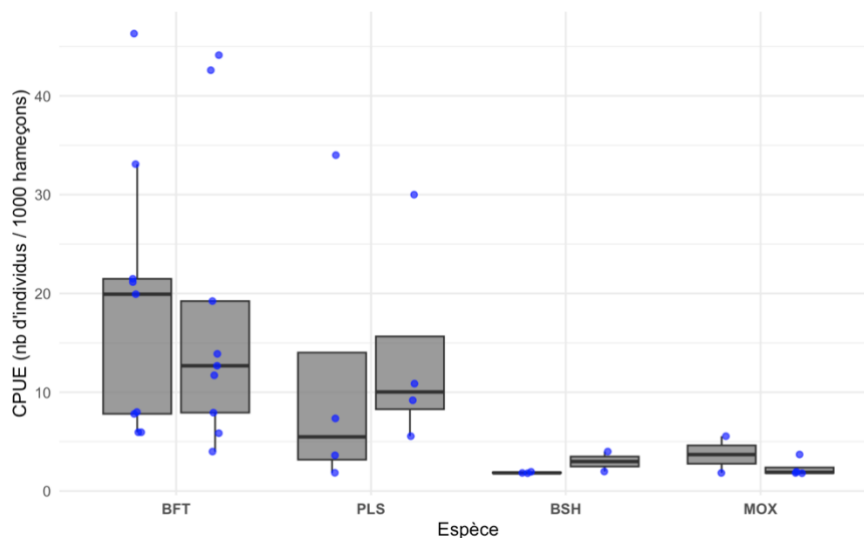


Figure 8. Comparaison des CPUE des hameçons J et C pour les espèces principales

Autres facteurs influençant la CPUE à l'échelle de l'OP

Des modèles linéaires ont été utilisés pour évaluer l'effet de la forme d'hameçon sur la CPUE du thon rouge et de la raie pastenague violette, en intégrant des variables environnementales (température, bathymétrie) et techniques (temps de trempage). La sélection des modèles s'est appuyée sur le critère AIC.

Pour le thon rouge, le modèle retenu (ANNEXE XI.) inclut la température et le temps de trempage comme variables explicatives. Le temps de trempage a un effet significatif positif très léger ($p = 0,0196$), et la **température montre un effet positif** ($p = 0,0527$). En revanche, la forme d'hameçon n'a pas d'effet significatif.

Pour la raie pastenague violette, le modèle complet a été retenu (ANNEXE XI.). La **température a un effet fortement positif** ($p = 0,0087$), tandis que la bathymétrie ($p = 0,0074$) et le temps de trempage ($p = 0,0041$) ont des effets négatifs significatifs très légers. La forme d'hameçon quant à elle, n'influence pas significativement la CPUE ($p = 0,419$). Ce modèle explique 93 % de la variance, mais les résultats doivent être interprétés avec prudence compte tenu du faible effectif ($n = 8$).

b) Observation des captures à l'échelle du panier

Comparaison de la probabilité de capture selon le type d'hameçon

Des GLMMs ont été utilisés pour évaluer l'influence du type d'hameçon sur la probabilité de capture des différentes espèces, avec un effet aléatoire de l'OP. Les résultats sont présentés sous forme d'odds ratios (OR) avec intervalles de confiance (Fig. 9).

Aucune différence significative n'a été détectée entre les hameçons C et J pour aucune des espèces considérées (coefficients disponibles en ANNEXE XII).

Les valeurs d'OR **pour le thon rouge** sont proches de 1, indiquant une **absence totale d'effet du type d'hameçon** sur les captures ciblées.

Pour les **raies pastenagues violettes**, on constate une **légère tendance à une capture plus fréquente sur les hameçons J** ($OR > 1$), mais cette différence n'est pas significative ($p = 0,22$), et doit être interprétée avec précaution.

Pour le poisson-lune et le requin peau bleue, les modèles donnent des OR avec une très forte incertitude (IC très larges), non interprétables du fait du très faible nombre de captures pour ces espèces.

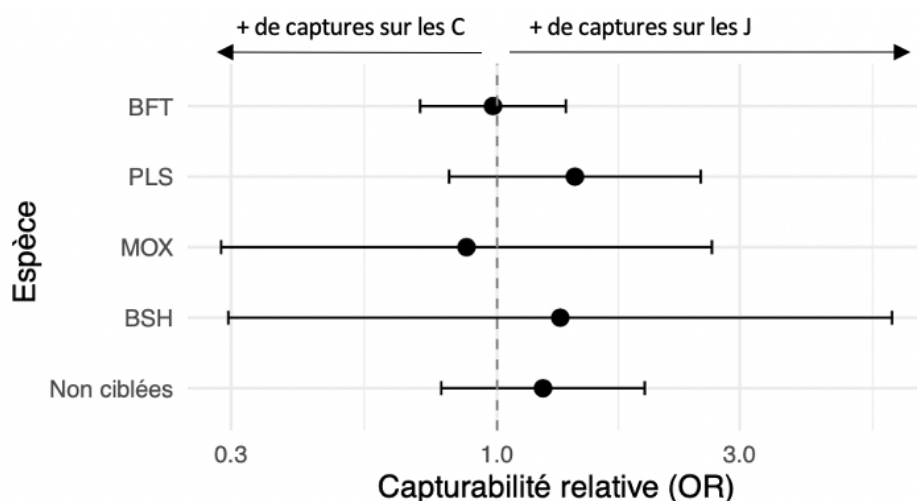


Figure 9. Comparaison des effets du type d'hameçon sur la capturabilité relative des espèces principales. La capturabilité relative (des J par rapport aux C) est l'exponentielle du paramètre estimé pour la variable type d'hameçon. Si $OR > 1$, les hameçons J ont une probabilité de capture plus élevée que les C ; si $OR < 1$, alors il y a une probabilité de capture plus faible avec les hameçons J et si $OR \approx 1$, il n'y a pas de différence significative. Les barres horizontales représentent l'intervalle de confiance à 95 % du coefficient estimé.

Autres facteurs influençant la capture à l'échelle du panier

Pour le thon rouge, le modèle le plus parcimonieux sélectionné par le critère AIC pour expliquer la probabilité de capture du thon rouge à l'échelle du panier est celui ne comprenant aucun effet fixe, uniquement l'effet aléatoire OP. Les effets variables forme d'hameçon, temps de trempage, et bathymétrie n'améliorent pas significativement le modèle, ce qui ne veut pas dire qu'elles n'ont aucun effet biologique, mais qu'avec les données disponibles avec la structure actuelle (peu d'OP), le signal est fortement dominé par la variabilité inter-OP (ANNEXE XIII.).

Pour la **raie pastenague violette**, le modèle sélectionné comprend l'effet aléatoire OP ainsi que la variable temps de trempage. Il met en évidence un **effet significatif positif léger du temps de trempage** sur la probabilité de capture ($p = 0,032$). Mais cet effet reste limité (R^2 marginal = 0,022), la majorité de la variabilité étant expliquée par l'effet aléatoire entre OP (R^2 conditionnel = 0,706)

III.1.3. État de la capture

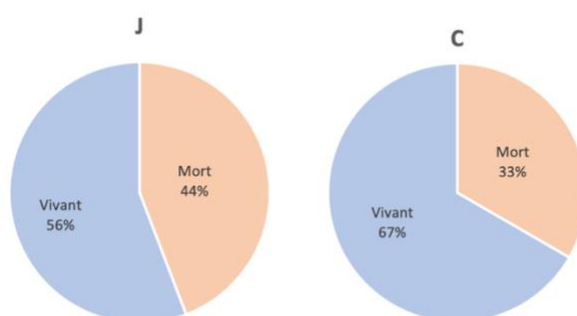


Figure 10. État à la remontée des thons rouges capturés selon le type d'hameçon

Pour le thon rouge, la probabilité de remonter un individu vivant semble plus élevée avec les hameçons C (67%) qu'avec les J (56%) comme le montre la figure 10. Cependant, cette différence n'est pas significative au seuil de 0,05 (test du Chi² de Cochran-Mantel-Haenszel, réalisé en tenant compte de la variabilité entre OP, $p = 0,099$).

Pour les captures accessoires, tous les requins peau bleue, raies pastenague violette et poissons-lunes ont été remontés vivants. Tous ont été relâchés vivants et en bon état, à l'exception d'un requin prélevé dans le cadre d'un programme scientifique. Un seul oiseau marin a été capturé au cours de la campagne et a pu être relâché vivant.

Chez l'espadon deux des trois individus capturés étaient morts à la remontée mais le faible nombre de cas ne permet toutefois pas de tirer de conclusion sur la mortalité associée.

Le tableau récapitulatif de l'état des captures par espèce et par type d'hameçon est présenté en ANNEXE XIV.

III.1.4. Zone d'hameçonnage

Pour le thon rouge, les hameçons C sont associés à une **réduction significative des cas d'hameçonnage interne, comparativement aux J** (test de Cochran-Mantel-Haenszel, $p = 0,047$; test du Chi² classique, $p = 0,051$). D'autre part, les thons hameçonnés en interne présentent une probabilité plus élevée d'être remontés morts (probabilité de survie de 62% lors d'un hameçonnage externe/bouche et de 54% en cas d'hameçonnage interne). Cette tendance n'est cependant pas significative (GLM, $p = 0,63$).

Chez la raie pastenague violette, aucun cas d'hameçonnage interne n'a été observé avec les hameçons C. Une **diminution du risque d'hameçonnage interne avec les C est donc envisageable**, mais la présence d'une catégorie vide ne permet pas d'effectuer de test statistique.

Le nombre très limité de captures de requin peau bleue ne permet pas d'interprétation fiable concernant la zone d'hameçonnage et pour les autres espèces, aucun cas d'hameçonnage interne n'a été recensé.

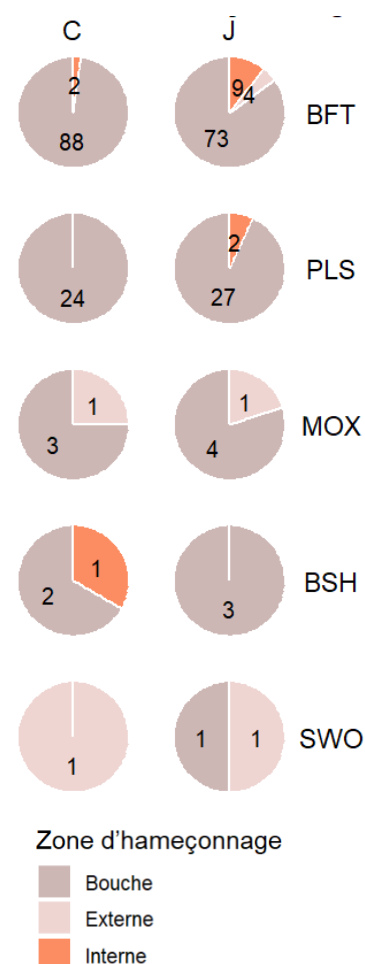


Figure 11. Zone d'hameçonnage selon le type d'hameçon pour les espèces principales

III.1.5. Taille des individus

Aucune différence significative de taille n'a été mise en évidence entre les types d'hameçons pour le thon rouge ($p = 0,76$, test de Wilcoxon) et pour la raie pastenague violette ($p = 0,29$, test de Wilcoxon) (Fig. 12).

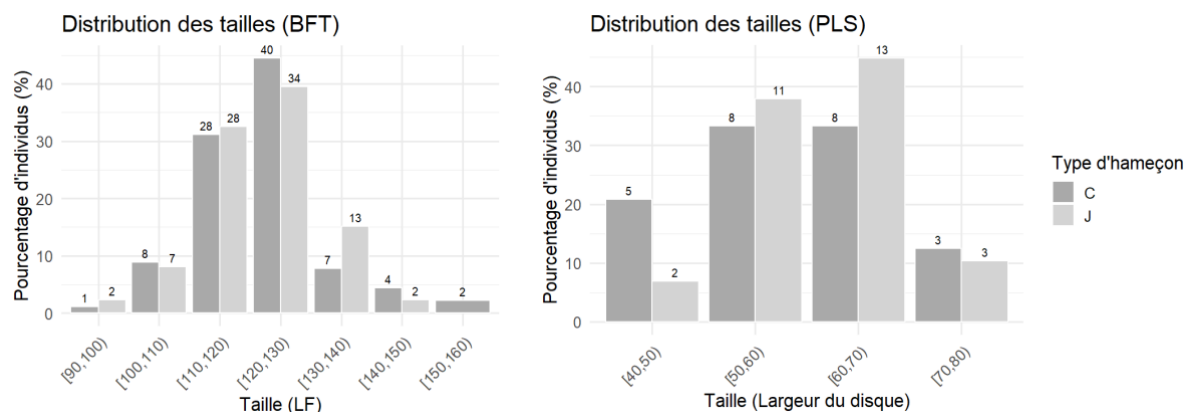


Figure 12. Distribution des fréquences de tailles des thons rouges et des raies pastenagues violettes capturés selon le type d'hameçon. La taille des thons rouges a été mesurée à bord et celle des raies estimée visuellement par l'observatrice comme l'individu est relâché directement.

Chez le poisson-lune (MOX), on observe une tendance à capturer des individus de plus grande taille avec les hameçons J est observée ($p = 0,073$, test de Wilcoxon). Cependant, le faible nombre de captures ($n=9$) ne permet pas d'avoir une interprétation fiable. De même, pour le requin peau bleue, le nombre de captures est insuffisant pour interprétation statistique (représentations graphiques disponibles en ANNEXE XV).

Les tailles moyennes et les résultats détaillés sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6. Statistiques descriptives des tailles moyennes des captures selon le type d'hameçon. Pour le thon rouge, la taille correspond à la longueur à la fourche mesurée à bord ; pour les raies pastenagues violettes, à la largeur du disque estimée ; pour les poissons-lunes et les requins peau bleue, à la longueur totale. La différence statistique entre les deux types d'hameçons a été testée avec le test de Wilcoxon.

Espèces	Hameçons J		Hameçons C		Test de Wilcoxon	
	Nombre de captures	Taille moyenne $\pm$ IC95 (SD)	Nombre de captures	Taille moyenne $\pm$ IC95 (SD)	W-value	p-value
Thon Rouge (BFT)	86	120.9 $\pm$ 2.02 (9.6)	90	121.6 $\pm$ 2.13 (10.3)	3766.5	0.76
Raie pastenague violette (PLS)	29	57.9 $\pm$ 2.9 (8)	24	55.6 $\pm$ 3.3 (8.3)	289	0.2861
Poisson Lune (MOX)	5	90 $\pm$ 6.2 (7.1)	4	68.8 $\pm$ 17.15 (17,5)	2.5	0.07331
Requin peau bleue (BSH)	3	120 $\pm$ 20.4 (18)	3	131.3 $\pm$ 48.35 (42.7)	4	1

III.2. Pratiques et perceptions des professionnels

III.2.1. Utilisation et perceptions des hameçons circulaires et droits dans la pêche

a) Utilisation des hameçons droits et circulaires

Parmi les 27 navires enquêtés ciblant le thon rouge à l'hameçon, la majorité utilisent **principalement des hameçons J** que ce soit à la palangre ou à la canne (Fig. 13). Les navires pêchant l'espadon à la palangre (n = 5), qui pêchent aussi du thon à la canne capturent également du thon rouge en prise non ciblée sur leur palangre, mais uniquement avec des hameçons droits de taille > 7cm réglementaire pour l'espadon (Parlement européen et Conseil de l'Union européenne 2019).

La quasi-totalité des professionnels interrogés ont déjà testé les hameçons C, à l'exception de deux répondants. Une majorité utilisent aujourd'hui un **mélange des deux types (47% des répondants)**, d'autres ont totalement adopté **les hameçons C (18% des répondants)**, tandis que certains sont revenus à **l'usage exclusif des J (29% des répondants)**. Un seul navire utilise un type d'hameçon différent : le « tuna hook » qui est selon lui plus solide que l'hameçon C, avec les mêmes avantages.

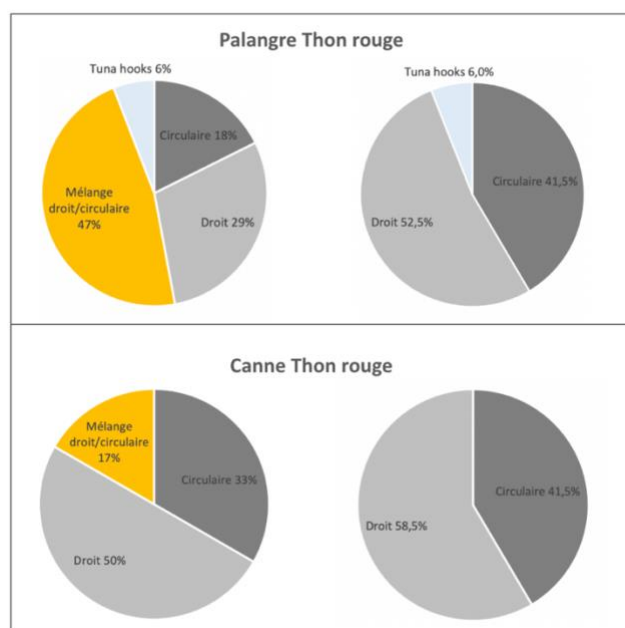


Figure 13. Proportion des navires utilisant chaque type d'hameçon (gauche) et proportion d'utilisation de chaque type d'hameçon (droite). La proportion d'utilisation de chaque type d'hameçon est obtenue grâce à la proportion moyenne d'hameçon J/C chez les navires utilisant un mélange d'hameçons.

b) Approvisionnement en hameçons

L'approvisionnement en hameçons est concentré autour d'un fournisseur principal : le distributeur spécialisé dans la pêche palangrière Mare Aperto (Italie) qui est cité par 59 % des répondants (n = 17). De manière générale, les adhérents **montrent une préférence pour les circuits spécialisés**, qu'il s'agisse de distributeurs (n = 18) ou de fabricants (n = 7), ce qui témoigne d'une attention portée à la qualité du matériel et à la fiabilité des fournisseurs.

D'autres types de fournisseurs, plus marginaux sont les marketplaces généralistes low-cost, les enseignes de sports de loisir ou les coopératives maritimes (Tab. 7).

Tableau 7. Types de fournisseurs utilisés pour l'approvisionnement en hameçon des pêcheurs enquêtés

Type de fournisseur	Occurrences
Distributeur spécialisé / revendeur	18
Fabricant spécialisé	7
Marketplace généraliste low-cost	2
Enseigne généraliste sport & nautisme	1
Coopérative maritime	1

c) Perceptions et raisons d'utilisation des hameçons droits et circulaires

Les raisons d'utilisations de chaque type d'hameçon énoncées par les pêcheurs professionnels sont recensées dans le tableau 8.

La **capacité des hameçons C à limiter le décrochage** des thons rouges de par leur forme spécifique est l'argument principal en faveur de leur utilisation, cité par 12 des répondants.

La zone d'hameçonnage est également un facteur différenciant les deux types d'hameçons, les C prenant « *tout le temps* » le thon au niveau de la commissure de la bouche (n = 3) alors que les J **seraient responsables de plus nombreux cas d'hameçonnages internes** (n = 5). Certains voient dans cette caractéristique un avantage pour la qualité des thons débarqués par la réduction du stress subi et la limitation des dommages causés aux prises accessoires, notamment aux raies. Pour une minorité, les hameçons J qui « *piquent mieux* » (n=2) et qui hameçonnent plus en interne sont perçus comme avantageux, notamment pour la capture d'espadons (qui sont peu capturés au niveau de la bouche, mais plutôt en externe ou interne), ce qui permet de sécuriser la capture.

Certains attribuent aux hameçons C une meilleure capacité à capturer des poissons de plus grande taille (n = 2), ce qui ne serait pas forcément un avantage (n=1) car le marché serait plus demandeur de poissons de petite taille.

La **réduction des captures accessoires** est un argument peu cité en faveur des hameçons circulaires (n = 2). En effet, la capture d'espèces non ciblées serait plutôt conditionnée par la **taille de l'hameçon** (n=8) : « *La forme de l'hameçon importe peu, c'est la taille qui compte : pour éviter les raies, il faut de gros hameçons avec de gros appâts.* » et d'autres facteurs différents de l'hameçon.

Les aspects de mise en œuvre représentent le principal frein à l'adoption des **hameçons C qui ne seraient « pas pratiques ou dangereux »** à utiliser (n=4) surtout pour les palangriers utilisant un montage en « poubelle » où la manipulation des hameçons est rapide (différent d'un montage avec agrafes). Les hameçons C exigeraient une plus grande précision dans la **manière de mettre l'appât pour éviter de le déchirer** (notamment lors de l'utilisation de sardines), ce qui ralentit le travail (n=2).

Des critères comme le matériau (acier, inox), le revêtement (anti-corrosion, brillant), et la robustesse (renforcement) influencent également le choix des pêcheurs.

Le **prix des hameçons C** est mentionné par 3 pêcheurs comme un frein car ils considèrent que les hameçons J restent plus abordables.

Ainsi, **la majorité des pêcheurs interrogés se montre ouverte à transitionner vers les hameçons C car ils les ont déjà essayés ou les utilisent actuellement (n = 15)**. Ceux qui n'ont jamais ou peu utilisé les hameçons circulaires (n = 4), sont également ouverts à la transition, sous réserve de garanties d'efficacité et dans une logique d'évolution des méthodes : « *Il faut évoluer et tester de nouvelles choses car cela fait 10 ans que le métier n'a pas évolué* ». Seulement 5 répondants ne seraient pas prêts à utiliser des hameçons C, car de leur expérience ce ne sont pas des hameçons qui leur conviennent en termes de praticité d'utilisation ou de performance sur les captures cibles.

Tableau 8. Analyse thématique des entretiens : arguments avancés en faveur des hameçons C et J. Les occurrences correspondent au nombre de répondants ayant cité chaque argument

Thèmes	Arguments	Occurrences	Citations
Raisons d'utilisation des hameçons circulaires	Les hameçons circulaires limitent le décrochage des thons rouges	12	"Je choisis les C car il n'y a jamais de décrochage et c'est un hameçon plus pêcheur"
	Les hameçons circulaires prennent toujours le poisson au niveau de la bouche	3	"Les poissons sont toujours pris au coin de la bouche avec les circles, alors qu'avec les droits, 1/3 sont pris dans le ventre (en interne)."
	Les hameçons droits sont plus souvent responsables d' hameçonnage interne	5	"Les raies avalent souvent les hameçons droits" ; "Les hameçons droits capturent les thons souvent en interne, mais il n'y a pas de différences sur les prises accessoires"
	Les hameçons circulaires sont plus performants	4	"Les hameçons circulaires pêchent mieux"
	Les hameçons circulaires sont responsables de moins de prises accessoires que les droits	2	"Les hameçons circulaires diminuent les prises accessoires"
	Les hameçons circulaires prennent des poissons plus gros que les droits	2	"L'avantage des circles est de prendre des poissons plus gros, qu'on ne perd pas" ; "Avec les hameçons droits, on a des poissons plus petits"
Raisons d'utilisation des hameçons droits	Les hameçons circulaires ne sont pas pratiques ou dangereux à utiliser	4	"Les circulaires ne sont pas pratiques quand on a beaucoup d'hameçons." ; "Les circulaires ne sont pas pratiques et dangereux lorsque l'on travaille à la planage 'en poubelle'."
	Les hameçons droits sont moins chers que les hameçons circulaires	3	"Les hameçons droits sont moins cher" ;
	Les hameçons droits sont plus performants	2	"Les hameçons droits sont plus pêcheurs."
	Les hameçons droits n'abiment pas l'appât	2	"Il est important de bien mettre la sardine sur les circles pour ne pas la déchirer : cela est contraignant mais le circulaire pêche mieux "
	Les hameçons droits prennent souvent le poisson au niveau de la bouche et sont responsables de peu d'hameçonnage interne	1	"Avec les hameçons droits, les captures sont presque tout le temps prises à la bouche, très peu d'hameçonnage interne, mais je n'ai pas essayé les hameçons circulaires pour comparer."
	Les hameçons droits limitent le décrochage ou facilitent la capture par rapport aux circulaires	2	"Les hameçons droits 'piquent' mieux" ; "Les circles se décrochent beaucoup pour l'espadon donc nous sommes retournés aux hameçons droits"
Autres caractéristiques de l'hameçon pouvant impacter la capture	Taille	8	"Les gros hameçons permettent de capturer moins de raies ; mais aussi moins de petits thons alors que le marché veut des petits thons" ; "Les hameçons plus petits sont plus faciles à cacher dans l'appât et sont de fait plus pêcheurs"
	Matériau	4	"j'utilise des hameçons en inox car ils ne rouillent pas et sont plus résistants dans le temps" ; "Je choisis des hameçons de bonne qualité qui ne rouillent pas"
	Renforcement	3	"Je prends des hameçons circulaires renforcés (plats sur les côtés) car ils sont plus résistants et ne s'ouvrent pas."
	Couleur et revêtement	2	"Les hameçons galvanisés permettent peut-être de moins prendre de raies, à cause de la brillance"
	Temps de pose de l'hameçon dans l'eau	2	"L'état mort ou vivant du poisson est plutôt lié au temps de pose de la ligne qu'à la forme de l'hameçon"
	Manière de mettre l'appât sur l'hameçon	2	"Si l'hameçon est bien mis, il ne sera pas avalé."
	Pivot	1	"Le pivot (décalage) permet au poisson de s'accrocher plus facilement."

III.2.2. Rapport des professionnels à la durabilité de leurs pratiques et aux captures accessoires

L'analyse des entretiens (ANNEXE XVI. et ANNEXE XVII. révèle que la durabilité de la pêche palangrière au thon rouge est un concept compris et déjà appliqué par les pêcheurs interrogés, notamment au travers de la charte de la pêcherie TRL, mise en place par la SATHOAN, encourageant les bonnes pratiques en termes de durabilité et de gestion des prises accessoires.

Pour définir la durabilité, les professionnels ont pu répondre de manière libre et par la suite, une liste à choix multiple (5 réponses par répondant) leur a été soumise (Fig. 14). Les résultats des deux méthodes concordent et les pêcheurs perçoivent la durabilité avant tout comme une nécessité de **préserver les ressources halieutiques par une pêche raisonnée** (n = 14), « Pêcher moins mais mieux », en respectant les quotas et les règles de gestion.

Cette vision va de pair avec l'importance accordée à la **qualité du produit** (n=9), liée aux bonnes pratiques de traitement à bord (utilisation de glace, techniques de mise à mort comme l'ikéjimé), ce qui permet une meilleure **valorisation économique, notamment** en circuit court (n = 6).

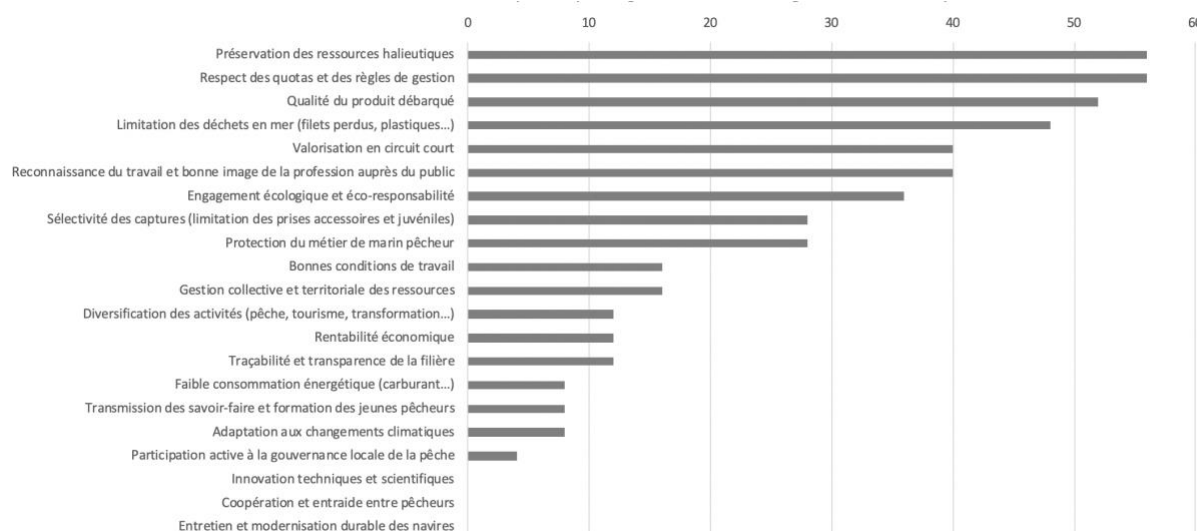


Figure 14. Définitions de la durabilité : critères choisis par les professionnels (%). Le graphique montre les proportions de répondants ayant sélectionné chaque critère (5 choix par répondant).

Les pêcheurs mettent déjà concrètement en place des **pratiques durables à bord**, notamment les pratiques respectueuses de l'environnement (tri sélectif, limitation des déchets en mer...) et les « **bonnes pratiques** » concernant les **prises accessoires** : relâcher les individus vivants, couper le fil au plus près lorsque la capture est trop dangereuse à manipuler, ou adapter les méthodes pour limiter les interactions (horaires, zones, tailles d'hameçons). Le type d'appât utilisé est également perçu comme levier pour limiter les prises accessoires notamment de raies : « *la sardine fait plus de captures accessoires, surtout les raies* ». Cet aspect est étudié notamment dans le projet PROTECT-MED en cours à la SATHOAN.

Certains pêcheurs soulignent cependant que l'occurrence de captures accessoires est influencée fortement par des **facteurs environnementaux et saisonniers** (température de l'eau, zone de pêche, saison estivale) ou aléatoire, et qu'elle ne peut donc pas être totalement évitée. **L'impact de ces captures sur l'activité est souvent considéré très faible** (n = 13), bien qu'elles puissent entraîner

des pertes de matériel et de temps, voire présenter un danger pour l'équipage dans le cas d'espèces comme la raie pastenague violette (dard). Certains pêcheurs expriment également une **gêne éthique** face à la capture et potentielle blessure ou mortalité d'individus non ciblés (n = 2).

La **sélectivité des captures et la réduction des interactions avec les espèces accessoires** semble être une préoccupation secondaire (seulement 27 % des répondants à la question à choix multiple) lorsque l'on parle de durabilité mais de nombreux pêcheurs estiment mettre en œuvre des pratiques pour limiter ces captures (changement de zone, réduction du temps de trempage...), ce qui conduirait aujourd'hui à une baisse des captures accessoires : « *Ce qui a changé c'est la méthode de pêche : on pêche moins de captures accessoires car on pêche mieux* ».

Le **rapport des pêcheurs à cet enjeu de sélectivité** montre cependant une prise de conscience croissante. Bien qu'une partie des répondants affirme ne pas avoir modifié ses pratiques car elle appliquait déjà des mesures de réduction (n = 11), d'autres **évoquent une évolution positive de la sensibilisation** (n = 10), notamment grâce à la mise en place de formations aux bonnes pratiques, à des outils comme ECHOSEA© ou à leur participation à des projets scientifiques.

Ces perceptions s'accompagnent d'une demande de **gouvernance équitable et cohérente** (n=2), appelant à une harmonisation des réglementations entre professionnels et plaisanciers, ainsi qu'entre pays méditerranéens. La **transmission et la pérennité du métier** apparaissent comme un autre enjeu pour les professionnels qui ont la volonté de laisser une ressource viable aux générations futures et de mieux valoriser la profession, jugée parfois insuffisamment reconnue. La **reconnaissance du « bon travail »** et des efforts déjà effectués en termes de durabilité est d'ailleurs un des critères de durabilité retenu comme plus important (40% des répondants à la question à choix multiple).

III.2.3. Motivations et freins à la mise en place de pratiques durables

L'analyse des leviers et freins pour aller vers des pratiques plus durables (Tab. 9) met en évidence que la principale motivation des professionnels réside dans leurs **valeurs personnelles** (n = 8), qui se traduisent par la volonté de pratiquer une pêche artisanale raisonnée qui propose des **produits d'excellente qualité** (n=7). Cela est gage de satisfaction des clients et garantit une **rentabilité économique**, notamment en circuit court (n = 5) : « *on fait de la qualité pour mieux vendre* ».

La plupart des interrogés sont des **passionnés**, qui ont le souhait de **transmettre cette passion** aux générations futures en sécurisant les ressources et donc le métier (n = 7), comme exprimé par la métaphore « *il ne faut pas scier la branche sur laquelle on est assis* ».

En revanche, plusieurs freins limitent l'engagement vers davantage de durabilité. Les **contraintes et lourdeurs administratives globales** (n = 12) apparaissent comme le principal obstacle, perçues comme chronophages et éloignant les pêcheurs de leur cœur de métier et de leur passion « *Notre métier est d'aller à la mer, pas de faire de la paperasse* ». Cette surcharge peut parfois les démoraliser et ne les pousse pas à s'investir davantage.

L'**aspect financier** (n = 8) reste déterminant : les professionnels sont prêts à évoluer à condition que cela ne compromette pas leur rentabilité et ne réduise pas les captures cibles.

Le **manque de reconnaissance et de valorisation des efforts** déjà fournis par les petits métiers est souvent pointé du doigt (n=5), au niveau de la répartition des quotas de pêche notamment, et pourrait

à contrario être un levier important de motivations pour les professionnels qui « *aiment et veulent faire connaître leur métier* ».

À noter qu'une part des professionnels (n = 7) estime qu'il n'existe **pas de frein réel** à aller vers plus de durabilité car c'est une évidence, « *bon sens* », dépendant avant tout de la « *volonté personnelle du pêcheur* ».

Tableau 9. Analyse thématique des entretiens : motivations et freins à mettre en œuvre des pratiques plus durables

Thèmes	Arguments	Occurrences	Citations
Motivations à mettre en œuvre des pratiques durables	Valeurs personnelles	8	"J'ai la volonté de rester dans de la pêche artisanale sans excès." ; "On prélève moins pour vendre mieux." ; "On trouve une satisfaction personnelle dans le travail 'bien fait'."
	Avenir du métier et transmissions aux générations futures	7	"On cherche à évoluer dans notre pratique." ; "Il ne faut pas scier la branche sur laquelle on est assis."
	Proposer des produits d'excellente qualité	7	"La valorisation des produits et de notre travail est importante car c'est ce qui pousse l'acheteur à revenir."
	Rentabilité économique	5	"Il faut que cela reste viable : on a le plaisir d'aller pêcher mais avec un bon prix." ; On peut valoriser le produit plus cher en circuit court, avec les restaurateurs notamment." ; "On fait de la qualité pour mieux vendre."
	Reconnaissance et valorisation de la profession auprès du grand public	4	"On veut montrer au grand public que la pêche qu'on réalise est respectueuse des ressources." ; "On aime et on veut faire connaître (mieux connaître) notre métier."
	Le plaisir de faire un métier passion	4	"Le but n'est pas de se faire de l'argent, c'est de se faire plaisir"
	Les obligations réglementaires	2	"Les réglementations et obligations nous poussent à aller dans ce sens."
Freins à la mise en place de pratiques durables	Contraintes et lourdeurs administratives en général	12	"On a l'impression que les autorités ne sont plus avec nous mais contre nous, nous sommes tous vus comme des braconniers, et sur-contrôlés par rapport aux pêcheurs de plaisance." ; "Le problème majeur sont les contraintes administratives en général qui ne sont pas directement liées à la durabilité mais qui sont très chronophages : notre métier est d'aller à la mer, pas de faire de la paperasse."
	Coût	8	"Il faut que le coût reste raisonnable et ne modifie pas les captures cibles."
	Pas de freins	7	"C'est surtout une question de volonté personnelle du pêcheur de mettre en place ou non des pratiques durables." ; "Il n'y a pas de freins tant que ce qu'on nous demande de faire n'est pas trop contraignant. Aujourd'hui c'est ok." ; « C'est du bon sens »
	Manque de reconnaissance et valorisation des efforts	5	"Ce sont toujours les plus 'gros' qu'on continue de valoriser, au lieu de donner aux plus petits qui sont plus respectueux des règles." ; "C'est un système fait par les plus gros pour les plus gros."
	Faibles quotas	3	"Il y a un manque de reconnaissance des petits métiers qui mériteraient plus de quota."
	Manque de cohésion entre pêcheurs	2	"Certains pêcheurs ne respectent pas les règles et il y a un manque de contrôle des plaisanciers."
	Retrait de liberté et changement du métier	1	"On nous rajoute toujours de plus en plus de contraintes, en nous enlevant de la liberté dans notre métier, rien que pour cela j'arrêteraï."

IV. Discussion

IV.1. Analyse comparée des hameçons droits et circulaires

Les captures observées au cours de l'expérimentation sont largement dominées par le thon rouge, représentant près de 70 % des captures, suivi de la raie pastenague violette et, dans une moindre mesure, du poisson-lune et du requin peau bleue. Les captures accessoires restent globalement faibles par rapport aux captures ciblées, ce qui traduit une sélectivité déjà assez élevée dans cette pêcherie. La présence d'un seul oiseau marin capturé semble montrer que l'enjeu « oiseaux » du projet LIFE EMM est relativement limité dans la zone étudiée, contrairement à d'autres zones où cet aspect est prioritaire.

Le type d'hameçon (C ou J) n'a pas montré d'effet significatif sur la composition globale ni sur la proportion de captures par espèce. Nos résultats suggèrent en effet que la variabilité inter-OP explique une part plus importante de la variance que le type d'hameçon, comme cela a déjà été souligné dans la littérature (Ward et al. 2009).

IV.1.2. Thon rouge (*Thunnus thynnus*)

Pour le thon rouge, aucune différence significative de probabilité de capture n'a été détectée entre les hameçons J et C, l'odds ratio (OR = 0,982) indiquant un effet très faible et non significatif, ce qui rejoint certaines études méditerranéennes de même ampleur (Muiño, Freire, Mingozzi 2012; Carbonara et al. 2023) et des résultats à plus large échelle sur d'autres espèces de thon (Curran, Bigelow 2011). Cependant, ce résultat diffère des méta-analyses récentes montrant souvent une augmentation des captures de thons avec les hameçons C, pouvant aller jusqu'à +87 % (Reinhardt et al. 2017; Rosa, Santos, Coelho 2020; Santos et al. 2024). La robustesse de notre analyse est cependant limitée du fait de la faible taille de notre échantillon (9 OP) : un test de puissance (ANNEXE XVIII. indique qu'il faudrait environ 40 marées pour détecter un effet de 20 % des hameçon C avec 80 % de probabilité. Les résultats de l'enquête montrent également que de nombreux pêcheurs perçoivent les hameçons C comme réduisant le risque de décrochage, ce qui pourrait se traduire par un léger gain de capturabilité non détecté ici.

De plus, les hameçons C ont réduit significativement la proportion d'hameçonnages internes comparativement aux hameçons J, ce qui est cohérent avec de nombreuses études (Pacheco et al. 2011; Kerstetter, Graves 2006; Gilman et al. 2015). Cette localisation en bouche est due à la forme particulière des hameçons C, dont la pointe tournée vers l'axe empêche l'accrochage profond immédiat dans le cas où l'hameçon est avalé : l'hameçon C va glisser sur les tissus mous jusqu'à ce que l'œil de l'hameçon sorte de la bouche et pivote, ce qui provoque l'accroche de la pointe généralement au coin de la bouche (Gilman et al. 2015). Cette configuration limite les blessures internes, améliore l'état à la remontée et peut augmenter la survie post-relâche (Gilman et al. 2015; Kerstetter, Graves 2006). Dans notre cas, les hameçons C ont significativement augmenté la probabilité de remonter un individu vivant à bord, ce qui est un gage de qualité du poisson débarqué, critère qui importe aux pêcheurs d'après les entretiens.

IV.1.3. Requin peau bleue (*Prionace glauca*)

Le nombre très limité de captures ($n = 6$) de requins peau bleue empêche toute conclusion statistique robuste. Aucune différence n'a été observée en termes de capturabilité, de taille ou de zone d'hameçonnage. Ces résultats concordent avec certaines études (Ward et al. 2009; Pacheco et al. 2011; Carbonara et al. 2023) mais diffèrent des méta-analyses qui rapportent une augmentation significative des prises avec les hameçons C (Santos et al. 2024) pouvant atteindre +47% (Reinhardt et al. 2017). Il est également probable que le nombre de captures ait été sous-estimé à cause des « *bite-offs* », c'est-à-dire la capacité du requin à s'échapper en coupant le fil avant d'être remonté à bord. En effet, lors d'hameçonnage interne, une abrasion de la ligne en nylon par les dents du requin est possible, ce qui lui permet de s'enfuir plus facilement. Plusieurs observations visuelles de fils coupés et ensanglantés ont été faites au cours de l'expérimentation mais non recensées car il est compliqué d'associer cette observation à une espèce en particulier. Cet effet, décrit par Afonso et al. (2012) et Yokota et al. (2006) pourrait biaiser la comparaison et mener à une sous-estimation des CPUE.

Au cours de l'expérimentation, tous les individus ont été remontés et relâchés vivants en bon état (à l'exception d'un spécimen prélevé), ce qui laisse envisager de bonnes chances de survie post-relâche. En effet, Campana et al. (2009) ont montré que des requins peau bleu marqués et relâchés en bon état survivent dans 100% des cas contre seulement 50% lorsqu'ils sont relâchés blessés. Ce constat souligne l'importance de mettre en place des bonnes pratiques de manipulation des espèces, un point d'ailleurs mis en avant par la majorité des pêcheurs interrogés.

La forme de l'hameçon, si elle permet effectivement de réduire l'hameçonnage interne pour cette espèce (pas observé ici cependant), pourrait limiter les blessures internes et par conséquent améliorer la survie post-relâche. Paradoxalement, cette réduction du risque d'hameçonnage interne peut diminuer la fréquence des « *bite-offs* » et donc prolonger le temps de rétention sur l'hameçon. Or, pour une espèce à « ram ventilation³ » comme le requin peau bleue, un temps prolongé sur l'hameçon peut accroître le stress et compromettre la survie. Le passage à un autre type d'hameçon doit donc s'accompagner d'efforts de limitation du temps de trempage et du temps de manipulation à bord, afin de réduire le stress physiologique des individus (Reinhardt et al. 2017; Knotek et al. 2022).

Des programmes de marquage actuellement menés en parallèle (LIFE EMM, LARGE PELAGIC) permettront de mieux quantifier cette survie dans le contexte local de la pêche étudiée, dans une logique de conservation d'une espèce d'intérêt pour le projet LIFE EMM.

IV.1.4. Raie pastenague violette (*Pteroplatytrygon violacea*)

La raie pastenague violette a été l'espèce la plus fréquemment capturée après le thon rouge, représentant une part importante du nombre total de captures accessoires. Bien que cette espèce soit qualifiée de peu « charismatique » (Piovano, Clò, Giacoma 2010) et bénéficie donc d'un intérêt moindre dans les mesures de conservation par rapport à d'autres grands pélagiques ou espèces menacées, son abondance dans les captures accessoires en Méditerranée justifie un suivi attentif, même en l'absence de statut de protection particulier.

Les résultats montrent une probabilité de capture 42 % plus élevée sur les hameçons J que sur les C, mais non significative. Cette tendance est cohérente avec les observations de Piovano et al. (2010) et Rosa et al. (2020), qui l'explique par la taille de la bouche des raies, relativement petite : les

³ Les espèces à ram-ventilation dépendent du flux d'eau qui passe dans leurs branchies pour respirer.

hameçons C, à ouverture égale, sont plus larges que les J ou les tuna hooks, ce qui peut limiter la capture des espèces à petite bouche. Cette sélectivité potentielle liée à la largeur de l'hameçon est un point relevé à la fois par la littérature et par plusieurs pêcheurs interrogés.

Concernant la mortalité, la raie pastenague violette, grâce à son mode de respiration actif-passif est une espèce présentant parmi les taux de mortalité à la remontée les plus bas (5%) d'après une méta-analyse récente (Gilman et al. 2022). Dans notre cas, la totalité des raies capturées ont été remontées et relâchées vivantes, sans distinction du type d'hameçon, rejoignant ainsi les observations de Carbonara et al. (2023). Cependant, la survie post-relâche peut présenter une certaine variabilité (Poisson, Ellis, McCully Phillips 2024) et doit être investiguée plus précisément. Dans ce cadre, les résultats préliminaires du projet RAYVIVAL (rapport final en cours de révision), suggèrent une survie quasi-totale des raies relâchées en bon état dans le contexte de la pêche palangrière étudiée.

IV.1.5. Autres espèces

Le poisson-lune (*Mola mola*), bien que relativement méconnu, est la troisième espèce accessoire la plus fréquente dans notre étude. Tous les individus ont été relâchés vivants et en bon état apparent. Des travaux sont actuellement en cours pour évaluer leur survie post-capture. Rouyer et al. (2025) ont documenté pour la première fois la survie d'un *Mola mola* après capture et remise à l'eau grâce à un suivi par marquage satellite, soulignant l'importance d'une manipulation précautionneuse, comme c'est le cas dans notre pêche d'étude. Cette observation ouvre la voie à une meilleure compréhension des interactions de cette espèce avec la pêche palangrière, d'autant plus qu'elle est classée comme vulnérable par l'UICN.

L'espadon (*Xiphias gladius*) est également ciblé par certains navires de la pêche, en particulier dans la partie Est de la Méditerranée française. Le faible nombre de captures dans notre jeu de données ne permet pas de tirer de conclusion statistique. La littérature est par ailleurs contrastée : certaines études montrent une augmentation des captures avec les hameçons C (Huang et al. 2016), tandis que d'autres observent une diminution (Santos et al. 2024). Cette potentielle baisse est l'une des principales inquiétudes exprimées par les pêcheurs interrogés, qui craignent une perte de captures, notamment en raison du comportement alimentaire « joueur » de l'espadon décrit par Kerstetter et Graves (2006) : cette espèce est rarement hameçonnée dans la bouche ou en interne, mais plus fréquemment sur le rostre ou de manière externe, ce qui complique l'accrochage avec les hameçons C, qui « piquent moins que les J » d'après les professionnels. L'espadon représente un enjeu économique non négligeable pour certains, et tout changement technique susceptible d'influencer sa capture doit donc être évalué pour anticiper l'acceptabilité des mesures de sélectivité par les professionnels.

IV.1.6. Facteurs transversaux

Les résultats de nos modèles suggèrent que la forme de l'hameçon, bien qu'étudiée ici comme variable principale, n'explique souvent qu'une partie limitée de la variabilité observée dans les captures. D'autres facteurs environnementaux ou techniques semblent avoir une influence plus importante sur la capture.

Le temps de trempage a notamment montré un effet significatif sur la capturabilité du thon rouge et de la raie pastenague violette, ce qui est cohérent avec des observations antérieures établissant un lien entre cette variable et la mortalité à la remontée (Kerstetter, Graves 2006). La

limitation du temps de trempage, également soulevée par certains professionnels, pourrait permettre de diminuer le stress du poisson capturé en réduisant le temps d'hameçonnage, et donc d'améliorer en même temps la qualité du poisson débarqué et la probabilité de survie post-relâche des espèces accessoires.

La température de surface de la mer apparaît comme un facteur déterminant pour expliquer la capturabilité des espèces ciblées et accessoires (effet significatif très positif observé sur la capture de raies), probablement via son influence sur leur distribution spatiale et saisonnière. Par exemple, dans le golfe du Lion, Rouyer et al. (2021) ont montré que les variations interannuelles de la disponibilité du thon rouge sont associées à la température de surface (SST) : des SST plus élevées avec des vents du nord plus faibles sont corrélés à un retard dans le début de la saison de pêche, mais également à une densité plus élevée d'agrégations de thons, ce qui suggère que les conditions thermiques influencent directement la présence des thons. Dans notre cas, l'étude n'a pas été étendue sur une plage de temps assez longue pour émettre des conclusions probantes.

Enfin, la taille et la largeur de l'hameçon ont été citées comme influentes par les pêcheurs interrogés, une perception allant dans le sens des travaux de Piovano et al. (2010), qui soulignent le rôle de ces paramètres dans la sélectivité, en particulier pour les espèces à petite ouverture buccale telles que la raie pastenague violette.

IV.2. Mise en perspective avec les perceptions des professionnels

Les entretiens ont mis en évidence qu'une démarche de durabilité est déjà largement engagée par les professionnels de la pêche TRL. La majorité des pêcheurs interrogés ont conscience des enjeux environnementaux et appliquent déjà un certain nombre de bonnes pratiques visant à maximiser les chances de survie des prises accessoires après leur remise à l'eau. Les programmes de marquage actuellement en cours devraient permettre de renforcer ces connaissances en apportant des données concrètes sur la survie post-relâche dans le contexte local de cette pêche.

Concernant la forme des hameçons, même si les hameçons J sont majoritairement utilisés aujourd'hui, la plupart des professionnels se déclarent prêts à adopter les hameçons C si leur efficacité est démontrée et garantie. Il n'est pas rare qu'ils expérimentent déjà par eux-mêmes, comme en témoigne la diversité des hameçons utilisés par les adhérents (photographie en ANNEXE XIX). Les perceptions positives vis-à-vis des hameçons C sont principalement liées à la réduction supposée du nombre de décrochages des espèces cibles, bien que cet effet n'ait pas été observé lors de notre expérimentation. L'argument du coût, parfois avancé comme frein, semble en réalité peu pertinent : dans le cadre de notre étude, les hameçons J utilisés étaient plus chers que les hameçons C équivalents chez le fournisseur privilégié des pêcheurs, *Mare Aperto*. Selon les modèles et les fournisseurs, les écarts de prix peuvent varier, mais sans représenter de surcoût majeur. Certaines réticences persistent toutefois, notamment en raison de la crainte d'une diminution des captures d'espadon ou de contraintes pratiques à bord.

Le rapport aux captures accessoires semble également évoluer : une partie des pêcheurs est déjà sensible à l'intérêt écologique de réduire les prises accessoires, mais d'autres restent à convaincre. La littérature scientifique et la présente étude montrant l'absence d'effet négatif sur les captures de thon rouge – voire une augmentation potentielle – pourrait constituer un argument clef pour supprimer certaines réticences concernant les hameçons C et améliorer le rapport coût/bénéfice perçu par les pêcheurs.

Au-delà de la question des hameçons, les entretiens révèlent un besoin fort de reconnaissance institutionnelle et commerciale des efforts déjà fournis au sein de la pêche. Certains professionnels regrettent que les bonnes pratiques ou l'utilisation régulière d'outils comme ECHOSEA© ne soient pas plus valorisées, ce qui peut conduire à un sentiment de démotivation. Toutefois, la mise en place d'un système de valorisation différenciée peut être jugée complexe, car elle pourrait être discriminante pour ceux qui maîtrisent moins les outils numériques, le cœur du métier de pêcheur restant d'« *aller en mer* » comme le soulignent certains.

Pour encourager les efforts, un accompagnement économique pourrait être envisagé, au travers de la fourniture de matériel, d'une meilleure valorisation des captures, ou d'un ajustement des quotas. L'implication renforcée dans les projets scientifiques est également primordiale dans la pêche car elle est déjà perçue par plusieurs pêcheurs comme une forme d'engagement dans la durabilité, tout en apportant un enrichissement personnel et professionnel. Favoriser la collaboration continue et généralisée entre pêcheurs et scientifiques apparaît ainsi comme un levier central pour maximiser les connaissances, renforcer la confiance mutuelle et favoriser l'adhésion aux mesures de conservation.

IV.3. Limites et perspectives

Cette étude présente plusieurs limites qui sont à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

Tout d'abord, le nombre de marées échantillonnées reste faible ($n=9$), ce qui réduit la robustesse statistique des analyses. D'autres marées expérimentales sur les hameçons C ($n = 10$) sont prévues dans le cadre du projet PROTECT-MED afin de renforcer ces résultats préliminaires et de disposer de données plus complètes pour les tests statistiques.

Ensuite, l'expérimentation a été réalisée à bord d'un seul navire. Ce choix permet d'assurer une homogénéité dans la mise en œuvre du protocole mais il ne garantit pas une représentativité complète de l'ensemble de la pêche palangrière au thon rouge. De même, la zone d'étude couvrait uniquement une portion restreinte du golfe du Lion, alors que les navires de la flotte opèrent sur un espace beaucoup plus étendu.

La répartition temporelle des marées constitue également une limite : l'échantillonnage n'a été réalisé que sur trois mois (mars-avril-mai), en dehors de la période de prédominance de certaines espèces accessoires comme les raies et les requins, plutôt présents en été d'après le rapport POBLEU (SATHOAN 2023). Cela n'a pas permis d'explorer pleinement l'effet de facteurs saisonniers sur les captures.

Au niveau du protocole expérimental, certaines améliorations pourraient être envisagées pour de futures expérimentations. Par exemple, le recensement des « *bite-offs* », actuellement non quantifiés, pourrait être intégré pour permettre de mieux estimer les CPUE des requins notamment. Le projet SMARTSNAP1, mené par le CNRS en partenariat avec l'IFREMER, COOLO et la SATHOAN vise d'ailleurs à identifier l'espèce capturée sur chaque hameçon alors que la ligne est encore immergée, ce qui permettrait une meilleure prise en charge des captures accessoires et une connaissance accrue de leur occurrence (Nieblas et al. 2023).

Au niveau de l'analyse des données, le choix de l'unité statistique (opération de pêche, panier ou hameçon) constitue un autre point de discussion. L'analyse au niveau de l'hameçon pourrait fournir une précision accrue, mais impliquerait des contraintes logistiques plus importantes et des possibilités d'erreurs augmentées pour l'observateur embarqué, notamment lors de conditions de mer difficiles.

Conclusion

La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'efficacité et l'acceptabilité des hameçons circulaires en tant que dispositifs de réduction des captures accidentelles de la pêche « Thon rouge de ligne – pêche artisanale » opérant à l'hameçon dans le golfe du Lion. En combinant une approche expérimentale en mer et des entretiens auprès des pêcheurs, cette étude visait à documenter à la fois les effets biologiques et techniques de ces hameçons, et leur acceptabilité socioprofessionnelle dans le cadre du projet LIFE Espèces Marines Mobiles.

Les hameçons circulaires, qui sont déjà largement répandus dans le monde, sont connus des pêcheurs de la flottille concernée. Plus de la moitié des pêcheurs interrogés en utilisent de manière régulière, seuls ou en combinaison avec des hameçons droits. Ils sont appréciés pour leur capacité apparente à réduire les taux de « décrochage » des thons, facteur directement lié à la rentabilité économique. Une faible part des pêcheurs y sont tout de même réticents, en particulier vis-à-vis d'une potentielle baisse des captures d'espadon ou de contraintes pratiques d'utilisation. Les perceptions montrent que l'acceptabilité de ces dispositifs est globalement bonne mais conditionnée à des garanties d'efficacité et à un accompagnement adapté, notamment une meilleure valorisation des bonnes pratiques déjà en place.

Cependant, l'expérimentation en mer n'a mis en évidence aucune différence significative de capturabilité ou de composition spécifique des prises selon le type d'hameçon pour toutes les espèces. Une tendance non significative à une réduction des captures de raies avec les hameçons circulaires a toutefois été observée, rejoignant certaines études antérieures.

Les captures étaient largement dominées par le thon rouge (près de 70% en nombre), suivi des raies pastenagues violettes. Le faible nombre de captures des autres espèces (6 requins peau bleue, 9 poissons-lunes et 3 espadons) empêche toutefois d'établir des conclusions robustes les concernant. Le faible nombre d'opérations de pêche et leur forte hétérogénéité soulignent la nécessité d'augmenter l'effort d'échantillonnage afin de détecter un éventuel effet du type d'hameçon sur la capture, potentiellement masqué ici par des variables environnementales ou techniques (température, temps de trempage). Des expérimentations complémentaires sont prévues dans le cadre du projet PROTECT-MED pour consolider ces résultats.

En revanche, les hameçons circulaires se sont montrés efficaces pour réduire significativement les hameçonnages internes chez le thon rouge, et probablement chez la raie pastenague violette. Cet effet se traduit par une diminution des mortalités à la remontée pour le thon rouge, directement liées aux hameçonnages internes. Un individu remonté vivant a expérimenté moins de stress et de blessures, ce qui est gage d'une meilleure qualité de chair. Les hameçons circulaires présentent donc un double bénéfice : écologique, en limitant les blessures internes et en favorisant le bon traitement des individus capturés (cibles et accessoires), et économique, en améliorant la qualité des thons débarqués.

La quasi-totalité des captures accessoires ont été remontées puis relâchées vivantes et en bon état apparent, conformément aux bonnes pratiques définies dans le cahier des charges TRL. Des résultats de projets de marquage antérieurs et en cours suggèrent des taux de survie post-relâche élevés, notamment pour les raies, requins et poissons-lunes relâchés vivants. Cela renforce l'intérêt des hameçons circulaires comme outil de mitigation indirect, d'autant plus que l'enquête a révélé une conscience des enjeux de durabilité assez forte dans la pêche avec des bonnes pratiques déjà bien ancrées concernant les espèces sensibles.

En conclusion, cette étude met en évidence que les hameçons circulaires ne modifient pas la capturabilité globale dans la pêche TRL mais constituent un levier prometteur pour réduire les blessures internes et améliorer la survie post-relâche des espèces capturées. Leur adoption pourrait donc contribuer à renforcer la durabilité écologique de la pêche tout en apportant des bénéfices économiques potentiels aux pêcheurs. Cela est particulièrement intéressant dans un contexte réglementaire en évolution rapide, à l'échelle nationale comme européenne. En effet, les exigences en matière de protection du milieu marin s'intensifient (loi européenne sur la restauration de la Nature, ARP dans les zones Natura2000, ZPF...) et les pêcheries doivent s'adapter et redoubler d'efforts pour allier pêche et préservation.

Cependant les hameçons circulaires ne sont qu'un petit maillon de cette dynamique. Plus généralement, il apparaît primordial de poursuivre les travaux scientifiques pour améliorer les connaissances sur les espèces sensibles et sur leur survie post-relâche dans le golfe du Lion, en lien notamment avec les exigences du Plan d'amélioration de la certification MSC de la pêche TRL. Cette amélioration continue passe par le maintien voire une intensification d'une démarche collaborative entre scientifiques et professionnels, au travers par exemple d'une intensification de la sensibilisation des professionnels, de formations ou de plus nombreux suivis embarqués par des observateurs. L'objectif n'est pas ici de surveiller ou de sanctionner, mais bien au contraire d'encourager les bonnes pratiques en valorisant l'investissement des professionnels. Cela permet à la fois de susciter leur intérêt pour les projets de préservation en cours, et de rendre par conséquent ces derniers plus efficaces. Par exemple, l'utilisation généralisée d'ECHOSEA® à toute la pêche permet de renforcer les données sur les espèces sensibles tout en impliquant progressivement tous les adhérents : la plupart se sont pleinement approprié l'outil, et les plus réticents aux outils technologiques y arrivent également, plus progressivement, mais sûrement !

Ainsi, la mise en place de solutions concrètes pour l'avenir de la pêche TRL - et celui de nombreuses pêcheries françaises - passe d'abord par la co-construction de mesures adaptées, qui doivent surtout être acceptées pour être réellement efficaces et ancrées dans la réalité de terrain.

Bibliographie

AFONSO, André S., SANTIAGO, Renato, HAZIN, Humberto et HAZIN, Fábio H. V., 2012. Shark bycatch and mortality and hook bite-offs in pelagic longlines: Interactions between hook types and leader materials. *Fisheries Research*. 1 novembre 2012. Vol. 131-133, pp. 9-14. DOI 10.1016/j.fishres.2012.07.001.

AIRES-DA-SILVA, Alexandre M. et GALLUCCI, Vincent F., 2007. Demographic and risk analyses applied to management and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Marine and Freshwater Research*. 29 juin 2007. Vol. 58, n° 6, pp. 570-580. DOI 10.1071/MF06156.

BRAUN, Virginia et CLARKE, Victoria, 2006. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*. janvier 2006. Vol. 3, pp. 77-101. DOI 10.1191/1478088706qp0630a.

BROOKS, Mollie, E., KRISTENSEN, Kasper, BENTHEM, Koen, J., van, MAGNUSSON, Arni, BERG, Casper, W., NIELSEN, Anders, SKAUG, Hans, J., MÄCHLER, Martin et BOLKER, Benjamin, M., 2017. glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*. 2017. Vol. 9, n° 2, pp. 378. DOI 10.32614/RJ-2017-066.

BURNS, Anthony et KERSTETTER, David, 2022. A Comparison of Circle and J Hook Performance Within the Grenadian Pelagic Longline Fishery. *Caribbean Journal of Science*. octobre 2022. Vol. 52. DOI 10.18475/cjos.v52i2.a6.

CAMIÑAS, Juan A., BÁEZ, José C., VALEIRAS, Xulio et REAL, Raimundo, 2006. Differential loggerhead by-catch and direct mortality due to surface longlines according to boat strata and gear type. *Scientia Marina*. 30 décembre 2006. Vol. 70, n° 4, pp. 661-665. DOI 10.3989/scimar.2006.70n4661.

CAMPANA, Steven E., JOYCE, Warren, FOWLER, Mark et SHOWELL, Mark, 2016. Discards, hooking, and post-release mortality of porbeagle (*Lamna nasus*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and blue shark (*Prionace glauca*) in the Canadian pelagic longline fishery. *ICES Journal of Marine Science*. 1 février 2016. Vol. 73, n° 2, pp. 520-528. DOI 10.1093/icesjms/fsv234.

CAMPANA, Steven E., JOYCE, Warren et MANNING, Michael J., 2009. Bycatch and discard mortality in commercially caught blue sharks *Prionace glauca* assessed using archival satellite pop-up tags. *Marine Ecology Progress Series*. 2009. N° 387, pp. 241-253. DOI 10.3354/meps08109.

CARBONARA, Pierluigi, PRATO, Giulia, NIEDERMÜLLER, Simone, ALFONSO, Sébastien, NEGLIA, Cosmidano, DONNALOIA, Marilena, LEMBO, Giuseppe et SPEDICATO, Maria Teresa, 2023. Mitigating effects on target and by-catch species fished by drifting longlines using circle hooks in the South Adriatic Sea (Central Mediterranean). *Frontiers in Marine Science* [en ligne]. 3 mars 2023. Vol. 10. DOI 10.3389/fmars.2023.1124093. Disponible à l'adresse : <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2023.1124093/full>

CARPENTIERI, Paolo, NASTASI, Aurora, SESSA, Margherita et SROUR, Abdellah, 2021. *Incidental catch of vulnerable species in Mediterranean and Black Sea fisheries - A review* [en ligne]. Rome : FAO. Studies and Reviews, No. 101. ISBN 978-92-5-134631-0. Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb5405en>

CASALE, Paolo, 2011. Sea turtle by-catch in the Mediterranean. *Fish and Fisheries*. 2011. Vol. 12, n° 3, pp. 299-316. DOI 10.1111/j.1467-2979.2010.00394.x.

COOKE, S.j. et SUSKI, C.d., 2004. Are circle hooks an effective tool for conserving marine and freshwater recreational catch-and-release fisheries? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2004. Vol. 14, n° 3, pp. 299-326. DOI 10.1002/aqc.614.

CURRAN, Daniel et BIGELOW, Keith, 2011. Effects of circle hooks on pelagic catches in the Hawaii-based tuna longline fishery. *Fisheries Research*. 1 mai 2011. Vol. 109, n° 2, pp. 265-275. DOI 10.1016/j.fishres.2011.02.013.

DULVY, Nicholas K, FOWLER, Sarah L, MUSICK, John A, CAVANAGH, Rachel D, KYNE, Peter M, HARRISON, Lucy R, CARLSON, John K, DAVIDSON, Lindsay NK, FORDHAM, Sonja V, FRANCIS, Malcolm P, POLLOCK, Caroline M, SIMPFENDORFER, Colin A, BURGESS, George H, CARPENTER, Kent E, COMPAGNO, Leonard JV, EBERT, David A, GIBSON, Claudine, HEUPEL, Michelle R, LIVINGSTONE, Suzanne R, SANCIANGCO, JonneII C, STEVENS, John D, VALENTI, Sarah et WHITE, William T, 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. BALDWIN, Ian T (éd.), *eLife*. 21 janvier 2014. Vol. 3, pp. e00590. DOI 10.7554/eLife.00590.

ELLIS, J. R., MCCULLY PHILLIPS, S. R. et POISSON, F., 2017. A review of capture and post-release mortality of elasmobranchs. *Journal of Fish Biology*. mars 2017. Vol. 90, n° 3, pp. 653-722. DOI 10.1111/jfb.13197.

FAO, 2011. *Outcomes of the International Circle Hook Symposium, Coral Gables, USA, May 2011* [en ligne]. 2011. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible à l'adresse : <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/08e5e3df-d769-4dee-b697-3951e134152f/content>

FAO, 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation* [en ligne]. Rome : FAO. ISBN 978-92-5-136364-5. Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en>

FAUCONNET, Laurence, MORATO, Telmo, DAS, Diya, CATARINO, Diana, FONTES, Jorge, GIACOMELLO, Eva et AFONSO, Pedro, 2024. First assessment of circle hooks as bycatch mitigation measure for deep-water sharks on longline fisheries. *Fisheries Research*. 1 février 2024. Vol. 270, pp. 106877. DOI 10.1016/j.fishres.2023.106877.

FRANCE, 2019. Arrêté du 9 septembre 2019 relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000039130954>

FRANCE, 2025. Arrêté du 12 août 2025 modifiant l'arrêté du 20 février 2025 établissant les modalités de répartition du quota de thon rouge (*Thunnus thynnus*) accordé à la France pour la zone « océan Atlantique à l'est de la longitude 45° O et Méditerranée » pour l'année 2025 [en ligne]. 14 août 2025. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFSCA000052097369>

FROMENTIN, Jean-Marc et LOPUSZANSKI, Daniel, 2014. Migration, residency, and homing of bluefin tuna in the western Mediterranean Sea. *Ices Journal Of Marine Science*. 1 mars 2014. Vol. 71, n° 3, pp. 510-518. DOI 10.1093/icesjms/fst157.

FROMENTIN, Jean-Marc et POWERS, Joseph E, 2005. Atlantic bluefin tuna: population dynamics, ecology, fisheries and management. *Fish and Fisheries*. décembre 2005. Vol. 6, n° 4, pp. 281-306. DOI 10.1111/j.1467-2979.2005.00197.x.

GENOVART, Meritxell, ARCOS, José Manuel, ÁLVAREZ, David, MCMINN, Miguel, MEIER, Rhiannon, B. WYNN, Russell, GUILFORD, Tim et ORO, Daniel, 2016. Demography of the critically endangered Balearic shearwater: the impact of fisheries and time to extinction. *Journal of Applied Ecology*. 2016. Vol. 53, n° 4, pp. 1158-1168. DOI 10.1111/1365-2664.12622.

GILMAN, E, MURUA, H et CHALOUPKA, M, 2024. 2024-04 : Inputs for Comprehensive Bycatch Management Strategy Evaluation in Tuna Fisheries [en ligne]. Pittsburgh, PA, USA : International Seafood Sustainability Foundation. ISSF Technical Report. Disponible à l'adresse : <https://www.iattc.org/getattachment/5a97cd61-747d-4f5d-87ff-078e4f291eb2/ISSF-Inputs-Comprehensive-Bycatch-Mgmt-Strategy-Evaluation-Tuna-Fisheries.pdf?lang=en-US>

GILMAN, Eric, CHALOUPKA, Milani, BENAKA, Lee, BOWLBY, Heather, FITCHETT, Mark, KAISER, Michel et MUSYL, Michael, 2022. Phylogeny explains capture mortality of sharks and rays in pelagic longline fisheries: A global meta-analytic synthesis. *Scientific Reports*. octobre 2022. Vol. 12. DOI 10.1038/s41598-022-21976-w.

GILMAN, Eric L., SWIMMER, Yonat, PIOVANO, Susanna et CHALOUPKA, Milani, 2015. A cross-taxa assessment of pelagic longline by-catch mitigation measures: Conflicts and mutual benefits to elasmobranchs. *Fish and Fisheries* [en ligne]. 2015. Vol. 17, n° 3. DOI 10.1111/faf.12143. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/285574308_A_cross-taxa_assessment_of_pelagic_longline_by-catch_mitigation_measures_Conflicts_and_mutual_benefits_to_elasmobranchs

GUYADER, O., BERTHOU, P., KOUTSIKOPOULOS, C., ALBAN, F., DEMANÈCHE, S., GASPAR, M.B., ESCHBAUM, R., FAHY, E., TULLY, O., REYNAL, L., CURTIL, O., FRANGOUEDES, K. et MAYNOU, F., 2013. Small scale fisheries in Europe: A comparative analysis based on a selection of case studies. *Fisheries Research*. février 2013. Vol. 140, pp. 1-13. DOI 10.1016/j.fishres.2012.11.008.

HUANG, Hsiang-Wen, SWIMMER, Yonat, BIGELOW, Keith, GUTIERREZ, Alexis et FOSTER, Daniel G., 2016. Influence of hook type on catch of commercial and bycatch species in an Atlantic tuna fishery. *Marine Policy*. 1 mars 2016. Vol. 65, pp. 68-75. DOI 10.1016/j.marpol.2015.12.016.

ICCAT, 2019. Report of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS) [en ligne]. Madrid. [Consulté le 25 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2019/REPORTS/2019_SCRS_ENG.pdf

ICCAT, 2022a. Recommendation by ICCAT establishing a management procedure for Atlantic bluefin tuna to be used for both the Western Atlantic and Eastern Atlantic and Mediterranean management areas (Rec. 22-09) [en ligne]. Madrid, Spain : International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT). Disponible à l'adresse : <https://www.iccat.int/Documents/Recs/compendiopdf-e/2022-09-e.pdf>

ICCAT, 2022b. Recommendation (22-12) by ICCAT on the bycatch of sea turtles caught in association with ICCAT fisheries (combine, streamline, and amend recommendations 10-09 and 13-11) [en ligne]. Madrid, Spain : International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT). Disponible à l'adresse : <https://www.iccat.int/Documents/Recs/compendiopdf-e/2022-12-e.pdf>

ICCAT, 2023. Report of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS) [en ligne]. Madrid. Disponible à l'adresse : https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2023/REPORTS/2023_SCRS_ENG.pdf

ICCAT, 2024. Rapport ICCAT 2024-2025 (I) – Résumé exécutif BFT-E [en ligne]. Madrid. Disponible à l'adresse : https://www.iccat.int/Documents/SCRS/ExecSum/BFT_E_FRA.pdf

KERSTETTER, D. W. et GRAVES, J. E., 2006. Effects of circle versus J-style hooks on target and non-target species in a pelagic longline fishery. *Fisheries Research*. 1 septembre 2006. Vol. 80, n° 2, pp. 239-250. DOI 10.1016/j.fishres.2006.03.032.

KNOTEK, R. J., FRAZIER, B. S., DALY-ENGEL, T. S., WHITE, C. F., BARRY, S. N., CAVE, E. J. et WHITNEY, N. M., 2022. Post-release mortality, recovery, and stress physiology of blacknose sharks, *Carcharhinus acronotus*, in the Southeast U.S. recreational shark fishery. *Fisheries Research*. 1 octobre 2022. Vol. 254, pp. 106406. DOI 10.1016/j.fishres.2022.106406.

LEWISON, Rebecca L., CROWDER, Larry B., MOORE, Jeffrey E., COX, Tara, CARL, Safina et MOORE, 2014. Global patterns of marine mammal, seabird, and sea turtle bycatch reveal taxa-specific and cumulative megafauna hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. pp. 5271-5276.

LINDKVIST, Emilie, PELLOWE, Kara E., ALEXANDER, Steven M., DRURY O'NEILL, Elizabeth, FINKBEINER, Elena M., GIRÓN-NAVA, Alfredo, GONZÁLEZ-MON, Blanca, JOHNSON, Andrew F., PITTMAN, Jeremy, SCHILL, Caroline, WIJERMANS, Nanda, BODIN, Örjan, GELCICH, Stefan et GLASER, Marion, 2022. Untangling social-ecological interactions: A methods portfolio approach to tackling contemporary sustainability challenges in fisheries. *Fish and Fisheries*. 2022. Vol. 23, n° 5, pp. 1202-1220. DOI 10.1111/faf.12678.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES, 2022. *Document stratégique de façade Méditerranée – Synthèse du plan d'action 2022-2027* [en ligne]. 2022. Préfet maritime de la Méditerranée & Préfet de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Disponible à l'adresse : <https://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/document-strategique-de-facade-mediterranee-r335.html>

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES, 2024. *Guide technique relatif à la mise en œuvre des analyses de risque des activités de pêche de porter atteinte aux objectifs de conservation des sites Natura 2000* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : <https://www.natura2000.fr/analyse-risque-natura-2000-peche-professionnelle>

MUIÑO, Ramón, FREIRE, Juan et MINGOZZI, Toni, 2012. Effects of Small (13/0) Circle Hooks on Loggerhead Sea Turtle Bycatch in a Small-Scale, Italian Pelagic Longline Fishery. *Bulletin of Marine Science*. 1 juillet 2012. Vol. 88, n° 3, pp. 719-730. DOI 10.5343/bms.2011.1041.

NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE (NOAA), 2004. *Biological Opinion on the Pelagic Longline Fishery for Atlantic Highly Migratory Species: Requirement of circle hooks ($\geq 16/0$)* [en ligne]. Washington, D.C. : U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponible à l'adresse : https://media.fisheries.noaa.gov/dam-migration/biological_opinion_on_the_pelagic_longline_fishery_for_atlantic_highly_migratory_species-508.pdf

NIEBLAS, AE, ROUYER, T., BONHOMMEAU, S., BOYER, A., CHANNUT, J., DERRIDJ, O., BRISSET, B., EVANO, H., WENDLING, B., BOGUAIS, A., PERESSINOTTI, K. et KERZERHO, V., 2023. SMARTSNAP: A new device to aid in the reduction of bycatch mortality in longline fisheries. In : *19th Working Party on Ecosystems and Bycatch (WPEB19)* [en ligne]. IOTC – Indian Ocean Tuna Commission. 2023. Disponible à l'adresse : https://www.bmis-bycatch.org/system/files/zotero_attachments/library_1/55PVZEKY%20-%20Ae%20-%20SMARTSNAP%20A%20new%20device%20to%20aid%20in%20the%20reduction%20of.pdf

OFB, 2022. Le projet LIFE Espèces marines mobiles. [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.ofb.gouv.fr/le-projet-life-especes-marines-mobiles>

OLIVER, Shelby, BRACCINI, Matias, NEWMAN, Stephen J. et HARVEY, Euan S., 2015. Global patterns in the bycatch of sharks and rays. *Marine Policy*. 1 avril 2015. Vol. 54, pp. 86-97. DOI 10.1016/j.marpol.2014.12.017.

PACHECO, J. C., KERSTETTER, D. W., HAZIN, F. H., HAZIN, Humberto, SEGUNDO, R. S. S. L., GRAVES, J. E., CARVALHO, F. et TRAVASSOS, P. E., 2011. A comparison of circle hook and J hook performance in a western equatorial Atlantic Ocean pelagic longline fishery. *Fisheries Research*. 1 janvier 2011. Vol. 107, n° 1, pp. 39-45. DOI 10.1016/j.fishres.2010.10.003.

PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2019. *Règlement (UE) 2019/1154 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 relatif à un programme pluriannuel de rétablissement du stock d'espadon de la Méditerranée et modifiant le règlement (CE) n° 1967/2006 du Conseil et le règlement (UE) 2017/2107 du Parlement européen et du Conseil* [en ligne]. JO L 188/1 du 12.7.2019, p. 1–9. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1154>

PIOVANO, Susanna, CLÒ, Simona et GIACOMA, Cristina, 2010. Reducing longline bycatch: The larger the hook, the fewer the stingrays. *Biological Conservation*. 1 janvier 2010. Vol. 143, n° 1, pp. 261-264. DOI 10.1016/j.biocon.2009.10.001.

PIOVANO, Susanna, SWIMMER, Yonat et GIACOMA, Cristina, 2009. Are circle hooks effective in reducing incidental captures of loggerhead sea turtles in a Mediterranean longline fishery? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2009. Vol. 19, n° 7, pp. 779-785. DOI 10.1002/aqc.1021.

POISSON, François, ELLIS, Jim R. et MCCULLY PHILLIPS, Sophy R., 2024. *Preliminary Insights on the Habitat Use and Vertical Movements of Pelagic Stingray (Pteroplatytrygon violacea) in the Western Mediterranean Sea* [en ligne]. 30 mai 2024. Biology and Life Sciences. Disponible à l'adresse : <https://www.preprints.org/manuscript/202405.2055/v1>

R CORE TEAM, 2023. *R: A language and environment for statistical computing* [en ligne]. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse : <https://www.R-project.org/>

REINHARDT, James F., WEAVER, Jennifer, LATHAM, Pamela J., DELL'APA, Andrea, SERAFY, Joseph E., BROWDER, Joan A., CHRISTMAN, Mary, FOSTER, Daniel G. et BLANKINSHIP, David R., 2017. Catch rate and at-vessel mortality of circle hooks versus J-hooks in pelagic longline fisheries: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*. 2017. Vol. 19, n° 3, pp. 545-561.

ROSA, D, SANTOS, C C et COELHO, R, 2020. Assessing the effects of hook, bait and leader type as potential mitigation measures to reduce bycatch and mortality rates of shortfin mako: a meta-analysis with comparisons for target, bycatch and vulnerable fauna interactions. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*. 2020. Vol. 76, n° 10, pp. 247-278.

ROUYER, Tristan, BONHOMMEAU, Sylvain, BAL, Guillaume, DERRIDJ, Olivier, FROMENTIN, Jean-Marc, BAL, Guillaume, DERRIDJ, Olivier et FROMENTIN, Jean-Marc, 2021. The environment drives Atlantic bluefin tuna availability in the Gulf of Lions. *Fisheries Oceanography*. 1 septembre 2021. Vol. 30, n° 5, pp. 490-498. DOI 10.1111/fog.12532.

ROUYER, Tristan, LANDREAU, A., DERRIDJ, O., BONHOMMEAU, S., FREJAFOND, R., WENDLING, B. et KERZERHO, V., 2025. First long-term trajectory of an ocean sunfish (*MOLA MOLA* L .) from the northwestern Mediterranean. *Journal of Fish Biology*. mai 2025. Vol. 106, n° 5, pp. 1668-1672. DOI 10.1111/jfb.15831.

SANTOS, Catarina C., ROSA, Daniela, GONÇALVES, Jorge M. S. et COELHO, Rui, 2024. A review of reported effects of pelagic longline fishing gear configurations on target, bycatch and vulnerable species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2024. Vol. 34, n° 1, pp. e4027. DOI 10.1002/aqc.4027.

SATHOAN, 2023. Synthèse du projet POBLEU. [en ligne]. 2023. [Consulté le 25 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://sathoan.fr/wp-content/uploads/2023/08/3volets_POBLEU_NUM.pdf

SATHOAN, 2025a. Les pêcheries | Sathoan. *Site officiel de la SATHOAN* [en ligne]. 2025. [Consulté le 25 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://sathoan.fr/les-pecheries/>

SATHOAN, 2025b. *Recapitulatif des projets : sélectivité de la pêche de thon rouge de Méditerranée* [en ligne]. 2025. Disponible à l'adresse : https://sathoan.fr/wp-content/uploads/2025/06/Recapitulatif-projets-pecherie-thon-rouge_juin25-1.pdf

SHARMA, Rishi, BARANGE, Manuel, AGOSTINI, Vera, BARROS, Pedro, GUTIÉRREZ, Nicolás L., MARCELO VASCONCELLOS, DIANA FERNÁNDEZ REGUERA, CÉLINE TIFFAY, et POLINA LEVONTIN, 2025. 721 : *Review of the state of world marine fishery resources – 2025* [en ligne]. Rome : FAO. FAO Fisheries and aquaculture technical paper. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.4060/cd5538en>

SIEBEN, Chrissie, GASCOIGNE, Jo et CLERS, Sophie des, 2020. *Marine Stewardship Council (MSC) Public Certification Report: SATHOAN French Mediterranean Bluefin tuna artisanal longline and handline fishery* [en ligne]. Lymington, United Kingdom : Control Union UK Ltd. Disponible à l'adresse : <https://fisheries.msc.org/en/fisheries/sathoan-french-mediterranean-bluefin-tuna-artisanal-longline-and-handline-fishery/@assessments>

SIMS, David, FOWLER, Sarah, FERRETTI, Francesco et STEVENS, J. D., 2016. *Prionace glauca* (Mediterranean assessment). *IUCN Red List of Threatened Species* [en ligne]. 25 mars 2016. Disponible à l'adresse : <https://www.iucnredlist.org/en>

THON ROUGE DE LIGNE, 2025. Site officiel de la marque collective Thon rouge de ligne. *Thon Rouge de ligne* [en ligne]. 2025. Disponible à l'adresse : <https://www.thonrougedeligne.com/>

UICN COMITÉ FRANÇAIS, 2022. *Les zones de protection forte en mer : enjeux et perspectives de renforcement de la protection des eaux françaises métropolitaines* [en ligne]. UICN Comité français. Disponible à l'adresse : https://uicn.fr/wp-content/uploads/2022/11/zpf_metropole_cfuicn-2.pdf

UNION EUROPÉENNE, 2024. *Règlement du Parlement européen et du Conseil relatif à la restauration de la nature et modifiant le règlement (UE) 2022/869* [en ligne]. juin 2024. Bruxelles : Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Disponible à l'adresse : <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-74-2023-REV-1/fr/pdf>

WARD, Peter, EPE, Sheree, KREUTZ, David, LAWRENCE, Emma, ROBINS, Carolyn et SANDS, Annette, 2009. The effects of circle hooks on bycatch and target catches in Australia's pelagic longline fishery. *Fisheries Research*. 1 mai 2009. Vol. 97, n° 3, pp. 253-262. DOI 10.1016/j.fishres.2009.02.009.

WARD, Peter, MYERS, Ransom et BLANCHARD, Wade, 2005. Fish lost at sea: The effect of soak time on pelagic longline catches. *Fish. Bull.* septembre 2005. Vol. 102.

WATSON, John W, EPPERLY, Sheryan P, SHAH, Arvind K et FOSTER, Daniel G, 2005. Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. mai 2005. Vol. 62, n° 5, pp. 965-981. DOI 10.1139/f05-004.

YOKOTA, Kosuke, KIYOTA, Masashi et MINAMI, Hiroshi, 2006. Shark catch in a pelagic longline fishery: Comparison of circle and tuna hooks. *Fisheries Research*. 1 novembre 2006. Vol. 81, n° 2, pp. 337-341. DOI 10.1016/j.fishres.2006.08.006.

YOUNG, Juliette C., ROSE, David C., MUMBY, Hannah S., BENITEZ-CAPISTROS, Francisco, DERRICK, Christina J., FINCH, Tom, GARCIA, Carolina, HOME, Chandrima, MARWAHA, Esha, MORGANS, Courtney, PARKINSON, Stephen, SHAH, Jay, WILSON, Kerrie A. et MUKHERJEE, Nibedita, 2018. A methodological guide to using and reporting on interviews in conservation science research. *Methods in Ecology and Evolution*. janvier 2018. Vol. 9, n° 1, pp. 10-19. DOI 10.1111/2041-210X.12828.

Annexes

ANNEXE I. PHOTOGRAPHIE DES CAPTEURS DE TEMPÉRATURE ET DE PROFONDEUR STAR ODDI



ANNEXE II. FICHE MARÉE A REMPLIR PAR L'OBSERVATEUR EMBARQUÉ

ID Marée :

FICHE MARÉE		Date marée	Observateur	
		Type marée / Projet	Nom du navire	
		Départ (Lieu, Heure)	Immatriculation	
		Retour (Lieu, Heure)	Puissance (kW)	
		Zone de pêche	Nombre de personnes à bord	
	N° OP	OP 1	OP 2	OP 3
Conditions environnementales	Etat de la mer (0 à 9)			
	Force vent (0 à 12)			
	Turbidité (CL, TU)			
Hameçons / ligne	Nombre hameçons (J et C)			
	Taille hameçon			
	Nombre flotteurs/ longueur orin			
	Nombre hameçons/basket			
	Lestage ?			
	Cyallumes ?			
	Longueur avinçon			
Appâts	Type & diamètre ligne mère			
	Espèce			
Filage	Position ancrage hameçon			
	Luminosité (J, N, TN, LJ)			
	Début filage (heure, GPS)			
	Fin de filage (heure, GPS)			
Virage	Vitesse moyenne (nœuds)			
	Luminosité (J, N, TN, LJ)			
	Sens : début ou fin de palangre			
	Début virage (heure, GPS)			
	Fin de virage (heure, GPS)			
Captures BFT	Vitesse moyenne (nœuds)			
	Nombre BFT capturés et remontés			
	Nombre BFT capturés et non remontés			
Commentaires				

ID Marée :

[illegible]

ID Marée :

[illegible]

ANNEXE III. PLAN DE LIGNE À REMPLIR PAR L'OBSERVATEUR EMBARQUÉ

1J 2C 3J 4C 5J 6C 7J 8C 9J 10C

11J 12C 13J 14C 15J 16C 17J 18C 19J 20C

21J 22C 23J 24C 25J 26C 27J 28C 29J 30C

31J 32C 33J 34C 35J 36C 37J 38C 39J 40C

41J 42C 43J 44C 45J 46C 47J 48C 49J 50C

51J 52C 53J 54C 55J 56C 57J 58C 59J 60C

61J 62C 63J 64C 65J 66C 67J 68C 69J 70C

71J 72C 73J 74C 75J 76C 77J 78C 79J 80C

81J 82C 83J 84C 85J 86C 87J 88C 89J 90C

91J 92C 93J 94C 95J 96C 97J 98C 99J 100C

101J 102C 103J 104C 105J 106C 107J 108C 109J 110C

111J 112C 113J 114C 115J 116C 117J 118C 119J 120C

121J 122C 123J 124C 125J 126C 127J 128C 129J 130C

131J 132C 133J 134C 135J 136C 137J 138C 139J 140C

ANNEXE IV. LISTE DES CHAMPS RENSEIGNÉS DANS LA BASE DE DONNÉES LORS DE CHAQUE MARÉE

Liste des champs décrivant la marée

- Date, lieu/heure de départ/retour, durée
- Nom de l'observateur, projet concerné
- Navire : Immatriculation, nom, code engin, puissance, nombre de personnes à bord

Liste des champs décrivant l'opération de pêche

- Durée de l'opération
- Conditions environnementales : Houle, vent, zone pêche, turbidité, profondeur, température
- Hameçons posés : nombre, forme, taille
- Gréement : nombre de flotteurs, nombre d'hameçons par basket, longueur de la ligne mère, longueur de l'orin de bouée, longueur de l'avançon
- Appâts : Espèce, position de l'ancrage de l'hameçon
- Filage : heure début/fin, géolocalisation début/fin
- Virage : sens du virage, heure début/fin, géolocalisation début/fin
- Dérives de la palangre : à calculer selon les positions des bouées de début et de fin de palangre
- Nombre de thon rouges capturés (en poids et nombre)

Liste des champs décrivant chaque capture réalisée

- Code FAO, Nom, Type de capture (accidentelle ou non)
- Mesure de taille
- Poids (estimé par RTP ou réel avec déclaration de capture)
- Sexe si possible
- État à la sortie de l'eau (et à la remise à l'eau si capture accidentelle)
- Devenir de la capture
- Appât et hameçon associés
- Zone d'hameçonnage
- Traces éventuelles de captures et localisations
- Bagues (si oiseau bagué)
- (...)

ANNEXE V. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DES ANALYSES STATISTIQUES RÉALISÉES POUR LA COMPARAISON DE DIFFÉRENTS TYPES D'HAMEÇONS

Référence bibliographique	Analyses réalisées pour évaluer l'effet du type d'hameçon sur les variables suivantes :			
	Capture ou taux de capture	État à la sortie de l'eau / Probabilité de survie	Zone d'hameçonnage	Taille
(Yokota K. <i>et al.</i>, 2006) - Hameçons étudiés - Zone de l'étude - Espèces observées - Nombres d'OP, de navires	CPUE (/1000 hameçons) Factorial two-way ANOVA sur $\ln(\text{CPUE}+1)$ pour respecter la normalité <i>Vérification de l'homogénéité avec Bartlett's test</i>	Test du χ^2	-	One-way ANOVA
(Kerstetter D. W. & Graves J. E., 2006) - J/C - Ouest Atlantique (États-Unis) - Toutes espèces 85 OP (+30 000 hameçons), 1 navire	CPUE (/1000 hameçons) Paired t-test	Test de Cochran-Mantel-Haenszel χ^2 Odds ratios	Test de Cochran-Mantel-Haenszel χ^2	GLMs
(Ward P. <i>et al.</i>, 2009) - C/tuna hooks - Australie - Toutes espèces 76 OP (95 000 hameçons), 5 navires	Capture (0,1) Méthode 1 : Modèle de régression logistique conditionnelle pour chaque espèce pour analyser la probabilité de capture sur chaque espèce Méthode 2 : GLMs avec distribution binomiale de l'erreur pour analyser l'effet d'autres variables sur la performance des hameçons et comparer les résultats de l'effet hameçon avec la méthode 1	Fisher's exact test for count data	Fisher's exact test	Student's t-test on mean length
(Pacheco J. C. <i>et al.</i>, 2010) - J/C - Atlantique équatorial Ouest - Toutes les espèces 81 OP (+50 000 hameçons), 3 navires	CPUE (/1000 hameçons) One-factor ANOVA <i>Vérification de l'homostédasticité avec Bartlett's test et de la normalité avec Shapiro test</i> χ^2 goodness-of-fit test pour analyser la composition de la capture (sur la capture et pas la CPUE)	Test de Cochran-Mantel-Haenszel χ^2 Odds ratios	χ^2 goodness-of-fit test	Student's t-test on length frequency distribution
(Curran D. & Bigelow K., 2011) - J/C/tuna hook - Hawaï (pêcherie thonière) - Toutes les espèces 1393 OP (2M+ hameçons), 16 navires	Méthode 1 (différence de capture) : Test de randomisation sur la capture pour chaque espèce Méthode 2 (différence de taux de capture) : GLMMs sur la CPUE/1000hameçons avec distribution binomiale négative (plutôt que poisson d'après le critère AIC). Avec effets bateau, année/saison, zone (lat/long) et OP en variable de regroupement	Test χ^2 Odds ratios	-	One-way ANOVA après transformation log Test de Tukey sur les moyennes
(Cambiè G. <i>et al.</i>, 2012) - J/C - Mer Tyrrhénienne (Italie) - Tortues 13 OP (4600 hameçons au total), 1 navire	CPUE (/1000 hameçons) Wilcoxon signed ranks test	(GLMM pour proba de survie selon la taille)	Test χ^2 avec correction de continuité de Yates	One way ANOVA (si normalité et homogénéité de la variance vérifiée avec Levene's test)
(Hannan K. <i>et al.</i> 2013) - J/C - Golfe du Mexique 2 espèces de requins côtiers 53 OP avec C, 162 OP avec J	CPUE (/100 hameçons*heure) Two group comparison randomization technique (car beaucoup de 0)	-	-	Two tailed t-test (si normalité) Wilcoxon (si pas de normalité)
(Huang H. <i>et al.</i>, 2016) - J/C - Atlantique (Taïwan, pêcherie thonière)	CPUE (/1000 hameçons) Test de randomisation * (<i>Manly, 2007</i>)	Odds ratios	-	T-tests

• Toutes les espèces • 200 OP (= +400 000 hameçons), 1 navire				
(Carbonara P. et al., 2023) • J/C • Sud Adriatique • Toutes les espèces • 7 OP (1 navire)	CPUE (/1000 hameçons) pour chaque OP Wilcoxon's test (car petit échantillon n=7)	Wilcoxon's test	-	Wilcoxon's test
(Fauconnet F. et al., 2024) • J/C • Atlantique (Açores) • Requins profonds • 6 OP (environ 1000 hameçons / OP), 1 navire	CPUE (/1000 hameçons) Paired Student t-test <i>Vérification de la normalité avec Shapiro</i>	Pearson χ^2 test	Pearson χ^2 test avec correction de continuité de Yates	-

ANNEXE VI. ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNÉES DE L'EXPÉRIMENTATION

Observation de la composition de la capture totale

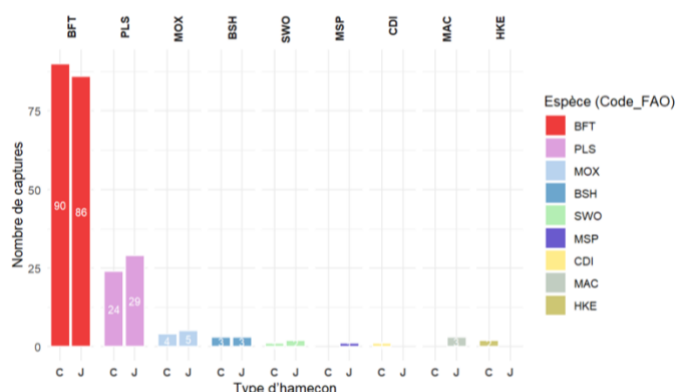


Figure 1. Nombre de captures totales par espèce et type d'hameçon

Sur toute l'expérimentation, les captures sont dominées par le Thon rouge (BFT) et dans une moindre mesure par les raies pastenagues violettes (PLS). Toutes les autres espèces sont présentes en nombre total trop faible ($n < 10$) pour pouvoir interpréter leur capturabilité de manière robuste. Ainsi, les analyses porteront principalement sur le thon rouge, la raie pastenague violette, et dans une moindre mesure sur le poisson lune (MOX) et le requin peau bleue (BSH). Les pourront aussi porter sur le groupe d'espèce « non ciblées » qui regroupe toutes les captures autres que le thon rouge.

Observation des captures par opération de pêche

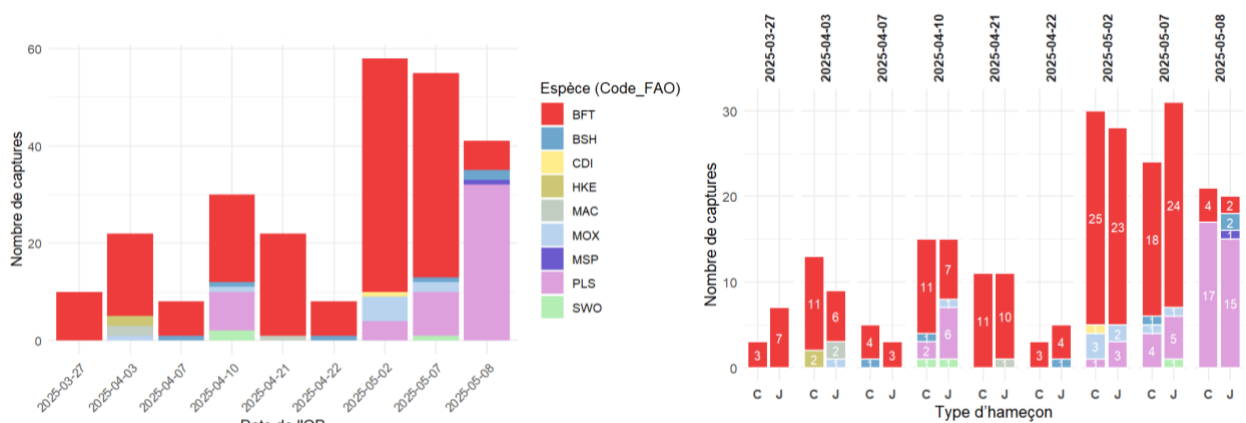


Figure 2. Nombre de capture OP, par espèce et par type d'hameçon (à droite)

Les captures réalisées dans chaque opération de pêche sont très variables. Les OP du 02/05 et du 07/05 concentrent à elles seules plus de 50% des captures de thon rouge réalisées sur toute l'expérimentation. De même, l'OP du 08/05 concentre plus de 60% des captures de raies pastenagues violettes. Un effet de la saison peut être soupçonné, avec plus de captures accessoires lorsque l'on s'approche de l'été, mais la plage temporelle étudiée ici (mars-mai), ne nous permet pas d'investiguer cet effet.

La forte hétérogénéité entre les OP au niveau de la composition et du nombre de captures doit être prise en compte dans l'analyse statistique.

Observation du temps de trempage par opération de pêche

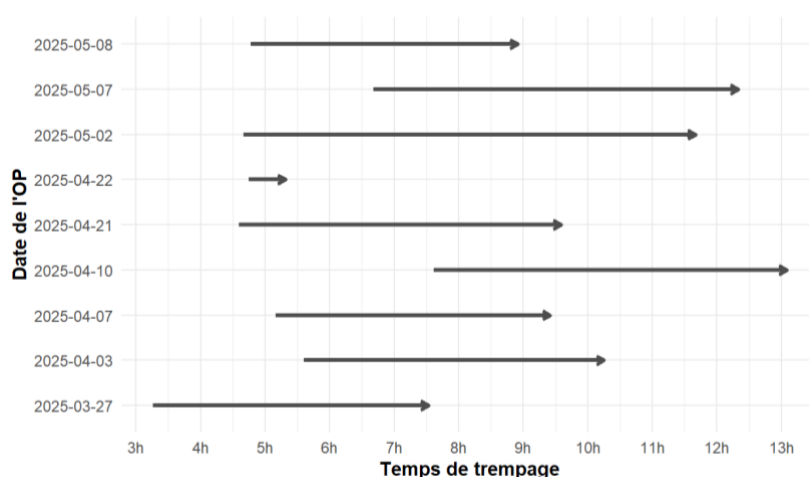


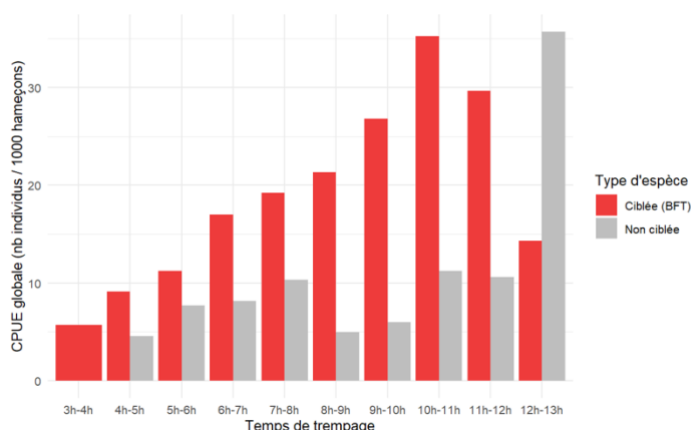
Figure 3. Plages de temps de trempage des hameçons pour chaque opération de pêche

Les temps de trempage est également variable d'une OP à l'autre. Le temps de trempage minimum et maximum des hameçons d'une OP varie en fonction des choix stratégique du pêcheur selon les conditions météorologiques, les contraintes de temps, le sens de virage de la palangre... Par exemple, au cours de l'OP du 22/04, tous les hameçons ont un temps de trempage similaire car les conditions de mer ont obligé le pêcheur à virer la palangre dans le même sens que les sens de filage (alors que pour les autres OP la palangre est virée en commençant par la fin).

Le temps de trempage est une variable dépendante de l'OP, car il est déterminé par les caractéristiques spécifiques de chaque opération : stratégie du pêcheur (durée de pose choisie), conditions météorologiques, dégâts sur le matériel (qui influent sur la durée du virage). Ainsi, chaque OP constitue un contexte unique influençant directement le temps de trempage des hameçons dans l'eau.

Pour l'analyse statistique, on ne veut donc pas analyser chaque OP pour elle-même, mais on veut tenir compte du fait que le facteur OP structure les données et induit une variabilité sur des variables comme le temps de trempage ou les captures. C'est pourquoi on l'utilisera comme effet aléatoire pour modéliser les effets d'autres variables tout en contrôlant la variabilité qu'elle induit.

ANNEXE VII. OBSERVATION DE LA VARIABLE TEMPS DE TREMPAGE



*Figure 1. CPUE à partir des données globales (nombre d'individus / 1000 hameçons) en fonction du temps de trempage pour le thon rouge et les espèces non ciblées. La CPUE a été calculée en fonction du nombre de paniers pour chaque catégorie de temps de trempage, ainsi $CPUE = \text{nombre de capture dans la catégorie de temps} / (\text{nombre de paniers dans la catégorie de temps} * 8 \text{ hameçons}) * 1000$.*

La figure 1 nous permet d'explorer visuellement l'effet du temps de trempage (ici catégorisé) sur la capturabilité du thon rouge et des prises accessoires. Le temps de trempage semble avoir un effet positif sur la capturabilité du thon rouge (jusqu'à 11h) qui peut être exploré dans les modèles statistiques. L'effet au-delà de 11h ne semble plus linéaire et pourrait donc être investigué dans des modèles plus adaptés comme des modèles GAM (Generalized Additive Model), qui permettent une modélisation flexible grâce à l'utilisation de splines.

ANNEXE VIII. GUIDE D'ENTRETIEN

QUESTIONNAIRE HABITUDES DE PÊCHE

Projet LIFE EMM & PROTECT-MED – Pêche palangrière "Thon rouge de ligne - Pêche artisanale"

Date : Lieu : Enquêteur :

Dans le cadre des projets PROTECT-MED et LIFE EMM, la SATHOAN a mis en place des expérimentations visant à tester différents dispositifs de réduction des captures accidentelles de la pêcherie "Thon Rouge de ligne - Pêche Artisanale". Des expérimentations sur le type d'hameçon (droit ou circulaire) et sur le type d'appât (sardine, maquereau, calamar, appâts alternatifs en gélatine de poisson, leurres plastiques) sont en cours. Ce questionnaire a pour but de mieux comprendre les habitudes de pêche (hameçons et appâts utilisés) de l'ensemble des adhérents à la démarche "Thon Rouge de ligne - Pêche Artisanale", ainsi que d'obtenir le point de vue des professionnels sur leur rapport aux captures accidentelles et leur avis sur les expérimentations en cours.

PROFESSIONNEL ENQUÊTÉ

Nom :

Navire :

Nombre d'année d'activité :

Port d'attache :

Zone(s) de pêche(s) habituelle(s) :

Engin de pêche :

1

PARTIE HAMEÇONS

1 - Nombre d'hameçons

- Combien d'hameçons déployez-vous par opération de pêche ? (donnez le min et max)
- Combien d'hameçons par "basket" (entre deux flotteurs) ? (si possible, donner également la distance moyenne entre deux hameçons, ou temps entre chaque hameçon + vitesse filage)

2 - Type d'hameçon

- Quel type d'hameçons utilisez-vous (droit/circulaire/autre) ? Si vous utilisez plusieurs types d'hameçons, précisez la proportion de chaque hameçon.
- Si vous modifiez le type d'hameçon en fonction de la saison ou de la zone de pêche, précisez-le.
- Quel est votre (vos) fournisseur(s) d'hameçons ?

Type d'hameçon	Taille	Proportion par OP	Fournisseur	Commentaires (avancés déjà montés, tête ronde ou plate, saison, zone de pêche...)
Droit				
Circulaire				

- Pour quelle(s) raison(s) utilisez-vous ce(s) type(s) d'hameçon(s) ? (Prix, captivité de l'espèce cible, tenue de l'appât, résistance à la corrosion, moins de prises accessoires...)

2

3 - Point de vue sur les expérimentations en cours

Dans le cadre du projet LIFE, la SATHOAN mène actuellement des expérimentations visant à étudier l'impact du type d'hameçon (droit ou circulaire) sur la captivité des espèces cibles et accessoires (raies, requins, oiseaux...), l'hypothèse étant que les hameçons circulaires pourraient réduire les prises accessoires ou améliorer leur survie post-relâche.

- D'après votre expérience, pensez-vous que la forme de l'hameçon puisse avoir un impact sur la composition et/ou l'état de votre capture ?

- Si les hameçons circulaires permettent effectivement de réduire les captures accidentelles sans impacter la capture de thon rouge, seriez-vous prêt à modifier votre grément (et si non, pourquoi) ?

3

PARTIE APPÂTS

1 - Type d'appât

- Quel type d'appât utilisez-vous (sardine, calamar, maquereaux, leurres artificiels...)?
- Sous quelle forme (congelés en vrac, congelés individuellement, frais) ?
- Si vous utilisez un mélange de plusieurs espèces, dans quelle proportion utilisez-vous chacun des appâts ?
- Si vous modifiez le type d'appât en fonction de la saison ou de la zone de pêche, précisez-le.
- Quelle quantité d'appâts (kg) utilisez-vous pour chaque OP ?
- Quel est votre (vos) fournisseur(s) d'appâts (Propre pêche, mareyeur, criée, coopérative...)?
- Quelle est leur provenance ? (Golfe du Lion, Mer Adriatique, Atlantique Nord...)

Type d'appât	Forme	Proportion par OP	Quantité par OP	Fournisseur	Provenance	Commentaires (saison, zone de pêche...)
Sardine						
Calamar						

- Si vous mélangez vos appâts, pour quelle(s) raison(s) ? (période de pêche, espèce cible, disponibilité de la ressource, prix...)

- Avez-vous changé de pratique concernant les appâts au cours de votre expérience professionnelle ? et pour quelle(s) raison(s) ?

4

2 - Point de vue sur les expérimentations appâts en cours

Dans le cadre du projet PROTECT-MED, la SATHOAN mène actuellement des expérimentations visant à étudier l'impact du type d'appât (sardine/calamar ou maquereau) sur la capturabilité des espèces cibles et accessoires.

- Selon vous, le type d'appât utilisé a-t-il un impact sur la composition de votre capture ?

.....
.....
.....
.....

- Si oui, quel type/mélange d'appâts est selon vous le plus efficace pour pêcher le thon tout en limitant les prises accessoires ?

.....
.....
.....
.....

5

PARTIE PERCEPTION DES CAPTURES ACCESSOIRES & DURABILITÉ

1 - Captures accessoires

- Selon vous, quels facteurs influencent la capture de prises accessoires ? (*Hameçons, appâts, saison, luminosité, météo, température, turbidité...*)

.....
.....
.....
.....

- Constatez vous une évolution dans le temps des prises accessoires ? (*augmentation / diminution / changement dans les espèces*)

.....
.....
.....
.....

- Comment les prises accessoires impactent-elles votre activité ? (*pêne, casse de matériel, peu d'impact...*)

.....
.....
.....
.....

- Votre rapport aux captures accessoires a-t-il évolué au fil du temps ? (*Sensibilisation, mise en place des bonnes pratiques, contraintes...*)

.....
.....
.....
.....

2 - Durabilité des pratiques de pêche

- Que signifie pour vous une "pêche durable" au thon rouge à la palangre ? (*Réponse libre*)

.....
.....
.....
.....

6

Cochez les 5 termes qui vous semblent le plus représentatif d'une pêche durable :

- ☐ Préservation des ressources halieutiques
- ☐ Engagement écologique et éco-responsabilité
- ☐ Sélectivité des captures (limitation des prises accessoires et juvéniles)
- ☐ Protection du métier de marin pêcheur
- ☐ Qualité du produit débarqué
- ☐ Rentabilité économique
- ☐ Participation active à la gouvernance locale de la pêche
- ☐ Valorisation en circuit court
- ☐ Traçabilité et transparence de la filière
- ☐ Bonnes conditions de travail
- ☐ Reconnaissance du travail et bonne image de la profession auprès du public
- ☐ Respect des quotas et des règles de gestion
- ☐ Faible consommation énergétique (carburant...)
- ☐ Innovation techniques et scientifiques
- ☐ Coopération et entraide entre pêcheurs
- ☐ Gestion collective et territoriale des ressources
- ☐ Transmission des savoir-faire et formation des jeunes pêcheurs
- ☐ Adaptation aux changements climatiques
- ☐ Limitation des déchets en mer (filets perdus, plastiques...)
- ☐ Entretien et modernisation durable des navires
- ☐ Diversification des activités (pêche, tourisme, transformation...)
- ☐ Autre(s) :

- Mettez-vous en place pratiques ou dispositifs "durables" ? Si oui, lesquels ?

.....
.....
.....
.....

- Qu'est ce qui vous motive à mettre en œuvre des pratiques plus durables ? (*valeurs personnelles, attentes du marché, réglementation...*)

.....
.....
.....
.....

- À l'inverse, qu'est ce qui peut vous freiner à mettre en œuvre des pratiques plus durables ? (*coût, efficacité, habitude, manque d'info...*)

.....
.....
.....
.....

7

AUTRES REMARQUES / DISCUSSIONS

8

ANNEXE IX. ANALYSE STATISTIQUE DU TAUX DE CAPTURE EN FONCTION DU TYPE D'HAMEÇON

Au niveau de l'opération de pêche, plusieurs méthodes statistiques ont été investiguées, en utilisant la CPUE (nombre d'individus pour 1000 hameçons) calculée pour chaque opération de pêche

Tableau 1. Comparaison statistique du taux de capture par OP selon le type d'hameçon selon différentes méthodes.

Espèce	Student t-test sur log(CPUE+1)		Wilcoxon test		Randomisation test	
	<i>P-value</i>	<i>Différence significative</i>	<i>P-value</i>	<i>Différence significative</i>	<i>P-value</i>	<i>Différence significative</i>
BFT	0,8269	Non	0,6587	Non	0,8974	Non
PLS	0,5227	Non	0,4857	Non	0,6797	Non
MOX	Pas assez de données		0,6386	Non	0,1074	Non
BSH	Pas assez de données		0,2	Non	0,4653	Non
Non ciblées	Pas de normalité des données		0,5567	Non	0,9591	Non

ANNEXE X. RESULTATS DES GLMS SUR LA CPUE PAR OP ET PAR ESPECE

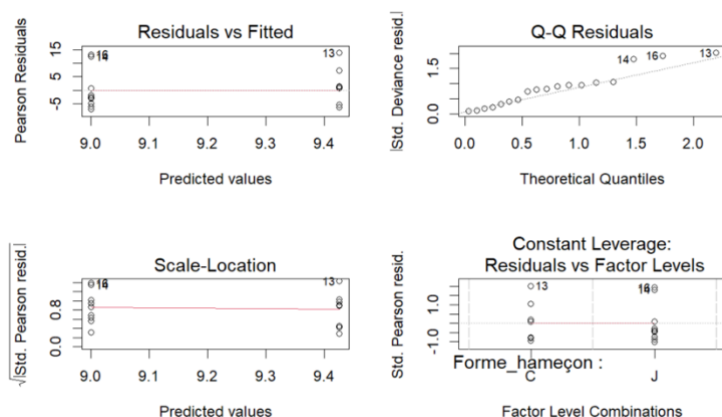
Des modèles linéaires ont été ajustés aux données de CPUE (pour 1000 hameçons) à l'échelle de l'OP pour les deux principales espèces capturées, le thon rouge et la raie pastenague violette.

Le modèle utilisé est un modèle linéaire simple de la forme :

$\text{glm}(\text{CPUE}_{1000} \sim \text{Forme_hameçon}, \text{family} = \text{gaussian})$

Pour le thon rouge, les résultats du modèle ajusté, dont les coefficients estimés et les diagnostics de résidus, sont présentés ci-dessous.

Variable	Coefficient estimé	Erreur standard	p-value
Intercept (hameçon C)	9.4260	2.4150	0.00127 **
Hameçon J vs C	-0.4245	3.4154	0.90262



Le modèle linéaire ne met en évidence aucun effet significatif de la forme d'hameçon sur la CPUE du thon rouge ($p = 0,90$).

Les diagnostics de résidus (normalité, homogénéité des variances) ont été vérifiés à l'aide des graphiques standard du modèle.

Pour la raie pastenague violette, les résultats du modèle ajusté dont les coefficients estimés sont présentés ci-dessous.

Variable	Coefficient estimé	Erreur standard	p-value
Intercept (hameçon C)	5.853	3.289	0.125
Hameçon J vs C	1.099	4.652	0.821

Le modèle linéaire ne met en évidence aucun effet significatif de la forme d'hameçon sur la CPUE de la raie pastenague violette ($p = 0,82$).

Les diagnostics de résidus (normalité, homogénéité des variances) ont été vérifiés à l'aide des graphiques standard du modèle.

ANNEXE XI. RÉSULTATS DES GLMS COMPLETS PAR OP ET PAR ESPÈCE : EFFET D'AUTRES VARIABLES SUR LA CPUE

Le modèle complet est de la forme :

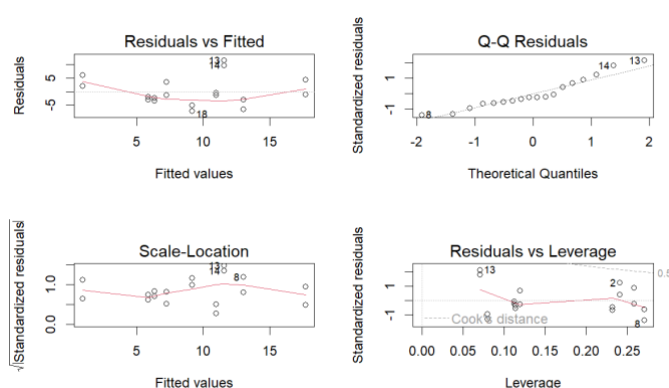
$\text{lm}(\text{formula} = \text{CPUE}_{1000} \sim \text{Forme hameçon} + \text{Température moyenne} + \text{Bathymétrie moyenne} + \text{Temps de trempage moyen})$

Pour le thon rouge, le modèle sélectionné sur la base du critère AIC est le modèle :

$\text{lm}(\text{formula} = \text{CPUE}_{1000} \sim \text{Température moyenne} + \text{Temps de trempage moyen})$

Les résultats de ce modèle sont présentés ci-dessous.

Variable	Coefficient estimé	Erreur standard	p-value
(Intercept)	-53.99950	23.00703	0.0331 *
Température moyenne	3.23262	1.53678	0.0527 .
Temps de trempage moyen	0.03495	0.01337	0.0196 *

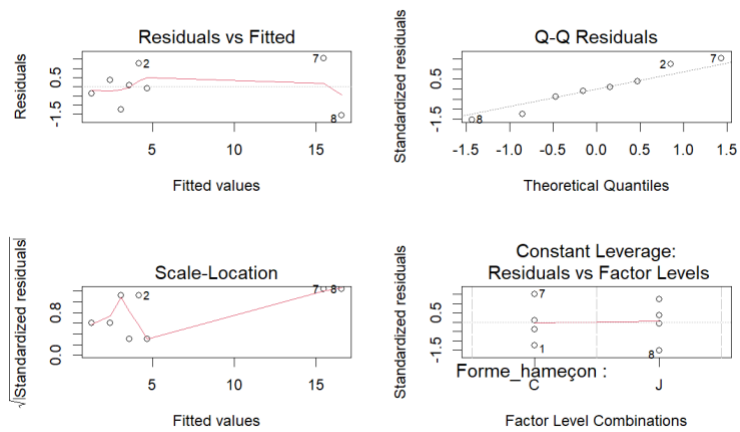


Le modèle met en évidence un effet significatif du temps de trempage sur la CPUE du thon rouge ($p = 0.0196$), suggérant qu'une durée plus longue de trempage augmente les captures. L'effet de la température est proche du seuil de significativité ($p = 0.0527$), indiquant une possible tendance à une augmentation des captures avec la température.

Le modèle explique environ 44 % de la variance totale de la CPUE ($R^2 = 0.445$ et $R^2 \text{ ajusté} = 0.37$).

Pour la raie pastenague violette, le modèle sélectionné sur la base du critère AIC est le modèle complet. Les résultats de ce modèle sont présentés ci-dessous.

Variable	Coefficient estimé	Erreur standard	p-value
(Intercept)	-326.96548	59.20289	0.01169 *
Hameçon J vs C	1.09854	1.17525	0.41888
Température moyenne	24.25970	3.95918	0.00874 **
Bathymétrie moyenne	-0.87157	0.13387	0.00736 **
Temps de trempage moyen	-0.24699	0.03087	0.00407 **



Le modèle retenu montre un effet significatif de la température, de la bathymétrie et du temps de trempage sur la CPUE. Les hameçons de type J n'ont pas d'effet significatif sur les captures. La CPUE augmente fortement avec la température, mais diminue légèrement avec la profondeur et la durée de trempage. Ce modèle explique 93 % de la variance, mais les résultats doivent être interprétés avec prudence compte tenu du faible effectif ($n = 8$).

ANNEXE XII. RÉSULTATS DES GLMMS SIMPLES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES OR AU NIVEAU DU BASKET

Les OR et intervalles de confiance ont été calculés à partir des coefficients des modèles glmmTMB $\text{capture} \sim \text{Forme_hameçon} + (1 \mid \text{OP})$ pour les différentes espèces. Les résultats des modèles sont présentés ci-dessous.

Espèce	OR	p-value
BFT	0.982	0.912
PLS	1.42	0.225
MOX	0.871	0.807
BSH	1.33	0.709
Non ciblées	1.23	0.376

La qualité d'ajustement des modèles a été évaluée via le rapport de surdispersion (χ^2 de Pearson) et l'analyse visuelle des résidus de Pearson.

ANNEXE XIII. RÉSULTATS DES GLMMS AU NIVEAU DU BASKET SÉLECTIONNÉS PAR AIC : EFFET D'AUTRES VARIABLES SUR LA PROBABILITÉ DE CAPTURE

Des modèles linéaires mixtes (GLMM) ont été ajustés afin d'évaluer l'effet de la forme d'hameçon (C ou J) sur la probabilité de capture du thon rouge et de la raie pastenague violette au niveau du panier, en intégrant les variables temps de trempage du panier et bathymétrie. Une procédure de sélection automatique basée sur le critère AIC a été utilisée pour identifier le modèle le plus parcimonieux pour les deux espèces.

Pour le thon rouge, le modèle sélectionné est le modèle sans aucun effet fixe :

glmer (capture~ (1 | OP)). Les résultats de ce modèle sont présentés ci-dessous.

Variable	Coefficient estimé	Erreur standard	p-value
(Intercept)	-1.9198	0.2886	2.88e-11 ***

Le modèle sélectionné ne comprend aucun effet fixe. Les variables forme d'hameçon, temps de trempage et bathymétrie n'expliquent que 0.4 % de la variance totale dans le modèle complet (R^2 marginal = 0.004), contre 15.6 % expliqués par l'effet aléatoire OP (R^2 conditionnel = 0.156). Le modèle réduit (Intercept + OP_num) présente un R^2 conditionnel comparable (0.168), confirmant que la variance du processus de capture est largement structurée par OP, et que les variables testées n'apportent qu'un pouvoir explicatif très limité.

Pour la raie pastenague violette, le modèle sélectionné est le modèle :

glmer (Capture ~ Temps_trempage_scaled + (1 | OP_num)). Les résultats de ce modèle sont présentés ci-dessous.

Variable	Coefficient estimé	Erreur standard	p-value
(Intercept)	-5.3583	1.4704	0.000268 ***
Temps de trempage	0.4688	0.2190	0.032314 *

Le modèle indique un effet significatif léger du temps de trempage sur la probabilité de capture de PLS à l'échelle du panier ($p = 0.032$). Plus le temps de trempage est long, plus la probabilité de capture augmente. L'effet est cependant modeste : les effets fixes expliquent seulement 2,2 % de la variance totale du modèle (R^2 marginal), contre 70,6 % lorsque l'on intègre l'effet aléatoire de l'OP.

ANNEXE XIV. TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ÉTAT DES CAPTURES PAR ESPÈCE ET PAR TYPE D'HAMEÇON

Espèce	Forme de l'hameçon	État à la remontée	Devenir de la capture	Nombre d'individus
BFT	C	Mort	Débarquée	30
BFT	C	Vivant	Débarquée	60
BFT	J	Mort	Débarquée	38
BFT	J	Vivant	Débarquée	48
BSH	C	Vivant	Prélevée	1
BSH	C	Vivant	Relâchée vivante	2
BSH	J	Vivant	Échappée	1
BSH	J	Vivant	Relâchée vivante	2
CDI	C	Vivant	Relâchée vivante	1
HKE	C	Mort	Débarquée	2
MAC	J	Vivant	Débarquée	3
MOX	C	Vivant	Relâchée vivante	4
MOX	J	Vivant	Relâchée vivante	5
MSP	J	Vivant	Débarquée	1
PLS	C	Vivant	Échappée	1
PLS	C	Vivant	Relâchée vivante	23
PLS	J	Vivant	Relâchée vivante	29
SWO	C	Mort	NA	1
SWO	J	Mort	NA	1
SWO	J	Vivant	Relâchée vivante	1

ANNEXE XV. DISTRIBUTION DES TAILLES DES POISSONS-LUNES ET DES REQUINS PEAU BLEUE

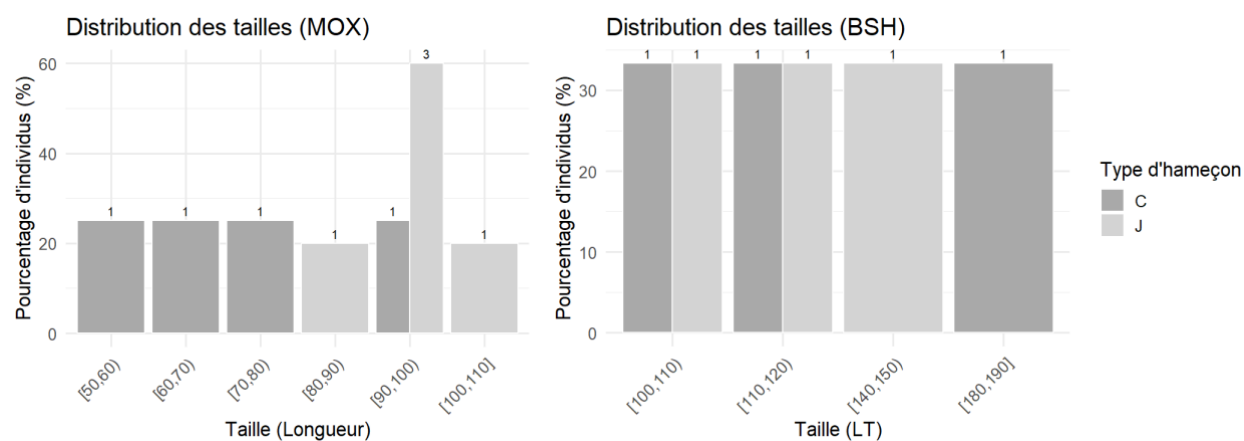


Figure 1. Distribution des fréquences de tailles des poissons-lunes et des requins peau bleue capturés au cours de l'expérimentation selon le type d'hameçon. Longueur totale (en cm) estimée visuellement par l'observatrice.

ANNEXE XVI. CODAGE THÉMATIQUE DES ENTRETIENS : PERCEPTION DES CAPTURES ACCESSOIRES

Thèmes	Arguments	Occurrences	Citations
Facteurs influençant la capture de prises accessoires	La saison	16	"Il faut éviter les périodes de pic, il faudrait même fermer la pêche à cette période ! (juin)" ; "Il y a plus de raies et de requins en période estivale."
	La température de l'eau	11	"Avec des températures plus élevées, il y a plus de raies et requins."
	L' appât utilisé (espèce, taille)	6	"La sardine fait plus de captures accessoires" ; "Le calamar prend moins de captures accessoires et moins d'oiseaux" ; "Il faut faire attention à la taille des appâts."
	La zone de pêche	5	"Il y a peu de captures accessoires à l'embouchure du Rhône."
	L' hameçon utilisé (taille, forme)	5	"On prend plus de raies avec des petits hameçons." ; "Les hameçons circulaires diminuent les prises accessoires." ; "Les plus petits hameçons sont plus facilement avalés."
	Il y a une "territorialisation" des espèces	3	
	L' heure de calée	2	"Plus on cale tôt dans la journée, plus il y aura de captures de raies - probablement liées à l'heure à laquelle elles se nourrissent -, donc il faut caler en fin de journée."
	Les courants	2	
	La bathymétrie	2	"En surface, il y a beaucoup de raies, de requins (qui peuvent aussi descendre plus profond) et de poissons lune."
	Le temps de trempage des hameçons	1	
	La turbidité de l'eau	1	
	Aléatoire	1	"Parfois il n'y a pas d'explication. Par exemple, en 2024 on a eu 3 tortues caouannes dans la même journée ! (et un autre bateau 2 autres le même jour) alors que cela n'arrive jamais !"
Évolution dans le temps des prises accessoires	Pas de changement observé sur le long terme	12	"Il n'y a pas vraiment d'évolution sur le long terme. C'est plutôt des cycles de quelques années avec parfois quelques pics." ; "Il y a seulement des changements cycliques selon la saison." ; "On constate des variations d'une année sur l'autre mais pas sur le long terme."
	Plus de requins peau bleue	7	"Les requins attrapés ont souvent déjà plusieurs hameçons dans la bouche et il y en plus selon la saison." ; "Aujourd'hui les requins suivent même le bateau parfois (ce qui n'était jamais arrivé avant !)."
	Plus de raies pastenagues violettes	5	
	Arrivée de nouvelles espèces	3	"Il y a plus de marlin de méditerranée ces dernières années." ; "Il y a de plus en plus de thonines." ; "De nouvelles espèces sont de plus en plus présentes comme la daurade coryphène, le thon Listao et les requins Mako."
	Le changement dans les captures accessoires est dû à un changement dans les méthodes de pêche	3	"Il y a moins de requins car on sait les éviter maintenant." ; "Avant on travaillait avec moins d'hameçons et aujourd'hui beaucoup plus donc on attrape plus de raies." ; "Ce qui a changé c'est la méthode de pêche : on pêche moins de captures accessoires car on pêche mieux."
	Plus de gros requins peau bleue	2	"Les requins sont plus gros aujourd'hui : on a de plus en plus de thons remontés 'croqués'."
	Moins de requins peau bleue	2	
	Moins d'espadons	1	
	Plus d'espadons	1	
	Plus de poissons lune	1	
Impact des captures accessoires sur l'activité de pêche	Pas ou très peu d'impact	13	"C'est une légère perte de temps mais cela n'est pas dérangeant, nous sommes équipés pour (épuisette, moquette...) ." ; "Cela a peu d'impact car si on évite les périodes de pic on ne prend que très peu de captures accessoires."
	Perte de matériel	8	

	Perte financière	5	"Les captures accessoires 'suppriment' des hameçons, c'est donc un manque à gagner." ; "La déprédation sur les thons et espadons par les requins entraîne parfois des pertes économiques conséquentes, il faudrait un circuit de valorisation alternatif à ces prises abîmées."
	Perte de temps	4	
	Impact sur la sécurité de l'équipage (danger)	3	"Il y a un danger lors de la remontée à bord des raies pastenagues violettes, à cause de leur dard."
	Dérangeant éthiquement	2	"C'est toujours embêtant de blesser inutilement des individus." ; "Ça ne nous fait jamais plaisir de capturer un individu non ciblé."
	Impact très fort	2	"C'est une énorme perte de temps et de matériel, cela a un gros impact sur notre activité."
Évolution du rapport aux captures accessoires	Pas de modification de leur rapport aux prises accessoires	11	"On mettait déjà en œuvre les bonnes pratiques avant les formations." ; "Non, on continue de couper le fil au plus près car c'est trop dangereux de remonter les raies à bord pour enlever l'hameçon."
	Évolution positive de la sensibilisation	10	"La mise en place d'Echosea permet une meilleure prise de conscience pour tous les pêcheurs." ; "Aujourd'hui on est 'un peu plus gentils'." ; "On essaye au maximum d'enlever les hameçons alors qu'avant on coupait systématiquement la ligne." ; "On fait tout pour moins en prendre (par exemple l'utilisation des traplines pour les espadons qui limite les prises accessoires)." ; "Avant on débarquait les requins peau bleue mais ils sont maintenant interdit à la vente dans le cadre de l'écolabel et on les relâche systématiquement."
	Mention des formations aux bonnes pratiques	5	"Les formations aux bonnes pratiques ont été utiles." ; "Les formations sont souvent déconnectées de la réalité de terrain."

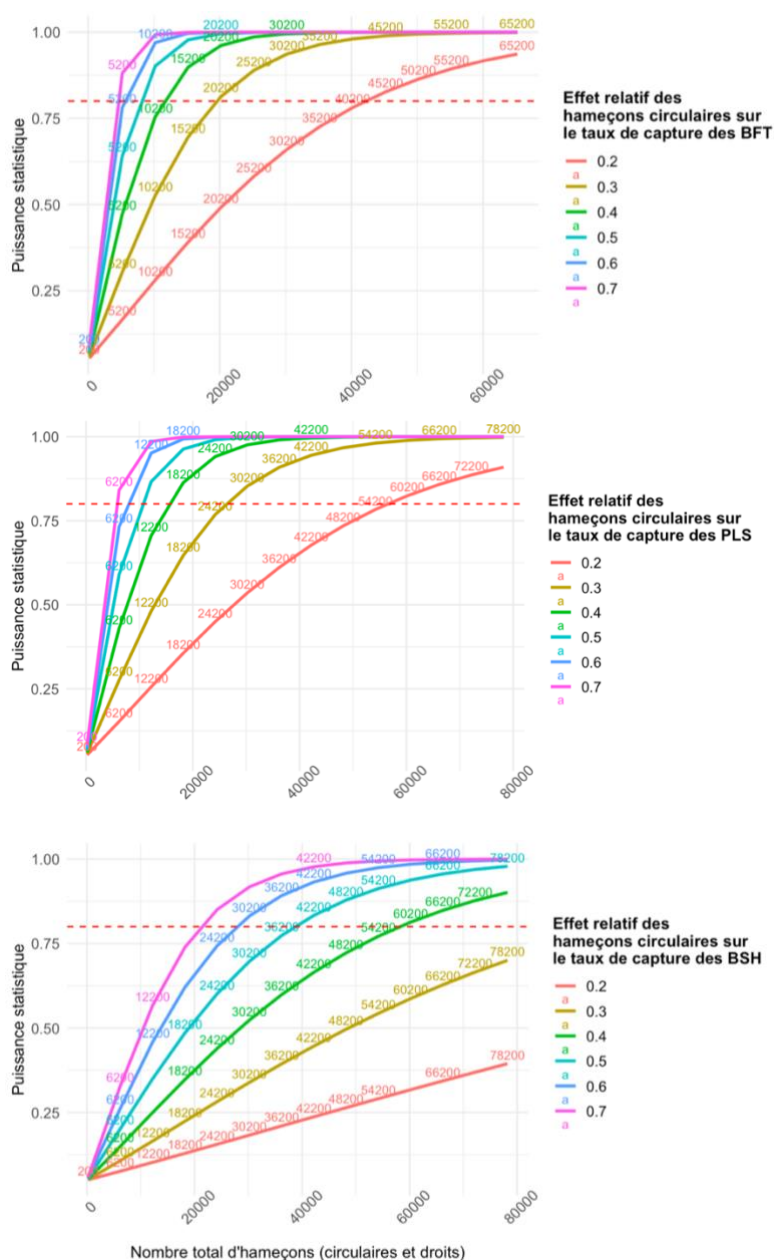
ANNEXE XVII. CODAGE THÉMATIQUE DES ENTRETIENS : PERCEPTIONS DE LA DURABILITÉ

Thèmes	Arguments	Occurrences	Sous arguments	Citations
Définition libre de la durabilité de la pêche palangrière au thon rouge	Préserver la ressource avec une pêche "raisonnée"	14	Gestion raisonnée des captures (pêcher sans excès, quotas) Respect des tailles Diversité des métiers pour limiter la pression sur une seule espèce	"Une ressource à disposition sans surpêche ni surproduction." ; "Pêcher sans excès en petites quantités." ; "Il faut privilégier la polyvalence : en Méditerranée, nous sommes obligés de changer de métier tout au long de l'année pour aller au rythme de l'écosystème et ne pas le déséquilibrer." ; "Pêcher moins mais mieux."
	Une bonne qualité du poisson par bon traitement à bord	9	Utilisation de glace à bord Amélioration des pratiques de mise à mort des thons (ikéjimité...)	"Viser une qualité extra du poisson : remonté à bord vivant, saigné (ikéjimité) puis baillé."
	Sélectivité des captures et bonne pratiques mises en œuvre pour les prises accessoires	6	Limitation et relâche des prises accessoires Réduction du temps de trempage des palangres Pratiques visant à réduire les interactions (traplines, profondeur, horaire)	"Il faut prendre soin des captures accessoires." ; "On essaye au maximum de relâcher les individus vivants."
	Valorisation économique en circuit court	6	Circuit court (marché, restaurants) Valorisation du produit pour obtenir un meilleur prix	"Il faut favoriser les circuits ultra-courts."
	Bonne gestion des déchets à bord et limitation de l'impact environnemental	4	Pas de déchets jetés à la mer (poubelle à bord, tri sélectif) Utilisation de produits d'entretien éco-labellisés Réduction de la consommation de carburant Solutions alternatives pour les appâts	"Il faudrait des solutions alternatives pour les appâts."
	Une gouvernance de la pêche équitable et cohérente	2	Demande d'une gouvernance équitable (réglementation harmonisée entre pros et plaisanciers)	"Il faut des contrôles sur toute la pêcherie : sur les pros ET les plaisanciers." ; "Il faut que tout le monde respecte les conditions dans toutes la méditerranée, et pas seulement en France : il faut une harmonisation des bonnes pratiques à plus large échelle"
	Transmission et durabilité du métier	3	Volonté de préserver une ressource viable pour les générations futures Valoriser la profession (manque de reconnaissance actuellement)	"Il faut laisser une ressource en bon état aux générations futures" ; "Il faut que la ressource reste accessible à tout le monde dans le temps." ; "Il n'y a pas de reconnaissance des efforts faits."
Pratiques durables mises en œuvres	Bonnes pratiques pour les captures cibles ET accessoires	14	Relâcher les captures accessoires en bon état, couper le fil, Utilisation de glace à bord, Limitation du temps de trempage, Limitation du stress de la capture, ...	"Manipulation des espèces sensibles avec précaution." ; "La mise à mort du poisson garantit une qualité extra." ; "On réalise une pêche et un travail 'propres'."
	Gestion des déchets et respect de l'environnement	11	Tri sélectif à bord, Utilisation de produits ecolabellisés (ou pas de produits d'entretien)	"Nous utilisons des produits d'entretiens ecolabellisés." ; "Il y a un changement générationnel, notamment dans la gestion des déchets à bord qui est très importante."
	Pêche raisonnée	7	Respect des quotas, Pêche en quantités raisonnables,	"Pêcher raisonnablement et sans excès." ; "Les pêcheurs sont beaucoup

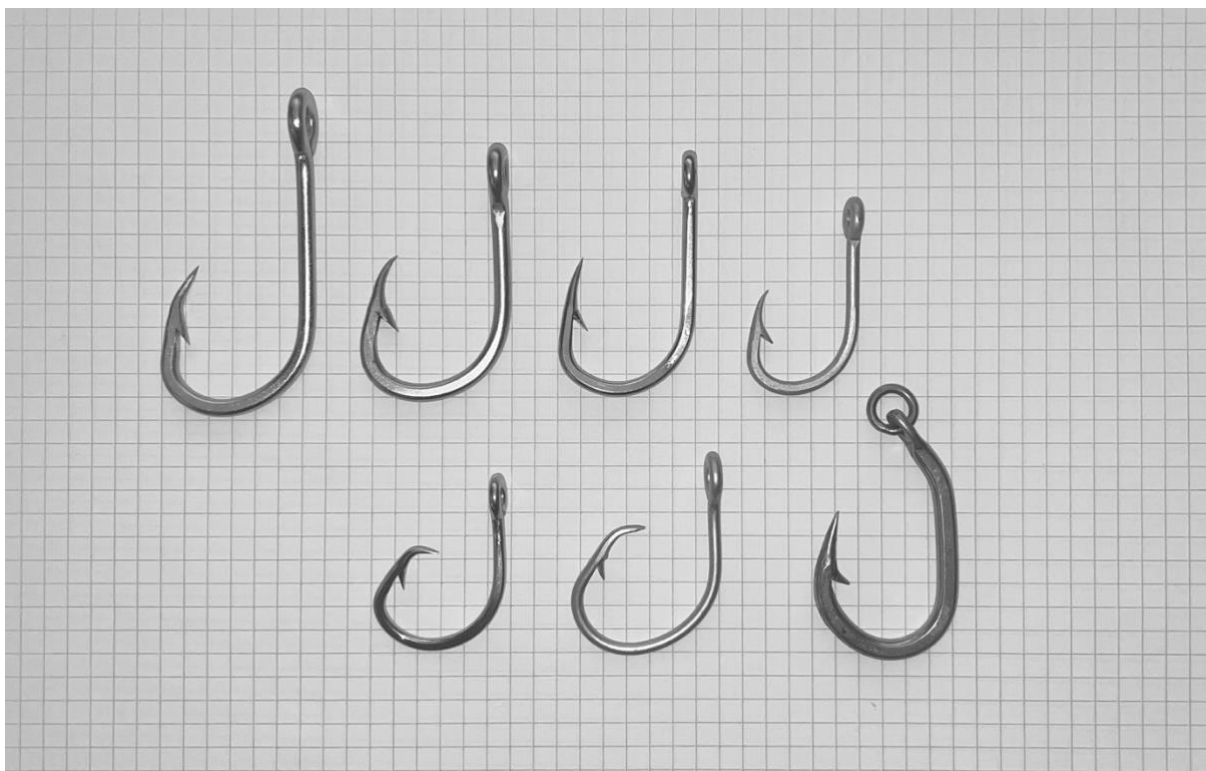
			Valorisation en circuit court des produits	plus responsables qu'avant, il y a eu une prise de conscience."
	Technique de pêche à l'hameçon	6	Canne et palangre sont les techniques de pêche les plus respectueuses	"La pêche à l'hameçon est la technique de pêche la plus durable."
	Participation aux connaissances scientifiques	3	Participation aux projets scientifiques (exemple Raypast, Selpal), Utilisation d'Echosea	"Les projets comme Raypast et Selpal sont très importants pour montrer l'impact des bonnes pratiques sur la survie des captures accessoires." ; "Je participe aux projets scientifiques pour apprendre et évoluer : en termes de techniques et de matériel les possibilités d'évolution sont multiples." ; "J'utilise Echosea à chaque sortie en faisant des vidéos et de photos."

ANNEXE XVIII. ANALYSE DE PUISSANCE STATISTIQUE POUR LA DÉTECTION DE L'EFFET DES HAMEÇONS C SUR LES TAUX DE CAPTURE DU THON ROUGE (BFT), DES RAIES PASTENAGUES VIOLETES (PLS) ET DES REQUINS PEAU BLEUE (BSH)

Ces graphiques présentent les courbes de puissance en fonction du nombre total d'hameçons posés (J et C). Ils permettent d'estimer l'effort d'échantillonnage nécessaire (nombre d'hameçons et donc de marées) pour détecter un effet théorique des hameçons C sur le taux de capture, avec une puissance statistique de 80 % (ligne rouge pointillée). Chaque courbe correspond à un effet relatif attendu des hameçons C sur le taux de capture (de 20% à 70%). Ces graphiques ont été réalisés en prenant comme référence les CPUE de 2024, obtenues avec les obligations déclaratives sur OPQUOTA (pour le BFT) et les données des prises accessoires ECHOSEA (pour BSH et PLS).

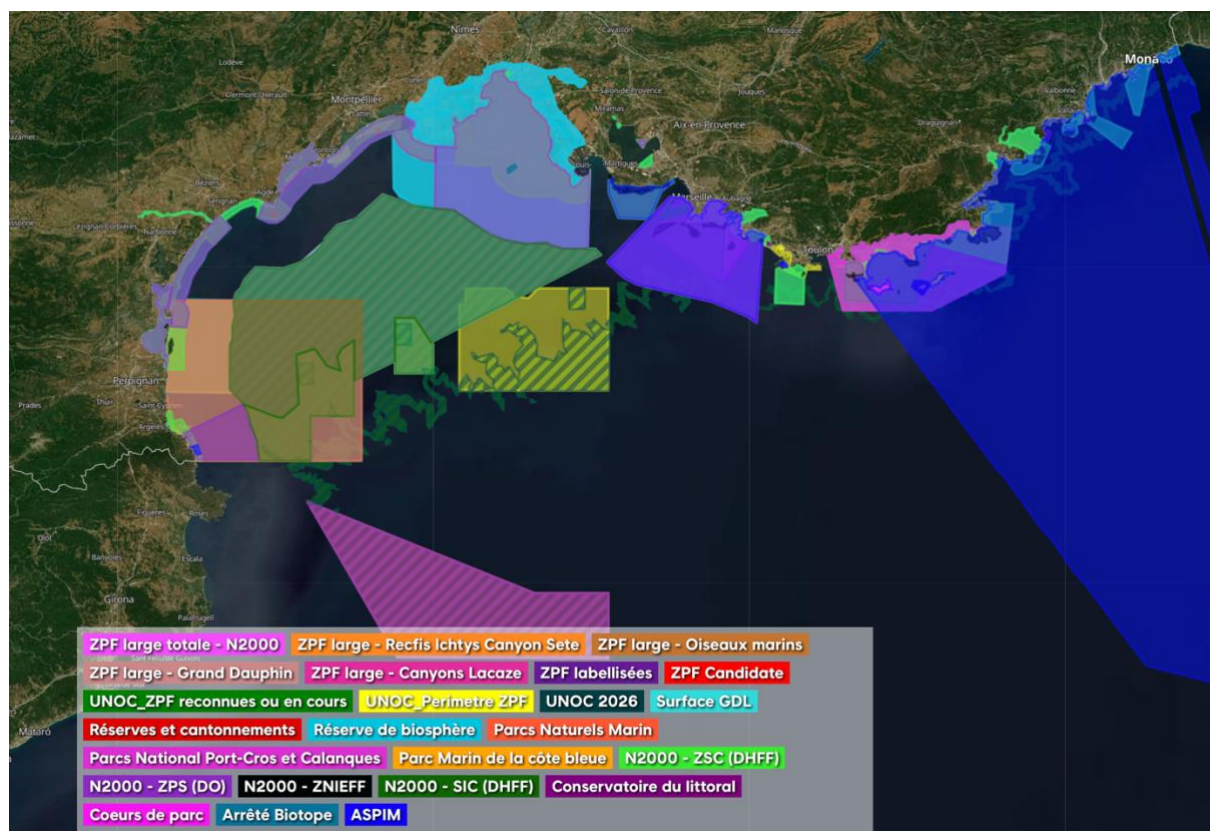


ANNEXE XIX. PHOTOGRAPHIE DES DIFFÉRENTS HAMEÇONS UTILISÉS DANS LA PÊCHERIE (NON EXHAUSTIF)



ANNEXE XX. CARTE DES AIRES MARINES PROTÉGÉES DANS LE GOLFE DU LION

Carte réalisée avec le logiciel HALIOP© de la SATHOAN.



	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Agronome Spécialisation / option : Sciences Halieutiques et Aquacoles (GPAE) Enseignant référent : Didier Gascuel	
Auteur(s) : Manon Truffaut Date de naissance* : 21/09/2000		Organisme d'accueil : SATHOAN Adresse : 29 Promenade J.B. Marty, 34200 Sète
Nb pages : 35 Annexe(s) : 20		Maître de stage : Bertrand Wendling
Année de soutenance : 2025		
Titre français : Évaluation de l’efficacité des hameçons circulaires en tant que dispositifs de réduction des captures accidentelles de la pêche “Thon rouge de ligne - Pêche artisanale” dans le golfe du Lion (Méditerranée nord-occidentale). Titre anglais : Evaluation of the effectiveness of circle hooks as bycatch reduction devices in the “Thon rouge de ligne - Pêche artisanale” in the Gulf of Lion (Northwestern Mediterranean)		
Résumé (1600 caractères maximum) : Dans un contexte où les captures accidentelles de la pêche constituent l’une des principales menaces pour la biodiversité marine, la pêche « Thon rouge de ligne – pêche artisanale » de la SATHOAN s’engage dans la recherche de solutions conciliant durabilité et viabilité économique. Ce mémoire, réalisé dans le cadre du projet LIFE Espèces Marines Mobiles, vise à évaluer l’efficacité et l’acceptabilité des hameçons circulaires en tant que dispositif de réduction des captures accidentelles de cette pêche. L’approche combine une expérimentation en mer et des entretiens semi-directifs auprès des pêcheurs. Si les résultats n’indiquent pas de différences significatives de capturabilité entre hameçons droits et circulaires, ces derniers réduisent nettement les cas d’hameçonnage interne, améliorant ainsi l’état des thons à la remontée et laissant entrevoir de meilleures chances de survie post-relâche pour les espèces sensibles (requins peau bleue et raies pastenagues violettes). En parallèle, la perception des professionnels révèle une conscience des enjeux de durabilité déjà bien ancrée ainsi qu’un réel intérêt pour ces hameçons, déjà partiellement adoptés, mais conditionné à des garanties d’efficacité et de rentabilité pour certains.		
Abstract (1600 caractères maximum) : Bycatch is one of the major threats to marine biodiversity, and the « Thon rouge de ligne – pêche artisanale » fishery, managed by SATHOAN is committed to exploring solutions that balance sustainability with economic viability for fishermen. This thesis, carried out within the LIFE Mobile Marine Species project, evaluates the effectiveness and acceptability of circle hooks as a bycatch mitigation tool in this fishery. The study combines at-sea experiments and semi-structured interviews with fishers. Results show no significant differences in catch rates between J hooks and circle hooks, but circle hooks substantially reduce internal hooking, improving the condition of bluefin tuna upon hauling and enhancing post-release survival rates for sensitive species such as blue sharks and pelagic stingrays. At the same time, fishers’ interviews highlight both a strong awareness of sustainability issues and a genuine interest in circle hooks, which are already partly used in the fishery, though their adoption remains conditional on demonstrated effectiveness and profitability.		
Mots-clés : Hameçons circulaires, Thon rouge, Captures accidentelles, Palangre, Méditerranée, Expérimentation, Entretiens semi-directifs Key Words: Circle hooks, Bluefin tuna, Bycatch, Longline, Mediterranean, Experimentation, Semi-structured interviews		

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