

COMPTE-RENDU FINAL D'EXECUTION DU PROJET «SHARKGUARD»

dans le cadre du financement par France Filière Pêche

*Evaluation de l'efficacité d'une nouvelle stratégie
d'atténuation des prises accessoires d'élastmobranches dans
une pêcherie palangrière*



1^{er} Janvier 2019 – 31 Mai 2020

Auteurs : Nolwenn Cosnard, Bertrand Wendling, Robert Enever,
Lucy C.M. Omeyer, Pete Kibel, Dan Eatherley Cyrille Bodilis

En partenariat avec l'entreprise d'ingénierie anglaise
FISHTEK et la société d'ingénierie française ISIFISH

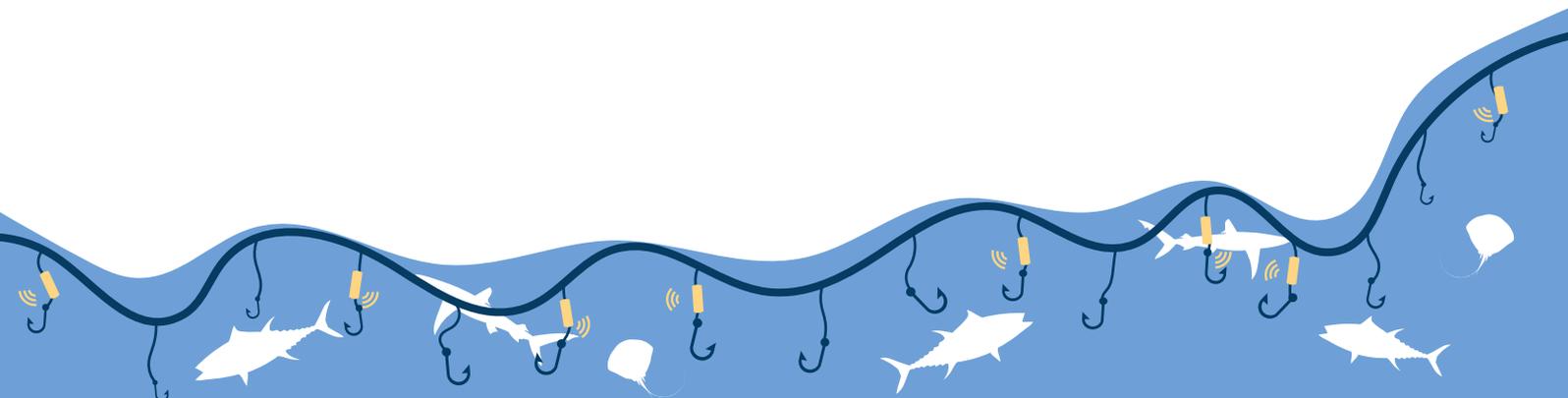


Avec le soutien financier de l'association
France Filière Pêche :



TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	3
2. Contexte	6
a) Premiers projets sur la sélectivité palangrière : SELPAL, REPAST et ECHOSEA-KIT	6
b) Les progrès technologiques de FISHTEK	8
3. Le projet Sharkguard	9
a) L'expérimentation	9
b) La mise à jour d'ECHOSEA	9
4. Actions mises en œuvre	10
5. Le protocole expérimental	12
a) Le schéma expérimental	12
b) Les analyses statistiques	13
c) L'implication des adhérents	14
6. Résultats des différentes actions	15
a) Un dispositif efficace et prometteur	15
b) Des améliorations et évolutions à envisager pour le SHARKGUARD	20
c) Une application plus fonctionnelle répondant aux exigences environnementales	20
d) Les actions de sensibilisation et de communication mises en œuvre	21
7. Niveau de réalisation du projet	22
8. Conclusion et perspectives	26
BIBLIOGRAPHIE	28
ANNEXES	29



1. Introduction

En Méditerranée française, environ une centaine de navires pratiquent le métier de la palangre¹ ciblant le thon rouge. Ces bateaux opèrent du mois de mars au mois de décembre et disposent d'un quota de pêche de thon rouge attribué chaque année. L'Organisation de Producteur (OP) SA.THO.AN représente et défend les intérêts des pêcheurs professionnels afin d'assurer l'avenir de la pêche en Méditerranée et de permettre une meilleure gestion et valorisation des produits de la pêche. Celle-ci regroupe ainsi une centaine de navires de pêche (Petits Métiers, Chalutiers et Senneurs), répartis sur l'ensemble de la façade (Figure 1). Au total une quarantaine de petits métiers palangriers/canneurs/ligneurs sont actifs au sein des deux OP, soit un sous quota en 2019 de 322 T sur les 483 T attribuées à la flottille de petits métiers de Méditerranée (TAC France 2019 = 5 458 T, tout engins confondus, pêche professionnelle et pêche de loisir) et de 390 T en 2020 (sur 581 T attribuées aux petits métiers méditerranéens, TAC France 2020 = 6 026 T):

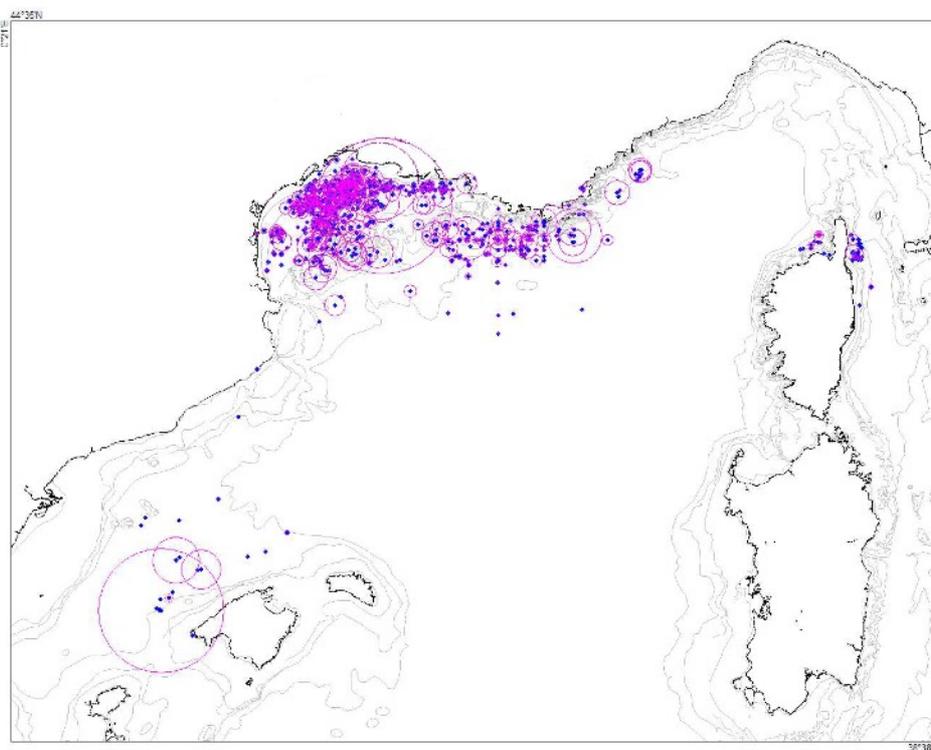


Figure 1. Positionnement des points de pêche des adhérents de la SATHOAN en 2020 (les cercles sont proportionnels aux volumes capturés)

Depuis plus de 10 ans, la SATHOAN œuvre avec les scientifiques et instances européennes et internationales, pour mettre en œuvre l'ensemble des mesures du plan de reconstitution, et plus récemment du plan de gestion, du stock de Thon Ronge en Méditerranée. En parallèle, face à une réticence persistante du grand public pour la consommation de Thon Rouge, la SATHOAN a choisi de développer des actions de revalorisation de ce poisson auprès des consommateurs. Ainsi, la SATHOAN a engagé depuis plusieurs années une démarche de valorisation de la pêche de Thon Rouge à l'hameçon, et ce via son association VALPEM (Valorisation des Produits de la Pêche en

¹ Pour 2020 : 57 AEP palangre, 5 AEP palangre hauturier et 15 canneur ligneur non exclusifs ; soit 77 AEP

Méditerranée www.valpem.fr). Après la création de la marque collective : "[Thon Rouge de Ligne - Pêche Artisanale](#)", la SATHOAN a obtenu en [juillet 2019](#) la certification publique « [Pêche Durable](#) ² » sur la pêcherie Thon Rouge de Ligne.

En parallèle, la SATHOAN engage une demande de certification auprès du [MSC](#) (Marine Stewardship Council), dont le résultat devrait paraître en 2020. Parallèlement la SATHOAN impose l'installation de dispositifs de géo-positionnement à ses navires (Balise VMS ou autre) ou la notification systématique des positions de pêches.

La pêche à la palangre n'étant pas monospécifique, d'autres espèces sont capturées accidentellement, principalement des raies et de requins. Ainsi, en plus d'acquérir une meilleure connaissance de ces captures accidentelles, il est important d'identifier des mesures d'atténuation efficaces et pratiques, d'autant plus quand il s'agit d'espèces sensibles à cycles de reproduction longs. Plusieurs opérations de partenariat scientifiques ont été menées au travers des projets [SELPAL](#), [REPAST](#) et [Echosea-kit](#). Ces projets co-financés par FFP avaient pour objectif de mieux comprendre l'écologie des espèces sensibles au travers d'opération de marquage et mieux estimer les interactions réelles avec les engins de pêches. Les résultats de ces projets disponibles sur www.amop.fr, permettent d'estimer les taux d'intégration avec les principales espèces sensibles non désirées ainsi que les taux de survie mesurées. Ces résultats prouvent que la palangre à thon rouge est un métier de sélectivité assez forte, puisque l'espèce cible (Thon Rouge) représentait plus de 70 % des captures en poids, la Raie Pastenague Violette (PLS) occupait néanmoins plus de 10 % des captures en poids et le Requin Peau Bleue (BSH) près de 3 %.

Malgré la prévalence des prises accessoires de requins et raies dans les pêcheries pélagiques à la palangre et la reconnaissance mondiale du développement et de la mise en œuvre de mesures d'atténuation pour réduire les captures accidentelles, la recherche et la mise en œuvre de telles mesures ont généralement été testées sans résultat significatif (Clarke *et al.*, 2014). Ces solutions ont de faibles niveaux d'efficacités mais ont le mérite d'exister : on parle souvent de solutions passives telles que la mise en place de bonnes pratiques (guide de libération des captures accessoires), l'adaptation du gréement de la palangre (période de pêche / type hameçon) ou encore l'évitement des zones de fortes concentration. Les méthodes actuellement disponibles qui ciblent les systèmes sensoriels des élasmobranches n'ont pas réussi à réduire de manière significative les prises accessoires de requins et de raies et / ou doivent encore être développées à grande échelle déployement (Favaro & Côté, 2015). Face à cela, il est primordial pour les pêcheurs de s'associer à des scientifiques et des ingénieurs pour déterminer, en concertation, des méthodes d'évitement efficaces. L'adoption et l'utilisation de ces solutions requièrent l'implication des pêcheurs professionnels dans toutes les étapes du processus.

Fort de ce constat et dans la continuité des efforts engagés par les pêcheurs de l'OP SATHOAN, celle-ci est entré en contact avec différentes entreprises d'ingénieries spécialisées dans le développement de technologies de réduction des prises accessoires adaptées aux opérations de pêche. C'est au travers de ces recherches qu'un partenariat a été identifié avec deux entreprises ; l'une anglaise (FISHTEK Marine <https://www.fishtekmarine.com>) et la seconde française (ISI FISH <http://>

² PECHÉ DURABLE : Ecolabel des produits de la pêche maritime. Organisme Certificateur CERTIPAQ. Garantie que ce produit respecte les critères d'une « pêche durable ». (Certification garantie par arrêté du 8/12/14 portant homologation du référentiel et plan de contrôle NOR DEVM1417144A et articles L. 644-15 et D. 646-21 Code rural et de la pêche maritime)

www.isifish.fr). L'objet du projet est donc de tester – dans le cadre d'un **projet d'expertise** - un **dispositif innovant et unique** d'éloignement des sélaciens dans le cadre d'essais en mer. L'OP s'est appuyé sur l'expertise de deux structures d'ingénierie. Ces dispositifs électroniques, qui émettent un champ électromagnétique sur une courte distance (env. 30 à 40 cm), ont été testés sur 2 navires volontaires, au cours du mois de juin à aout 2019 : période durant laquelle les captures de raies et de requins bleues sont les plus importantes.

2. Contexte

a) Premiers projets sur la sélectivité palangrière : SELPAL, REPAST et ECHOSEA-KIT

Les pêcheries palangrières pélagiques méditerranéennes rencontrent une diversité d'espèces capturées accidentellement : élastomobranques, tortues, oiseaux, mammifères marins et certains poissons osseux (Hall *et al.*, 2000). Ces vertébrés marins sont particulièrement vulnérables à ces interactions et peuvent connaître des déclin de population relativement rapides en raison de leur retard de maturité sexuelle et de leur faible taux de reproduction. Dans les pêcheries commerciales, de nombreuses espèces de requins sont à risque (Worm *et al.*, 2013), et c'est notamment le cas à l'échelle de la Méditerranée, où les raies et les requins sont les groupes d'espèces les plus menacés (Ferretti & Myers, 2008). Certaines de ces espèces, qui sont souvent vulnérables et sur la liste rouge de l'IUCN, sont encore mal connues mais il semblerait que leur biomasse diminue (CGPM, 2012).

Parmi les espèces capturées accidentellement par cette pêcherie, **les requins pélagiques sont particulièrement vulnérables**, du fait de leurs traits biologiques : taux de croissance lents, maturation tardive, gestation longue, faible fécondité... (Ferretti & Myers, 2006). Plusieurs espèces de requins sont rencontrées : principalement le Requin Peau Bleue (*Prionace glauca*), mais aussi Requin Renard Commun (*Alopias vulpinus*), Requin Taupe-Bleue (*Isurus oxyrinchus*), et d'autres espèces plus rares (Poisson *et al.*, 2018). Ces espèces sont très peu étudiées en Méditerranée, et les statistiques de pêche sont incomplètes et peu fiables. Certaines espèces peuvent être débarquées et vendues (Peau Bleue et Renard Commun) mais leur faible valeur commerciale décourage la plupart des pêcheurs à conserver ces prises, qui sont donc le plus souvent rejetées en mer.

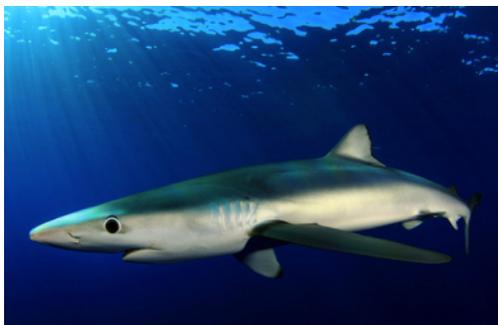


Figure 2. Requin Bleu, *Prionace glauca*

Les **requins peau bleue** passent 30% du temps en surface (entre 0 et 2 mètres) et 80% entre 0 et 50 mètres, et se nourrissent sur toute la colonne d'eau visitée. Les données des mouvements horizontaux confirment que ces animaux se déplacent sans cesse et couvrent des distances importantes (Poisson *et al.*, 2018). Cette espèce est classée « en danger critique d'extinction » en Méditerranée d'après la liste rouge IUCN (Sims *et al.*, 2016).

La **Raie Pastenague Violette** (*Pteroplatytrygon violacea*) constitue une **grande part des captures en nombre au sein de la pêcherie, et diminue ainsi l'efficacité de l'engin** de pêche pour le Thon Rouge (Poisson *et al.*, 2018). Espèce très productive, elle serait plus résistante à la pression de pêche que la plupart des élastomobranques (Baez *et al.*, 2015). Elle possède un ardillon venimeux qui peut se révéler dangereux pour les pêcheurs, les piqûres pouvant provoquer syncopes et troubles cardiaques. Il n'existe à ce jour que des données parcellaires sur les quantités capturées et rejetées par cette pêcherie, dans le cadre de campagnes OBSMER. Sans valeur commerciale, elle est systématiquement rejetée en mer.



Figure 3. Raie pastenague violette, *Pteroplatytrygon violacea*

Les prises accessoires de la pêcherie de Thon Rouge à l'hameçon en Méditerranée française ont pu être étudiées entre 2013 et 2017 grâce aux projets [SELPAL](#) (Sélectivité Palangre) et [REPAST](#) (Raies Pastenague) portés par l'AMOP et ses partenaires. Ces projets ont permis d'améliorer les connaissances sur la biologie et les prises de Requins Peau Bleue, Raies Pastenagues Violettes, tortues et oiseaux marins, au sein de cette pêcherie. Mais aussi de tester à petite échelle des outils adaptés à la libération rapide et sans danger des prises accessoires et à la réduction des interactions avec ces espèces sensibles. Les pêcheurs ont notamment été équipés de carnets de pêche adaptés au recensement des prises accessoires, spécifiquement pour le projet SELPAL. Le projet REPAST a permis la création de l'application [ECHOSEA](#), permettant la déclaration des observations et captures d'espèces accessoires à destination des pêcheurs et naturalistes. Cette application vient compléter les carnets à poinçons et permet de s'affranchir d'un support physique, elle permet aussi de recevoir et traiter les données plus facilement via un page de gestion web.

Ces projets (Poisson et al., 2018) ont également pu mettre en évidence plusieurs **caractéristiques des prises accessoires de la palangre à Thon Rouge méditerranéenne** :

- Les prises de Requins Peau Bleue représenteraient environ 6 % des captures en nombre (3 % en volume). Les individus matures sont rarement capturés car ils coupent la ligne. Le taux de mortalité directe estimé est de l'ordre de 6 %, et le taux de mortalité après libération est inférieur à 25 % (résultats qui restent à confirmer).
- Les Raies Pastenagues Violettes représenteraient 14 % des captures en volume, avec un pic des captures en août (passage de la CPUE de 4 à 6 individus pour 1000 hameçons en avril-juin, à 26 individus pour 1000 hameçons en août). Le taux de mortalité directe est négligeable (2 %), et le taux de mortalité après libération est de 28 %.
- Les captures de tortues marines par les palangriers sont rares, mais peuvent exister.
- Le Puffin Cendré (*Calonectris diomedea*) et le Goéland Leucopnée (*Larus michahellis*) sont les espèces d'oiseaux les plus couramment capturés par les palangriers, même si ces interactions sont jugées peu fréquentes.

Le projet SELPAL aboutit à des recommandations **pour atténuer l'impact de la pêcherie** sur ces espèces. Un Guide de Bonnes Pratiques (Poisson et al., 2016) a ainsi été rédigé à destination des pêcheurs, et largement diffusé. Il décrit les procédures de libération et de remise à l'eau des individus accidentellement capturés, ainsi que des pratiques de pêche permettant de réduire la fréquence de ces captures (filage de nuit, hameçons circulaires, pas de ligne en acier ni de leurre lumineux...). La fin du projet SELPAL s'est accompagnée de l'arrêt de la collecte de données sur les prises accessoires des palangriers méditerranéens (fin des carnets de pêches rémunérés), il était donc primordial pour l'AMOP de continuer à inciter les pêcheurs à utiliser les outils à leur disposition (carnets et application).

C'est ainsi que démarre en 2018 le projet [ECHOSEA-KIT](#), avec pour objectif de valoriser les résultats des projets REPAST et SELPAL en testant à grande échelle, sur l'ensemble de la pêcherie palangrière de Thon rouge méditerranéenne, l'efficacité des solutions proposées dans ces programmes. Il est alors proposé aux professionnels un « kit de bonnes pratiques », élaboré en concertation avec eux, incluant des solutions matérielles, techniques, pédagogiques et l'acquisition de données et restitution au travers d'outils informatiques. Cette démarche s'intègre dans les processus d'éco-certification MSC et Pêche Durable en cours à cette période là. Ce projet incluait notamment la mise à jour de l'application « [ECHOSEA](#) ».

b) Les progrès technologiques de FISHTEK

[FISKHTEK MARINE](#) est une entreprise anglaise, basée à Devon, au Sud-Ouest de l'Angleterre. Elle regroupe des ingénieurs et scientifiques spécialisés dans la pêche. Cette équipe concentre son expertise sur le développement et la distribution d'une gamme de dispositifs techniques innovants qui se sont avérés minimiser les prises accessoires dans la pêche commerciale. L'entreprise, créée en 1999, contribue à l'avancée des travaux sur la « pêche intelligente », qui en utilisant une technologie dédiée est efficace pour minimiser les prises accessoires marines, soutenir une pêche plus durable et aider à sauvegarder certaines des espèces en danger critique d'extinction dans le monde.

L'équipe de FISHTEK MARINE travaille actuellement sur un prototype pour empêcher les prises accessoires de requins dans les pêcheries à la palangre. Actuellement, un quart des chondrichthyens (espèces de requins, de raies et de chimères) sont menacés conformément aux critères de la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature. La pêche à la palangre pélagique pour les thons peut avoir des taux de capture de requins et de raies particulièrement élevés, et de nombreuses espèces de requins ne sont pas en mesure de supporter des niveaux d'exploitation aussi élevés et, par conséquent, les populations de requins diminuent considérablement. L'équipe de FISHTEK s'est rendue compte que le problème central de l'atténuation des prises accessoires de requins est lié au fait que ces espèces se comportent de manière très similaire aux espèces de thons et espadon. Ils se nourrissent tous deux de proies similaires et occupent généralement les mêmes zones marines.

Ce prototype **utilise les champs électriques pour dissuader les requins et autres élasmobranches de s'approcher des hameçons**, sans interférer avec les espèces cibles. Le principe scientifique de l'utilisation de champs électriques puissants pour dissuader les requins a été démontré dans d'autres contextes (Kempster et al., 2016). Pourtant, jamais auparavant un appareil n'a été à la disposition de l'industrie de la pêche qui non seulement produit une impulsion électrique d'une amplitude suffisante pour dissuader les requins, mais qui est petit et assez bon marché pour être acheté et adapté. Les requins et les raies ont une sensibilité aiguë aux champs électriques car ils possèdent dans leurs museaux des récepteurs électriques uniques appelés Ampoules de Lorenzi (Kalmijn, 1982) qui les aident à détecter les proies et à naviguer. Ils sont donc extrêmement sensibles aux champs électriques et évitent activement les courants électriques supérieurs à 10V /m (Marcotte et Lowe, 2008). Les appareils SharkGuard, chacun alimenté par une seule pile AA et montés à proximité des hameçons appâtés sur la ligne de palangre, exploitent cette sensibilité en créant des champs électriques pulsés 3D à courte portée (30 à 40 centimètres) puissants qui surexcitent ces électro-récepteurs détournant les requins sans danger. Les espèces cibles, comme le thon et l'espadon, ne disposent pas de ces récepteurs et ne sont pas affectées par les émissions.

Après des tests de prototype réussis qui ont permis de réduire de 90% les prises de requins, FISHTEK marine avait besoin de démontrer l'efficacité du SharkGuard dans un environnement de pêche commerciale réel.



Figure 4. Photo du dispositif SHARKGUARD accroché au dessus de l'hameçon avant sa mise à l'eau

3. Le projet Sharkguard

a) L'expérimentation

C'est ainsi qu'en 2018, un partenariat est construit entre [FISHTEK](#), [ISI-FISH](#) (appui et conseil aux ingénieurs) et l'[OP SATHOAN](#). Celle-ci porte le projet SHARKGUARD (du nom du dispositif), financé par France Filière Pêche, dans le but de tester le dispositif en conditions réelles de pêche.

Les objectifs de ce projet sont les suivants :

1. Tester dans des conditions expérimentales le dispositif Sharkguard et analyser les données
2. Estimer l'efficacité du dispositif sur les espèces accessoires et sur la capturabilité des espèces cibles
3. Recueillir les impressions des professionnels participant aux tests
4. Optimiser la conception du dispositif pour simplifier son utilisation et appréhender la perception des professionnels

L'ensemble des pêcheurs volontaires de l'OP SATHOAN titulaires d'une AEP thon rouge en Méditerranée française et/ou espadon peut candidater pour tester le dispositif, deux navires sont sélectionnés.

b) La mise à jour d'ECHOSEA

Dans la continuité des actions de sensibilisation et de collectes de données, et pour compléter le projet SHARKGUARD, l'application « ECHOSEA » a été améliorée afin d'y intégrer les résultats du projet mais aussi de rendre plus didactique la collecte des données de captures (et de relâchés) des espèces accessoires non désirées. C'est dans ce cadre que France Filière Pêche a apporté son soutien financier à la SATHOAN pour la création de la [version 3 de l'application](#) et la mise à jour du [site web](#).

En plus d'être accessible sur [l'AppStore](#) des Iphones, celle-ci est maintenant disponible sur [Google Play](#) pour les smartphones Android. Le [site web](#) a donc été mis à jour pour correspondre à l'application. Il y a aussi eu une amélioration du backoffice (plateforme de gestion et paramétrage) pour permettre un suivi simplifié des saisies des utilisateurs

Cette nouvelle version a fait l'objet d'un avenant au projet Sharkguard et a mobilisé 7 000€ du budget restant sur le financement FFP.

4. Actions mises en œuvre

Pour répondre aux objectifs du projet global, la SATHOAN et ses partenaires ont réalisés plusieurs actions en lien avec les professionnels pêchant le thon rouge à la palangre en Méditerranée. Ces actions s'organisent en 3 axes, le premier concerne l'expérimentation in situ du dispositif répulsif et l'analyse des données, le deuxième se concentre sur le retour d'expérience, le bilan et la communication auprès des pêcheurs pour les sensibiliser aux enjeux du projet et leur présenter les perspectives de cette technologie, enfin le troisième axe vise à mettre à jour l'application Echosea. Ces 3 axes se composent de 9 actions. Le calendrier des actions est représenté en Tableau 1.

AXE 1 : TEST DE L'EFFICACITÉ DU DISPOSITIF SHARKGUARD

Action 1 : Définir le schéma expérimental

- Collaborer avec les ingénieurs de FISHTEK et d'ISI-FISH pour élaborer les tests
- Identifier les hypothèses à tester, mettre en place un protocole expérimental précis
- Lister et commander le matériel nécessaire à l'expérimentation

Action 2 : Choix et préparation des navires tests

- Faire un appel à candidatures à destination de tous les adhérents palangriers de la SATHOAN
- Analyser les candidats (capacités, autorisations, sécurité...)
- Sélectionner les deux navires les plus à même de réaliser l'expérimentation

Action 3 : Expérimentation en mer

- Élaboration du schéma expérimental
- Organisation des sorties (demandes d'autorisations, équipements)
- Installation du matériel
- Expérimentation et observation à bord
- Indemnisation des navires

Action 4 : Analyse des données

- Traitement statistique des données expérimentales
- Restitution des résultats aux partenaires

AXE 2 : RETOUR D'EXPÉRIENCE, COMMUNICATION ET SENSIBILISATION DES PÊCHEURS

Action 5 : Création et diffusion d'une plaquette de présentation

- Réalisation d'un cahier des charges pour la nouvelle plaquette
- Faire appel à un prestataire pour réaliser les nouveaux dessins
- Faire appel à un prestataire pour réaliser la mise en forme de la nouvelle plaquette
- Imprimer et diffuser la plaquette

Action 6 : Echanges avec les professionnels et bilan de l'expérimentation

- Organisation d'une réunion d'échange avec les professionnels et les partenaires

Action 7 : Définir l'optimisation et les évolutions du dispositif

- Réflexion sur les perspectives d'amélioration du dispositif
- Définir les freins et leviers à sa diffusion dans la flottille
- Réfléchir à un futur projet dans la continuité de Sharkguard

Action 8 : Création du film du projet

- Réaliser un cahier des charges d'un film d'animation présentant le projet et ses résultats
- Réaliser un script et un story-board du film d'animation
- Faire appel à un prestataire pour réaliser le film d'animation
- Diffuser le film d'animation auprès des pêcheurs

Action 9 : Création d'un film des bonnes pratiques de pêche en lien avec le SHARKGUARD

- Réaliser un cahier des charges d'un film d'animation présentant les bonnes pratiques de pêche à adopter pour réduire les captures accessoires dans la pêcherie palangrière de thon rouge, et lien de ces actions avec le projet SHARKGUARD
- Réaliser un script et un story-board du film d'animation
- Faire appel à un prestataire pour réaliser le film d'animation
- Diffuser le film d'animation auprès des pêcheurs

AXE 3 : EVOLUTION DE L'APPLICATION ECHOSEA

Action 10 : Création d'une nouvelle version de l'application

- Réaliser le cahier des charges de la version améliorée de l'application
- Faire appel à un prestataire pour réaliser cette application
- Faire appel à un prestataire pour intégrer des données météorologiques sous forme de cartes dans l'application
- Informer les pêcheurs sur l'application et son fonctionnement

Tableau 1. Calendrier des actions mises en œuvre dans le projet

	2019												2020				
	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai
Action 1	■	■	■			■											
Action 2				■	■												
Action 3							■	■									
Action 4									■	■	■						
Action 5			■	■													
Action 6											■	■	■				
Action 7													■	■			
Action 8										■	■						
Action 9														■	■		
Action 10															■	■	■

5. Le protocole expérimental

a) Le schéma expérimental

Afin de détecter un effet de réduction de 70% avec une importance de 95%, une analyse statistique (analyse de puissance - modèle de régression logistique binaire dans GPower 3.1) a été réalisée en se basant sur les CPUE de Thon rouge, de raies et de requin (données SELPAL et REPAST de l'AMOP/IFREMER). Ainsi le nombre théorique de marées à réaliser est présenté ci-après, avec le nombre d'hameçons nécessaires :

Tableau 2. Taux d'échantillonnage nécessaire à la bonne représentativité des résultats

	Nombre d'hameçons nécessaires	Nombre de marées nécessaires
Requin peau bleu	22 588	16
Raie pastenague	11 298	8
Tous élasmobranches	7 535	4

Ces taux d'échantillonnage ne pouvant être atteint dans le cadre de ce **projet d'expertise**, les résultats sont considérés comme préliminaires à tout projet de plus grande ampleur. Néanmoins, des tests statistiques adaptés ont été réalisés pour vérifier ces premiers résultats.

L'expérimentation s'est donc basée sur la comparaison du taux de capture des requins et des espèces cibles sur **12 marées expérimentales** effectuées sur 2 navires de pêche, soit un total de plus de 25 000 hameçons. Ces essais se sont déroulés entre le 22 août 2019 et le 16 septembre 2019, et 2 marées tests ont été réalisées au préalable.

Les palangres ont été équipées suivant trois types gréements (T1, T2 et T3). Deux marées test ont été réalisées pour se familiariser avec les dispositif et s'assurer que l'activité de pêche puisse se réaliser sans soucis avec les Shark Guard montés sur les avançons.

T1 = un gréement avec des hameçons équipés du *Shark Guard* actif attaché à 1 m de l'hameçon

T2 = un gréement avec des avançons non équipés de *Shark Guard* (*le control*)

T3 = un gréement avec des hameçons équipés du *Shark Guard* non actif attaché à 1 m de l'hameçon

Ces gréements ont été placés par groupe sur la ligne de palangre (Figure 5).

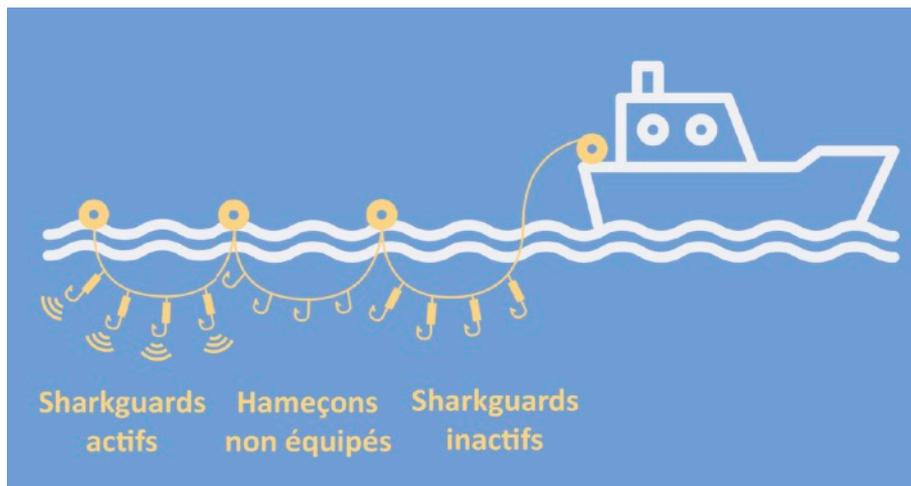


Figure 5. Schéma simplifié du protocole expérimental

Afin d'éviter les biais systématiques, chaque type de gréement a été placé au hasard. Tous les hameçons expérimentaux ont été observés pendant la pose et le virage par des observateurs expérimentés travaillant en mer dans le cadre du projet avec des protocoles de collecte de données spécifiques au projet. Les essais ont été effectués à la fois à l'aube et au crépuscule.

Les deux palangres se sont emmêlées à deux reprises, ces valeurs ont donc été retirées pour l'analyse.

b) Les analyses statistiques

Un modèle a été testé pour chaque espèce: (1) raie pastenague, (2) requin bleu et (3) thon rouge. Le nombre de raies pélagiques capturées a été modélisé comme variable de réponse en utilisant un modèle mixte linéaire généralisé de poisson (GLMM). Pour le requin bleu et le thon rouge, la probabilité qu'un individu soit capturé sur chaque hameçon a été modélisée comme variable de réponse à l'aide d'un GLMM binomial. Les deux modèles comprenaient trois effets fixes: le traitement (contrôle / SharkGuard inactif / SharkGuard actif), l'heure de la journée (crépuscule / aube) et l'effort de pêche.

Pour tous les modèles, le bateau et le jour étaient des variables aléatoires enregistrées pour tenir compte des effets d'observation et de la variation temporelle. Le temps de trempage moyen n'a pas été inclus dans le modèle car il ne différait pas significativement entre les traitements (voir résultats). La profondeur n'a pas non plus été incluse dans les modèles car une profondeur moyenne pour chaque traitement n'a pas pu être calculée.

Toutes les analyses ont été testées dans le package MASS (Venables & Ripley 2002) dans R v3.5.1. Les modèles ont été classés par les critères d'information d'Akaike (AIC) en utilisant la sélection de sous-ensembles du modèle maximal à l'aide du package MuMIn v1.42.1 (Barton 2015). Toutes les combinaisons de termes dans le modèle maximal ont été examinées. Les modèles les mieux classés ont été définis comme étant les modèles $\Delta AIC \leq 2$ unités du modèle le mieux soutenu, après avoir exclu d'autres modèles où un modèle plus simple atteignait une pondération plus élevée («règle d'imbrication»; Richards et al. 2011).

c) L'implication des adhérents

Suite à une consultation des adhérents de la SATHOAN via un appel à candidats, deux navires ont été sélectionnés pour accueillir les ingénieurs à bord et réaliser l'expérimentation (Figure 6), de par leurs autorisations et la taille suffisante de leurs bateaux : **L'INFERNAL** dont l'armateur est l'EURL Mastrangelo et le **TROIS FRÈRES 2** dont l'armateur est Monsieur Fréjafond Renaud.



Figure 6. Photos prises à bord des navires participants au projet : à gauche L'INFERNAL, à droite le TROIS FRÈRES II

Afin de ne pas perturber les activités expérimentales, les navires sont affrétés à la journée. Le coût de l'affrètement a été calculé sur la base du CA moyen réalisé par les navires adhérents à l'OP SATHOAN en 2017 (et disposant de palangre de plus de 700 hameçons) soit 2500 € / jour :

Nombre moyen de poissons pêché par sortie = 7,2 Thons

Poids moyen / thon = 30,4 kg

Prix moyen / kg = 11,7 €/kg

CA moyen par sortie = 2560 €/sortie

6. Résultats des différentes actions

a) Un dispositif efficace et prometteur

Au total, c'est 25 287 hameçons qui ont été déployés pendant les essais (n = 12 voyages en binôme).

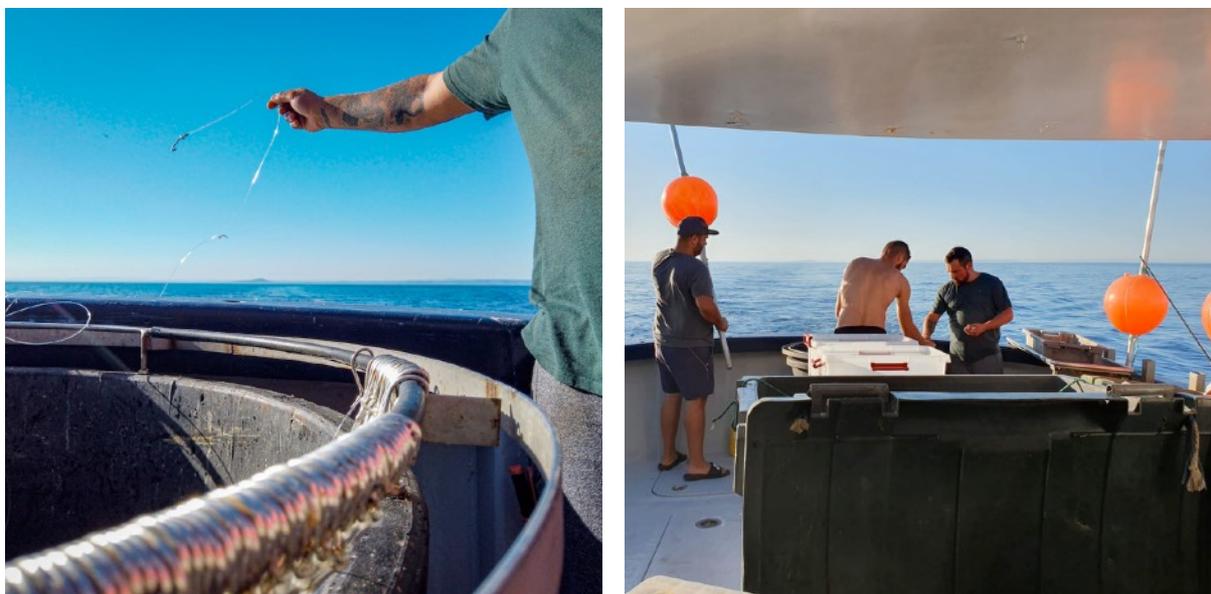


Figure 7. Photos à bord des navires lors des essais en mer

Il est important de noter que seulement 2 dispositifs se sont décrochés de la ligne et ont été perdus. En moyenne, chaque palangre comprenait 534 (\pm 91) hameçons de contrôle (moyenne \pm erreur standard SE), 102 (\pm 37) hameçons SharkGuard inactifs et 422 (\pm 63) hameçons SharkGuard actifs (Figure 8, Annexe 1).

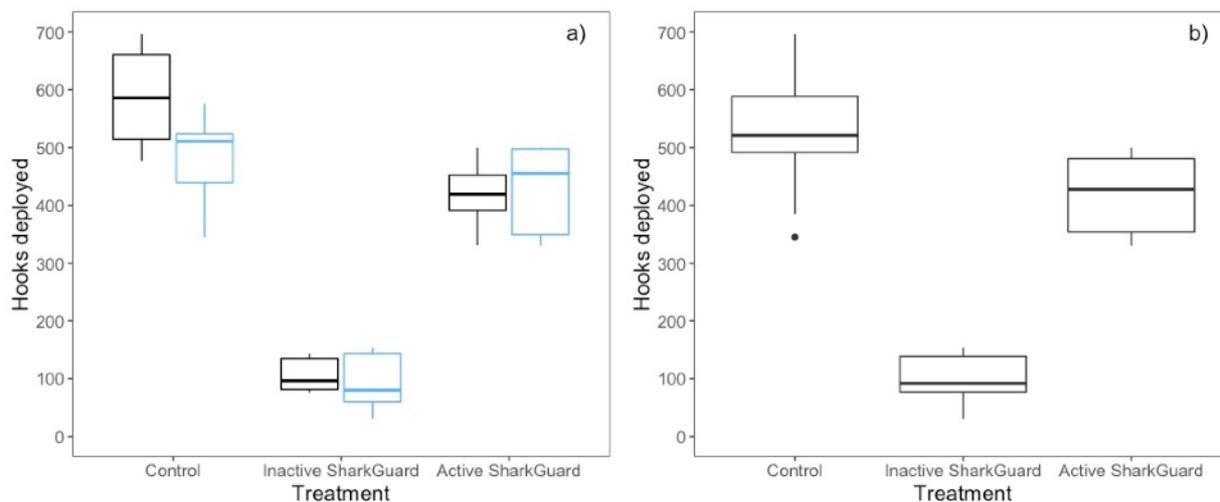


Figure 8. Effort de pêche. Nombre d'hameçons déployés au cours des essais en fonction du traitement : a) les données sont ventilées pour chaque bateau (Trois Frères II en noir, L'Infernal en bleu), b) données combinées. Présentés sous forme de boîtes à moustaches, indiquant la plage médiane et interquartile. Les moustaches indiquent les valeurs minimales et maximales à l'exclusion des valeurs aberrantes qui sont représentées par des points.

Les deux tiers des palangres ont été posées avant le coucher du soleil et remontées au crépuscule (8 séries), tandis que les autres palangres ont été posées à l'aube et remontées après le lever du soleil (4 séries; Annexe 2). Le temps d'immersion moyen n'a pas différé de manière significative entre les traitements au cours des essais (ensemble de données sur les raies pélagiques: ANOVA bidirectionnel $F_{2, 68} = 0,17$, $P = 0,842$; ensemble de données sur le thon rouge et le requin bleu: $F_{2, 25284} = 0,17$, $P = 0,842$), avec chaque traitement immergé entre 4,58 et 4,77 heures en moyenne (Annexe 3).

Au total, 137 thons rouges ont été débarqués au cours des essais. Les **raies pastenagues pélagiques (n = 395) représentaient 62% de la capture totale** et les **requins bleus (n = 10) 2%**. 98 individus supplémentaires d'une gamme d'espèces (y compris la raie circulaire, le makaire bleu, la bonite, maquereaux, le poisson-lune et l'espadon) ont également été capturés au cours des essais, ce qui représente 15% de la capture totale (Figure 9). La moitié des sorties a entraîné des prises de requin bleu (n = 6), tandis que des raies pélagiques et du thon rouge ont été capturés à chaque sortie (n = 12). Le récapitulatif détaillé des résultats des analyses statistiques est disponible en Annexe 4.

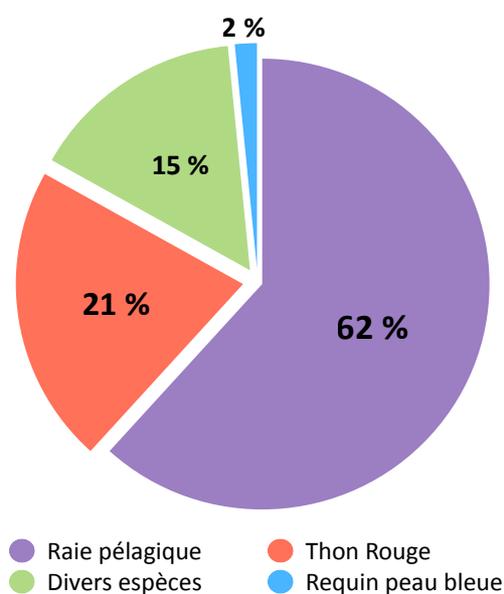


Figure 9. Diagramme de la composition des individus capturés lors de l'expérimentation (n=640)



L'EFFET DU DISPOSITIF SUR LA RAIE PASTENAGUE

La Capture Par Unité d'Effort (CPUE) pour les raies pélagiques a été **influencée par le traitement et l'heure de la journée** (Annexe 2). En moyenne, $15,57 \pm 4,21$ (moyenne \pm erreur standard SE) raies pélagiques ont été capturées pour 1 000 hameçons témoins lors de la pêche au crépuscule et $24,72 \pm 7,05$ lors de la pêche à l'aube. **Le nombre d'individus capturés pour 1000 hameçons a été réduit quelle que soit l'heure de la journée** (Figure 10):

- de 66% entre les hameçons témoins et équipés actifs
- de 56% entre les hameçons témoins et équipés inactifs
- de 21% entre les hameçons équipés inactifs et équipés actifs

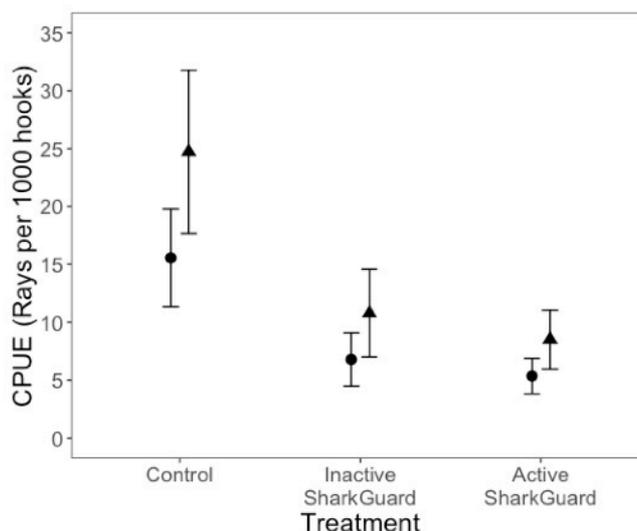


Figure 10. Raies pélagiques. Capture par unité d'effort (CPUE) pour 1 000 hameçons pour les raies pélagiques en fonction du traitement lors de la pêche au crépuscule (cercles) et à l'aube (triangles). Les valeurs de CPUE standardisées de l'analyse GLMM sont tracées. Des barres d'erreur standard sont affichées.

De plus, à l'aube c'est **59% de raies pélagiques supplémentaires** qui ont été capturées pour tous les traitements. La probabilité d'attraper des raies pélagiques a également été influencée par la distance relative à la bouée pour les hameçons SharkGuard actifs et inactifs, mais pas pour les hameçons témoins (Annexe 4). La probabilité d'attraper des raies pélagiques était **plus élevée pour les hameçons près de la bouée** (0,0055 moyenne, plage SE: 0,0018–0,0167) que pour les hameçons lointains (0,0023, 0,0007–0,0071; figure 11a). Pour les hameçons témoins, en moyenne, 21,22 ± 5,19 (moyenne ± SE) raies pélagiques ont été capturées pour 1000 hameçons près de la bouée, tandis que 17,91 ± 4,41 raies pélagiques ont été capturées pour 1000 hameçons éloignés (Figure 11). Cela suggère que les raies pélagiques étaient plus susceptibles d'être capturées sur les hameçons moins profonds (plus près de la bouée).

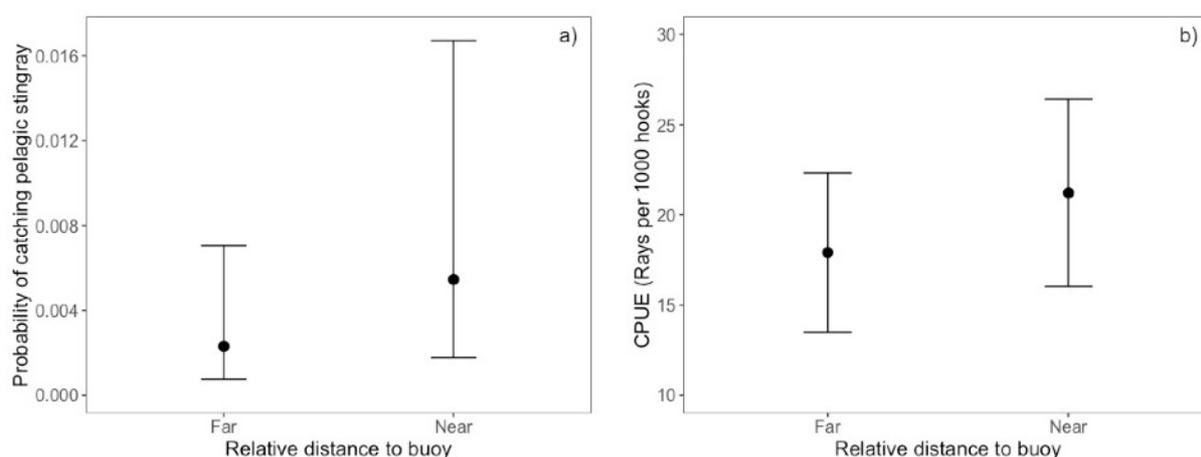


Figure 11. Hameçons proches vs lointains de la bouée. a) Probabilité d'attraper des raies pélagiques par 1 000 hameçons en fonction de la distance relative à la bouée pour les hameçons SharkGuard actifs et inactifs. Les valeurs standardisées de l'analyse GLMM sont tracées. Des barres d'erreur standard sont affichées. b) Capture par unité d'effort (CPUE) pour 1 000 hameçons pour les raies pélagiques en fonction de la distance relative à la bouée pour les hameçons témoins. Les valeurs de CPUE standardisées de l'analyse GLMM sont tracées. Des barres d'erreur standard sont affichées.



L'EFFET DU DISPOSITIF SUR LE REQUIN BLEU

La probabilité d'attraper un requin bleu a également été **influencée par le traitement** (Annexe 4). La **probabilité d'attraper le requin bleu** était extrêmement faible tout au long des essais (moyenne: 0,00010, plage SE: 0,00001–0,00071) mais elle **a néanmoins été réduite** (Figure 12):

- de 73% entre les hameçons témoins (non équipés) et équipés inactifs
- de 100% entre les hameçons témoins et équipés actifs
- de 100% entre les hameçons équipés inactifs et hameçons équipés actifs

En effet, aucun requin bleu n'a été capturé sur un hameçon SharkGuard actif lors des essais.

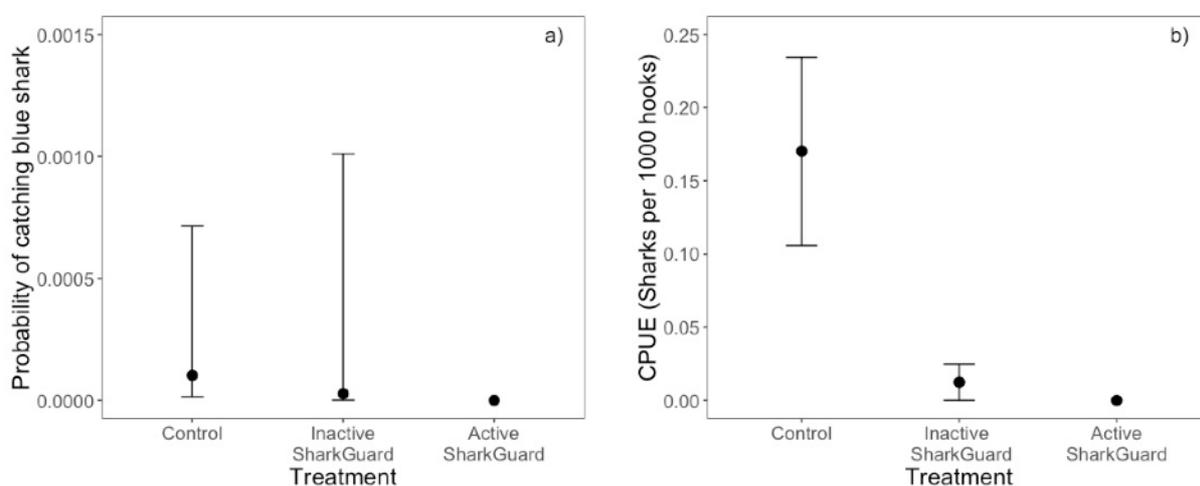


Figure 12. Requin bleu a) probabilité de capture de requin bleu pour 1 000 hameçons en fonction du traitement. Les valeurs standardisées de l'analyse GLMM sont tracées pour le contrôle et le SharkGuard inactif. Les prédictions et les barres d'erreur standard ne sont pas affichées pour le SharkGuard actif car aucun requin bleu n'a été capturé sur les hameçons SharkGuard actifs pendant les essais. **b) capture brute par unité d'effort (CPUE) des requins bleus en fonction du traitement.** Aucune barre d'erreur standard n'a pu être affichée pour le SharkGuard actif



L'EFFET DU DISPOSITIF SUR LE THON ROUGE

Bien que les SharkGuards actifs aient été efficaces pour réduire les prises accessoires d'élastombranches, la **probabilité de capture de thon rouge a également été influencée par le traitement** (Annexe 4). La probabilité de capture de thon rouge était de 0,051 (moyenne, gamme SE: 0,033–0,079) sur les hameçons témoins. Ainsi, la probabilité de capture de thon rouge varie (Figure 13) :

- augmentation de 16% entre les hameçons SharkGuard témoins et équipés inactifs
- diminution de 42% entre les hameçons SharkGuard témoins et équipés actifs
- diminution de 50% entre les hameçons SharkGuard inactifs et actifs

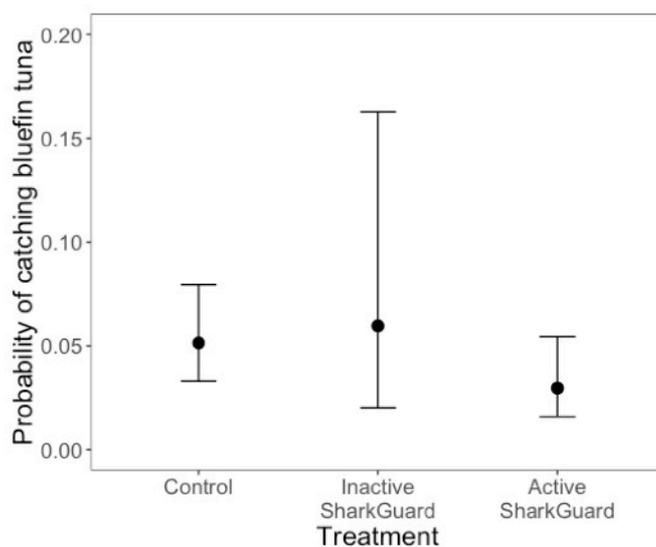
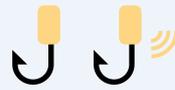
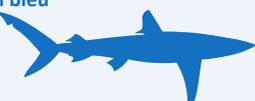


Figure 13. Thon Rouge. Probabilité de capture de thon rouge pour 1 000 hameçons en fonction du traitement.
Les valeurs standardisées de l'analyse GLMM sont tracées. Des barres d'erreur standard sont affichées.

Une synthèse des résultats de l'impact du SHARKGUARD sur chaque espèce est présentée ci-dessous.

Tableau 3. Synthèse des résultats de l'expérimentation Sharkguard en CPUE pour la raie, en probabilité de capture pour le requin et le thon.

	Témoins VS actifs 	Témoins VS inactifs 	Inactifs VS Actifs 	
Raie pastenague  CPUE	-68 %	-56 %	-27 %	aube
	- 66 %	- 56 %	- 21 %	crépuscule
	-63 %	-56 %	-14 %	
Requin bleu  Probabilité de captures	-100 % (0 capture sur actifs)	-73 %	-100 % (0 capture sur actifs)	aube
				crépuscule
Thon rouge  Probabilité de captures	-42 %	+ 16 %	-50 %	aube
				crépuscule

Le dispositif SHARKGUARD s'est montré efficace lors de ces essais à agir en tant que répulsif des raies et requins. Les résultats suggèrent néanmoins que la présence du dispositif SharkGuard près des hameçons agit potentiellement comme un répulsif visuel pour les trois espèces, probablement en raison de la taille de l'appareil, de la couleur transparente avec la mécanique interne visible et de la méthode de fixation, qui permettait à l'appareil de se déplacer librement autour de la ligne. De plus, il est possible que la présence de batteries dans les appareils inactifs ait émis des champs électriques qui étaient suffisants pour réduire les taux de capture : même si loin du niveau d'émission des

Sharkguard actifs, cela peut être un effet non négligeable. Ce sont ces effets combinés qui pourraient expliquer la diminution du taux de capture du Thon Rouge.

Des tests supplémentaires sont nécessaires : l'effet observé des dispositifs actifs sur les raies pélagiques et les requins bleus (bien que la taille de l'échantillon soit petite pour cette dernière espèce) justifie de poursuivre les recherches et le développement. De futurs essais permettraient de tester de manière plus approfondie cet effet visuel mais également d'augmenter le nombre de répliqua afin d'obtenir des résultats plus robustes (plus d'individus, effet de la profondeur, effet de la temporalité...) et de s'assurer que chaque traitement est séparé par une section tampon suffisante pour éviter tout effet de confusion entre les traitements.

b) Des améliorations et évolutions à envisager pour le SHARKGUARD

Une réunion de restitution et d'échange a été organisée le 11 Décembre 2019. Les pêcheurs, FFP et quelques invités locaux (CRPMEM Occitanie, OP DU SUD, Ifremer) étaient présents physiquement dans les locaux de la SATHOAN. Les partenaires FISHTEK et ISIFISH étaient en visioconférence.

Il a été identifié différents points d'améliorations :

- Rendre le dispositif plus petit
- Rendre le dispositif plus discret et plus ressemblant à un appât (pour diminuer la répulsion visuelle de l'espèce cible)
- Rendre la batterie plus autonome, afin de diminuer le temps de recharge et de manipulation
- Rendre le dispositif plus écologique

L'utilisation future des dispositifs SHARKGUARD dans la pêcherie Thon Rouge par les pêcheurs, dépendra de la capacité à maintenir des taux de capture cibles : bien que le dispositif ait été jugé facile à déployer, les pêcheurs ont souligné qu'ils ne l'adopteraient que s'il ne diminuait pas les taux de capture de thon rouge.

c) Une application plus fonctionnelle répondant aux exigences environnementales

Grâce à la réallocation du budget restant en décembre 2019 et à une prolongation de la durée du projet, l'application ECHOSEA a pu être améliorée pour être plus cohérente avec le projet et nos engagements dans la durabilité de la pêcherie, et pour favoriser son utilisation. En plus d'être accessible sur [l'AppStore](#) des Iphones, celle-ci est maintenant disponible sur [Google Play](#) pour les smartphones Android. Le [site web](#) a également été mis à jour pour correspondre à l'application. Il y a aussi eu une amélioration du backoffice pour permettre un suivi simplifié des saisies des utilisateurs

Les perspectives pour cette appli sont :

- d'augmenter le nombre d'utilisateurs en communiquant régulièrement sur l'appli
- de suivre les données enregistrées dans l'application pour nous aider sur la suite du projet SHARKGUARD
- de communiquer sur nos projet, notamment le projet SHARKGUARD

La nouvelle version de l'application comprend donc :

d) Les actions de sensibilisation et de communication mises en œuvre

Outre les COPIL et réunions qui ont permis de discuter avec des pêcheurs, une plaquette de présentation du projet a été largement relayée pour informer les professionnels de la teneur du projet.

5 news ont été publiées sur le site de la SATHOAN et relayées sur facebook :

- 25 mars 2019 : [Projet Sharkguard](#)
- 15 juillet 2019 : [Sharkguard, test d'un nouveau dispositif pour la sélectivité des palangres](#)
- 16 janvier 2020 : [Sharkguard nommé aux Trophées Innovation Ocean](#)
- 27 mars 2020 : [Bonnes pratiques, Thon Rouge « Pêche durable »](#)
- 17 mai 2020 : [L'application Echosea fait peau neuve](#)

La SATHOAN a également pu participer et présenter le projet à plusieurs conférences ayant pour sujets les sciences participatives et la réduction des prises accessoires :

- en novembre 2019 à Palma de Majorque, au [meeting UICN](#) sur les mesures de protection des raies et requins en Méditerranée. Ce fut l'occasion de présenter le projet et ses premiers résultats, et d'échanger avec des experts internationaux



- en novembre 2019 à Port-Camargue dans le cadre de la Semaine des sentinelles de la mer Occitanie, organisé par le Bassin de Thau et la Région Occitanie.



- en janvier 2020 lors de la nomination du projet SHARKGUARD aux [Trophées Innovation Océan](#)



- en février 2020 lors de la conférence « Pêcheurs d'Occitanie, sciences de la mer et pêche durable » organisée par le Seaquarium du Grau du Roi



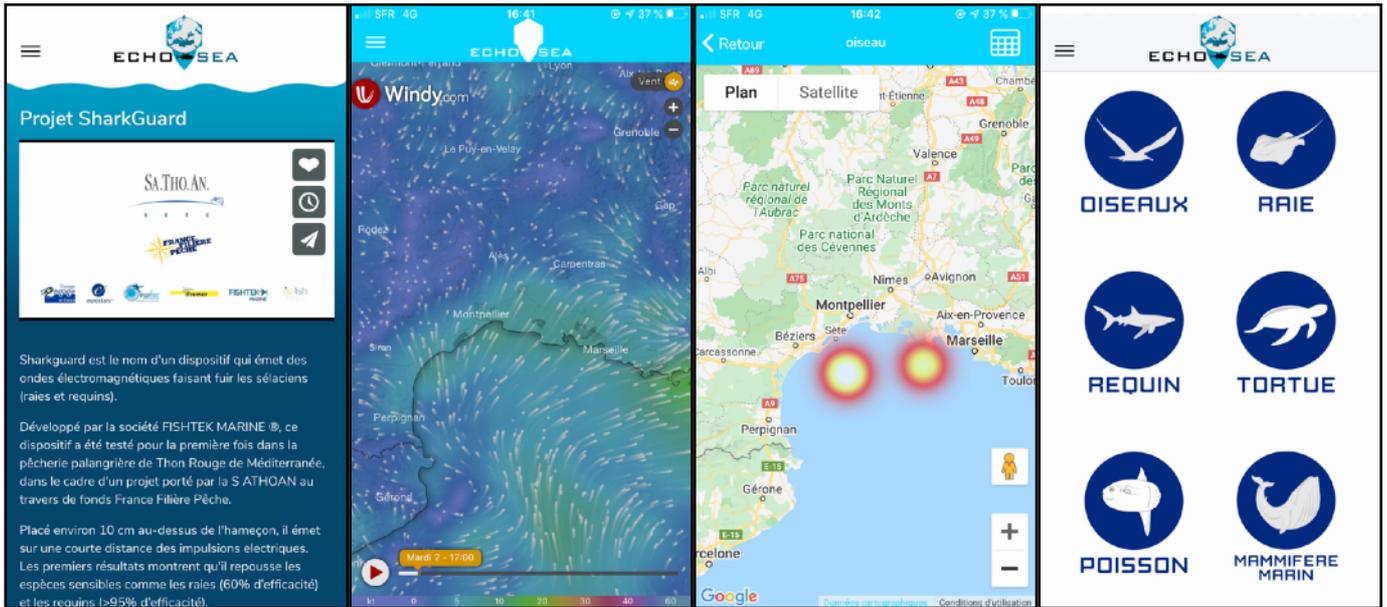
Deux films ont été réalisés au cours du projet:

- Un film d'animation présentant le contexte et les [résultats du projet](#)
- Un film d'animation présentant les [bonnes pratiques](#) visant à éviter les prises accessoires en lien avec le projet SHARKGUARD

Enfin, en janvier 2020 un article sur le projet est paru dans le [midi-libre](#).

7. Niveau de réalisation du projet

Au 31 mai 2020, le taux de consommation du projet SHARKGUARD est de 101 %: le budget prévisionnel était de 97 780 €, les membres du projet ont dépensé 98 649,2 €. Le budget a été réaménagé en fin d'année 2019 avec le prolongement du projet de 3 mois (jusqu'au 31 mars 2020) et une réallocation du budget pour optimiser les dépenses, c'est ce qui a permis d'obtenir un taux de consommation du budget de 100 %. Suite à la crise COVID19, le projet a été rallongée de 2 mois supplémentaires (jusqu'au 31 mai 2020) afin de finaliser les prestations engagées. Cela a notamment permis de réaliser la vidéo combinant les bonnes pratiques de pêche avec les résultats du projet, ainsi que mettre à jour l'application ECHOSEA en cohérence avec le projet.

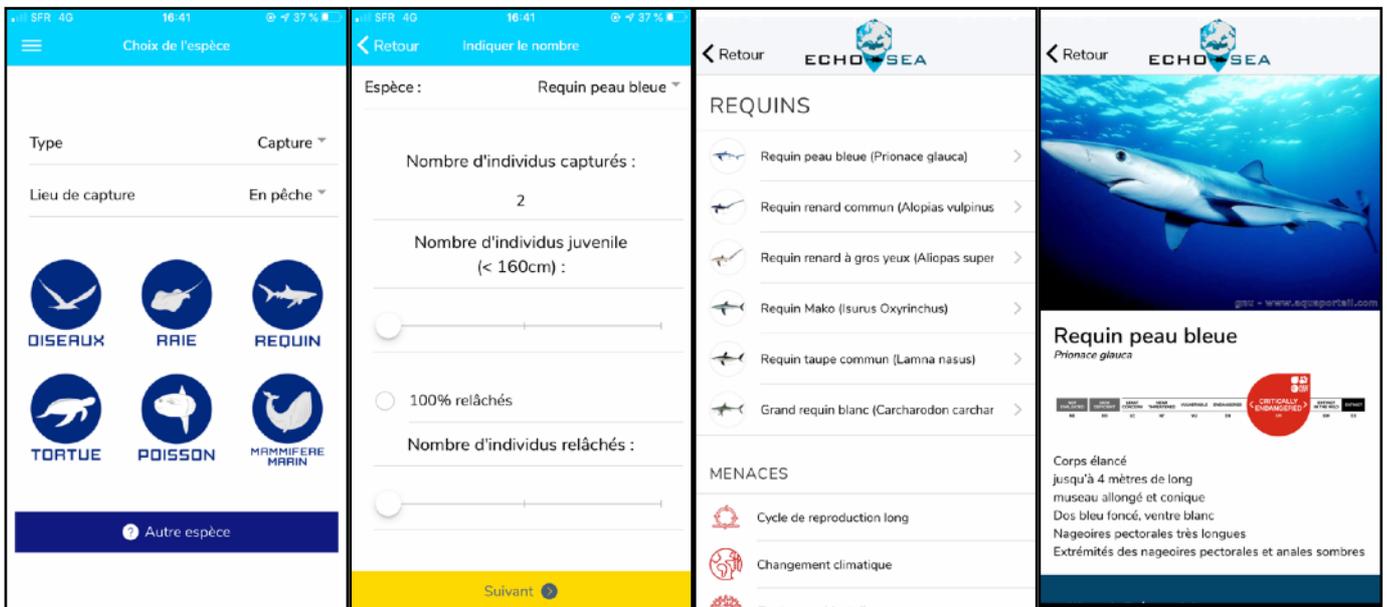


Une home page qui permet de sensibiliser les professionnels aux bonnes pratiques de pêche : diffusion des vidéos SHARKGUARD et ECHOSEA

Des cartes météorologiques en temps réel (vent, température, houle, courant, ..) disponibles aux professionnels et aux naturalistes

Des cartes interactives pour représenter les zones où les observations ont été réalisées

Une mise à jour des espèces disponibles à la déclaration



Deux modalités d'enregistrement des données: pour les naturalistes et pour les pêcheurs professionnels

Des formulaires de déclaration plus complets

Des fiches espèces détaillées reprenant l'ensemble des espèces « accessoires » que l'on peut observer en Méditerranée

Tableau 4. Budget prévisionnel du projet SHARKGUARD (re-aménagé en fin d'année 2019 via un avenant)

Porteur	SATHOAN					
Projet	SHARKGUARD (expertise)					
Période	janvier 2019 à mai 2020					
SUIVI DU BUDGET (en euros)						
Date	Objet	Coût (HT)	Budget Total	% du total	Total éligible FFP	% FFP
dépenses du porteur du projet						
	Charges de personnel (1)		21 680	28%	-	0%
	Responsable projet		11 730		-	
	Chargé de Mission		4 750		-	
	Stage (indemnité + frais mission)		5 200			0%
	Indemnisation navires (2)		20 000	26%	19 000	95%
	Frais Affrètement complet navire (navire, appat, carburant, matériel) (2500€/jour)		20 000		19 000	95%
	Achat de matériel (3)		20 000	26%	17 000	85%
	Achat 250 prototype Sharkgard		14 500		14 500	
	Materiels embarquement		1 500		1 000	67%
	Matériel prise de vue sous marine		4 000		1 500	38%
			7 100	9%	6 900	97%
	Mise à jour de l'application ECHOSEA		7 100		6 900	
	communication du projet (5)		8 100	10%	6 600	81%
	Note d'info type leaflet		2 000		1 500	75%
	Integration Site Web		100			
	Réalisation petit film		4 000		4 000	100%
	Réalisation petit film bonnes pratiques		2 000		1 100	55%
	Frais de déplacement et de mission (6)		1 000	1%	-	0%
	Frais de déplacement		1 000			0%
	sous total Porteur de projet		77 880	100%	49 500	64%
				80%		
dépenses du partenaire 1 FISHTEK (1 EUR = 0,8954 GBP juin 2020)						
	Charges de personnel (1)		5 400	52%	-	0%
	Permanent (Project coordination)		5 400			
	Frais de déplacement et de mission		5 000	48%	-	0%
	1 mission en mediterrannée lors de la phase test		2 000			
	1 international dissemination trips (tRMFO)		3 000			
			10 400	100%	-	0%
				11%		
dépenses du partenaire 2 ISIFISH						
	Charges de personnel (1)		4 000	42%	-	0%
	Parmanent (Project coordination)		4 000			
	Frais de déplacement et de mission		5 500	58%	-	0%
	1 mission en mediterrannée lors de la phase test		2 500			
	1 international dissemination trips (tRMFO)		3 000			
	sous total Partenaire 2		9 500	100%	-	0%
				10%		
Total			97 780 €		49 500 €	51%

Tableau 5. Budget réalisé

Porteur									
Projet									
Période									
<i>SUIVI DU BUDGET (en euros)</i>									
Date	Budget Total	% du total	Consommé	% conso	Solde	% solde	Total éligible FFP	% FFP	
dépenses du porteur du projet									
Charges de personnel (1)	21 680	28%	21 675,37 €	100%	4,63 €		-	0%	
Responsable projet	11 730		12 069,97 €		- 339,97 €		-		
Chargé de Mission	4 750		9 605,40 €		- 4 855,40 €		-		
Stage (indemnité + frais mission)	5 200				5 200,00 €			0%	
Indemnisation navires (2)	20 000	26%	20 000,00 €	100%	- €	0%	19 000	95%	
Frais Affretement complet navire (navire, appat, carburant, materiel)	20 000		20 000,00 €		- €		19 000	95%	
Achat de matériel (3)	20 000	26%	20 364,86 €	102%	- 364,86 €		17 000	85%	
Achat 250 prototype Sharkgard	14 500		14 591,28 €		- 91,28 €		14 500		
Materiels embarquement	1 500		2 295,60 €		- 795,60 €		1 000	67%	
Matériel prise de vue sous marine	4 000		3 477,98 €		522,02 €		1 500	38%	
Mise à jour de l'application ECHOSEA	7 100	9%	7 006,78 €	99%	93,22 €		6 900	97%	
communication du projet (5)	8 100	10%	8 264,10 €	102%	- 164,10 €		6 600	81%	
Note d'info type leaflet	2 000		1 836,30 €		163,70 €		1 500	75%	
Integration Site Web	100		12,80 €		87,20 €				
Réalisation petit film	4 000		3 890,00 €		110,00 €		4 000	100%	
Réalisation petit film bonnes pratiques	2 000		2 525,00 €		- 525,00 €		1 100	55%	
Frais de déplacement et de mission (6)	1 000	1%	1 197,07 €	120%	- 197,07 €		-	0%	
Frais de déplacement	1 000		1 197,07 €		- 197,07 €		-	0%	
sous total Porteur de projet	77 880	100%	78 508,18 €	101%	- 628,18 €		49 500	64%	
80%									
dépenses du partenaire 1 FISHTEK (1 EUR = 0,8954 GBP juin 2020)									
Charges de personnel (1)	5 400	52%	6 168,67 €	114%	- 768,67 €		-	0%	
Permanent (Project coordination)	5 400		6 168,67 €		- 768,67 €		-		
Frais de déplacement et de mission	5 000	48%	4 448,53 €	89%	551,47 €		-	0%	
1 mission en mediterrannée lors de la phase test	2 000		4 448,53 €		- 2 448,53 €		-		
1 international dissemination trips (tRMFO)	3 000		0,00 €		3 000,00 €		-		
sous total Partenaire 1	10 400	100%	10 617,20 €	102%	217,20 €		-	0%	
11%									
dépenses du partenaire 2 ISIFISH									
Charges de personnel (1)	4 000	42%	4 419,87 €	110%	- 419,87 €		-	0%	
Parmanent (Project coordination)	4 000		4 419,87 €		- 419,87 €		-		
Frais de déplacement et de mission	5 500	58%	5 103,95 €	93%	396,05 €		-	0%	
1 mission en mediterrannée lors de la phase test	2 500		1 033,51 €		1 466,49 €		-		
1 international dissemination trips (tRMFO)	3 000		4 070,44 €		- 1 070,44 €		-		
sous total Partenaire 2	9 500	100%	9 523,82 €	100%	23,82 €		-	0%	
10%									
Total	97 780 €		98 649,20 €	101%	- 869,20 €		49 500 €	51%	

8. Conclusion et perspectives

POINTS POSITIFS	POINTS NÉGATIFS
Le dispositif est efficace sur la répulsion des raies pastenagues	Coût élevé du produit (à l'état de prototype) coût 12 350 € / an (voir Annexe 5a p.31)
Le dispositif semble efficace sur la répulsion des requin bleu même si les résultats ont besoin d'être renforcés via d'avantages de tests	Coût élevé des batteries coût 1 482 € / an (voir Annexe 5b p.31)
Le dispositif n'empêche pas de pêcher même si des contraintes sont à noter	Impact sur les captures de Thon Rouge et perte de chiffre d'affaire perte 12 500 € / an (voir Annexe 5c p.31)
Gains potentiels car amélioration de la disponibilité des hameçons pour l'espèce cible gain 1 150 € / an (voir Annexe 5d p.32)	Modification du comportement de la ligne (plombage de la ligne)
	Contraintes de mises en oeuvre: nécessite 1 marin en plus à bord (manque de place à bord et coût supplémentaire)

Pour répondre à ces contraintes, plusieurs pistes sont envisagées :

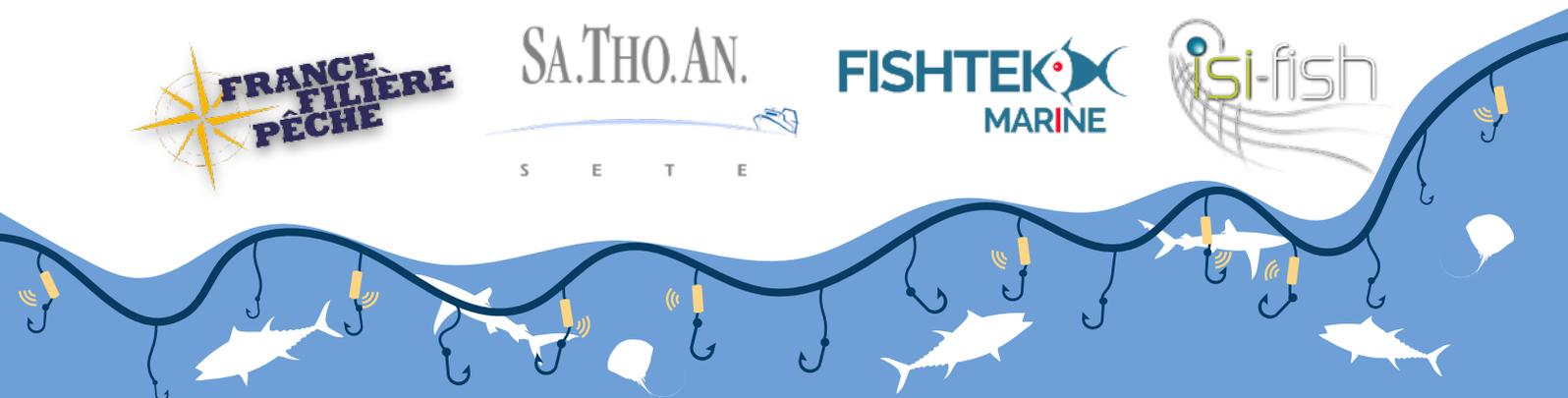
- élaborer un dispositif plus petit et fixé sur la ligne qui permettrait de moins perturber la ligne (car moins lourd) et de ne pas avoir besoin d'un marin pour sa mise en oeuvre
- améliorer la durée de vie de la batterie ou élaborer un système de recharge par induction automatique à bord
- tester plusieurs paramètres visuels sur le dispositif comme les reflets métallique, les couleurs et les lumières
- rendre le dispositif plus abordable à l'investissement

Parmi les perspectives futures, il serait intéressant d'équiper les dispositifs d'accéléromètre (travaux en cours avec Ifremer) pour identifier le type de captures (algorithme) et envisager des systèmes d'alertes sur le pont en cas de prise (qualité produit) et/ou libération automatique des prises accessoires.

Pour conclure, des leçons clés ont été tirées au cours de ces premiers essais, soulignant qu'il est possible de poursuivre le développement pour produire un dispositif qui serait viable à déployer dans un cadre commercial. Les résultats sont prometteurs pour les espèces d'élasmobranches, cependant, le prototype SharkGuard doit être affiné pour traiter les effets sur l'espèce cible, et de nouveaux essais doivent être menés pour déterminer et renforcer son efficacité sur les espèces accessoires, notamment le requin bleu. Si de futurs essais étaient concluants, ce nouveau dispositif d'atténuation des prises accessoires pourrait devenir le premier moyen de dissuasion pré-capture rentable et serait un atout précieux pour les pêches commerciales et la conservation des élasmobranches.

Le projet SHARKGUARD a permis de renforcer les actions menées ces dernières années par la SATHOAN et ses partenaires. Ce sont des résultats encourageants pour l'avenir durable des pêcheries et pour les actions de valorisation actuelles et futures. Ce projet a suscité un vif intérêt auprès de la communauté de pêcheurs professionnels et scientifique de par son caractère innovant. Un deuxième volet est donc en perspective afin d'approfondir les recherches sur le SHARKGUARD et de proposer des outils efficaces aux pêcheries commerciales.

L'amélioration des outils liée à la collecte des données sur les espèces sensibles a été possible au travers de l'application ECHOSEA. Les informations récoltées sont indispensables pour améliorer la connaissance, estimer ses impacts sur l'environnement côtier et pélagique, et identifier les meilleurs outils de mitigation pour réduire les captures accessoires d'espèces sensibles non désirées. C'est également un outil de communication auprès des professionnels. Enfin, cela répond à une préoccupation croissante de l'opinion publique et des ONG environnementales vis-à-vis de la protection des espèces sensibles et de la promotion d'une pêche artisanale à faible impact pour les écosystèmes.



BIBLIOGRAPHIE

Báez, J. C., Crespo, G. O., Garcia-Barcelona, S., de Urbina, J. M. O., José, M., & Macias, D. (2015). Understanding pelagic stingray (*Pteroplatytrygon violacea*) by-catch by Spanish longliners from the Mediterranean Sea. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*, 71, 2623-2632.

CGPM, 2012. *Elasmobranchs of the Mediterranean and Black sea: Status, ecology, biology. Bibliographic analysis*. p. 116

Clarke, S., Sato, M., Small, C., Sullivan, B., Inoue, Y., & Ochi, D. (2014). Bycatch in longline fisheries for tuna and tuna-like species: a global review of status and mitigation measures. *FAO fisheries and aquaculture technical paper*, 588, 1-199.

Favaro, B., & Cote, I. M. (2015). Do by-catch reduction devices in longline fisheries reduce capture of sharks and rays? A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 16(2), 300-309.

Ferretti, F., Myers, R. A., Serena, F., & Lotze, H. K. (2008). Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22(4), 952-964.

Ferretti, F., & Myers, R. A. (2006, October). By-catch of sharks in the Mediterranean Sea: Available mitigation tools. In *Proc. Of the Int. Workshop on Med. Cartilaginous Fish with emphasis on south-east Med* (pp. 14-16).

Hall, M. A., Alverson, D. L., & Metuzals, K. I. (2000). By-catch: problems and solutions. *Marine pollution bulletin*, 41(1-6), 204-219.

Kalmijn, A. J. (1982). Electric and magnetic field detection in elasmobranch fishes. *Science*, 218(4575), 916-918.

Kempster, R. M., Egeberg, C. A., Hart, N. S., Ryan, L., Chapuis, L., Kerr, C. C., ... & Meeuwig, J. J. (2016). How close is too close? The effect of a non-lethal electric shark deterrent on white shark behaviour. *PLoS One*, 11(7).

Marcotte, M. M., & Lowe, C. G. (2008). Behavioral responses of two species of sharks to pulsed, direct current electrical fields: testing a potential shark deterrent. *Marine Technology Society Journal*, 42(2), 53-61.

Poisson, F., Métral, L., Brisset, B., Bailleul, D., Arnaud-Haond, S., Wendling, B., Cornella, D., SEGORB, C., Cuvillier, P., Guilbert, G., Coudray, S., Demarca, H. et Marchand, M., 2018. *Rapport de fin de projet SELPAL : sélectivité de la flottille palangrière française ciblant le thon rouge sur la côte méditerranéenne française*. S.I. AMOP, Ifremer.

Poisson, F., Wendling, B., Cornella, D. et Segorb, C., 2016. *Guide du pêcheur responsable. Bonnes pratiques pour réduire la mortalité des espèces sensibles capturées accidentellement par les palangriers pélagiques français en Méditerranée*. 2016. S.I. : Projets SELPAL et REPAST.

Richards SA, Whittingham MJ, Stephens PA (2011) Model selection and model averaging in behavioural ecology: The utility of the IT-AIC framework. *Behav Ecol Sociobiol* 65:77–89

Sims, D., Fowler, S.L., Ferretti, F. & Stevens, J. 2016. *Prionace glauca*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T39381A16553182. Downloaded on 10 June 2020.

Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern applied statistics with S* (fourth edition). Springer, New York (USA)

Worm, B., Davis, B., Kettermer, L., Ward-Paige, C. A., Chapman, D., Heithaus, M. R., ... & Gruber, S. H. (2013). Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy*, 40, 194-204.

ANNEXES

Annexe 1. Effort de pêche. Récapitulatif du nombre d'hameçons (moyenne \pm SD, portée, n) déployés lors des essais en fonction du traitement et de l'identification du bateau.

Boat ID	Control	Inactive SharkGuard	Active SharkGuard
3 Frères II	586 \pm 84 (477–696, 12)	106 \pm 27 (76–143 12)	419 \pm 52 (331–500, 12)
L'Infernal	483 \pm 68 (345–576, 12)	97 \pm 46 (30–154, 11)	426 \pm 74 (330–500, 12)
Total	534 \pm 91 (345–696, 24)	102 \pm 37 (30–154, 23)	422 \pm 63 (330–500, 24)

Annexe 2. Période de la journée. Summary of deployment and haul time of day during the trials per boat. End set time was used to determine deploy time of day and haul start time to determine haul time of day.

Boat ID	Deploy time of day	Haul time of day	Number of sets
3 Frères II	Day (i.e. before sunset)	Civil dusk	8
	Night	After sunrise	0
	Astronomical dawn	After sunrise	1
	Nautical dawn	After sunrise	2
	Civil dawn	After sunrise	1
L'Infernal	Day (i.e. before sunset)	Civil dusk	8
	Night	After sunrise	1
	Astronomical dawn	After sunrise	2
	Nautical dawn	After sunrise	1
	Civil dawn	After sunrise	0

Sunset = Coucher de soleil = le soleil disparaît sous l'horizon et le crépuscule civil du soir commence

Civil dusk = Crépuscule civil = le crépuscule du soir commence

Night = Nuit = assez sombre pour les observations astronomiques

Sunrise = Lever du soleil = le bord supérieur du soleil apparaît à l'horizon

Astronomical dawn = Aube astronomique: le crépuscule astronomique du matin commence

Annexe 3. Temps d’immersion. Récapitulatif du temps d’immersion minimum, moyen et maximum (heures; moyenne \pm ET, plage, n) pour chaque section de la palangre pendant les essais.

Treatment	Min soak time	Mean soak time	Max soak time
Control	3.61 \pm 1.37 (1.33–5.77, 24)	4.77 \pm 1.32 (2.82–6.94, 24)	5.94 \pm 1.32 (3.90–8.42, 24)
Inactive SharkGuards	4.42 \pm 0.71 (3.13–6.07, 23)	4.67 \pm 0.70 (3.43–6.23, 23)	4.91 \pm 0.71 (3.70–6.40, 23)
Active SharkGuard	3.61 \pm 1.35 (1.37–6.17, 24)	4.58 \pm 1.32 (2.25–7.09, 24)	5.55 \pm 1.32 (3.13–8.02, 24)

Annexe 4. Résultats simplifiés des modèles mixtes linéaires généralisés (GLMM) pour les trois espèces. Modèles les mieux classés et poids ajustés après sélection pour Δ AIC \leq 2 et application de la règle d'imbrication. Modèle top set surligné en gras. (Tous les modèles incluaient l'identification du bateau et le jour comme effets aléatoires pour tenir compte des effets d'observation et de la variation temporelle.)

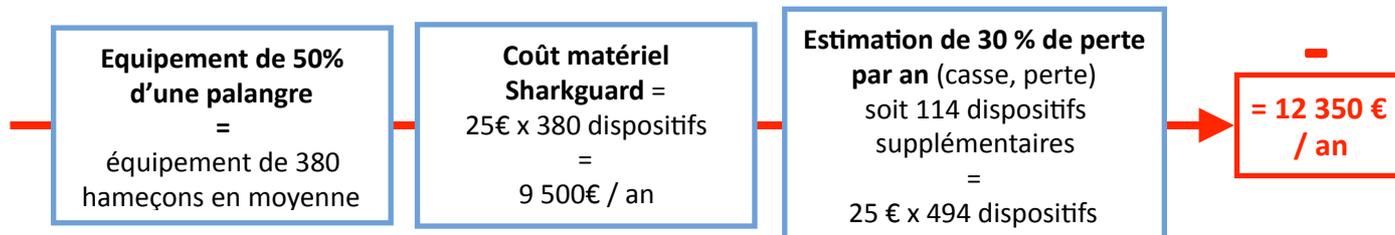
MODELE (GLMM)	VARIABLE DE REPONSE	EFFETS FIXES	INTERCEPT	D.F.	LOGLIK	AIC	Δ AIC	WEIGHT	ADJ. WEIGHT
Poisson log link	Number of pelagic stingrays	~ Time of day + Treatment + offset(log(Effort))	2.75	6	-152.60	317.20	0.00	0.96	1.00
		~ 1 + offset(log(Effort))	2.51	3	-222.69	411.40	94.20	0.00	
Binomial logit link	Probability of catching blue shark	~ Effort + Treatment	-5.31	6	-82.67	177.30	0.00	0.57	1.00
		~ 1 + Effort	-7.34	4	-88.21	184.40	7.1	0.008	
Binomial logit link	Probability of catching bluefin tuna	~ Effort + Treatment	-7.66	6	-776.45	1564.90	0.00	0.29	1.00
		~ 1 + Effort	-8.26	4	-780.38	1568.80	3.90	0.04	

d.f.: degrés de liberté, logLik: log likelihood, AIC: Critère d'information d'Akaike, Adj. weight: poids ajusté

Annexe 5. Impacts financiers de l'installation des dispositifs dans une entreprise de pêche

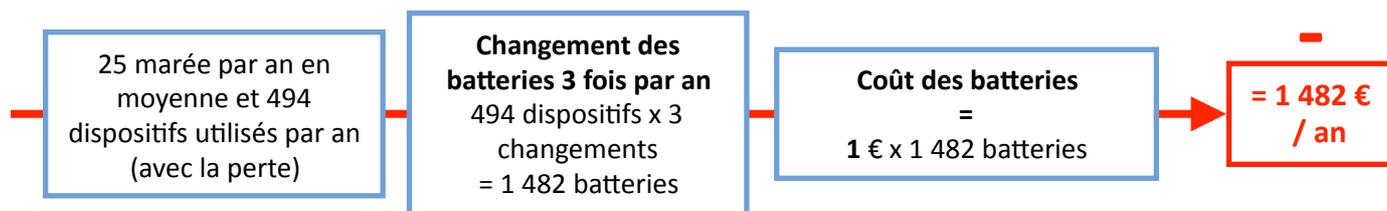
a) Coût de l'investissement dans les dispositifs

En 2019, un palangrier réalise en moyenne 25 marées par an, avec 761 hameçons à l'eau en moyenne pour chaque marée ($n=39$ navires, données SATHOAN 2019). Le coût d'une unité Sharkguard (à l'état actuel de prototype) est de 25 €.



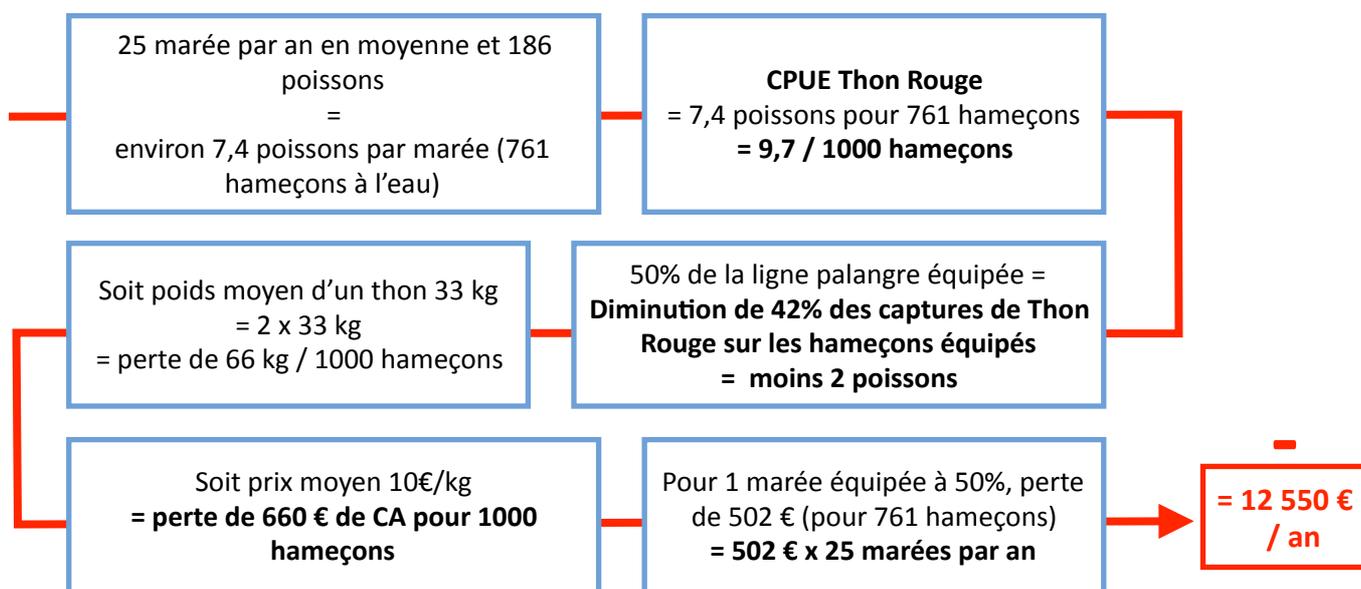
b) Coût des batteries

On considère que la durée d'une batterie est de 8 marées (elle est actuellement plus proche de 5 marées d'autonomie). Un dispositif est alimenté par 1 pile AA soit 1 € par dispositif.



c) Manque à gagner lié à l'impact sur le Thon Rouge

Un bateau pêche en moyenne 6 tonnes de Thon Rouge par an soit 186 poissons (données SATHOAN 2019).



d) Gain financier lié à l'éloignement des prises non ciblées

La CPUE Raie pastenague est de 26/1000 hameçons (projet [REPAST](#)).

