CMS

TECHNIQUES D'ATTÉNUATION POUR RÉDUIRE LES PRISES ACCESSOIRES DE REQUINS : IL N'Y A PAS DE SOLUTION MIRACLE

Techniques d'atténuation pour réduire les prises accessoires de requins : Il n'y a pas de solution miracle

Préparé pour le Secrétariat de la Convention sur les espèces migratrices (CMS), février 2024.

AUTEURS

Ce rapport a été préparé par David Drynan, G. Barry Baker, au nom du Secrétariat de la CMS.

CITATION SUGGÉRÉE

Drynan D, Baker G B, (2024). Techniques d'atténuation technique pour réduire les prises accessoires de requins : Il n'y a pas de solution miracle. Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS). 36 pages.

IMAGE DE COUVERTURE

Banc de requins © Microsoft Stock Images

CLAUSE DE NON-RESPONSABILITE

Ce document, rédigé à l'origine en anglais, a été traduit automatiquement à l'aide d'un outil en ligne. Se référer au contenu original en anglais comme source principale d'information. Le Secrétariat a utilisé l'outil en ligne gratuit pour traduire certaines annexes qui contiennent du texte pour information et non pour adoption. Cela a permis de réaliser des économies sur le budget de traduction. Nous invitons les Parties à nous faire part de leurs commentaires sur cette approche.

© 2024 CMS. Cette publication peut être reproduite en tout ou en partie et sous n'importe quelle forme à des fins éducatives et à d'autres fins non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Le Secrétariat de la CMS souhaiterait recevoir une copie de toute publication utilisant cette publication comme source. Aucune utilisation de cette publication ne peut être faite pour la revente ou à d'autres fins commerciales sans l'autorisation préalable du Secrétariat de la CMS.

DÉNI DE RESPONSABILITÉ

Les appellations employées et la présentation n'impliquent de la part de la CMS ou des organisations contributrices aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones relevant de son autorité, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Des exemplaires de cette publication sont disponibles sur le site web de la CMS : https://www.cms.int

1. Introduction

Les requins ont connu des déclins massifs de population dans le monde entier au cours des 50 dernières années, certaines espèces océaniques ayant diminué jusqu'à 71% au cours de cette période (Pacoureau et al. 2021). Les requins ont un cycle biologique k-sélectionné (Holden, 1973), notamment une croissance lente, une maturité retardée et une faible fécondité. Ces caractéristiques les rendent particulièrement vulnérables aux impacts importants à long terme sur la population de toute forme d'augmentation de la mortalité non naturelle (Dulvy et al. 2008, Gilman 2011, Dulvy et al. 2014).

La pêche est le principal facteur de déclin de la biodiversité des écosystèmes marins dans le monde (Dayton et al., 1995). Les requins sont capturés dans les pêcheries mondiales à grande échelle, avec une estimation de la capture totale de requins d'environ 1,4 million de tonnes pour la seule année 2010 (Worm et al. 2013). Une composante importante des prises dans la pêche provient des prises accessoires, où des espèces non ciblées sont capturées accidentellement lors de la pêche d'autres espèces plus précieuses. Ces individus non ciblés sont parfois retenus s'il existe un marché pour le produit, mais bon nombre d'entre eux sont jetés et non déclarés (Clarke et al. 2006, Morgan et al. 2009, Worm et al. 2013, Campana et al. 2016), ce qui entraîne probablement une sous-estimation de la prise totale. Le manque de données précises sur les prises de requins signifie que l'évaluation quantitative des stocks est au mieux difficile (Clarke et al., 2006). Cette situation pose non seulement un problème de stocks de population incertains et de déclin des espèces, mais aussi un gaspillage pervers des ressources dans un monde où des millions de personnes dépendent de la pêche artisanale pour survivre.

Les prises accessoires de la pêche et la recherche de solutions au problème ont fait l'objet d'une attention croissante ces derniers temps. À ce jour, la plupart des recherches sur les prises accessoires se sont concentrées sur des espèces charismatiques telles que les oiseaux de mer (Løkkeborg 2011), les cétacés (Leaper et Calderan 2018) et les pinnipèdes (Hamilton et Baker 2019). Les prises accessoires de requins ne sont devenues que récemment un domaine de recherche actif, la plupart des études ayant eu lieu au cours des 15 à 20 dernières années. Les examens des mesures d'atténuation générés par ces études ont porté sur des aspects particuliers de l'atténuation ou du type d'engin (p. ex. Gilman et al. 2008, Waugh et al. 2013, Favaro et Cote 2015, Howard 2015, Gilman et al. 2016); biologie sensorielle (p. ex. Hart et Collin, 2015, Lucas et Berggren, 2022); les zones géographiques (p. ex. Stobutzki et al. 2006, Ardill et al. 2011, Molina et Cooke 2012, Sacchi 2021); certaines espèces ou groupes d'espèces (p. ex. Dagorn et al., 2013); ou pour des pêches particulières (p. ex. Clarke et al. 2014, Poisson et al. 2016, Restrepo et al. 2017). Ce document présente le premier examen mondial complet des mesures techniques d'atténuation (c.-à-d. les modifications des engins et les dispositifs d'atténuation) conçues pour réduire les prises accessoires de requins dans les engins de pêche commerciale, en s'appuyant sur les travaux de Fowler (2016). Il comprend des évaluations des tests d'atténuation, de l'efficacité et une synthèse des meilleures pratiques d'atténuation, l'identification des domaines nécessitant une plus grande attention et couvre toutes les espèces de requins et de raies et les techniques de pêche.

2. Méthodes

Bien qu'il y ait eu des progrès considérables dans certaines pêches en ce qui concerne l'élaboration, la mise à l'essai et la mise en œuvre de mesures d'atténuation visant à réduire les prises accessoires de requins dans les engins de pêche commerciale, une grande partie de cette information n'est pas facilement accessible. Des recherches documentaires ont été effectuées à l'aide de diverses bases de données de recherche (sites Web EBSCO, Google

Scholar, Bycatch.org, Organisation régionale de gestion des pêches (ORGP)) à l'aide de termes de recherche tels que « requin + *prises accessoires* + *atténuation »,* « requin + répulsif *», «* prises accessoires + atténuation ». Des recherches opportunistes ont été effectuées lors de l'examen des articles et lorsque des collègues ont alerté les auteurs des articles qui auraient pu être manqués dans les recherches structurées. La littérature non publiée ou « grise » a été recherchée sur les sites Web des ORGP, de l'industrie de la pêche et des fabricants commerciaux de technologies d'atténuation des prises accessoires, ainsi qu'en contactant des chercheurs clés par courriel ou par ResearchGate (https://www.researchgate.net/) pour accéder aux rapports pertinents non publiés. Cela a permis d'identifier 271 documents, rapports et matériel promotionnel pour une évaluation plus approfondie. Les études n'ont pas été examinées plus avant si elles ne contenaient pas de preuves empiriques relatives à une technique. La liste finale à inclure comprenait 184 articles.

Dans la présentation des résultats de cet examen, nous suivons Patterson et al. (2014) en divisant les techniques d'atténuation des prises accessoires en une structure hiérarchique de trois sections, de l'approche la plus souhaitable à la moins souhaitable : prévenir la capture, permettre la fuite et réduire la mortalité des navires/augmenter la survie après la remise à l'eau.

À la suite de Hamilton et Baker (2019), nous avons limité cet examen aux mesures techniques d'atténuation. Les stratégies efficaces d'atténuation des prises accessoires pour les requins comprennent souvent une série de mesures de gestion associées à des mesures techniques d'atténuation. Il s'agit notamment des contrôles traditionnels des intrants et des extrants, des ajustements opérationnels au moyen de protocoles de « codes de pratiques » (p. ex. dispositions de « déplacement », protocoles de manutention et de rejet) et de la mise en œuvre de fermetures spatiales et/ou temporelles désignées de manière appropriée (Dunn et al. 2011, Kaplan et al. 2014, Hazen et al. 2018). Ces approches sont importantes et seront examinées séparément (D. Drynan et GB Baker, non publié). L'élaboration et la mise en œuvre d'accords, de règlements et/ou de lois intergouvernementaux visant à faciliter l'adoption d'activités d'atténuation sont également susceptibles d'être importantes, p. ex. par le biais d'accords multilatéraux sur l'environnement (AME) tels que CMS (2016) ou d'organisations régionales de gestion de la pêche (CTOI 2017, WCPFC 2019), mais elles ne font pas non plus partie de la portée de cet examen.

3. Résultats

Un résumé de l'évaluation technique des mesures d'atténuation est fourni ci-dessous. Un résumé de l'évaluation et de l'efficacité de chaque mesure technique identifiée est présenté au tableau 1.

Bien que cela donne un aperçu des mesures techniques d'atténuation, il faut faire preuve de prudence avant d'étendre les mesures éprouvées à d'autres pêcheries. Les caractéristiques propres à la pêche, telles que la taille des espèces cibles et les éléments opérationnels, peuvent signifier que les réponses à l'évaluation déclarées comme efficaces dans une zone ou une pêcherie peuvent ne pas être efficaces ailleurs avec d'autres taxons ciblés et de prises accessoires et dans des conditions opérationnelles différentes.

Tableau 1 *– Résumé indiquant si une mesure technique d'atténuation visant à réduire les prises accessoires de requins dans les opérations commerciales de chalut, de senne coulissante, de palangre, de filet maillant et de casier/casier a été évaluée et s'il existe des preuves qu'elle est efficace pour réduire les prises accessoires. (*« - » = la mesure n'est pas considérée comme applicable aux engins de pêche concernés; « ? » dans la catégorie « Évaluée » = pas clair si cette mesure a été évaluée; « ? » dans la catégorie 'Efficace' = manque de connaissance des effets de la mesure, ou il y a eu des résultats contradictoires/non concluants, et/ou d'autres essais sont nécessaires)

Mesure technique	**Chalut**		**Senne**		**Palangre**		**Filet maillant**		**Pot/Piège**	
	Évalué	**Efficace**	**Évalué**	**Efficace**	**Évalué**	**Efficace**	**Évalué**	**Efficace**	**Évalué**	**Efficace**
3.1.2 Répulsifs chimiques	-	-	-	-	Oui	?	Non	?	Non	?
3.1.4 Répulsifs électriques actifs	Non	?	Oui	?	Non	?	Non	?	Non	?
3.1.5 Répulsifs électropositifs pour métaux	-	-	-	-	Oui	?	-	-	-	-
3.1.6 Répulsifs magnétiques	Non	?	-	-	Oui	?	Oui	?	Oui	Oui
3.1.7 Visuel	Oui	Non	-	-	Non	?	Non	?	Non	?
3.1.8 Enlèvement des bâtons lumineux	-	-	-	-	Oui	?	Oui	?	Non	?
3.1.9 Auditif	Non	?	Non	?	Non	?	Non	?	Non	?
3.2.1 Type d'appât	-	-	-	-	Oui	Oui	-	-	-	-
3.2.2 Taille de l'appât	-	-	-	-	Non	?	-	-	-	-
3.2.3 Enlèvement de l'appât	-	-	-	-	Non	?	-	-	-	-
3.2.4 Appâts artificiels	-	-	-	-	Oui	?	-	-	-	-
3.2.5 Enlèvement des chaînes de chatouillement	Oui	Oui	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2.6 Taille des mailles maillantes	-	-	-	-	-	-	Oui	Oui	-	-

Mesure technique	Chalut		Senne		Palangre		Filet maillant		Pot/Piège	
	Évalué	Efficace	Évalué	Efficace	Évalué	Efficace	Évalué	Efficace	Évalué	Efficace
3.2.7 Tension du filet maillant	-	-	-	-	-	-	Oui	?	-	-
3.2.8 DCP (dispositifs de concentration de poissons) – Construction et déploiement	-	-	Oui	Oui	-	-	-	-	-	-
3.2.9 DCP – Modifier la stratégie de pêche	-	-	Oui	Oui	-	-	-	-	-	-
3.2.10 Méthode de saisie des modifications	Non	?	Non	?	Oui	Oui	Non	?	Oui	Oui
3.3.1 Matériel Leader	-	-	-	-	Oui	Oui	-	-	-	-
3.3.2 Construction Leader	-	-	-	-	Oui	?	-	-	-	-
3.3.3 Panneaux d'évacuation et trappes dans les engins à senne coulissante	-	-	Oui	Non	-	-	-	-	-	-
3.3.4 Exclueurs	Oui	Oui	-	-	-	-	-	-	-	-
3.4.1 Réduire le temps de trempage	Non	?	-	-	Oui	Oui	Oui	?	Non	?
3.4.2 Température de l'eau	Non	?	Non	?	Oui	?	Non	?	Non	?
3.4.3 Type de crochet	-	-	-	-	Oui	Oui	-	-	-	-
3.4.4 Hameçons modifiés	-	-	-	-	Oui	?	-	-	-	-
3.4.5 Rejet avant le retour	Non	?	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	?
3.4.6 Techniques de manutention	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	?
3.4.7 Nappes phréatiques et goulottes de libération	Non	?	Non	?	Non	?	-	-	-	-

3.1 Prévenir la capture à l'aide de techniques sensorielles

3.1.1 Aperçu des répulsifs

Les répulsifs agissent sur les systèmes sensoriels que les requins utilisent pour localiser leurs proies ou utilisent pour éviter d'être eux-mêmes prédatés (Swimmer et al. 2008, Jordan et al. 2013, O'Connell et al. 2014a, Hart et Collin 2015) et leur application à l'atténuation des prises accessoires a récemment été examinée en profondeur par Lucas et Berggren (2023). On pense que ces mécanismes ont le potentiel d'encourager l'évitement des engins de pêche, réduisant ainsi les prises accessoires de requins (Jordan et al., 2013). Des techniques telles que les produits chimiques, les métaux électriques actifs, les métaux électropositifs et les répulsifs visuels se sont toutes révélées prometteuses, mais il y a un manque de preuves empiriques qui démontrent qu'elles sont efficaces pour réduire les prises accessoires de requins dans les pêcheries. En outre, il y a d'importants problèmes logistiques, financiers et environnementaux qui doivent être surmontés avant que l'une de ces techniques puisse être déployée dans les pêches. Comme les systèmes sensoriels olfactifs, électriques et visuels sont les sens les plus importants utilisés par les requins pour localiser leurs proies, ils sont donc plus susceptibles d'être utiles pour réduire les prises accessoires, tandis que les systèmes auditifs et gustatifs semblent être moins importants (Swimmer et al. 2008, Jordan et al. 2013, O'Connell et al. 2014a, Hart et Collin 2015). Nous renvoyons les lecteurs à Hart et Collin 2015 et Lucas et Berggren 2023 pour des aperçus détaillés des systèmes sensoriels chez les requins.

3.1.2 Produits chimiques (cote : nécessite d'autres améliorations)

Les sémiochimiques sont des produits chimiques produisant des « signaux », généralement sous la forme d'une odeur produite par des congénères en décomposition ou des phéromones de prédateurs. On pense que le « signal » des congénères morts déclenche une réaction comportementale « effrayante », où les requins cessent de se nourrir et quittent immédiatement la zone comme tactique de survie, ce qui pourrait être exploité pour décourager les interactions des requins avec les engins de pêche (O'Connell et al. 2014, Stroud et al. 2014). Cette classe de sémiochimiques est appelée « nécromones ».

Des réactions d'évasion ont été observées chez plusieurs espèces exposées à des nécromones, y compris les requins de Port Jackson (*Heterodontus portusjacksoni*) dans des conditions de laboratoire (Gervais et Brown, 2021), et chez les requins de récif des Caraïbes *(Carcharhinus perezi) et les requins à nez noir (*Carcharhinus acronotus*)* dans une expérience sur le terrain sur des individus sauvages, sans aucun impact apparent sur le comportement des poissons téléostéens(Stroud et al., 2014). Cependant, il y a eu des résultats contradictoires d'études qui ont testé l'application de nécromones dans les engins de pêche. Le taux de capture de requins tigres (*Galeocerdo cuvier*) sur les palangres benthiques n'a pas été affecté par la présence de bidons contenant des espèces hétérospécifiques de requins en décomposition (Broadhurst et Tolhurst, 2021), la profondeur et le temps de trempage fixés étant des facteurs plus importants influençant le taux de capture.

Malgré cela, il existe un potentiel évident de recherches supplémentaires sur l'application des qualités répulsives des nécromones, en particulier dans les pêcheries qui utilisent des appâts comme principal attractif pour les espèces cibles. Des résultats prometteurs ont été obtenus à partir d'un essai préliminaire d'une cartouche répulsive anti-requins disponible dans le commerce (« SuperPolyShark », Shark Defense Technologies, Oak Ridge NJ, États-Unis). Ce produit est fabriqué à partir de carcasses de requins en décomposition et a été inséré dans des appâts de calmar (*Decabrachia sp.*) dans le cadre d'un essai à la palangre dans

l'Atlantique Sud-Est. Des essais portant sur diverses concentrations de répulsifs ont montré une réduction globale de 39 % du taux de capture de requins sans incidence sur les taux de capture des espèces cibles (Rice et al., 2014), mais cet effet a diminué avec l'augmentation du temps de trempage. L'application plus large de cette approche prometteuse nécessite d'autres recherches sur d'autres espèces ciblées et non ciblées dans une gamme de pêches.

Malgré les résultats prometteurs décrits ci-dessus, les problèmes d'alimentation dépendante de la densité (O'Connell et al. 2014a) et des réponses spécifiques à l'espèce (Noatch et Suski 2012, Hart et Collin 2015) doivent être surmontés avant que les répulsifs chimiques puissent être appliqués plus largement pour atténuer les prises accessoires de requins. Ces deux problèmes nécessitent une connaissance détaillée de la biologie des espèces de requins non ciblées pour aider à les résoudre.

3.1.3 Vue d'ensemble électrique et magnétique

Les répulsifs électriques et magnétiques reposent sur l'interférence avec le système électrorécepteur chez les requins pour dissuader les interactions avec les engins de pêche (Kalmijn, 1966). Ce système est très développé chez la plupart des requins, mais semble être principalement utilisé par les espèces qui habitent des zones à forte turbidité et/ou à faible luminosité, où les repères visuels pour les proies ne sont pas facilement détectés (Hutchinson et al. 2012, Jordan et al. 2013). Ce qui est peut-être le plus important dans le contexte de l'atténuation des prises accessoires de requins, c'est que les poissons téléostéens ne possèdent pas de système d'électroréception et ne sont donc pas touchés par la présence de faibles champs électriques (Jordan et al., 2013).

3.1.4 Électricité active (cote : nécessite un développement supplémentaire)

Plusieurs essais en laboratoire et sur le terrain ont montré qu'ils pouvaient utiliser des répulsifs électriques actifs dans les engins de pêche, mais leur efficacité dans les pêches commerciales n'a pas encore été démontrée. Les répulsifs électriques actifs utilisent une source d'alimentation externe pour générer un champ électrique afin d'interférer avec le système d'électroréception, et tous les dispositifs disponibles dans le commerce sont principalement conçus comme protection individuelle pour les plongeurs et les surfeurs (par exemple, Huveneers et al. 2013, Kempster et al. 2016, Huveneers et al. 2018, Egeberg et al. 2019, Thiele et al. 2020). Plusieurs essais ont montré que les appâts et les engins peuvent être rendus peu attrayants pour les requins par l'utilisation de répulsifs électriques actifs, y compris dans les filets à senne coulissante (Hart et Collin, 2015). Des expériences en laboratoire ont également démontré une réduction des taux d'alimentation chez plusieurs espèces lorsqu'elles sont exposées à des stimuli électriques actifs à l'emplacement de l'appât (Howard et al. 2018, Polpetta et al. 2021).

De toute évidence, les systèmes électriques actifs peuvent repousser les requins. Cependant, les questions relatives à l'aspect pratique du déploiement dans un contexte de pêche n'ont pas encore fait l'objet de recherches approfondies et n'ont pas encore été résolues, notamment le coût initial de la mise en place, la fréquence et les coûts de maintenance, la minaturisation et la sécurité (Jordan et al. 2013).

3.1.5 Métaux électropositifs (MPE) (cote : non recommandé)

Les MPE ne nécessitent pas de source d'alimentation externe et fonctionnent en réagissant (oxydant) avec de l'eau, ce qui crée des potentiels électriques qui interfèrent avec le système électrosensoriel des requins (Swimmer et al. 2008, Hart et Collin 2015). La plupart des recherches sur les MPE ont été menées sur les pêches à la palangre en raison de l'aspect pratique de leur ajout aux hameçons appâtés et de la courte portée dans laquelle ils peuvent

être efficaces (Stoner et Kaimmer 2008, Brill et al. 2009). Il n'est pas clair s'il serait possible de les appliquer à d'autres types d'engins.

Les MPE ont montré un potentiel lors d'essais en laboratoire et sur le terrain ultérieurs dans des engins de pêche où leur présence influe sur le comportement alimentaire des requins (Jordan et al., 2011). Cependant, les résultats ont été contradictoires entre les espèces et au sein de celles-ci, les effets de l'accoutumance, du niveau de satiété, de la densité conspécifique, de l'âge et de la stratégie de détection des proies ayant tous une incidence sur leur efficacité, ce qui rend difficile l'application générale dans les pêches (Tallack et Mandelman 2009, McCutcheon et Kajiura 2013, Stoner et Kaimmer 2008, Kaimmer et Stoner 2008, O'Connell et al. 2014a. Godin et al., 2013, Robbins et al., 2011, Grant et al., 2018).

Les MPE peuvent être façonnés pour être appliqués sur des engins de pêche, comme cela a été fait dans des essais d'hameçons SMART (Selective Magnetic and Repellent) (O'Connell et al. 2014b, Grant et al. 2018). Cependant, ils se dissolvent très rapidement et devraient être remplacés après seulement quelques déploiements (Grant et al., 2018), ce qui pourrait les rendre peu économiques et peu pratiques pour le déploiement des pêches (Stoner et Kaimmer 2008, O'Connell et al. 2014b, Grant et al. 2018). En outre, les MPE sont également coûteux et dangereux à usiner en raison de leur limaille hautement inflammable (Tallack et Mandelman 2009) et sont également potentiellement toxiques (Stoner et Kaimmer 2008, Hutchinson et al. 2012, mais voir Brill et al. 2009). Favaro et Cote (2015) ont conclu que les MPE n'étaient pas efficaces dans l'ensemble et ont remis en question la valeur de recherches supplémentaires sur leur application dans le secteur de la pêche.

3.1.6 Aimants (cote : nécessite un développement supplémentaire)

On pense que les aimants permanents fonctionnent par induction électromagnétique et interfèrent avec la capacité de nombreuses espèces à naviguer (Hart et Collin, 2015). Des essais en laboratoire et sur le terrain ont montré que les aimants permanents peuvent réduire les taux de capture des requins lorsque leur présence influe sur leur comportement alimentaire sans affecter le comportement des espèces cibles (Rigg et al. 2009, O'Connell et al. 2011a, Smith et O'Connell 2014, Richards et al. 2018). Cependant, comme pour les MPE, les résultats ont été contradictoires entre les espèces et au sein de celles-ci (p. ex. Stoner et Kaimmer 2008, Porsmoguer et al. 2015, Grant et al. 2018, Westlake et al. 2018, Polpetta et al. 2021) avec des effets d'accoutumance (O'Connell et al. 2011a), de matériau magnétique (O'Connell et al. 2011b), de température de l'eau (Smith et O'Connell 2014) et de type d'engin (O'Connell et al. 2010, O'Connell et al. 2011b, O'Connell et al. 2014a, Richards et al. 2018, Westlake et al. 2018) ont tous constaté qu'ils avaient une incidence sur leur efficacité. Lorsqu'ils sont associés à leurs dépenses, à leurs exigences d'entretien élevées et à leurs problèmes d'empêtrement (Cosandey-Godin et Morgan 2011, O'Connell et al. 2014a), les aimants ne peuvent pas être recommandés comme mesure de réduction des prises accessoires de requins à l'heure actuelle dans les palangres et les sennes coulissantes, mais peuvent être utiles dans les engins statiques tels que les filets maillants, les pièges et les casiers.

3.1.7 Visuel (cote : nécessite un perfectionnement supplémentaire)

La plupart des requins ont une mauvaise vision des couleurs ou sont daltoniens (Nguyen et Winger 2019), en s'appuyant sur le contraste entre un objet et un arrière-plan pour la localisation visuelle. Si les engins peuvent être rendus plus visibles pour les requins, cela pourrait avoir un impact positif sur les taux de prises accessoires (Stone et Dixon, 2001). Une étude sur l'impact de la couleur de la grille d'exclusion n'a montré aucun effet sur les taux de

prises accessoires (Chosid et al. 2012), mais il a été démontré que l'éclairage artificiel (lumières stroboscopiques) repoussait certains requins ou retardait le temps d'interaction dans une étude investissant dans la protection des baigneurs (Ryan et al. 2018). Les lumières stroboscopiques peuvent justifier une étude plus approfondie pour une application dans les pêcheries, mais les difficultés et le coût du déploiement des feux dans les engins peuvent rendre cette technique non viable.

3.1.8 Feux et bâtons lumineux (cote : nécessite d'autres améliorations)

De nombreux pêcheurs utilisent des bâtons lumineux et/ou des lumières pour augmenter les taux de capture des espèces ciblées (Gilman et al., 2007a). Cette technique peut augmenter le taux de capture des requins (Poisson et al. 2010, Nguyen et Winger 2019), en particulier lorsque le feu vert est utilisé (Afonso et al. 2021) ; n'ont aucun effet (Bielli et al. 2020, Darquea et al. 2020) ; ou même diminuer les taux de capture (Senko et al. 2022), démontrant qu'il n'y a pas d'effet clair et cohérent des bâtons légers sur les taux de capture de requins. Cependant, la modélisation suggère que l'élimination des bâtons lumineux des palangres dans les zones où les taux de capture de l'Asurus *oxyrinchus (Isurus oxyrinchus*) sont élevés pourrait réduire les prises accessoires de 18 % (O'Farrell et Babcock, 2021). Malgré les résultats contrastés ci-dessus, le simple retrait des bâtons légers dans les pêches à la palangre peut être une mesure pratique et facile à mettre en œuvre pour réduire les prises accessoires. Cette approche présente un avantage supplémentaire de réduire la pollution marine grâce à moins de rejets de bâtonnets lumineux potentiellement toxiques (Afonso et al. 2021). Compte tenu des résultats contrastés, l'application de répulsifs/attractifs légers dans les pêches nécessiterait des essais locaux sur les espèces préoccupantes pour confirmer l'efficacité avant une mise en œuvre plus large.

3.1.9 Auditif (cote : Non recommandé)

Aucune étude n'a été trouvée sur l'efficacité des répulsifs auditifs pour les requins dans les pêches, de sorte que cette technique ne peut pas être recommandée. Des études expérimentales et sur le terrain ont montré que certaines espèces réagissent à la présence de sons artificiels et naturels, ce qui peut réduire les interactions avec les appâts (Chapuis et al., 2019), mais on a constaté que d'autres espèces ne réagissent que lorsque les sons sont délivrés en combinaison avec des répulsifs visuels (Ryan et al. 2018). Le déploiement de répulsifs auditifs semble peu pratique pour les requins en raison du manque de preuves empiriques dans un contexte de pêche, de la taille et du coût des transducteurs nécessaires pour créer le son, des effets possibles de l'accoutumance (Hart et Collin, 2015, mais voir Chapuis et al., 2019) et d'autres impacts environnementaux imprévus possibles.

3.2 Prévenir la capture à l'aide de techniques non sensorielles

3.2.1 Type d'appât (cote : recommandé)

Les appâts sont l'un des principaux facteurs de la sélectivité des engins de pêche dans les pêches à l'hameçon, et le type d'appât utilisé aura une incidence sur les prises ciblées et non ciblées (Løkkeborg et al., 2014). Le passage de l'appât du calmar au poisson est bénéfique pour protéger certains groupes d'espèces faisant l'objet de prises accessoires (p. ex. tortues de mer), mais peut entraîner des taux de capture de requins plus élevés (Gilman et al., 2020). Cela pose un casse-tête pour les gestionnaires des pêches. De nombreuses études ont mis à l'essai ce changement de type d'appât, la majorité d'entre elles étant axées sur la réduction des prises accessoires de tortues de mer dans les pêches à la palangre (p. ex. Gilman et al. 2007b, Yokota et al. 2009, Fernandez-Carvalho et al. 2015). Les requins n'étaient qu'une considération secondaire dans ces études, mais beaucoup ont signalé une augmentation du taux de capture de requins, ce qui indique une préférence pour les appâts de poisson (p. ex.

Watson et al. 2005, Foster et al. 2012, Amorim et al. 2015, Howard 2015, Gilman et al. 2016, Kumar et al. 2016, Gilman et al. 2020). Il s'agit notamment du requin bleu (*Prionace glauca*) (Foster et al. 2012), du requin-taupe bleu (Amorim et al. 2015) et du requin barc de sable (Driggers III et al. 2017), avec quelques exceptions notables et contradictoires où les taux de capture ont augmenté de manière significative sur les appâts de calmars, par exemple le requin-marteau halicorne (Sphyrna lewini) (Driggers III et al. 2017), le requin-taupe commun (Lamna nasus*)* et le requin-taupe bleu Mako (Foster et al., 2012). D'autres études n'ont révélé aucun effet du type d'appât sur les taux de capture de requins, p. ex. le requin bleu (Fernandez-Carvalho et al., 2015), le requin bleu et le requin à nageoires courtes Mako (Yokota et al., 2009), tandis que d'autres ont conclu que les appâts pour poissons réduisent les prises accessoires de requins par rapport aux calmars (Watson et al. 2005, Gilman et al. 2007b). Malgré certains des résultats contrastés des études individuelles, les résultats des méta-analyses de Gilman et al. (2020) confirment que, dans l'ensemble, les appâts à poissons augmentent les taux de capture de requins par rapport aux calmars. Pour réduire les prises accessoires de requins, les appâts de calmar devraient être utilisés de préférence aux appâts pour poissons, mais des essais locaux devraient être menés avant une mise en œuvre plus large. Les objectifs de la stratégie de réduction des prises accessoires de chaque pêcherie devront déterminer l'ordre de priorité des espèces à protéger.

3.2.2 Taille de l'appât (cote : nécessite un développement plus poussé)

La taille des appâts peut être utilisée pour augmenter la sélectivité, où les gros appâts ont tendance à attraper de gros requins, et les petits appâts ont tendance à attraper de petits requins (Løkkeborg et al. 2014, Kumar et al. 2016, Gilman et al. 2020). Si l'objectif d'une stratégie de réduction des prises accessoires de requins est de réduire l'impact sur certaines classes d'âge et de taille, la modification de la taille des appâts pourrait être une technique utile d'atténuation des prises accessoires. D'autres essais sur le terrain seraient nécessaires pour établir la taille optimale des appâts en fonction des conditions et des espèces locales.

3.2.3 Enlèvement de l'appât (cote : nécessite un développement supplémentaire)

L'élimination complète des appâts peut être bénéfique pour réduire les prises accessoires de requins, en particulier lorsque l'espèce cible préfère les attractifs tels que les leurres. Kyne et Feutry (2017) ont signalé que le poisson de pêche sportive récréative ciblé Barramundi *(Lates calcarifer)* est capturé principalement à leurre, et que deux espèces de requins de rivière préoccupantes sur le plan de la conservation, *le requin à dents de lance (Glyphis glyphis*) et le requin de rivière du Nord (*Glyphis garricki*), sont capturés principalement sur des hameçons appâtés. En ne permettant pas l'utilisation d'appâts dans cette pêche, cela aura probablement un impact positif sur les deux espèces de requins sans impact sur la pêche ciblée. Il est peu probable que cette approche soit viable dans les pêches commerciales à grande échelle, mais elle pourrait être appliquée à la pêche à petite échelle ou récréative au profit des espèces menacées.

3.2.4 Appâts artificiels (cote : nécessite un développement supplémentaire)

Les appâts artificiels sont déjà utilisés dans les pêches commerciales et sont principalement conçus pour attirer les espèces ciblées, mais pourraient être rendus peu attrayants pour les requins (Erickson et al. 2000, Gilman et al. 2008, Løkkeborg et al. 2014). Ils peuvent être fabriqués à partir de déchets plutôt que de poissons qui pourraient autrement être utilisés pour la consommation humaine (appâts artificiels à base écologique (EBAB); (Bach et al. 2012). Le procédé de fabrication des appâts artificiels offre la possibilité d'incorporer des répulsifs olfactifs qui peuvent réduire les interactions des requins avec les appâts (Erickson et al. 2000).

Cette approche peut avoir un double impact positif en réduisant les prises accessoires de requins et en réduisant les coûts pour les pêcheurs découlant de la réduction de la déprédation des appâts (O'Keefe et al., 2014). Les essais sur le terrain d'appâts artificiels ont montré des résultats initiaux prometteurs dans la réduction des taux de prises accessoires (Erickson et al. 2000 et Bach et al. 2012) et une augmentation des prises cibles (Erickson et al. 2000). Cependant, la spécificité de l'espèce était apparente, où Requiem *(Carcharhinidae*), Mako (*Isurus sp.*) et les requins-marteaux (*Sphyrnidae sp.) n'avaient pas de capture d'appâts* artificiels, mais les taux de capture du requin bleu et du requin océanique *(Carcharhinus longimanus*) ne différaient pas des types d'appâts ordinaires (Bach et al., 2012). Des essais locaux devraient être menés pour déterminer les réponses des requins avant que des appâts artificiels puissent être utilisés.

3.2.5 Retrait des chatouilleurs (Évaluation : Recommandé)

Les chaînes chatouilleuses sont une pièce d'équipement facultative qui se trouve devant les chaluts démersaux et perturbe les espèces benthiques du fond marin, augmentant ainsi les taux de capture des espèces d'espèces cibles. Kynoch et al. (2015) ont constaté que le taux de capture des requins était considérablement réduit lorsque le chatouilleur était retiré, sans incidence sur les taux de capture de la plupart des espèces ciblées.

3.2.6 Taille du maillage du filet maillant (cote : recommandée)

Le maillage des filets maillants et des trémails peut être utilisé pour sélectionner les classes de taille et d'âge des espèces cibles et non ciblées (Kirkwood et Walker, 1986). Il est important de noter que le maillage ne peut pas sélectionner les espèces non ciblées à moins qu'il n'y ait une différence de taille distincte entre les espèces cibles et non ciblées. La sélectivité est utile lorsque des classes d'âge particulières doivent être protégées, par exemple les juvéniles tenus de maintenir le recrutement dans les populations (Ceyhan et al., 2010). Les filets maillants ont des taux élevés de mortalité et de blessures une fois qu'un individu est capturé (Rulifson 2007, Thorpe et Frierson 2009, Baremore et al. 2012), de sorte que le choix de la taille optimale des mailles est essentiel pour réduire les prises accessoires tout en maintenant les prises cibles (McAuley et al. 2007, Rulifson 2007, Baremore et al. 2012). Des études sur le terrain ont confirmé qu'il est possible de déterminer des fourchettes optimales de maillage pour les filets maillants et les trémails qui réduisent considérablement les prises de requins juvéniles (Carlson et Cortés 2003, Ceyhan et al. 2010).

Une approche de modélisation est une technique très utile pour établir le maillage le plus approprié qui maximise les captures de taille cible et minimise les captures non-cibles. Un certain nombre d'études ont modélisé la sélectivité de la taille des filets maillants pour de nombreux requins couramment capturés (p. ex. Kirkwood et Walker 1986, Carlson et Cortés 2003, McAuley et al. 2007, Rulifson 2007, Ceyhan et al. 2010, Baremore et al. 2012). Ces procédures de modélisation sont bien comprises, de sorte que la sélection de maillages appropriés pour d'autres espèces où la protection de classes de taille ou d'âge particulières est nécessaire dans les pêches au filet maillant et au trémail devrait être simple.

3.2.7 Tension du filet maillant (cote : nécessite un développement supplémentaire)

La sélectivité des filets maillants et des trémails peut être améliorée en augmentant la tension du filet. En général, avec l'augmentation de la tension nette, plus la probabilité de capture et d'enrobage et d'enchevêtrement subséquents est faible. Thorpe et Frierson (2009) ont mené des essais sur des filets maillants ancrés modifiés et non modifiés et ont signalé des taux de capture significativement plus faibles de requins à nez noir et à pointes noires (*Carcharhinus limbatus*) dans les filets modifiés, sans incidence sur le taux de capture des espèces ciblées. Cependant, les taux de capture du requin Bonnethead (*Sphyrna tiburo*) étaient uniformes

selon toutes les tailles de mailles et les filets modifiés ou non modifiés en raison de leur cépholaphoil exagérée qui entraînait un « emballage de marteau ». Ainsi, cette technique ne conviendrait pas à d'autres espèces qui ont une physiologie similaire, par exemple les requins-marteaux. Malgré le peu de preuves disponibles pour cette technique, il semble s'agir d'une mesure relativement simple qui pourrait être appliquée à l'aide de l'équipement existant, justifiant d'autres essais sur le terrain.

3.2.8 DCF – Construction et déploiement (cote : recommandé)

Les dispositifs d'agrégation de poissons (DCP) sont des structures flottantes ancrées (AFAD) ou dérivantes (DFAD) avec des appendices ou des queues sous-marins déployés par les pêcheurs pour créer un microhabitat et un abri en haute mer (Restrepo et al. 2016). Ils sont principalement utilisés dans la pêche à la senne coulissante, mais aussi dans la pêche à la canne et à la ligne (Miller et al. 2017), et construits à partir d'une gamme de matériaux qui comprennent de nombreux matériaux artificiels non biodégradables, par exemple des filets de pêche, des bouteilles en plastique, du polystyrène, de la fibre de verre qui peuvent ensuite devenir un problème important de pollution marine (Escalle et al. 2019, Proctor et al., 2019, Churchill 2021, Gillman et al., 2022).

Leur utilisation a considérablement augmenté depuis leur introduction dans les années 1990, ce qui a entraîné une augmentation du volume et de la diversité des prises accessoires (Watson et al., 2009). Les DCP sont associés à l'empêtrement accidentel et à la noyade, avec environ deux millions de requins tués dans le monde chaque année (Dagorn et al. 2012a, Filmalter et al. 2013). La pêche fantôme après l'abandon d'un DCP est une autre source de mortalité des prises accessoires non documentées, car beaucoup sont perdues ou abandonnées et peuvent dériver sur des milliers de kilomètres sur les courants océaniques (Escalle et al. 2019).

Changer les conceptions et les méthodes de construction pour créer des DCP non emmêlés est peut-être la méthode la plus pratique pour réduire la capture de requins (Restrepo et al. 2019b) et peut-être éliminer complètement l'empêtrement (Restrepo et al. 2016). Des changements relativement simples tels que l'utilisation d'un maillage optimal, la pondération des filets pour maintenir la tension, le roulage des filets en « saucisses » ou le remplacement complet des filets par des cordes peuvent réduire les prises accessoires (Dagorn et al. 2012a, Dagorn et al. 2013, Restrepo et al. 2019b). De plus, la création d'appendices plus longs et leur placement plus profond dans la colonne d'eau peuvent réduire les prises accessoires de certaines espèces (Orue et al., 2019).

Pour résoudre le problème de la pollution marine, l'utilisation de matériaux biodégradables (Ardill et al. 2011, Dagorn et al. 2013, Escalle et al. 2019, Restrepo et al. 2019a, Restrepo et al. 2019b) a déjà été adoptée par certaines ORGP (Restrepo et al. 2019a), bien qu'il soit toujours nécessaire de s'entendre sur les définitions des matériaux biodégradables et de promouvoir un changement progressif de ces matériaux lorsqu'un changement immédiat n'est pas possible (Zudaire et al. 2021). Bien que l'élimination complète des DCP et donc des prises accessoires autour des engins flottants ne soit peut-être pas possible à court terme, ces mesures peuvent réduire considérablement leur impact.

3.2.9 DCP – Modifier la stratégie de pêche (cote : recommandé)

La modification de la stratégie de pêche lors de l'utilisation de DCP peut entraîner une amélioration des taux de prises accessoires. Dans les pêcheries à la senne coulissante, le fait de mettre en place des bancs libres et de ne pas utiliser de DCP du tout peut réduire les prises

accessoires de 3 à 6 fois et produire des prises de « plus grande valeur » (Ardill et al. 2011, Dagorn et al. 2013, Restrepo et al. 2016). Une autre stratégie consiste à ne cibler que les grands bancs de thon, où le rapport entre les prises et les prises accessoires diminue à mesure que la taille des prises augmente (Dagorn et al., 2012b). Éviter les ensembles sur de petits bancs d'espèces cibles semble être une mesure d'atténuation des prises accessoires simple et efficace, d'autant plus que la plupart des pêcheurs disposent déjà d'équipements tels que des bouées et des échosondeurs équipés de satellites de positionnement global (GPS) qui peuvent être utilisés pour déterminer les prises probables (Lopez et al. 2017).

Changer le calendrier des ensembles pour exploiter les différences de comportement des espèces cibles et non ciblées peut ne pas être une stratégie d'atténuation efficace. Les études de marquage ont montré qu'il n'y a pas de différences temporelles dans l'agrégation des espèces cibles et non ciblées dans les DCP existants (Dagorn et al. 2012a, Forget et al. 2015), de sorte que des actions telles que la réalisation de séries nocturnes peuvent ne pas être efficaces. Cependant, Lopez et al. (2017) ont constaté que ce comportement est très variable et diffère d'une région à l'autre, ce qui nécessite des études régionales pour confirmer les prescriptions appropriées pour les pêches individuelles. De plus, Orue et al. (2019) ont signalé une petite fenêtre de deux semaines immédiatement après le déploiement des DCP, où les espèces cibles se regroupent et avant l'arrivée des espèces non ciblées qui pourraient être exploitées et réduire les prises accessoires. Cependant, la plupart des DCP sont utilisés le plus souvent au-delà de cette fenêtre de déploiement initiale, de sorte que toute réduction des prises accessoires serait de courte durée. Enfin, un essai visant à éloigner les requins de la DCP en remorquant des sacs d'appâts avant la mise en place a démontré le potentiel de cette méthode, mais la petite taille des échantillons n'a pas permis de tirer des conclusions définitives (Dagorn et al., 2012a).

3.2.10 Méthode de saisie des modifications (cote : recommandée)

Bien que l'utilisation d'engins de rechange ne soit pas pratique dans toutes les circonstances (Ardill et al., 2011), le changement de méthode de capture peut réduire les taux de prises accessoires de requins. Pour lutter contre les prises accessoires de requin du Groenland (*Somniosus microcephalus*), des essais ont été menés pour évaluer s'il était possible de passer de la capture fixe de palangres et de filets maillants à des pièges norvégiens. Dans un essai en binôme mené par Grant (2015) avec des pièges à pot et des palangres, les prises accessoires de requin du Groenland ont été réduites à zéro dans les casiers sans réduire les prises cibles, tandis que 15 individus ont été capturés sur des palangres. Le raffinement de la conception du pot a également enregistré zéro prise accessoire de requins du Groenland, et les taux de prises accessoires d'autres espèces non ciblées étaient significativement plus faibles (Folkins et al., 2021).

3.3 Augmenter l'évacuation

Si les requins peuvent s'échapper ou être relâchés alors qu'ils sont encore dans l'eau, ils ont beaucoup plus de chances de survivre à la rencontre (Ardill et al. 2011, Poisson et al. 2014). Il y a aussi des avantages en matière de sécurité pour les pêcheurs à relâcher les requins dans l'eau en minimisant le risque de morsures et de collisions physiques lors du décrochage ou du démêlage des poissons débarqués (Poisson et al. 2011, Poisson et al. 2012, Zollett et Swimmer 2019).

3.3.1 Matériel Leader (cote : recommandé)

Les têtes de fil ont des taux de capture et de mortalité des requins à bord des navires plus élevés que les têtes de nylon (Ward et al. 2008, Gilman et al. 2016, Santos et al. 2017, mais voir Afonso et al. 2012), certaines études faisant également état d'une augmentation des taux

de capture cibles lorsque des meneurs de nylon ont été utilisés (Ward et al. 2008, Afonso et al. 2012). Les taux de capture plus faibles des requins dans ces études ont été attribués à la capacité des requins à mordre le meneur en nylon et à s'échapper jusqu'à quatre fois plus vite que les requins (Afonso et al. 2012, Santos et al. 2017). Afonso et al. (2012) ont démontré que lorsque toutes les morsures de requins étaient incluses, la capture par unité d'effort (CPUE) était la même entre les types de leaders, de sorte que l'image peut ne pas être aussi claire qu'on le pensait à première vue. Ces résultats indiquent que le matériel de tête lui-même peut ne pas avoir d'incidence sur les taux de capture ; Le nylon facilite plutôt l'évasion avant le retour. La diminution de la mortalité des requins capturés sur les meneurs de nylon était presque universelle d'après les études examinées, à l'exception d'Afonso et al. (2012), qui ont signalé une mortalité plus élevée au niveau des navires sur les meneurs de nylon, les requins soyeux (*Carcharhinus falciformis), les requins* océaniques et les requins-renards n'ayant été trouvés vivants qu'au retour sur fil de fer. Malgré ces résultats contradictoires, les examens d'Ardill et al. (2011), Patterson et al. (2014) et une méta-analyse menée par Musyl et Gilman (2019) conviennent tous que les leaders du nylon sont préférables et que les leaders du fil devraient être interdits comme c'est déjà le cas en Australie et en Afrique du Sud (Gilman et al. 2008).. Dans l'ensemble, le passage du fil métallique au matériau de tête en nylon est un moyen efficace de réduire les prises accessoires de requins, mais tout engin traînant (hameçons, meneurs et autres engins accrochés) doit être retiré, de préférence avant d'être amené à bord pour augmenter la survie après la remise à l'eau (Sepulveda et al. 2015, Musyl et Gilman 2019, Grant et al. 2020).

3.3.2 Construction du leader (cote : nécessite un perfectionnement supplémentaire)

La construction de leaders peut influencer les taux de capture des requins. Stone et Dixon (2001) ont constaté que les gangions de nylon multifilament tressés et goudronnés captaient environ la moitié du nombre de requins et d'espèces cibles par rapport aux gangions monofilaments, ce qu'ils attribuaient à la visibilité plus élevée des gangions multifilaments. Grant et al. (2020) ont également testé la différence entre ces deux types de gangions et ont rapporté le contraire, avec trois fois moins de requins du Groenland capturés sur monofilament. Cela a été attribué aux morsures, car le taux de perte d'hameçon a doublé pour le monofilament, mais a noté que l'accrochage sur le fond marin peut avoir influencé ce résultat. Le manque d'études et les résultats contrastés signifient que cette technique nécessiterait un travail supplémentaire avant de faire une évaluation.

3.3.3 Trappes et panneaux d'évacuation dans les engins à senne coulissante (cote : nécessite d'autres améliorations)

Des panneaux d'évacuation et des écoutilles ont été mis à l'essai dans des pêcheries à la senne coulissante avec un succès limité (Itano et al. 2012, Restrepo et al. 2016), mais avec des améliorations, y compris la position de l'écoutille et la prise en compte des conditions de la mer (p. ex. direction actuelle), des améliorations peuvent être obtenues (Itano et al. 2012). Une autre approche mise à l'essai consistait à tirer les requins hors du filet en créant une grande fenêtre d'évacuation qui permet de remorquer le DCP avant de fermer le sac à main (Dagorn et al., 2012a). Les résultats de cette étude n'ont pas été concluants, car tous les requins n'ont pas suivi la DCP, peut-être en raison de la présence étroite du navire ou du bruit du propulseur (Restrepo et al., 2016). Des recherches sur le comportement des espèces cibles et non ciblées à l'intérieur du filet sont nécessaires pour déterminer si la ségrégation entre les deux groupes à un stade quelconque peut être exploitée (Poisson et al. 2021). Ces mesures ne peuvent pas être recommandées actuellement sans d'autres essais sur le terrain.

3.3.4 Exclueurs dans les chaluts (Évaluation : recommandée)

Dans les chaluts, les exclus sont une mesure efficace d'atténuation des prises accessoires pour les grandes espèces non ciblées sans incidence sur les taux de capture cibles et peuvent augmenter la valeur des captures cibles en réduisant les dommages (Brewer et al. 2006, Chosid et al. 2012, Vasapollo et al. 2019). Les exclueurs ont été principalement élaborés pour exclure les tortues de mer (Brewer et al., 1998) et les mammifères marins (Hamilton et Baker, 2019), où il existe une grande différence de taille entre les espèces cibles et non ciblées, mais qui ont également été utilisés pour réduire les prises de requins (Stobutzki et al., 2002).

La recherche s'est concentrée sur la mise à l'essai de la conception et de la configuration des ouvertures d'évacuation (Brewer et al. 1998, Stephenson et al. 2008), l'utilisation d'un entonnoir dans le filet pour maintenir la capture cible lorsqu'un exclueur est utilisé (Fennessy et Isaksen 2007, Zeeberg et al. 2006), la sélectivité de la taille des excluseurs et l'espacement de la grille (Brčić et al. 2015). les effets de la couleur de la grille, de l'angle de la grille et de l'emplacement de la trappe d'évacuation (c.-à-d. la configuration) (Chosid et al. 2012, Wakefield et al. 2017), et l'évaluation de l'efficacité des excluseurs dans l'ensemble des études sur les pêches (Raborn et al., 2012), dont la plupart ont signalé des effets positifs sur les prises accessoires. Tous les essais d'exclus n'ont pas été couronnés de succès, ce qui démontre que l'application d'une technique dans un domaine peut ne pas se traduire dans d'autres domaines sans essais et ajustements adaptés aux conditions locales (Shepherd et Myers 2005, Brčić et al. 2015). Shepherd et Myers (2005) ont également signalé que, malgré l'utilisation obligatoire d'exclus depuis plus de 20 ans, l'absence d'autres mesures d'atténuation complémentaires n'a pas été suffisante pour enrayer le déclin des populations de requins. Malgré ces préoccupations, il est clair que l'utilisation d'exclus, lorsqu'elle est correctement configurée, peut réduire considérablement les prises accessoires de requins.

3.4 Diminution de la mortalité des navires et augmentation de la survie après la remise en liberté

Si la capture de requins ne peut être complètement évitée et que les techniques permettant l'évasion ne sont pas efficaces ou pratiques, les dernières options pour les pêcheurs sont de réduire la mortalité à bord des navires et d'augmenter la survie après la remise à l'eau après la capture et la manipulation. Étant donné que l'objectif global de l'atténuation des prises accessoires est de s'assurer que les individus non ciblés restent viables dans la population, il est crucial de prendre des mesures pour s'assurer que les requins survivent aux rencontres inévitables. Dans de nombreuses situations, en particulier dans les pays en développement, où il n'est pas possible de se déplacer vers des zones différentes, de changer la configuration des engins ou d'arrêter complètement la pêche, cela peut être la seule option viable disponible pour les pêcheurs (Gupta et al. 2020).

Diverses études ont montré que de nombreuses espèces sont particulièrement sensibles au processus de capture, de sorte que les techniques visant à accroître la survie et les dispositions de remise à l'eau obligatoire ne servent pas à grand-chose, car le requin est susceptible de mourir peu de temps après (Morgan et al. 2009, Marshall et al. 2015). Cependant, certaines espèces comme le requin bleu et le requin tigre sont robustes et survivent bien au processus de capture, ce qui en fait de bons candidats à la libération (Morgan et Burgess 2007, Musyl et al. 2011, Nunes et al. 2019). Dans le cadre de toute stratégie d'atténuation des prises accessoires, il est impératif de recueillir des données sur les espèces capturées et sur la façon dont elles survivent à la manipulation afin que des décisions éclairées puissent être prises sur les techniques de manipulation appropriées propres à l'espèce.

3.4.1 Réduire le temps de trempage et le temps passé en ligne (cote : recommandé)

Réduire le temps de trempage des engins et, par conséquent, le temps qu'un requin est rattrapé est un moyen simple de réduire la mortalité au navire et d'augmenter la survie après la remise en liberté de la plupart des engins (Ward et al. 2004, Diaz et Serafy 2005, Morgan et Burgess 2007, Morgan et al. 2009, Morgan et Carlson 2010, Carruthers et al. 2011, Poisson et al. 2011, Braccini et al., 2012, Gallagher et al., 2014, Marshall et al., 2015, Bell et Lyle, 2016, Nunes et al., 2019). Plus un requin est pris longtemps dans les engins de pêche, plus il est susceptible de subir des blessures, de l'hypoxie, de l'épuisement et de la prédation entraînant la mortalité (Cook et al. 2019). Une mesure immédiate pour réduire la mortalité des requins consiste à cesser la pratique consistant à traîner les requins sur les palangres jusqu'à ce que le reste des prises soit traité, ce qui réduirait en pratique le temps de trempage (Musyl et Gilman, 2019).

Des études sur des requins marqués par satellite ont confirmé que lorsqu'un requin est débarqué en bon état, ce qui est généralement le résultat d'un temps plus court capturé dans des engins, la survie après la libération est beaucoup plus probable (Moyes et al. 2006, Musyl et al. 2011, Tolotti et al. 2015). L'impact de la réduction du temps de trempage sur les prises cibles semble être minime, mais peut également entraîner une réduction des taux de capture de requins, ce qui est un résultat souhaitable (Ward et al., 2004). Cependant, la conclusion globale selon laquelle la réduction des temps de trempage a un impact positif sur la survie ne s'applique pas à toutes les espèces : Morgan et al. (2009) ont constaté que l'augmentation du temps de trempage n'avait aucun impact sur la survie à bord des navires pour le requin taureau *(Carcharhinus leucas) et le requin sombre (*Carcharhinus obscurus*).* Frick et al. (2010) ont signalé que le requin gommeux (*Mustelus antarcticus*) souffrait d'une mortalité élevée due à la capture dans les filets maillants dans un cadre expérimental, même avec des temps de trempage très courts. Contrairement aux attentes, la survie après la rencontre a augmenté avec l'augmentation des temps de trempage. La même étude a également révélé que les mêmes espèces avaient des taux de mortalité très faibles lorsqu'elles étaient capturées dans des engins de pêche à la palangre, ce qui démontre l'importance des connaissances propres à chaque espèce sur les interactions entre les types d'engins lors de la conception d'une stratégie d'atténuation.

Parmi les autres facteurs à prendre en compte lors de l'évaluation du temps de trempage, mentionnons l'augmentation de la survie associée à l'augmentation de la taille corporelle (Diaz et Serafy 2005, Gallagher et al. 2014, mais voir Morgan et Carlson 2010), la diminution de la survie associée à l'augmentation de la température de l'eau (voir ci-dessous, Gallagher et al. 2014) et la mortalité selon le sexe où les mâles capturés ont une mortalité plus élevée que les femelles (Coelho et al. 2012). Ces facteurs sont encore compliqués par les réponses spécifiques aux espèces, par exemple Morgan et Carlson (2010) ont constaté que l 'augmentation de la taille corporelle et le temps passé plus longtemps en ligne augmentaient la mortalité chez le requin des Sables (Carcharhinus plumbeus*), tandis que* Diaz et Serafy (2005) ont constaté le contraire pour le requin bleu. Malgré ces nuances propres à l'espèce, la réduction des temps de trempage est une mesure efficace et relativement simple à mettre en œuvre pour atténuer les prises accessoires de requins (Cook et al. 2019, Musyl et Gilman 2019, Zollett et Swimmer 2019).

3.4.2 Température de l'eau (cote : nécessite d'autres améliorations)

Des températures de l'eau plus élevées peuvent entraîner une mortalité plus élevée au niveau des navires pour plusieurs espèces de requins (Morgan et Burgess 2007, Braccini et al. 2012). Cela est dû à la réponse au stress de la capture qui abaisse le pH sanguin et provoque une acidose, qui augmente à mesure que la température de l'eau augmente (Hyatt et al. 2018).

En revanche, Dapp et al. (2017) ont constaté le contraire pour le requin bleu, où la mortalité était plus élevée lorsque la température de l'eau était plus basse. Un examen de Gale et al. (2013) a révélé que 70 % des études ont conclu que les températures plus chaudes contribuaient à une augmentation de la mortalité des navires. La température de l'eau pourrait être utilisée pour déterminer les fermetures de zones lorsque la température de l'eau atteint un seuil particulier (Morgan et Burgess, 2007). Cela peut être particulièrement utile à mesure que la température de l'eau augmente à l'échelle mondiale en raison du changement climatique, mais nécessitera une connaissance des réactions spécifiques aux espèces dans les conditions locales.

3.4.3 Type de crochet (cote : recommandé)

Le remplacement des hameçons en J par des hameçons circulaires entraîne généralement moins d'accrochage interne ou intestinal, des taux plus élevés d'accrochage de la mâchoire et une mortalité plus faible au niveau des navires pour les requins. On a constaté que l'accrochage interne est systématiquement plus élevé lorsque les crochets en J sont utilisés que les crochets circulaires (Watson et al. 2005, Ward et al. 2009, Al-Qartoubi et al. 2018, Nunes et al. 2019), et les crochets circulaires sont plus susceptibles de s'accrocher dans la bouche ou la mâchoire, ce qui rend la libération plus facile et plus rapide (Kerstetter et Graves 2006, Al-Qartoubi et al. 2018, Grant et al. 2020). Lorsqu'il est accroché à l'intérieur, le relâchement n'est souvent possible qu'en coupant le meneur qui laisse le crochet en place où il peut causer des blessures internes ou laisser le train traîné attaché, réduisant ainsi la survie après la libération (Sepulveda et al. 2015, Nunes et al. 2019). Les comparaisons des types d'hameçons ont presque universellement fait état d'une mortalité plus élevée au niveau des navires lors de l'utilisation de crochets en J (Kerstetter et Graves 2006, Carruthers et al. 2009, Reinhardt et al. 2018, Nunes et al. 2019, Zollett et Swimmer 2019, mais voir Afonso et al. 2012).

Bien que le passage des hameçons en J aux hameçons circulaires semble être une mesure efficace d'atténuation des prises accessoires, il existe un compromis contre une CPUE apparemment plus élevée pour plusieurs espèces de requins sur les hameçons circulaires (p. ex. Afonso et al. 2011, Ward et al. 2009, Reinhardt et al. 2018). Cependant, l'augmentation de la CPUE des requins sur les hameçons circulaires n'est pas universelle (Kim et al. 2006, Yokota et al. 2006) et les réponses spécifiques à l'espèce peuvent jouer un rôle dans la détermination des taux de capture (Fernandez-Carvalho et al. 2015). Des résultats différents dans les études sur les CPUE chez les requins ont également été attribués par certains auteurs au type d'appât utilisé (Amorim et al. 2015, Gilman et al. 2007b, Watson et al. 2005, Godin et al. 2012). La connaissance des préférences locales en matière d'appâts et de la façon dont elles interagissent avec le type d'hameçon est cruciale pour une mise en œuvre réussie.

Quelle que soit la variété des réponses au type d'hameçon signalées, il est généralement admis que les hameçons circulaires semblent augmenter l'ECP pour les requins, mais les taux d'accrochage interne et les blessures subséquentes sont inférieurs à ceux des hameçons en J (Ardill et al. 2011, Graves et al. 2012, Patterson et al. 2014, Favaro et Cote 2015, Gilman et al. 2016, Reinhardt et al. 2018). Cependant, cela doit être traité avec prudence, car les différents engins, lieux de pêche, moment, espèces cibles, espèces non ciblées, type d'appât et taille et forme des hameçons peuvent confondre les résultats (Godin et al. 2012, Graves et al. 2012).

3.4.4 Hameçons modifiés (cote : nécessite un développement supplémentaire)

À l'instar de l'effet de la taille des appâts, l'utilisation d'hameçons plus grands peut également avoir une incidence sur la sélectivité, les gros hameçons attrapant de gros poissons et les petits hameçons attrapant de petits poissons (Morgan et al., 2009). Cela peutconstituer un outil utile pour protéger des classes particulières de taille et d'âge, par exemple les juvéniles nécessaires au recrutement. Peu d'études ont examiné l'effet de l'augmentation de la taille et de la largeur des hameçons sur l'ECP, avec des résultats variés, y compris une réduction de l'ECP pour les espèces cibles et sur la cible (Swimmer et al., 2011) et une augmentation de l'ECP pour les deux (Gilman et al., 2012). Gilman et al. (2018) ont signalé des réponses distinctes spécifiques aux espèces cibles et non ciblées dans un essai de trois tailles d'hameçons différentes, illustrant la nécessité de mener des essais locaux avant une mise en œuvre plus large. La modification de la hauteur et de la largeur des crochets peut influencer la sélectivité des engins, mais cela nécessite une étude plus approfondie pour déterminer les tailles optimales en fonction des conditions locales.

3.4.5 Mainlevée avant retour (cote : recommandé)

Relâcher un requin capturé dans l'eau avant d'être transporté à bord peut améliorer la survie après la remise en liberté (Musyl et Gilman 2019, Zollett et Swimmer 2019). Couper les meneurs le plus près possible de l'hameçon sur les palangres du côté du navire, ou le relâcher avant le braillage à la senne coulissante (Ardill et al. 2011, Poisson et al. 2014) sont deux techniques relativement simples qui peuvent améliorer la survie après la remise à l'eau. La remise en liberté à cette étape du processus de capture élimine presque entièrement les risques de mortalité associés à la manipulation, à l'écrasement, aux abrasions et à l'hypoxie, et profite aux pêcheurs en réduisant le risque de blessures causées par les requins débarqués (Poisson et al. 2011, Poisson et al. 2012, Cook et al. 2019, Zollett et Swimmer 2019).

3.4.6 Techniques de manipulation (cote : recommandée)

Des études de marquage par satellite de plusieurs espèces de requins ont révélé que les techniques de manipulation prudentes augmentent la survie après la remise en liberté (p. ex. Musyl et al. 2011, Poisson et al. 2011, Poisson et al. 2014). Il s'agit de l'une des rares mesures d'atténuation des prises accessoires de requins pour lesquelles son efficacité est totalement reconnue dans toutes les études examinées. Il est simple à mettre en œuvre, à faible coût ou sans coût pour les pêcheurs, et entraîne une mortalité plus faible pour les requins capturés (Gupta et al. 2020). La mise en œuvre de cette technique repose sur l'éducation des pêcheurs. Pour ce faire, Poisson et al. (2012) ont produit un guide simple, informatif et illustratif à l'intention des pêcheurs à la senne coulissante sur les meilleures pratiques de manipulation, qui constitue un excellent modèle pour d'autres pêches.

3.4.7 Nappes phréatiques pour le tri et le déversement des goulottes (cote : Nécessite un développement plus poussé)

En ce qui concerne les problèmes des techniques de manipulation appropriées et de la réduction du temps passé par un requin à bord et hors de l'eau, certaines études ont préconisé l'utilisation de nappes phréatiques et de goulottes de relâchement sur les bateaux de pêche afin de faciliter le tri rapide et le retour plus sécuritaire dans l'eau des espèces prises accidentellement (Poisson et al., 2012, Cook et al., 2019). Les nappes phréatiques peuvent être simplement une table avec des côtés hauts où l'eau de mer est pompée afin que les poissons puissent continuer à respirer hors de l'eau. Les goulottes de largage sont installées à côté de la table de tri et permettent le retour rapide des prises accessoires non ciblées à l'eau sans qu'il soit nécessaire de les manipuler davantage. Bien que nous supposions que cela serait bénéfique pour augmenter la survie après la libération, nous n'avons pas été en

mesure de localiser d'études dont l'efficacité a été prouvée. Cette technique mérite une enquête plus approfondie.

Conclusions et orientations futures

La synthèse des données probantes ci-dessus démontre qu'il n'existe pas de technique unique qui puisse être appliquée à toutes les espèces, engins de pêche et régions, à l'exception de l'amélioration des pratiques de manipulation. Les réactions aux modifications apportées aux engins varient d'une région à l'autre, en fonction des conditions environnementales locales, de la composition des espèces et d'autres facteurs de confusion, de sorte que l'on ne peut pas supposer que les techniques efficaces dans une région fonctionnent dans une autre. Pour atténuer efficacement les prises accessoires de requins, la plupart des pêches nécessiteront une combinaison de techniques, mais peuvent avoir des répercussions imprévues sur d'autres espèces. Cela exigera que chaque pêcherie ayant des captures involontaires de requins évalue les espèces qu'elle capture, ce qu'elle ne devrait pas capturer, lesquelles d'entre elles sont les plus menacées et quelles sont les caractéristiques biologiques, comportementales et alimentaires qu'elle possède et qui pourraient être exploitées pour minimiser ses prises. Il est également nécessaire d'aborder les facteurs interactifs des questions biologiques, environnementales et techniques afin de trouver une solution à ces circonstances particulières (Broadhurst et al. 2006, Gallagher et al. 2014). Des essais de techniques devraient être entrepris dans les domaines pertinents pour en assurer l'efficacité avant de rendre obligatoire une approche particulière pour réduire les prises accessoires.

L'un des problèmes fondamentaux pour identifier et évaluer les méthodes d'atténuation est le manque de données détaillées sur le cycle biologique et les caractéristiques de déplacement de nombreuses espèces de requins, les facteurs qui contribuent à la probabilité qu'une espèce soit capturée et s'échappe, et les facteurs de stress qui augmentent la mortalité. Poisson et al. (2021) décrivent les progrès technologiques récents qui pourraient grandement aider à identifier ce qui se passe réellement lorsqu'un requin est capturé, y compris l'utilisation de véhicules sous-marins autonomes (UAV) et de drones aériens pour aider les pêcheurs à décider où et quand les engins devraient être réglés pour maximiser les prises cibles et minimiser les prises accessoires. Le coût de l'utilisation de ces technologies peut être prohibitif pour de nombreuses pêcheries et de nombreux États, qui ont besoin d'un appui technique et financier pour assurer une utilisation généralisée.

Il existe de multiples approches pour atténuer les prises accessoires qui peuvent être divisées en méthodes réglementaires (p. ex., quotas, interdictions de capture, fermetures de temps et de zones, conservation complète, etc.) et techniques (p. ex., modifications des engins, changements aux méthodes et techniques de pêche, etc.), et nous n'avons traité que des techniques d'atténuation techniques dans le présent document. Quelle que soit l'approche adoptée (y compris la combinaison de mesures réglementaires et techniques), il faut tenir compte du niveau de réduction prévue des prises accessoires requise, de l'impact sur les captures des espèces ciblées, de l'impact sur les espèces non ciblées, des impacts non intentionnels sur d'autres espèces non ciblées et de l'impact économique de toute technique (O'Keefe et al. 2014, Poisson et al. 2021). L'équilibre de ces impacts nécessite souvent une approche de compromis pour maximiser la réduction des prises accessoires tout en maintenant la viabilité économique de la pêche (Booth et al. 2020). Toute technique d'atténuation des prises accessoires doit être pratique et économiquement viable pour que les pêcheurs puissent l'adopter volontairement, ce qui nécessite une participation et une contribution étroites de l'industrie et des gestionnaires des pêches (Favaro et Cote, 2015).

La priorité pour l'atténuation des prises accessoires doit être d'éviter la capture. Il y a de multiples avantages pour les pêcheurs et les requins lorsque cela est réalisé, grâce à des prises débarquées de plus grande valeur, à plus de possibilités de capturer des espèces cibles, à moins de blessures pour les pêcheurs, à moins de dommages et de pertes d'engins et à des impacts réduits sur l'écosystème. Les mesures techniques d'atténuation les plus prometteuses pour réduire la mortalité des prises accessoires de requins sont le choix du type d'appât, l'absence d'appâts, la construction de DCP non emmêlants, le changement de stratégie de pêche lors de l'utilisation de DCP, l'utilisation de maillages efficaces, l'élimination des chaînes de chatouillement ou le changement de méthode de capture. Certaines techniques peuvent être beaucoup plus efficaces si elles sont utilisées de concert les unes avec les autres (Restrepo et al. 2016), mais il faut veiller à ce que ces méthodes n'entrent pas en conflit les unes avec les autres ou n'aient pas d'impact involontaire sur d'autres groupes d'espèces. D'autres méthodes de précapture qui nécessitent plus de recherche, de développement et d'essais sur le terrain comprennent l'utilisation d'appâts artificiels contenant des répulsifs olfactifs tels que des nécromones, une taille optimale d'appât, des répulsifs électriques actifs, des lumières stroboscopiques, l'élimination des bâtons lumineux, l'augmentation de la tension nette dans les filets maillants et l'éloignement des requins des DCP avant de fabriquer des ensembles, car actuellement beaucoup ne semblent pas être une option pratique ou nécessitent plus de preuves empiriques de leur efficacité.

Si la capture ne peut être évitée, des efforts doivent être faits pour permettre l'évacuation avant le retour. Tout comme le fait d'éviter la capture, les pêcheurs ont notamment à gagner du temps lors du halage en n'ayant pas à démêler ou à décrocher les requins sur le pont, ce qui entraînera également moins de blessures pour les pêcheurs. Permettre aux requins de s'échapper élimine également le temps hors de l'eau et réduit les dommages causés aux prises ciblées. Les mesures les plus efficaces consistent à utiliser des têtes en nylon monofilament à la place des têtes de fil ou à couper à travers les têtes au crochet dans les engrenages de ligne et de crochet et à utiliser des excluseurs de concert avec des BRD configurés de manière appropriée, tels que des panneaux d'évacuation ou des trappes dans les chaluts.

Enfin, si le retour après capture est inévitable, des efforts doivent être faits pour réduire la mortalité à bord et augmenter la survie après la remise à l'eau. Une manipulation prudente et une libération rapide des requins, quels que soient les engins utilisés, sont essentielles. Les changements apportés aux pratiques de pêche par la réduction du temps de trempage, la libération des requins du filet lorsque l'engin est encore dans l'eau et l'utilisation d'hameçons circulaires semblent être les techniques les plus appropriées actuellement disponibles. L'utilisation d'équipements tels que des tables de tri de l'eau et des goulottes de relâchement pourrait également être bénéfique pour les requins, en particulier les ventilateurs béliers obligatoires qui souffrent de la mortalité la plus élevée une fois hors de l'eau, mais cela nécessite une étude plus approfondie.

Dans l'ensemble, l'atténuation des prises accessoires de requins est un problème extrêmement complexe qu'aucune technique ne résoudra à elle seule. Les solutions doivent tenir compte de la spécificité des espèces, adaptées à chaque pêche, à son cadre de gestion et à ses objectifs, tenir compte des interactions entre les stratégies d'atténuation et les impacts imprévus, et faire des compromis entre le maintien des prises cibles et la réduction des prises accessoires. Le besoin de données fines sur les déplacements et le cycle biologique des espèces de requins est urgent et devrait être prioritaire. Les techniques doivent être évaluées pour la région et les espèces où elles seront déployées, et la participation de l'industrie de la pêche doit être encouragée et activement recherchée dès le début du processus. Les

pêcheurs détiennent déjà un vaste corpus de connaissances qui doivent être reconnues, respectées et utilisées dans la conception de toute stratégie d'atténuation. Sans leur contribution et leur soutien, aucune solution d'atténuation des prises accessoires ne sera efficace.

Références

Afonso, A. S., F. H. V. Hazin, F. Carvalho, J. C. Pacheco, H. Hazin, D. W. Kerstetter, D. Murie and G. H. Burgess (2011) Fishing gear modifications to reduce elasmobranch mortality in pelagic and bottom longline fisheries off Northeast Brazil. Fisheries Research 108(2/3): 336-343.

Afonso, A. S., B. Mourato, H. Hazin and F. H. V. Hazin (2021) The effect of light attractor color in pelagic longline fisheries. Fisheries Research 235.

Afonso, A. S., R. Santiago, H. Hazin and F. H. Hazin (2012) Shark bycatch and mortality and hook bite-offs in pelagic longlines: interactions between hook types and leader materials. Fisheries Research 131: 9-14.

Al-Qartoubi, I. A., S. Bose, H. S. Al-Masroori and A. Govender (2018) Circle hook versus J-hook: A case study of the Sultanate of Oman. Journal of Agricultural and Marine Sciences 23: 29-39.

Amorim, S., M. N. Santos, R. Coelho and J. Fernandez-Carvalho (2015) Effects of 17/0 circle hooks and bait on fish catches in a southern Atlantic swordfish longline fishery. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 25(4): 518-533.

Ardill, D., D. Itano and R. Gillett (2011). A review of bycatch and discard issues in Indian Ocean tuna fisheries. Smartfish Working Papers. Indian Ocean Commission IOTC-2012-WEPB08-INF20.

Bach, P., T. Hodent, C. Donadío, E. Romanov, L. Dufossé and J. Robin (2012). Bait innovation as a new challenge in pelagic longlining. EBFMtuna-2012: Towards ecosystem-based management of tuna fisheries, mitigating impacts of fishing on pelagic ecosystems, MADE Symposium, 15 –19 October 2012, Montpellier.

Baremore, I. E., D. M. Bethea and K. I. Andrews (2012) Gillnet selectivity for juvenile blacktip sharks (Carcharhinus limbatus). Fishery Bulletin 110(2): 230-241.

Bell, J. D. and J. M. Lyle (2016) Post-capture survival and implications for by-catch in a multi-species coastal gillnet fishery. PLoS ONE 11(11): e0166632.

Bielli, A., J. Alfaro-Shigueto, P. D. Doherty, B. J. Godley, C. Ortiz, A. Pasara, J. H. Wang, J. C. Mangel (2020) An illuminating idea to reduce bycatch in the Peruvian small-scale gillnet fishery. Biological Conservation 241: 108277

Booth, H., D. Squires and E. J. Milner-Gulland (2020) The mitigation hierarchy for sharks: A risk-based framework for reconciling trade-offs between shark conservation and fisheries objectives. Fish and Fisheries 21(2): 269-289.

Braccini, M., J. Van Rijn and L. Frick (2012) High post-capture survival for sharks, rays and chimaeras discarded in the main shark fishery of Australia? PLoS ONE 7(2): e32547.

Brčić, J., B. Herrmann, F. De Carlo and A. Sala (2015) Selective characteristics of a shark-excluding grid device in a Mediterranean trawl. Fisheries Research 172: 352-360.

Brewer, D., D. Heales, D. Milton, Q. Dell, G. Fry, B. Venables and P. Jones (2006) The impact of turtle excluder devices and bycatch reduction devices on diverse tropical marine

communities in Australia's northern prawn trawl fishery. Fisheries Research 81(2-3): 176-188.

Brewer, D., N. Rawlinson, S. Eayrs and C. Burridge (1998) An assessment of bycatch reduction devices in a tropical Australian prawn trawl fishery. Fisheries Research 36(2-3): 195-215.

Brill, R., P. Bushnell, L. Smith, C. Speaks, R. Sundaram and J. Wang (2009) The repulsive and feeding-deterrent effects of electropositive metals on juvenile sandbar sharks (Carcharhinus plumbeus). Fishery Bulletin 107(3): 298.

Broadhurst, M. K., P. Suuronen and A. Hulme (2006) Estimating collateral mortality from towed fishing gear. Fish and Fisheries 7(3): 180-218.

Broadhurst, M. K. and D. J. Tolhurst (2021) Null effects of decomposing shark tissue on baited-hook catches of elasmobranchs. Regional Studies in Marine Science: 101898.

Campana, S. E., W. Joyce, M. Fowler and M. Showell (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 73(2): 520-528.

Carlson, J. K. and E. Cortés (2003) Gillnet selectivity of small coastal sharks off the southeastern United States. Fisheries Research 60(2-3): 405-414.

Carruthers, E. H., J. D. Neilson and S. C. Smith (2011) Overlooked bycatch mitigation opportunities in pelagic longline fisheries: Soak time and temperature effects on swordfish (Xiphias gladius) and blue shark (Prionace glauca) catch. Fisheries Research 108(1): 112-120.

Carruthers, E. H., D. C. Schneider and J. D. Neilson (2009) Estimating the odds of survival and identifying mitigation opportunities for common bycatch in pelagic longline fisheries. Biological Conservation 142(11): 2620-2630.

Ceyhan, T., O. Hepkafadar and Z. Tosunoglu (2010) Catch and size selectivity of small-scale fishing gear for the smooth-hound shark Mustelus mustelus (Linnaeus, 1758)(Chondrichthyes: Triakidae) from the Aegean Turkish coast. Mediterranean Marine Science 11(2): 213-224.

Chapuis, L., S. P. Collin, K. E. Yopak, R. D. McCauley, R. M. Kempster, L. A. Ryan, C. Schmidt, C. C. Kerr, E. Gennari, C. A. Egeberg and N. S. Hart (2019) The effect of underwater sounds on shark behaviour. Scientific Reports 9:6924: 1-11.

Chosid, D. M., M. Pol, M. Szymanski, F. Mirarchi and A. Mirarchi (2012) Development and observations of a spiny dogfish Squalus acanthias reduction device in a raised footrope silver hake Merluccius bilinearis trawl. Fisheries Research 114: 66-75.

Churchill, R. (2021) Just a Harmless Fishing Fad—or Does the Use of FADs Contravene International Marine Pollution Law? Ocean Development & International Law 52:2, 169-192.

Clarke, S., M. Sato, C. Small, B. Sullivan, Y. Inoue and D. Ochi (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 No. 588. FAO (Food & Agriculture Organisation), Rome.

Clarke, S. C., M. K. McAllister, E. J. Milner-Gulland, G. Kirkwood, C. G. Michielsens, D. J. Agnew, E. K. Pikitch, H. Nakano and M. S. Shivji (2006) Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. Ecology Letters 9(10): 1115-1126.

CMS (2016) The Memorandum of Understanding on the Conservation of Migratory Sharks. Retrieved 24 March 2022, from https://www.cms.int/sharks/en/page/sharks-mou-text.

Coelho, R., J. Fernandez-Carvalho, P. G. Lino and M. N. Santos (2012) An overview of the hooking mortality of elasmobranchs caught in a swordfish pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean. Aquatic Living Resources 25(4): 311-319.

Cook, K. V., A. J. Reid, D. A. Patterson, K. A. Robinson, J. M. Chapman, S. G. Hinch and S. J. Cooke (2019) A synthesis to understand responses to capture stressors among fish discarded from commercial fisheries and options for mitigating their severity. Fish and Fisheries 20(1): 25-43.

Cosandey-Godin, A. and A. Morgan (2011). Fisheries bycatch of sharks: options for mitigation. Ocean Science Division, Pew Environment Group, Washington DC, USA.

Dagorn, L., J. Filmalter and F. Forget (2012a) Summary of results on the development of methods to reduce the mortality of silky sharks by purse seiners. Eighth working party on ecosystems and bycatch, Cape Town, South Africa: 17-19.

Dagorn, L., J. D. Filmalter, F. Forget, M. J. Amandè, M. A. Hall, P. Williams, H. Murua, J. Ariz, P. Chavance and N. Bez (2012b) Targeting bigger schools can reduce ecosystem impacts of fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 69(9): 1463-1467.

Dagorn, L., K. N. Holland, V. Restrepo and G. Moreno (2013) Is it good or bad to fish with FADs? What are the real impacts of the use of drifting FADs on pelagic marine ecosystems? Fish and Fisheries 14(3): 391-415.

Dapp, D. R., C. Huveneers, T. I. Walker, J. Mandelman, D. W. Kerstetter and R. D. Reina (2017) Using logbook data to determine the immediate mortality of blue sharks (Prionace glauca) and tiger sharks (Galeocerdo cuvier) caught in the commercial U.S. pelagic longline fishery. Fishery Bulletin 115(1): 27-41.

Darquea, J. J., C. Ortiz-Alvarez, F. Córdova-Zavaleta, R. Medina, A. Bielli, J. Alfaro-Shigueto and J. C. Mangel (2020) Trialing net illumination as a bycatch mitigation measure for sea turtles in a small-scale gillnet fishery in Ecuador. Latin American Journal of Aquatic Research 48(3): 446-455.

Dayton, P. K., S. F. Thrush, M. T. Agardy and R. J. Hofman (1995) Environmental effects of marine fishing. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 5(3): 205-232.

Diaz, G. A. and J. E. Serafy (2005) Longline-caught blue shark (Prionace glauca): factors affecting the numbers available for live release. Fishery Bulletin 103(4): 720.

Driggers III, W. B., M. D. Campbell, K. M. Hannan, E. R. Hoffmayer, C. M. Jones, L. M. Jones and A. G. Pollack (2017) Influence of bait type on catch rates of predatory fish species on bottom longline gear in the northern Gulf of Mexico. Fishery Bulletin 115(1): 50-59.

Dulvy, N. K., J. K. Baum, S. Clarke, L. J. Compagno, E. Cortés, A. Domingo, S. Fordham, S. Fowler, M. P. Francis and C. Gibson (2008) You can swim but you can't hide: the global

status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18(5): 459-482.

Dulvy, N. K., S. L. Fowler, J. A. Musick, R. D. Cavanagh, P. M. Kyne, L. R. Harrison, J. K. Carlson, L. N. Davidson, S. V. Fordham and M. P. Francis (2014) Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. elife 3: e00590.

Dunn, D. C., A. M. Boustany and P. N. Halpin (2011) Spatio-temporal management of fisheries to reduce by-catch and increase fishing selectivity. Fish and Fisheries 12(1): 110-119.

Egeberg, C. A., R. M. Kempster, N. S. Hart, L. Ryan, L. Chapuis, C. C. Kerr, C. Schmidt, E. Gennari, K. E. Yopak and S. P. Collin (2019) Not all electric shark deterrents are made equal: Effects of a commercial electric anklet deterrent on white shark behaviour. PLoS ONE 14(3): 1-18.

Erickson, D., S. Goldhor and R. Giurca (2000). Efficiency and species selectivity of fabricated baits used in Alaska demersal longline fisheries. 2000 ICES Annual Science Conference, 27-30 September 2000, Brugge, Belgium CM 2000/J:04.

Escalle, L., J. Scutt Phillips, M. Brownjohn, S. Brouwer, A. Sen Gupta, E. Van Sebille, J. Hampton and G. Pilling (2019) Environmental versus operational drivers of drifting FAD beaching in the Western and Central Pacific Ocean. Scientific Reports 9:14005: 1-12.

Favaro, B. and I. M. Cote (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.

Fennessy, S. and B. Isaksen (2007) Can bycatch reduction devices be implemented successfully on prawn trawlers in the Western Indian Ocean? African Journal of Marine Science 29(3): 453-463.

Fernandez-Carvalho, J., R. Coelho, M. N. Santos and S. Amorim (2015) Effects of hook and bait in a tropical northeast Atlantic pelagic longline fishery: Part II—Target, bycatch and discard fishes. Fisheries Research 164: 312-321.

Filmalter, J. D., M. Capello, J.-L. Deneubourg, P. D. Cowley and L. Dagorn (2013) Looking behind the curtain: quantifying massive shark mortality in fish aggregating devices. Frontiers in Ecology and the Environment 11(6): 291-296.

Folkins, M. H., S. M. Grant and P. Walsh (2021) A feasibility study to determine the use of baited pots in Greenland halibut (Reinhardtius hippoglossoides) fisheries, supported by the use of underwater video observations. PeerJ 9: e10536.

Forget, F. G., M. Capello, J. D. Filmalter, R. Govinden, M. Soria, P. D. Cowley and L. Dagorn (2015) Behaviour and vulnerability of target and non-target species at drifting fish aggregating devices (FADs) in the tropical tuna purse seine fishery determined by acoustic telemetry. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 72(9): 1398-1405.

Foster, D. G., S. P. Epperly, A. K. Shah and J. W. Watson (2012) Evaluation of hook and bait type on the catch rates in the western North Atlantic Ocean pelagic longline fishery. Bulletin of Marine Science 88(3): 529-545.

Fowler, S. (2016). Review and gap analysis of shark and ray bycatch mitigation measures employed by fisheries management bodies. First Workshop of the Conservation Working

Group, Agenda Item 3, Bristol, United Kingdom 31 October-01 November 2016. Convention on the Conservation of Migratory Species CMS/Sharks/CWG1/Doc.3.1.

Frick, L. H., R. D. Reina and T. I. Walker (2010) Stress related physiological changes and post-release survival of Port Jackson sharks (Heterodontus portusjacksoni) and gummy sharks (Mustelus antarcticus) following gill-net and longline capture in captivity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 385(1-2): 29-37.

Gale, M. K., S. G. Hinch and M. R. Donaldson (2013) The role of temperature in the capture and release of fish. Fish and Fisheries 14(1): 1-33.

Gallagher, A., E. Orbesen, N. Hammerschlag and J. Serafy (2014) Vulnerability of oceanic sharks as pelagic longline bycatch. Global Ecology and Conservation 1: 50-59.

Gervais, C. R. and C. Brown (2021) Impact of conspecific necromones on the oxygen uptake rates of a benthic elasmobranch. Animal Behaviour 174: 1-8.

Gilman, E., M. Chaloupka, P. Bach, H. Fennell, M. Hall, M. Musyl, S. Piovano, F. Poisson and L. Song (2020) Effect of pelagic longline bait type on species selectivity: a global synthesis of evidence. Reviews in Fish Biology and Fisheries 30(3): 535-551.

Gilman, E., M. Chaloupka and M. Musyl (2018) Effects of pelagic longline hook size on species-and size-selectivity and survival. Reviews in Fish Biology and Fisheries 28(2): 417-433.

Gilman, E., M. Chaloupka, A. Read, P. Dalzell, J. Holetschek and C. Curtice (2012) Hawaii longline tuna fishery temporal trends in standardized catch rates and length distributions and effects on pelagic and seamount ecosystems. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 22(4): 446-488.

Gilman, E., M. Chaloupka, Y. Swimmer and S. Piovano (2016) A cross-taxa assessment of pelagic longline by-catch mitigation measures: conflicts and mutual benefits to elasmobranchs. Fish and Fisheries 17(3): 748-784.

Gilman, E., S. Clarke, N. Brothers, J. Alfaro-Shigueto, J. Mandelman, J. Mangel, S. Petersen, S. Piovano, N. Thomson and P. Dalzell (2008) Shark interactions in pelagic longline fisheries. Marine Policy 32(1): 1-18.

Gilman, E., S. Clarke, B. Nigel, J. A. Shigueto, M. John, M. Jeff, P. Samantha, S. Piovano, T. Nicola and D. Paul (2007a) Shark Depredation and Unwanted Bycatch in Pelagic Longline Fisheries: Industry Practices and Attitudes, and Shark Avoidance Strategies. Western Pacific Regional Fishery Management Council, Honolulu, USA.

Gilman, E., D. Kobayashi, T. Swenarton, N. Brothers, P. Dalzell and I. Kinan-Kelly (2007b) Reducing sea turtle interactions in the Hawaii-based longline swordfish fishery. Biological Conservation 139(1/2): 19-28.

Gilman, E. L. (2011) Bycatch governance and best practice mitigation technology in global tuna fisheries. Marine Policy 35(5): 590-609.

Godin, A. C., J. K. Carlson and V. Burgener (2012) The effect of circle hooks on shark catchability and at-vessel mortality rates in longlines fisheries. Bulletin of Marine Science 88(3): 469-483.

Godin, A. C., T. Wimmer, J. H. Wang and B. Worm (2013) No effect from rare-earth metal deterrent on shark bycatch in a commercial pelagic longline trial. Fisheries Research 143: 131-135.

Grant, S. (2015). Development of Turbot Potting Technologies In Arctic Canada (P-452) Avoiding the incidental capture of Greenland shark in Arctic Canada's turbot fisheries through the development of potting technologies. Centre for Sustainable Aquatic Resources, Fisheries and Marine Institute of Memorial University. St John's, Canada.

Grant, S. M., J. G. Munden and K. J. Hedges (2020) Effects of monofilament nylon versus braided multifilament nylon gangions on catch rates of Greenland shark (Somniosus microcephalus) in bottom set longlines. PeerJ 8: e10407.

Grant, S. M., R. Sullivan and K. J. Hedges (2018) Greenland shark (Somniosus microcephalus) feeding behavior on static fishing gear, effect of SMART (Selective Magnetic and Repellent-Treated) hook deterrent technology, and factors influencing entanglement in bottom longlines. PeerJ 6: e4751.

Graves, J. E., A. Z. Horodysky and D. W. Kerstetter (2012) Incorporating circle hooks into Atlantic pelagic fisheries: case studies from the commercial tuna/swordfish longline and recreational billfish fisheries. Bulletin of Marine Science 88(3): 411-422.

Gupta, T., H. Booth, W. Arlidge, C. Rao, M. Manoharakrishnan, N. Namboothri, K. Shanker and E. J. Milner-Gulland (2020) Mitigation of Elasmobranch Bycatch in Trawlers: A Case Study in Indian Fisheries. Frontiers in Marine Science 7(571).

Hamilton, S. and G. B. Baker (2019) Technical mitigation to reduce mar ine mammal bycatch and entanglement in commercial fishing gear: lessons learnt and future directions. Reviews in Fish Biology and Fisheries 29(2): 223-247.

Hart, N. S. and S. P. Collin (2015) Sharks senses and shark repellents. Integrative zoology 10(1): 38-64.

Hazen, E. L., K. L. Scales, S. M. Maxwell, D. K. Briscoe, H. Welch, S. J. Bograd, H. Bailey, S. R. Benson, T. Eguchi and H. Dewar (2018) A dynamic ocean management tool to reduce bycatch and support sustainable fisheries. Science Advances 4(5): eaar3001.

Holden, M. (1973) Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible? Rapports et Proces-verbaux des Réunions. Conseil International pour l'Éxploration de la Mer 164: 360-367.

Howard, S. (2015). Mitigation options for shark bycatch in longline fisheries. New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report No. 148. Ministry for Primary Industries, Wellington, New Zealand.

Howard, S., R. Brill, C. Hepburn, J. Rock and H. e. M. Pol (2018) Microprocessor-based prototype bycatch reduction device reduces bait consumption by spiny dogfish and sandbar shark. ICES Journal of Marine Science 75(6): 2235-2244.

Hutchinson, M., J. H. Wang, Y. Swimmer, K. Holland, S. Kohin, H. Dewar, J. Wraith, R. Vetter, C. Heberer and J. Martinez (2012) The effects of a lanthanide metal alloy on shark catch rates. Fisheries Research 131-133: 45-51.

Huveneers, C., P. J. Rogers, J. M. Semmens, C. Beckmann, A. A. Kock, B. Page and S. D. Goldsworthy (2013) Effects of an Electric Field on White Sharks: In Situ Testing of an Electric Deterrent. PLoS ONE 8(5): 1-11.

Huveneers, C., S. Whitmarsh, M. Thiele, L. Meyer, A. Fox and C. J. Bradshaw (2018) Effectiveness of five personal shark-bite deterrents for surfers. PeerJ 6: e5554.

Hyatt, M. W., P. A. Anderson and P. M. O'Donnell (2018) Influence of Temperature, Salinity, and Dissolved Oxygen on the Stress Response of Bull (Carcharhinus leucas) and Bonnethead (Sphyrna tiburo) Sharks after Capture and Handling. Journal of Coastal Research 34(4): 818-827.

IOTC (2017) Indian Ocean Tuna Commission Resolution 17/05. Retrieved 24 March 2022, from https://www.ccsbt.org/sites/default/files/userfiles/file/other_rfmo_measures/iotc/Resolution%2017_05.pdf.

Itano, D., J. Muir, M. Hutchinson and B. Leroy (2012). Development and testing of a release panel for sharks and non-target finfish in purse seine gear. Western and Central Pacific Fisheries Commission, Busan, Republic of Korea. WCPFC-SC8 EB-WP-14.

Jordan, L. K., J. W. Mandelman and S. M. Kajiura (2011) Behavioral responses to weak electric fields and a lanthanide metal in two shark species. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 409(1-2): 345-350.

Jordan, L. K., J. W. Mandelman, D. M. McComb, S. V. Fordham, J. K. Carlson and T. B. Werner (2013) Linking sensory biology and fisheries bycatch reduction in elasmobranch fishes: a review with new directions for research. Conservation Physiology 1(1).

Kaimmer, S. and A. W. Stoner (2008) Field investigation of rare-earth metal as a deterrent to spiny dogfish in the Pacific halibut fishery. Fisheries Research 94(1): 43-47.

Kalmijn, A. J. (1966) Electro-perception in sharks and rays. Nature 212(5067): 1232-1233.

Kaplan, D. M., E. Chassot, J. M. Amandé, S. Dueri, H. Demarcq, L. Dagorn and A. Fonteneau (2014) Spatial management of Indian Ocean tropical tuna fisheries: potential and perspectives. ICES Journal of Marine Science 71(7): 1728-1749.

Kempster, R. M., C. A. Egeberg, N. S. Hart, L. Ryan, L. Chapuis, C. C. Kerr, C. Schmidt, C. Huveneers, E. Gennari and K. E. Yopak (2016) How close is too close? The effect of a non-lethal electric shark deterrent on white shark behaviour. PLoS ONE 11(7): e0157717.

Kerstetter, D. W. and J. E. Graves (2006) Effects of circle versus J-style hooks on target and non-target species in a pelagic longline fishery. Fisheries Research 80(2-3): 239-250.

Kim, S., D. Moon, D. An and J. Koh (2006). Comparison of circle hooks and J hooks in the catch rate of target and bycatch species taken in the Korean tuna longline fishery. Western and Central Pacific Fisheries Commission, Manila, Philippines. WCPFC SC2-2006/EB WP-12.

Kirkwood, G. and T. Walker (1986) Gill net mesh selectivities for gummy shark, Mustelus antarcticus Günther, taken in south-eastern Australian waters. Marine and Freshwater Research 37(6): 689-697.

Kumar, K. A., P. Pravin and B. Meenakumari (2016) Bait, bait loss, and depredation in pelagic longline fisheries–A review. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture 24(4): 295-304.

Kyne, P. M. and P. Feutry (2017) Recreational fishing impacts on threatened river sharks: A potential conservation issue. Ecological Management & Restoration 18(3): 209-213.

Kynoch, R. J., R. J. Fryer and F. C. Neat (2015) A simple technical measure to reduce bycatch and discard of skates and sharks in mixed-species bottom-trawl fisheries. ICES Journal of Marine Science 72(6): 1861-1868.

Leaper, R. and S. Calderan (2018). Review of methods used to reduce risks of cetacean bycatch and entanglements. CMS Technical Series No. 38. Convention on the Conservation of Migratory Species, Bonn, Germany.

Løkkeborg, S. (2011) Best practices to mitigate seabird bycatch in longline, trawl and gillnet fisheries—efficiency and practical applicability. Marine Ecology Progress Series 435: 285-303.

Løkkeborg, S., S. I. Siikavuopio, O.-B. Humborstad, A. C. Utne-Palm and K. Ferter (2014) Towards more efficient longline fisheries: fish feeding behaviour, bait characteristics and development of alternative baits. Reviews in Fish Biology and Fisheries 24(4): 985-1003.

Lopez, J., G. Moreno, L. Ibaibarriaga and L. Dagorn (2017) Diel behaviour of tuna and non-tuna species at drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Western Indian Ocean, determined by fishers' echo-sounder buoys. Marine Biology 164(3): 1-16.

Lucas, S., and P. Berggren (2023) A systematic review of sensory deterrents for bycatch mitigation of marine megafauna. Reviews in Fish Biology and Fisheries 33: 1-33.

Marshall, H., G. Skomal, P. G. Ross and D. Bernal (2015) At-vessel and post-release mortality of the dusky (Carcharhinus obscurus) and sandbar (C. plumbeus) sharks after longline capture. Fisheries Research 172: 373-384.

McAuley, R., C. Simpfendorfer and I. Wright (2007) Gillnet mesh selectivity of the sandbar shark (Carcharhinus plumbeus): implications for fisheries management. ICES Journal of Marine Science 64(9): 1702-1709.

McCutcheon, S. M. and S. M. Kajiura (2013) Electrochemical properties of lanthanide metals in relation to their application as shark repellents. Fisheries Research 147: 47-54.

Miller, K. I., I. Nadheeh, A. R. Jauharee, R. C. Anderson and M. S. Adam (2017) Bycatch in the Maldivian pole-and-line tuna fishery. PLoS ONE 12(5): 1-21.

Molina, J. and S. Cooke (2012) Trends in shark bycatch research: current status and research needs. Reviews in Fish Biology and Fisheries 22(3): 719-737.

Morgan, A. and G. H. Burgess (2007) At-vessel fishing mortality for six species of sharks caught in the Northwest Atlantic and Gulf of Mexico. Gulf and Caribbean Research 19(2): 123-129.

Morgan, A. and J. K. Carlson (2010) Capture time, size and hooking mortality of bottom longline-caught sharks. Fisheries Research 101(1-2): 32-37.

Morgan, A., P. W. Cooper, T. Curtis and G. H. Burgess (2009) Overview of the US east coast bottom longline shark fishery, 1994–2003. Marine Fisheries Review 71(1): 23-38.

Moyes, C. D., N. Fragoso, M. K. Musyl and R. W. Brill (2006) Predicting Postrelease Survival in Large Pelagic Fish. Transactions of the American Fisheries Society 135(5): 1389-1397.

Musyl, M. K., R. W. Brill, D. S. Curran, N. M. Fragoso, L. M. McNaughto, A. Nielsen, B. S. Kikkawa and C. D. Moyes (2011) Postrelease survival, vertical and horizontal movements, and thermal habitats of five species of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. Fishery Bulletin 109(4): 341-368.

Musyl, M. K. and E. L. Gilman (2019) Meta-analysis of post-release fishing mortality in apex predatory pelagic sharks and white marlin. Fish and Fisheries 20(3): 466-500.

Nguyen, K. Q. and P. D. Winger (2019) Artificial Light in Commercial Industrialized Fishing Applications: A Review. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture 27(1): 106-126.

Noatch, M. R. and C. D. Suski (2012) Non-physical barriers to deter fish movements. Environmental Reviews 20(1): 71-82.

Nunes, D. M., F. H. V. Hazin, I. S. L. Branco-Nunes, H. Hazin, J. C. Pacheco, A. S. Afonso, B. L. Mourato and F. C. Carvalho (2019) Survivorship of species caught in a longline tuna fishery in the western equatorial Atlantic Ocean. Latin American Journal of Aquatic Research 47(5): 798-807.

O'Connell, C. P., D. C. Abel, P. H. Rice, E. M. Stroud and N. C. Simuro (2010) Responses of the southern stingray (Dasyatis americana) and the nurse shark (Ginglymostoma cirratum) to permanent magnets. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 43(1): 63-73.

O'Connell, C. P., D. C. Abel, S. H. Gruber, E. M. Stroud and P. H. Rice (2011a) Response of juvenile lemon sharks, Negaprion brevirostris, to a magnetic barrier simulating a beach net. Ocean & Coastal Management 54(3): 225-230.

O'Connell, C. P., D. C. Abel, E. M. Stroud and P. H. Rice (2011b) Analysis of permanent magnets as elasmobranch bycatch reduction devices in hook-and-line and longline trials. Fishery Bulletin 109(4): 394-401.

O'Connell, C. P., E. M. Stroud and P. He (2014a) The emerging field of electrosensory and semiochemical shark repellents: Mechanisms of detection, overview of past studies, and future directions. Ocean & Coastal Management 97: 2-11.

O'Connell, C. P., P. He, J. Joyce, E. M. Stroud and P. H. Rice (2014b) Effects of the SMART™ (Selective Magnetic and Repellent-Treated) hook on spiny dogfish catch in a longline experiment in the Gulf of Maine. Ocean & Coastal Management 97: 38-43.

O'Keefe, C. E., S. X. Cadrin and K. D. Stokesbury (2014) Evaluating effectiveness of time/area closures, quotas/caps, and fleet communications to reduce fisheries bycatch. ICES Journal of Marine Science 71(5): 1286-1297.

O'Farrell, H. B. and E. A. Babcock (2021) Shortfin mako hot sets–Defining high bycatch conditions as a basis for bycatch mitigation. Fisheries Research 244: 106123.

Orue, B., J. Lopez, G. Moreno, J. Santiago, M. Soto and H. Murua (2019) Aggregation process of drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Western Indian Ocean: Who arrives first, tuna or non-tuna species? PLoS ONE 14(1): 1-24.

Pacoureau, N., C. L. Rigby, P. M. Kyne, R. B. Sherley, H. Winker, J. K. Carlson, S. V. Fordham, R. Barreto, D. Fernando and M. P. Francis (2021) Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. Nature 589(7843): 567-571.

Patterson, H., S. Hansen and J. Larcombe (2014). A review of shark bycatch mitigation in tuna longline fisheries. Western and Central Pacific Fisheries Commission, Majuro, Republic of the Marshall Islands. WCPFC-SC10-2014/ EB-WP-05.

Poisson, F., P. Budan, S. Coudray, E. Gilman, T. Kojima, M. Musyl and T. Takagi (2021) New technologies to improve bycatch mitigation in industrial tuna fisheries. Fish and Fisheries 23(3): 545-563.

Poisson, F., F. A. Crespo, J. R. Ellis, P. Chavance, P. Bach, M. N. Santos, B. Séret, M. Korta, R. Coelho, J. Ariz and H. Murua (2016) Technical mitigation measures for sharks and rays in fisheries for tuna and tuna-like species: turning possibility into reality. Aquatic Living Resources 29(4): 1-45.

Poisson, F., J. D. Filmalter, A.-L. Vernet and L. Dagorn (2014) Mortality rate of silky sharks (Carcharhinus falciformis) caught in the tropical tuna purse seine fishery in the Indian Ocean. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 71(6): 795-798.

Poisson, F., J.-C. Gaertner, M. Taquet, J.-P. Durbec and K. Bigelow (2010) Effects of lunar cycle and fishing operations on longline-caught pelagic fish: fishing performance, capture time, and survival of fish. Fishery Bulletin 108(3): 268-281.

Poisson, F., A.-L. Vernet, J. Filmalter, M. Goujon and L. Dagorn (2011). Survival rate of silky sharks (Carcharhinus falciformis) caught incidentally onboard French tropical purse seiners. Indian Ocean Tuna Commission, Victoria, Seychelles. IOTC-2011-WPEB07-28.

Poisson, F., A. Vernet, B. Séret and L. Dagorn (2012) Good practices to reduce the mortality of sharks and rays caught incidentally by the tropical tuna purse seiners. EU FP7 project #210496 MADE Deliverable 7.2.

Polpetta, M., F. Piva, S. Gridelli and F. Bargnesi (2021) Behavioural responses in the sand tiger shark (Carcharias taurus) to permanent magnets and pulsed magnetic fields. Marine Biology Research 17(1): 41-56.

Porsmoguer, S. B., D. Bănaru, C. F. Boudouresque, I. Dekeyser and C. Almarcha (2015) Hooks equipped with magnets can increase catches of blue shark (Prionace glauca) by longline fishery. Fisheries Research 172: 345-351.

Proctor, C.H., Natsir, M., Mahiswara, et al. (2019) A characterisation of FAD-based tuna fisheries in Indonesian waters. Final Report as output of ACIAR Project FIS/2009/059. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 111pp.

Raborn, S. W., B. J. Gallaway, J. G. Cole, W. J. Gazey and K. I. Andrews (2012) Effects of Turtle Excluder Devices (TEDs) on the Bycatch of Three Small Coastal Sharks in the Gulf of Mexico Penaeid Shrimp Fishery. North American Journal of Fisheries Management 32(2): 333-345.

Reinhardt, J. F., J. Weaver, P. J. Latham, A. Dell'Apa, J. E. Serafy, J. A. Browder, M. Christman, D. G. Foster and D. R. Blankinship (2018) Catch rate and at-vessel mortality of circle hooks versus J-hooks in pelagic longline fisheries: A global meta-analysis. Fish and Fisheries 19(3): 413-430.

Restrepo, V., L. Dagorn, D. Itano, F. Justel-Rubio, F. Forget and G. Moreno (2017). A Summary of bycatch issues and ISSF Mitigation Activities To Date in Purse Seine Fisheries, with Emphasis on FADs. ISSF Technical Report 2017-06. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.

Restrepo, V., L. Dagorn and G. Moreno (2016). Mitigation of Silky Shark Bycatch in Tropical Tuna Purse Seine Fisheries. ISSF Technical Report 2016-17. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.

Restrepo, V., L. Dagorn, G. Moreno, J. Murua, F. Forget and F. Justel-Rubio (2019a). Report of the International Workshop on Mitigating Environmental Impacts of Tropical Tuna Purse Seine Fisheries. Rome, Italy, 12-13 March, 2019. ISSF Technical Report 2019-08. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.

Restrepo, V., H. Koehler, G. Moreno and H. Murua (2019b). Recommended Best Practices for FAD Management in Tropical Tuna Purse Seine Fisheries. ISSF Technical Report 2019-11. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.

Rice, P., B. DeSanti and E. M. Stroud (2014). Performance of a long lasting shark repellent bait for elasmobranch bycatch reduction during commercial pelagic longline fishing. Report to the Bycatch Reduction Engineering Program. National Marine Fisheries Service, Office of Sustainable Fisheries, Silver Spring, MD, USA.

Richards, R. J., V. Raoult, D. M. Powter and T. F. Gaston (2018) Permanent magnets reduce bycatch of benthic sharks in an ocean trap fishery. Fisheries Research 208: 16-21.

Rigg, D. P., S. C. Peverell, M. Hearndon and J. E. Seymour (2009) Do elasmobranch reactions to magnetic fields in water show promise for bycatch mitigation? Marine and Freshwater Research 60(9): 942-948.

Robbins, W., V. Peddemors and S. Kennelly (2011) Assessment of permanent magnets and electropositive metals to reduce the line-based capture of Galapagos sharks, Carcharhinus galapagensis. Fisheries Research 109(1): 100-106.

Rulifson, R. A. (2007) Spiny dogfish mortality induced by gill-net and trawl capture and tag and release. North American Journal of Fisheries Management 27(1): 279-285.

Ryan, L. A., L. Chapuis, J. M. Hemmi, S. P. Collin, R. D. McCauley, K. E. Yopak, E. Gennari, C. Huveneers, R. M. Kempster, C. C. Kerr, C. Schmidt, C. A. Egeberg and N. S. Hart (2018) Effects of auditory and visual stimuli on shark feeding behaviour: the disco effect. Marine Biology 165(1): 1-1.

Sacchi, J. (2021). Overview of mitigation measures to reduce the incidental catch of vulnerable species in fisheries. Studies and Reviews No. 100. General Fisheries Commission for the Mediterranean, FAO, Rome.

Santos, M., P. Lino and R. Coelho (2017) Effects of leader material on catches of shallow pelagic longline fisheries in the southwest Indian Ocean. Fishery Bulletin 115: 219-232.

Senko, J. F., S. H. Peckham, D. Aguilar-Ramirez and J. H. Wang (2022) Net illumination reduces fisheries bycatch, maintains catch value, and increases operational efficiency. Current Biology 32: 1-8.

Sepulveda, C., C. Heberer, S. Aalbers, N. Spear, M. Kinney, D. Bernal and S. Kohin (2015) Post-release survivorship studies on common thresher sharks (Alopias vulpinus) captured in the southern California recreational fishery. Fisheries Research 161: 102-108.

Shepherd, T. D. and R. A. Myers (2005). Direct and indirect fishery effects on small coastal elasmobranchs in the northern Gulf of Mexico 8**:** 1095-1104.

Smith, L. E. and C. P. O'Connell (2014) The effects of neodymium-iron-boron permanent magnets on the behaviour of the small spotted catshark (Scyliorhinus canicula) and the thornback skate (Raja clavata). Ocean & Coastal Management 97: 44-49.

Stephenson, P. C., S. Wells and J. King (2008). Evaluation of Exclusion Grids to Reduce the Bycatch of Dolphins, Turtles, Sharks, and Rays in the Pilbara Trawl Fishery. Fisheries Research Report No. 171. Department of Fisheries, Government of Western Australia, North Beach, WA, Australia.

Stobutzki, I., E. Lawrence, N. Bensley and W. Norris (2006). Bycatch mitigation approaches in Australia's eastern tuna and billfish fishery: Seabirds, turtles, marine mammals, sharks, and non-target fish. Information Paper presented at the Ecosystem and Bycatch Specialist Working Group of the Second Meeting of the Scientific Committee of the WCPFC, Manila 2006. Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia. WCPFCSC2/EBSWG–IP5

Stobutzki, I. C., M. J. Miller, D. S. Heales and D. T. Brewer (2002) Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. Fishery Bulletin 100(4): 800-821.

Stone, H. H. and L. K. Dixon (2001) A comparison of catches of swordfish, Xiphias gladius, and other pelagic species from Canadian longline gear configured with alternating monofilament and multifilament nylon gangions. Fishery Bulletin 99(1): 210-216.

Stoner, A. W. and S. M. Kaimmer (2008) Reducing elasmobranch bycatch: laboratory investigation of rare earth metal and magnetic deterrents with spiny dogfish and Pacific halibut. Fisheries Research 92(2-3): 162-168.

Stroud, E. M., C. P. O'Connell, P. H. Rice, N. H. Snow, B. B. Barnes, M. R. Elshaer and J. E. Hanson (2014) Chemical shark repellent: Myth or fact? The effect of a shark necromone on shark feeding behavior. Ocean & Coastal Management 97: 50-57.

Swimmer, Y., J. Suter, R. Arauz, K. Bigelow, A. López, I. Zanela, A. Bolaños, J. Ballestero, R. Suárez, J. Wang and C. Boggs (2011) Sustainable fishing gear: the case of modified circle hooks in a Costa Rican longline fishery. Marine Biology 158(4): 757-767.

Swimmer, Y., J. Wang and L. Mcnaughton (2008). Shark Deterrent and incidental capture workshop, April 10–11, 2008. NOAA Technical Memorandum. US Department of Commerce, Washington, D.C., USA. NOAA-TM-NMFS-PIFSC-16.

Tallack, S. M. and J. W. Mandelman (2009) Do rare-earth metals deter spiny dogfish? A feasibility study on the use of electropositive "mischmetal" to reduce the bycatch of Squalus acanthias by hook gear in the Gulf of Maine. ICES Journal of Marine Science 66(2): 315-322.

Thiele, M., J. Mourier, Y. Papastamatiou, L. Ballesta, E. Chateauminois and C. Huveneers (2020) Response of blacktip reef sharks Carcharhinus melanopterus to shark bite mitigation products. Scientific Reports 10(1): 3563.

Thorpe, T. and D. Frierson (2009) Bycatch mitigation assessment for sharks caught in coastal anchored gillnets. Fisheries Research 98(1-3): 102-112.

Tolotti, M. T., P. Bach, F. Hazin, P. Travassos and L. Dagorn (2015) Vulnerability of the Oceanic Whitetip Shark to Pelagic Longline Fisheries. PLoS ONE 10(10): 1-17.

Vasapollo, C., M. Virgili, A. Petetta, G. Bargione, A. Sala and A. Lucchetti (2019) Bottom trawl catch comparison in the Mediterranean Sea: Flexible Turtle Excluder Device (TED) vs traditional gear. PLoS ONE 14(12): 1-19.

Wakefield, C. B., J. Santana-Garcon, S. R. Dorman, S. Blight, A. Denham, J. Wakeford, B. W. Molony and S. J. Newman (2017) Performance of bycatch reduction devices varies for chondrichthyan, reptile, and cetacean mitigation in demersal fish trawls: assimilating subsurface interactions and unaccounted mortality. ICES Journal of Marine Science 74(1): 343-358.

Ward, P., S. Epe, D. Kreutz, E. Lawrence, C. Robins and A. Sands (2009) The effects of circle hooks on bycatch and target catches in Australia's pelagic longline fishery. Fisheries Research 97(3): 253-262.

Ward, P., E. Lawrence, R. Darbyshire and S. Hindmarsh (2008) Large-scale experiment shows that nylon leaders reduce shark bycatch and benefit pelagic longline fishers. Fisheries Research 90(1-3): 100-108.

Ward, P., R. A. Myers and W. Blanchard (2004) Fish lost at sea: the effect of soak time on pelagic longline catches. Fishery Bulletin 102(1): 179-195.

Watson, J. T., T. E. Essington, C. E. Lennert-Cody and M. A. Hall (2009) Trade-Offs in the Design of Fishery Closures: Management of Silky Shark Bycatch in the Eastern Pacific Ocean Tuna Fishery. Conservation Biology 23(3): 626-635.

Watson, J. W., S. P. Epperly, A. K. Shah and D. G. Foster (2005) Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62(5): 965-981.

Waugh, S., D. Filippi, R. Blyth and P. Filippi (2011). Assessment of bycatch in gill net fisheries. Report to the Tenth Meeting of the Conference of the Parties. Convention on the Conservation of Migratory Species, Bonn, Germany. UNEP/CMS/ScC18/Inf.10.15.1**:** 20-25.

WCPFC (2019) Western and Central Pacific Fisheries Commission Resolution 2019/04. Retrieved 21 December 2021, from https://www.ccsbt.org/sites/default/files/userfiles/file/other_rfmo_measures/wcpfc/CMM%202019-04%20CMM%20for%20Sharks.pdf.

Westlake, E. L., M. Williams and N. Rawlinson (2018) Behavioural responses of draughtboard sharks (Cephaloscyllium laticeps) to rare earth magnets: Implications for shark bycatch management within the Tasmanian southern rock lobster fishery. Fisheries Research 200: 84-92.

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

Yokota, K., M. Kiyota and H. Minami (2006) Shark catch in a pelagic longline fishery: comparison of circle and tuna hooks. Fisheries Research 81(2-3): 337-341.

Yokota, K., M. Kiyota and H. Okamura (2009) Effect of bait species and color on sea turtle bycatch and fish catch in a pelagic longline fishery. Fisheries Research 97(1-2): 53-58.

Zeeberg, J., A. Corten and E. de Graaf (2006) Bycatch and release of pelagic megafauna in industrial trawler fisheries off Northwest Africa. Fisheries Research 78(2-3): 186-195.

Zollett, E. A. and Y. Swimmer (2019) Safe handling practices to increase post-capture survival of cetaceans, sea turtles, seabirds, sharks, and billfish in tuna fisheries. Endangered Species Research 38: 115-125.

Zudaire, I., G. Moreno, J. Murua, H. Murua, M. Tolotti, M. Roman, M. Hall, J. Lopez, M. Grande and G. Merino (2021). Biodegradable DFADs: Current Status and Prospects. 2nd IOTC Ad Hoc Working Group on FADs, 4-6/10/2021. Indian Ocean Tuna Commission, Victoria, Seychelles. IOTC-2021-WGFAD02-09.

Secrétariat de la CMS
Campus de l'ONU
Platz der Vereinten Nationen 1
D-53113 Bonn
Allemagne

Tel : (+49) 228 815 24 01 / 02
Fax : (+49) 228 815 24 49
Courriel : cms.secretariat@cms.int
www.cms.int