



UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE
Paris, France

Rapport de Stage de 1ère année

Année 2016-2017

Mention Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie
Spécialité Océanographie et Environnements Marins

Etude de l'occurrence du requin soyeux en fonction du type d'objets flottants et des courants dans différentes zones océaniques

Par

Rémi Millot



Réalisé sous la responsabilité de Capello Manuela, Dagorn
Laurent, Sabarros Philippe, Forget Fabien

UMR Marbec

Sous la supervision académique de Koubbi Philippe

Introduction :

Le requin soyeux, *Carcharhinus falciformis* (figure 1) (Müller & Henle, 1839) est une espèce cosmopolite de la zone circum-tropicale à la fois côtière et océanique (Hutchinson, 2014). Aujourd'hui cette espèce, selon l'IUCN «Union Internationale pour la Conservation de la Nature» est proche d'être menacée, la cause principale étant anthropique (Filmlalter et al., 2013 ;Filmlalter, 2015).

Les pêcheries à la senne qui ciblent les thons tropicaux figurent parmi les facteurs qui affectent le plus les populations de requins soyeux dans tous les océans (Filmlalter, 2015 ; Dagorn et al., 2013). Cette technique de pêche consiste à encercler un banc de thons à l'aide d'un filet-coulissant (Forget et al., 2015; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et al., 1988). Utilisés depuis le début de la pêche thonière tropicale à la senne, les objets flottants sont devenus progressivement la stratégie principale de cette flottille de pêche sachant leurs pouvoirs attracteurs, accumulant jusqu'à 333 espèces de poissons. Parmi ces espèces se trouvent les trois espèces de thons ciblées par les senneurs (Castro et al., 2002). Les objets flottants peuvent être naturels (figure 3), comme une bille de bois apportée par les rivières (Dagorn et al., 2013 ;Fonteneau, 1993 ;Maufroy et al., 2017), ou artificiels (figure 4), i.e., construits et mis à l'eau par l'Homme comme outil de pêche. Cependant, si les thons représentent 95% de la biomasse d'une agrégation sous objet flottant (Fonteneau, 1993 ;Filmlalter et al., 2016), cette technique de pêche implique environ 5% de prises accessoires, principalement des poissons osseux. Si la quantité d'élastomères est relativement faible, elle reste néanmoins importante en termes de conservation, en particulier pour le requin soyeux, principale espèce des requins pêchés par ces flottilles.(Dagorn et al., 2013 ;Filmlalter et al., 2013). Mais contrairement aux téléostéens adoptant une stratégie « r », les chondrichthyens dont le requin soyeux, ont adopté une stratégie de type « K » (Amandè et al., 2011) les rendant ainsi plus sensibles à la pêche (Dagorn et al., 2013).

Depuis 2001 les organismes de gestion des pêcheries thonières, conjointement aux armements et instituts de recherche, ont mis en place des programmes d'observation en mer dans chaque océan, où des observateurs à bord des thoniers senneurs relèvent l'activité de pêche. C'est dans ce contexte de gestion des pêches, à des fins de conservation et de récolte de nouvelles données issues des observateurs que mon stage s'inscrit. Deux questions vont être traitées : (i) Est-ce que le type d'objet, donc son origine naturelle ou artificielle, a une influence sur l'occurrence des requins soyeux? (ii) Est-ce que l'intensité du courant a une influence sur l'occurrence des requins soyeux? L'hypothèse (1) nulle pour la



Figure 1 : Le requin soyeux (*Carcharhinus falciformis*)

		Données de 2005 à 2017		2014 à 2016		Agrégation dates	
Objets Naturels	Données	Atlantique	Indien	Atlantique	Indien	Gabon	N-O-Seychelles
	Présence	125	330	58	52	74	27
	Absence	104	125	46	20	38	10
	Nombre d'objets	229	455	104	72	112	37
	Probabilité d'occurrence (%)	55%	73%	56%	72%	66%	73%
Objets Artificiels	Présence	894	1942	204	253	221	210
	Absence	2090	977	252	137	318	133
	Nombre d'objets	2984	2919	456	390	539	343
	Probabilité d'occurrence (%)	30%	67%	45%	65%	41%	61%
Test de proportion	P-value :	2,116.10⁻¹⁴***	0,013*	0,054	0,263	2,082.10⁻⁶***	0,221

Tableau 1 : Présentation des chiffres de présence, absence et nombre total d'objets utilisés pour le calcul de l'IOc à différents niveaux de résolution. P-value du test de proportion pour déterminer l'effet du type d'objet sur l'occurrence réalisé pour chaque océan à différents niveaux de résolution. Test : $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), et $p < 0.001$ (***)

Océans	Données	Tous objets	Objets artificiels	Objets naturels
Atlantique	Sur 2014-2016	0,263	0,562	0,061
	Gabon		*	0,26
Indien	Sur 2014-2016	0,352	0,346	0,531
	N-O-Seychelles		0,531	0,346

Tableau 2 : P-value test de proportion pour déterminer l'effet de l'intensité du courant sur l'occurrence réalisé pour chaque océan à différents niveaux de résolution, sur tous objets ainsi que dissociés. Test : $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), et $p < 0.001$ (***)

question (i) est : le type d'objet n'influe pas sur l'occurrence du requin soyeux. Et l'hypothèse (2) nulle pour la question (ii) : la courantologie n'influe pas sur l'occurrence du requin soyeux

Matériels et méthodes

Les différentes étapes du raisonnement ont été schématisé (figure 2)

La base de données : Nous utilisons les données récoltées par les observateurs embarqués sur les thoniers Français et Espagnol (Goujon, 2004) et gérées par l'Observatoire des Ecosystèmes Tropicaux Pélagiques (Ob7). Depuis deux décennies, ces données sont intégrées à une base de données PostgreSQL « Observe ». Pour extraire les informations de celle-ci une requête SQL est réalisée demandant seulement les calées sous objet flottant, ensuite ces données sont intégrées dans le logiciel R. Enfin selon les objectifs, le jeu de données va subir certaines filtrations.

Données de courantologie : Nous avons enrichi la base de données SQL avec la base de données OSCAR «Ocean Surface Current Analysis (OSCAR) Third Degree Resolution » de la NOAA, fournissant les composantes vectorielles zonales « u » et méridionales « v » des courants de surface. Ces composantes sont estimées en s'appuyant sur les données altimétriques, diffusiométriques et de température, avec une résolution spatiale de 1/3 de degrés et temporelle de 5 jours (Danilo, 2009). Le calcul de la vitesse des courants est fait à partir des composantes u et v pour chaque calée: $\sqrt{u^2 + v^2}$.

Analyses des données : Pour tester les hypothèses 1 et 2, nous avons défini un indicateur d'occurrence de requins soyeux sous objet flottant à l'aide de la formule suivante :

$IOc = \text{Nombre d'objet flottant ayant au moins un requin soyeux} / \text{Nombre d'objet flottant totaux}$
Cet indicateur a été calculé pour chaque catégorie d'objets (naturel et artificiel) dans chacun des océans (Atlantique et Indien) sur la période allant de 2005 à 2017. Ensuite, pour limiter la fenêtre temporelle de l'étude, le même indicateur est calculé sur un jeu de données allant de 2014 à 2016 sur lequel sont sélectionnées des fenêtres spatiales de 5 degrés de côté et temporelles de 1 mois ayant un nombre de calées minimum de 25, réalisées à la fois sous objet artificiels et naturels. Enfin, cet indicateur est aussi calculé sur deux zones géographiques particulières pour lesquelles il y a plusieurs dates d'échantillonnées au sein du jeu de données 2014 à 2016. Pour l'océan Atlantique, nous avons sélectionné la zone du Gabon, tandis que pour l'océan Indien nous avons considéré la zone située au Nord-Ouest des Seychelles. Ensuite une cartographie a été faite pour représenter spatialement les cellules du jeu données allant de 2014 à 2016 avec le package « oceanmap » de R. Pour tester l'hypothèse 2, pour chaque océan, l'indicateur de probabilité d'occurrence a été calculé sur

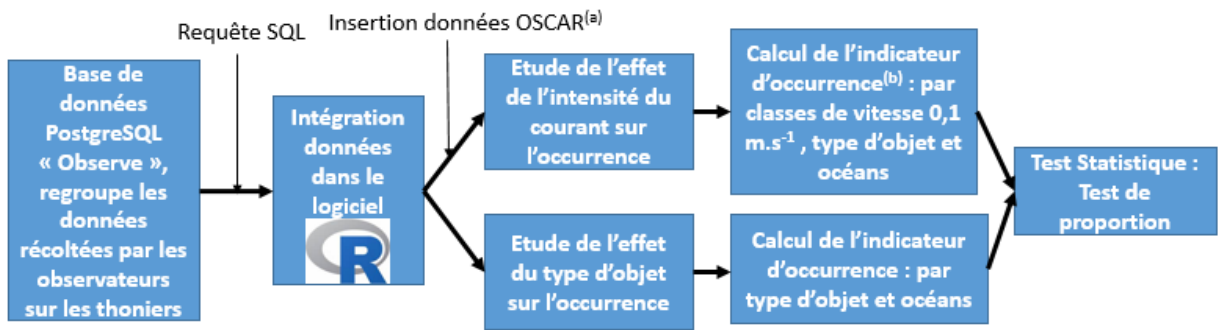


Figure 2 : Représentation : matériels et méthodes schématiquement



Figure 3 : Photo d'un objet naturel



Figure 4 : Photo d'un objet artificiel

des classes d'intensité de courant de $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ pour chaque catégorie d'objet. Ensuite pour voir l'effet de l'intensité du courant sur l'occurrence nous avons réalisé un ensemble de graphique à différentes échelles spatio-temporelles pour chaque océan. Un graphique est réalisé sur l'ensemble des données 2014-2016, pour objet non différencié et pour objet différencié. Un graphique toujours sur les données de 2014-2016 est réalisé mais sur une zone particulière ayant plusieurs dates échantillonnées au sein du jeu de données. La zone géographique dans l'océan Atlantique est le Gabon avec onze dates et pour l'Océan Indien, le Nord-Ouest des Seychelles avec 4 dates.

Tests statistiques : Un test de comparaison de proportion (Millot, 2009) est réalisé avec la fonction `prop.test` sous R sur les résultats obtenus et le tout reporté dans un tableau. Si le test se révèle significatif, un test de comparaison multiple de proportion est exécuté.

Résultats :

Hypothèse 1 : effet du type d'objet

Le tableau 1 montre les résultats du calcul de l'indicateur de probabilité d'occurrence réalisé à différentes échelles spatio-temporelles, pour chaque océan et type d'objet. Sur les données allant de 2005 à 2017, la proportion d'objet flottant avec des requins soyeux est plus forte dans l'océan Indien que dans l'Atlantique. La différence entre type d'objet est plus forte au niveau de l'océan Atlantique, avec une différence de 25% entre objets artificiels (30%) et naturels (55%) alors que pour l'océan Indien celle-ci n'est que de 6% entre objets naturels (63%) et artificiels (57%). Le test de proportion montre une différence significative entre types d'objet pour les deux océans (océan Atlantique : $p\text{-value} = 10^{-14}$; océan Indien : $p\text{-value}=0,013$) (tableau1). L'effet du type d'objet est proche de la significativité pour l'océan Atlantique, et non significatif pour l'océan Indien, si on se restreint sur le jeu de données de 2014 à 2016 (océan Atlantique : $p\text{-value} = 0,054$; océan Indien : $p\text{-value}= 0,263$) (Tableau 1). Enfin si on se restreint à la zone du Gabon et Nord-Ouest des Seychelles ; l'effet du type d'objet est significatif pour l'océan Atlantique mais pas pour l'océan Indien (océan Atlantique : $p\text{-value} = 10^{-6}$; océan Indien : $p\text{-value}= 0,261$) (Tableau 1)

Hypothèse 2 : effet du courant

En agrégeant l'ensemble des données sur chaque océan, sans considérer le type d'objet, le test de proportion indique que dans les deux océans il n'y a pas d'effet de l'intensité du courant avec une $p\text{-value}$ de 0,263 pour l'océan Atlantique et de 0,352 pour l'Océan Indien (Tableau 2). Ensuite le même constat apparaît avec les types d'objets différenciés : pour les objets artificiels, une $p\text{-value}$ de 0,562 est obtenue dans l'océan Atlantique et une $p\text{-value}$ de 0,346

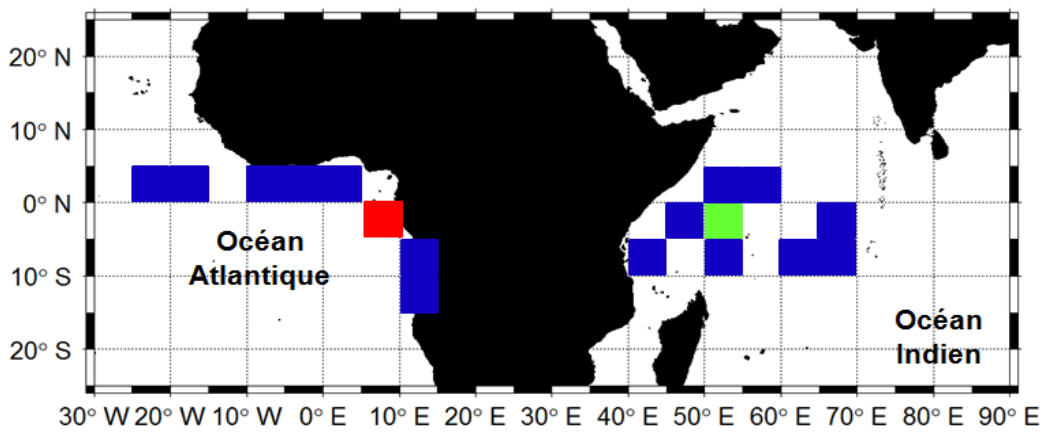


Figure 5 : Spatialisation des cellules sélectionnées pour l'étude du courant de 2014 à 2016

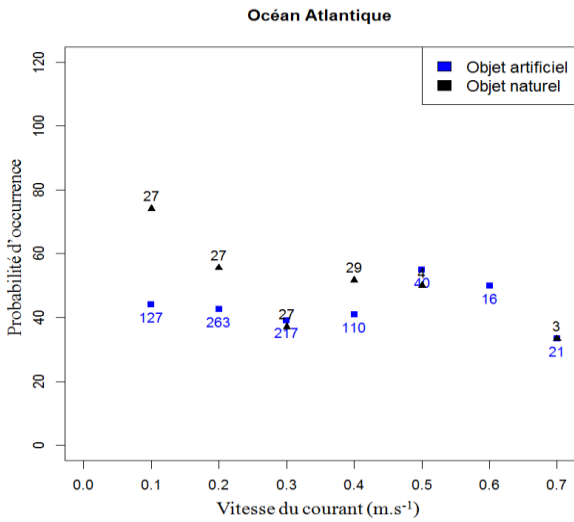


Figure 6 : Graphique représentant la probabilité d'occurrence sous type d'objet artificiel et naturel en fonction des classes d'intensité de vitesse du courant sur l'ensemble des fenêtres spatio-temporelles dans l'océan Atlantique

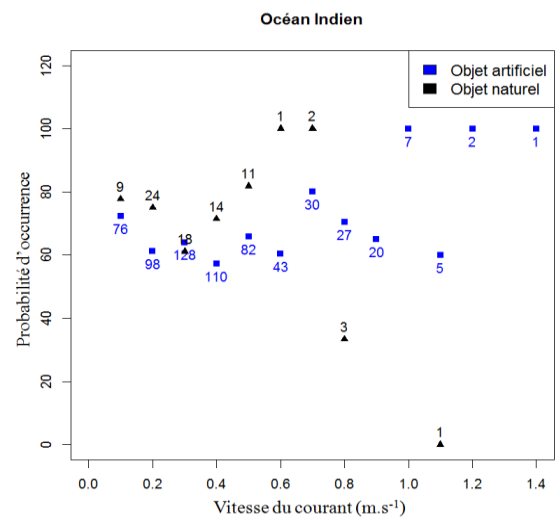


Figure 7 : Graphique représentant la probabilité d'occurrence sous type d'objet artificiel et naturel en fonction des classes d'intensité de vitesse du courant sur l'ensemble des fenêtres spatio-temporelles dans l'océan Indien

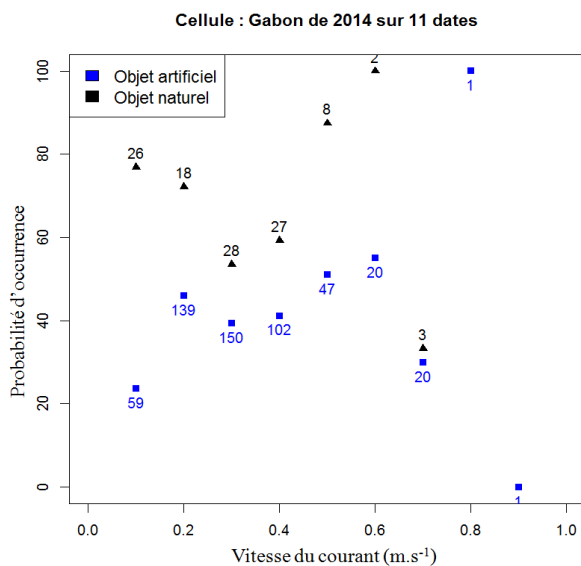


Figure 8 : Graphique représentant la probabilité d'occurrence sous type d'objet artificiel et naturel en fonction des classes d'intensité de vitesse du courant au niveau de la cellule du Gabon dans l'océan Atlantique

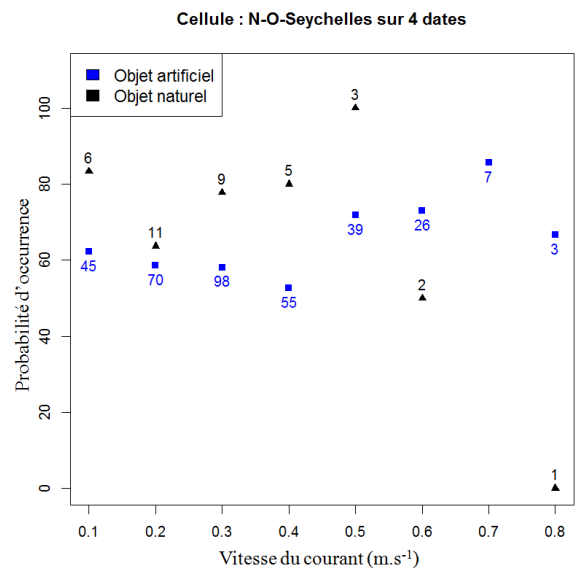


Figure 9 : Graphique représentant la probabilité d'occurrence sous type d'objet artificiel et naturel en fonction des classes d'intensité de vitesse du courant au niveau de la cellule du Nord-Ouest des Seychelles dans l'océan Indien

est obtenue dans l'océan Indien. En ce qui concerne les objets naturels le test de proportion montre une p-value de 0,061 dans l'océan Atlantique et une p-value de 0,531 dans l'océan Indien (Tableau 2). Les résultats du test sont confirmés par les graphiques représentant les valeurs de l'indicateur de présence en fonction du courant (Figures 6 et 7), où aucune tendance claire ne ressort. Lorsque l'on se restreint à une zone géographique, ces résultats ne sont pas confirmés dans tous les cas. Au niveau du Gabon, graphiquement aucune tendance ne ressort pour les deux types d'objet (Figure 8). Le test de proportion révèle que l'intensité du courant n'a aucun effet sur la probabilité d'occurrence de requin soyeux sous objet naturel avec une p-value de 0,260 mais agit sur les objets artificiels avec une p-value de 0,036 (Tableau 2). Un test multiple a donc été effectué pour savoir qu'elle est ou qu'elles sont les classes de vitesse où il y a une différence au niveau de l'occurrence, cette différence se fait au niveau de la classe de vitesse $0,1 \text{ m.s}^{-1}$. Le même test de proportion effectué sans la classe de vitesse de courant 0,1 ne révèle aucune différence donc la classe 0,1 tire le résultat vers la significativité. Enfin en ce qui concerne la cellule Nord-Ouest des Seychelles, graphiquement aucune tendance ne ressort (Figure 9). Le test de proportion (Tableau 2) révèle que l'intensité du courant n'agit pas sur l'occurrence que cela soit sous objets naturels (p-value : 0,531) ainsi que sous objets artificiels (p-value : 0,346). Enfin une carte a été réalisée spatialisant les données traitées dans cette étude sur l'effet du courant sur l'occurrence du requin soyeux (figure 5).

Discussion :

Lors de l'étude de la première hypothèse, une influence significative du type d'objet sur la présence du requin soyeux a été observée dans les deux océans pour la période 2005-2017 mais elle n'a pas été confirmée sur les données 2014-2016, la différence entre types d'objets n'étant plus significative dans l'océan Indien et dans l'Atlantique. La variabilité temporelle pourrait causer cette différence. Il faudrait tester l'hypothèse annuellement, trouver l'année ou les années à l'origine de cette différence. Une influence significative du type d'objet a également été observée sur la cellule du Gabon mais pas sur la cellule du Nord-Ouest des Seychelles. La variabilité spatiale en est sûrement la cause. Il faudrait donc regarder s'il y a un effet lié à la position en testant chaque zone à une échelle temporelle mensuelle. Au vu des résultats très variables, il est difficile de conclure sur un effet du type d'objet même si il apparaît plus évident en océan Atlantique. Des études portant sur les thons, révèlent qu'il n'y a aucun effet du type d'objets sur leurs agrégations (Fonteneau, 1993). Comme pour les thons, le type d'objets pourrait donc ne pas jouer sur la probabilité d'occurrence des requins soyeux. Compte tenu de la variabilité spatio-temporelle de nos résultats au sein d'un même

océan, l'action combinée du type d'objet et des conditions biotiques et abiotiques autour de l'objet expliqueraient les différences de résultats observés, et donc dans l'influence du type sur l'occurrence des requins. L'étude de la seconde hypothèse ne permet pas de mettre en évidence une quelconque tendance, quelque soit l'échelle d'étude. L'intensité du courant ne semble pas influencer la présence du requin soyeux, sauf au niveau du Gabon pour une classe de vitesse. Le test de comparaison multiple révèle une différence de la classe de vitesse $0,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ par rapport aux autres. Il faudrait augmenter la résolution de l'échelle temporelle au niveau de cette cellule afin d'expliquer cette différence. L'absence d'effet de l'intensité du courant, pourrait être due au modèle OSCAR qui se base sur des données altimétriques satellitaires. Cela a une conséquence sur la fiabilité des courants au niveau côtier, dans notre cas d'étude, sur l'océan Atlantique dont la majorité des cellules sont en zone côtière.

Attendu du stage : Dans l'océan Atlantique, les objets artificiels possèdent un lestage profond dont le but est de ralentir leur vitesse de déplacement afin que ceux-ci restent dans les zones de pêches. Le ralentissement de la vitesse des objets impacterait l'agrégation des juvéniles. Selon une hypothèse émise par Filmalter et al. (2015), les juvéniles s'agrègeraient autour des objets flottants afin de préserver leur énergie. L'attendu de ce stage était donc de voir une influence du type d'objet en océan Atlantique accentué par les courants. Rester à proximité d'un objet flottant artificiel aurait pu demander plus d'énergie que sous objet naturel, car un objet artificiel lesté avance plus lentement que le courant de surface. Les résultats de ce stage montrent que ce scénario est bien plus complexe et demande des analyses supplémentaires.

Perspectives : Comme poursuite d'étude, il serait bien d'utiliser les données de courantologie de la base « observe » pour éviter les biais lié à OSCAR. Ensuite, il serait intéressant d'utiliser les vitesses des balises déposées par les thoniers senneur sur les objets, pour les comparer à celles des courants de surface et donc vérifier l'impact du design des objets artificiels sur leurs déplacements. Un test multi-varié pourrait être réalisé afin de regarder si l'effet du type d'objets n'est pas dû à la combinaison avec un ou d'autres facteurs comme la température, la quantité d'épibiontes, les courants. Aussi il serait bien d'effectuer une régression linéaire car plus adéquat pour voir si une tendance significative est induite par l'effet de l'intensité des courants sur l'occurrence. Pour finir les plus grandes difficultés de ce stage étaient les contraintes liées au manque de données ainsi que le peu de connaissance sur le comportement des requins soyeux. Il s'agit d'une première étape visant à ouvrir la voie à de nouvelles recherches, s'appuyant sur des bases de données plus élargies issues de la collaboration avec d'autres instituts de recherche.

Bibliographie :

- Amandè, M.J., Bez, N., Konan, N., Murua, H., Delgado De Molina, A., Chavance, P., Dagorn, L., 2011. Areas with high bycatch of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) in the Western Indian Ocean purse seine fishery. IOTC Proceedings IOTC–2011–WPEB 7.
- Castro, J.J., Santiago, J.A., Santana-Ortega, A.T., 2002. A general theory on fish aggregation to floating objects: an alternative to the meeting point hypothesis. *Reviews in fish biology and fisheries* 11, 255–277.
- Dagorn, L., Holland, K.N., Restrepo, V., Moreno, G., 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, 391–415. doi:10.1111/j.1467-2979.2012.00478.x
- Danilo, C., 2009. Évaluation des courants de surface océanique au moyen d'un radar à ouverture synthétique. Université de Bretagne occidentale-Brest.
- Filmalter, J.D., Capello, M., Deneubourg, J.-L., Cowley, P.D., Dagorn, L., 2013. Looking behind the curtain: quantifying massive shark mortality in fish aggregating devices. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11, 291–296.
- Filmalter, J.D., Cowley, P.D., Potier, M., Ménard, F., Smale, M.J., Cherel, Y., Dagorn, L., 2016. Feeding ecology of silky sharks *Carcharhinus falciformis* associated with floating objects in the western Indian Ocean. *Journal of Fish Biology*.
- Filmalter, J.D., 2015. The associative behaviour of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, with floating objects in the open ocean. RHODES UNIVERSITY.
- Fonteneau, A., 1993. Pêche thonière et objets flottants: situation mondiale et perspectives. Col. Doc. Cient. ICCAT 40, 459–472.
- Forget, F.G., Capello, M., Filmalter, J.D., Govinden, R., Soria, M., Cowley, P.D., Dagorn, L., 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, 1398–1405. doi:10.1139/cjfas-2014-0458
- Goujon, M., 2004. Informations Sur Les Captures Accessoires Des Thoniers Senneurs Gérés Par Les Armements Français D'Après Les Observations Faites Par Les Observateurs Embarqués Pendant Les Plan De Protection Des Thonidés De L'Atlantique De 1997 À 2002. Col Vol Sci Pap ICCAT 56, 414–431.
- Hall, M., Lennert-Cody, C., Garcia, M., Arenas, P., 1992. Characteristics of floating objects and their attractiveness for tunas, in: *Proceedings of the International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects*. pp. 396–446.
- Hutchinson, M.R., 2014. The impacts of commercial purse seine fishing on the biology and ecology of the silky shark, (*Carcharhinus falciformis*): Implications for science based management. UNIVERSITY OF HAWAI 'I AT MĀNOA.
- Maufroy, A., Kaplan, D.M., Bez, N., De Molina, A.D., Murua, H., Floch, L., Chassot, E., 2017. Massive increase in the use of drifting Fish Aggregating Devices (dFADs) by tropical tuna purse seine fisheries in the Atlantic and Indian oceans. *ICES Journal of Marine Science* 74, 215–225.
- Millot, G., 2009. Comprendre et réaliser les tests statistiques à l'aide de R: manuel pour les débutants. De Boeck, Bruxelles.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fonteneau, A., Marcille, J., 1988. Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. FAO, Rome.
- Packages R:
Hadley Wickham (2011). The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 40(1), 1-29. URL <http://www.jstatsoft.org/v40/i01/>

- Joe Conway, Dirk Eddelbuettel, Tomoaki Nishiyama, Sameer Kumar Prayaga and Neil Tiffin (2016). RPostgreSQL: R interface to the PostgreSQL database system. R package version 0.4-1. <http://CRAN.R-project.org/package=RPostgreSQL>
- Robert K. Bauer (2017). Oceanmap: A Plotting Toolbox for 2D Oceanographic Data. R package version 0.0.6. <https://CRAN.R-project.org/package=oceanmap>
- Sarkar, Deepayan (2008) Lattice : Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002) Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0

