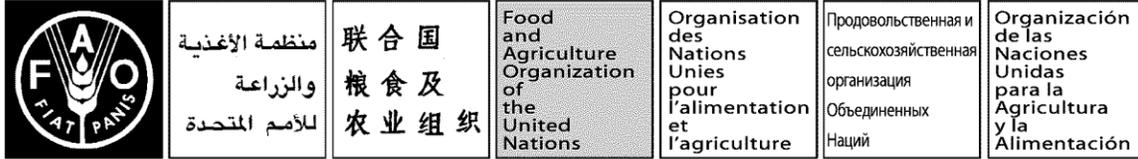


Juillet 2022

**F****COMMISSION DES PECHEES POUR L'ATLANTIQUE CENTRE-OUEST (COPACO)****DIX-HUITIÈME SESSION (VIRTUELLE)****Managua, Nicaragua, 26-29 Juillet 2022****Guide de la COPACO relatif à un contrôle amélioré des captures par DACP et à une meilleure évaluation des impacts de ces dispositifs sur les stocks****SOMMAIRE**

Contexte .....	3
Aperçu des efforts récents visant à améliorer les systèmes de collecte de données sur les pêches dans les pays de la COPACO ayant d'importantes pêcheries par DACP .....	3
Description des données halieutiques collectées aujourd'hui dans la région .....	4
Données minimales requises : le journal de bord du CRFM pour la pêche par DCP dans les Caraïbes orientales ....	5
Alignement du journal de bord du CRFM sur les exigences de l'ICCAT en matière de déclaration de données et de plan de gestion des DCP .....	13
Pistes d'action : s'inspirer du journal de bord du CRFM pour définir les données minimales requises.....	13
Recommandation concernant une exigence supplémentaire en matière de données.....	13
Le défi .....	14
La solution : les technologies de l'information et de la communication au service de l'amélioration de la collecte de données et de la surveillance des DACP .....	16
Collecte de données biologiques pour compléter les données sur les captures et l'effort de pêche .....	20
Amélioration de l'échantillonnage et de la collecte de données .....	20

Mise en œuvre d'un système d'enregistrement et de suivi des DACP.....	20
Mise en œuvre d'un système d'autorisation.....	21
Partage et intégration des données dans la région.....	21
Amélioration de l'évaluation de l'impact de la pêche sur DACP sur l'écosystème et les stocks .....	26
Les DACP comme outils de recherche indépendants de la pêche.....	26
Traiter l'hyperstabilité des DACP à l'aide de données indépendantes de la pêche .....	30
Références bibliographiques .....	31

## CONTEXTE

Le nombre d'États membres de la Commission des pêches pour l'Atlantique Centre-Ouest (COPACO) (ou leurs territoires d'outre-mer) soutenant la pêche par dispositif ancré de concentration de poissons (DACP), dont la plupart est située dans les îles des Caraïbes, augmente de façon constante depuis la fin des années 1960, époque à laquelle cette technique a été introduite dans la région (Wilson *et al.*, 2020). Selon une étude récente, la région de la COPACO compte plus de 3 500 DACP à l'heure actuelle, exploités par plus de 5 000 artisans pêcheurs utilisant plus de 3 000 petits navires de pêche (de moins de 9 mètres de long) et plusieurs techniques de pêche très sélectives (Valles, en cours).

Le développement rapide de cette pêcherie artisanale très peu réglementée a entraîné une hausse de l'exploitation des stocks chevauchants de grands pélagiques dans la région, et suscite des inquiétudes sur les impacts qu'elle peut avoir sur ces stocks (CRFM, 2015). Ces inquiétudes portent notamment sur l'exploitation potentiellement excessive de juvéniles de thonidés et d'autres espèces (coryphène) associées aux DACP (Morgan, 2011 ; Dagorn *et al.*, 2013 ; CRFM, 2015), le ciblage d'espèces actuellement considérées comme en état de surpêche, comme le makaira bleu (FAO, 2016 ; Bealey *et al.*, 2019), la multiplication potentielle des prises accessoires (Morgan, 2011 ; Dagorn *et al.*, 2013 ; Leroy *et al.*, 2013), la possible transformation des DACP en pièges écologiques (Hallier et Gaertner, 2008 ; Dagorn *et al.*, 2013) et le fait que les propriétés de concentration de poissons des DACP empêchent d'interpréter directement les données relatives aux captures par unité d'effort des DACP en tant qu'indice de l'abondance des stocks (Ehrhardt *et al.*, 2017b).

Il s'agit là de certaines des inquiétudes qui ont conduit, en 2001, à la création du Groupe de travail de la COPACO sur le développement durable de la pêche associée aux dispositifs ancrés de concentration de poissons dans les Petites Antilles, qui s'est par la suite ouvert à l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), à l'Agence japonaise de coopération internationale (JICA) et au Mécanisme régional des pêches des Caraïbes (CRFM) endossant le rôle de partenaires régionaux. Elles ont aussi conduit à la rédaction, en 2015, d'un plan de gestion infrarégional de la pêche sur DACP pour les Caraïbes orientales (CRFM, 2015). En 2019, le Groupe de travail régional de la COPACO a obtenu l'adoption de la recommandation COPACO/17/2019/21 « sur la durabilité des pêches utilisant des dispositifs de concentration du poisson dans la région de la COPACO »<sup>1</sup>, qui reconnaît explicitement « le besoin d'améliorer les données et informations afin de réduire les incertitudes liées aux méthodologies d'évaluation des stocks actuellement utilisées, et la nécessité de suivre les impacts à long terme de ces pêcheries sur les stocks (...) ». Eu égard à cette reconnaissance, l'une des principales activités du projet GCP/SLC/2017/EC financé par l'Union européenne intitulé « Soutien à la mise en œuvre par le Secrétariat de la COPACO des actions ciblées du Plan de travail 2019-2020 sur l'amélioration de la gouvernance régionale des pêches » consiste à élaborer un guide relatif à un contrôle amélioré des prises par DACP et à une meilleure évaluation des impacts des DACP sur les stocks.

Le présent guide est surtout destiné aux autorités nationales/locales chargées de la pêche et aux scientifiques travaillant sur la création et la mise en œuvre de systèmes de collecte de données halieutiques. Il commence par décrire les efforts récemment déployés pour améliorer les systèmes de collecte de données sur les pêches portant sur les DACP dans la région de la COPACO, et plus particulièrement dans les Caraïbes orientales. À partir de là, il propose une démarche qui s'appuie sur le pouvoir de transformation potentiel des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour corriger les lacunes passées et actuelles en matière de données.

APERÇU DES EFFORTS RECENTS VISANT A AMELIORER LES SYSTEMES DE COLLECTE DE DONNEES SUR LES PECHES DANS LES PAYS DE LA COPACO AYANT D'IMPORTANTES PECHERIES PAR DACP

<sup>1</sup> [https://www.fao.org/fi/static-media/MeetingDocuments/WECAFC/WECAFC2019/17/WECAFC%20Recommendations%20and%20Resolutions\\_FRN.pdf](https://www.fao.org/fi/static-media/MeetingDocuments/WECAFC/WECAFC2019/17/WECAFC%20Recommendations%20and%20Resolutions_FRN.pdf), p. 19

En 2008, les Secrétariats du CRFM, de la CARICOM et de JICA ont ratifié la mise en œuvre d'une étude sur la rédaction d'un plan directeur pour l'exploitation durable des ressources halieutiques aux fins de développement des communautés côtières dans les Caraïbes (CRFM/JICA, 2012). Cette étude, qui porte sur 13 pays de la CARICOM, a mené des enquêtes de référence pour aider à caractériser les pêcheries de plusieurs des États participants et identifier les principaux problèmes à résoudre. Figuraient parmi ces derniers certains problèmes touchant à la production et au traitement de statistiques halieutiques, tels que 1) la collecte insuffisante de données pour étayer la prise de décisions, 2) la gestion inadéquate des données, 3) l'utilisation insuffisante du Système d'information des pêcheries caribéennes (CARIFIS) et 4) la diffusion insuffisante des informations. Cette étude de référence a également reconnu l'existence d'importants écarts de développement des systèmes statistiques sur les pêches entre les pays. Elle a aussi montré l'importance d'une base de données régionale pour les pays de la région des Caraïbes, mais a reconnu la difficulté de la tâche, compte tenu des différences, en matière de capacités comme de politiques, séparant les pays.

Cette étude a par ailleurs conduit à la mise en place d'un projet pilote sur les pêcheries par DACP dans deux pays, Sainte-Lucie et la Dominique, dans le but : 1) d'améliorer les capacités des responsables des pêches et des organisations de pêcheurs à gérer les ressources pélagiques exploitées à l'aide de DACP ; et 2) d'augmenter la productivité des pêcheries par DACP en développant les compétences et les capacités en matière d'utilisation des ressources pélagiques. Le projet de cogestion des pêches caribéennes (CARIFICO), d'une durée de 5 ans, fondé sur l'expérience du projet pilote réalisé dans le cadre de l'étude de plan directeur, a vu le jour en 2013. Celui-ci visait à développer davantage l'approche de cogestion des pêcheries par DACP pour chaque pays participant. Ce projet a porté sur cinq pays pratiquant la pêche sur DACP, à savoir : Antigua-et-Barbuda, Saint-Kitts-et-Nevis, la Dominique, Sainte-Lucie, Saint-Vincent-et-les Grenadines et la Grenade. Il a notamment donné lieu à la création d'un système de collecte de données prenant la forme d'un journal de bord rempli par les pêcheurs dans le cadre de leur responsabilité d'aide à la surveillance de la pêche sur DACP.

Parallèlement à ces efforts, Barnwell (2014) a passé en revue les systèmes de collecte de données halieutiques dans certains pays membres du CRFM, dans le but d'évaluer la mesure dans laquelle les données sur les DACP y étaient intégrées. Plusieurs considérations concernant les exigences minimales en matière de données sont ressorties de ce rapport et des réactions ultérieures des pays participants (CRFM, 2014). Par exemple, il a été indiqué que les données collectées devaient être alignées sur le texte de la Recommandation de l'ICCAT sur un Programme pluriannuel de conservation et de gestion pour le thon obèse et l'albacore de 2011 et sur les Directives pour l'élaboration des plans de gestion des DCP (annexe 2 de la recommandation). Le rapport a par ailleurs reconnu les efforts déployés par plusieurs pays pour intégrer les DACP dans leurs systèmes de collecte de données, mais a aussi souligné l'existence de différences entre les pays en matière de données collectées et d'outils de gestion des données. Il a ainsi recommandé un certain degré d'uniformisation entre les pays concernant les outils de gestion des données utilisés, les données à déclarer, la mesure de l'effort de pêche et les méthodes de collecte de données utilisées (recensement/échantillonnage). Il a en outre recommandé que des données biologiques (au minimum des données sur la fréquence de taille) soient régulièrement collectées. Des discussions sur ces conclusions ont par ailleurs mis en exergue l'importance d'intégrer des données socioéconomiques (coût du carburant, prix du poisson à l'unité, valeur des captures) dans le processus de collecte des données (CRFM, 2014).

L'importance du partage entre les pays d'un système informatisé commun de gestion des données, dans le but d'intégrer et d'aider à uniformiser les jeux de données, et donc de faciliter le traitement des questions de recherche, a par ailleurs été reconnue par ce rapport, qui a toutefois admis que les efforts déployés par le passé à cette fin avaient échoué faute d'assistance technique adéquate. Ainsi, l'approche privilégiée par les différents pays a été de maintenir leurs systèmes respectifs de gestion des données, tout en continuant à œuvrer en faveur de l'uniformisation des exigences minimales en matière de données biologiques et relatives à l'effort de pêche.

#### DESCRIPTION DES DONNEES HALIEUTIQUES COLLECTEES AUJOURD'HUI DANS LA REGION

Les résultats d'une enquête récente menée auprès de sources clés dans 20 territoires/pays dotés d'importantes pêcheries par DACP ont confirmé l'existence de différences considérables entre les pays en matière de mise en œuvre des systèmes statistiques sur la pêche. Tout d'abord, un quart (25 %) de ces sites n'avaient procédé à aucun type de collecte systématique de données halieutiques relatives aux DACP. Les autres (75 %) ne s'étaient pas dotés de systèmes actifs de collecte de données halieutiques alimentés par une forme de collecte de données

uniformisée (tableau 1) ; la quasi-totalité de ces sites faisaient une distinction explicite entre les débarquements issus de la pêche sur DACP et ceux issus d'autres formes de pêche.

Un examen approfondi des exigences en matière de données des territoires/pays possédant des systèmes actifs de collecte de données a identifié les informations recueillies dans la plupart (>75 %) de ces territoires/pays : 1) temps passé à pêcher ; 2) taille de l'équipage à bord ; 3) techniques de pêche utilisées ; 4) poids total débarqué ; et 5) poids total débarqué par espèce (tableau 1). Par contraste, seuls 50 % de ces sites ont quantifié le nombre de lignes de pêche actives, une mesure plus précise de l'effort de pêche. Le nombre de sites ayant enregistré l'emplacement/le numéro d'identification du DACP utilisé et les dépenses en carburant était encore moins important (tableau 1). Ces résultats confirment la nécessité de mettre en œuvre un ensemble minimal d'exigences uniformisées en matière de données pour faciliter l'intégration des données à l'échelle régionale.

Tableau 1. Pourcentage de territoires/pays (sur 15) qui collectent des données sur 12 variables à partir des sorties de pêche vers les DACP, sur la base d'une enquête récente portant sur 20 sites. Cinq sites (sur 20) n'effectuent aucun type de collecte systématique de données halieutiques sur les DACP.

Variable	Yes	Some times	No
MFAD ID or location	38%	23%	38%
Time spent fishing	87%	13%	0%
Time spent travelling	43%	14%	43%
Number of fishers on boat	87%	7%	7%
Fishing techniques used	93%	7%	0%
Number of fishing lines in the water	50%	17%	33%
Total weight landed	93%	7%	0%
Weight landed by species	86%	14%	0%
Fuel consumption and other expenses	36%	29%	36%
Estimate of revenue from sale	64%	7%	29%
Number of fish landed	47%	27%	27%
Number of fish landed by species	47%	33%	20%

#### DONNEES MINIMALES REQUISES : LE JOURNAL DE BORD DU CRFM POUR LA PECHE PAR DCP DANS LES CARAÏBES ORIENTALES

Entre 2014 et 2015, le CRFM a apporté son soutien au projet CARIFICO en contribuant à l'élaboration d'un journal de bord pour la pêche sur DACP, tenu par les cinq pays qui faisaient partie du projet à ce moment-là (Mohammed et Masters, 2014 ; Masters et Mohammed, 2015 ; Mohammed, 2015 ; Mohammed et Masters, 2015). Mohammed (2015) fournit une description détaillée du processus de création de la version finale du journal de bord. Cette intervention, qui s'inscrivait dans le prolongement de travaux antérieurs (CRFM/JICA, 2012 ; Barnwell, 2014 ; CRFM, 2014) et prévoyait un examen supplémentaire des systèmes de statistiques halieutiques mis sur pied dans le cadre du projet CARIFICO, devait considérablement renforcer les systèmes de données halieutiques existants :

1. En appuyant l'uniformisation des exigences et du processus de collecte de données relatives aux DACP des différents pays, en vue de la consolidation des données et de la réalisation d'une analyse des pêches à l'échelle régionale ;
2. En permettant d'extraire des indicateurs de performance adaptés de façon à évaluer le positionnement de la pêcherie par rapport à certains objectifs socioéconomiques de gestion typiquement associés à la pêche sur DACP ;
3. En alignant les exigences en matière de données sur les recommandations en la matière formulées par l'ICCAT concernant les grands thonidés ;
4. En permettant de quantifier les effets de la pêche sur DACP sur les principales composantes biologiques de l'écosystème, à savoir la capture des juvéniles d'espèces cibles, les espèces cibles en surexploitation et les espèces non-cibles ;
5. En permettant d'évaluer les effets des types d'engins, des appâts et de la profondeur de pêche sur le rendement et la composition des espèces ;
6. En permettant d'évaluer l'effet de certains facteurs environnementaux sur le rendement et la composition des espèces.

Le journal de bord contient quatre sections distinctes : 1) une section générale qui identifie le navire, son propriétaire et le point de débarquement ; 2) une section composée de fiches à remplir à chaque sortie de pêche ; 3) une section contenant une carte des zones de pêche, de l'emplacement des DACP et des points de débarquement et de départ ; 4) une section contenant les consignes pour remplir les fiches, ainsi que les dessins des principales espèces pour faciliter leur identification ; et 5) un exemple de fiche dûment remplie. Un exemple de fiche est illustré à la figure 1.

Il est particulièrement intéressant de noter que les données requises par cette version finale sont le fruit d'un processus participatif itératif mené avec les responsables des pêches des cinq pays concernés, et résultent d'un compromis inévitable entre la nécessité de réduire au maximum le nombre de données requises pour favoriser la participation des pêcheurs, tout en maximisant les informations obtenues de façon à guider de manière effective la gestion des pêches par DACP. Ces données requises représentent ainsi une norme minimale validée pour la pêche sur DACP dans la région. Le tableau 2 reprend les données requises dans les fiches du journal de bord.

La figure 2 illustre les liens unissant les différentes variables du journal de bord à l'aide d'un exemple de données relatives à une sortie de pêche imaginaire. Un navire transportant deux pêcheurs lève l'ancre à 5 heures du matin et rentre à 11 heures. Pendant cette sortie, il relève deux DCP. Le premier DACP, doté de lignes verticales et de lignes de traîne à la surface, a capturé des makaires bleus, des albacores et des coryphènes. Le second n'est doté que de lignes de traîne, et a capturé des coryphènes. Le formulaire demande explicitement de relier l'engin utilisé à l'espèce capturée, et requiert des données sur l'effort (nombre de hameçons et d'heures de pêche), la profondeur de pêche, le moment de la journée et le type d'appâts associés à l'engin. Ces exigences minimales sont essentielles, puisque l'abondance et la composition des prises sont fortement influencées par toute modification de l'un de ces paramètres, ainsi que par l'emplacement du DACP (p. ex., distance par rapport aux côtes, profondeur d'ancrage, niveau d'exposition) (examiné dans CRFM, 2015). Ces données peuvent également servir à fournir des estimations relativement précises de la CPUE et de l'efficacité de la pêche. Le formulaire demande par ailleurs des informations sur l'existence d'autres navires pêchant dans le même DACP, ce qui est susceptible d'affecter les rendements de chaque navire (Sidman *et al.*, 2014). Il cherche aussi à remédier aux éventuelles différences entre les sites en matière de déclaration du poids, en raison du niveau de traitement du poisson effectué à bord, ce qui devrait faciliter le processus d'uniformisation et de consolidation des données entre les sites. Si la taille (ou le poids) de chaque poisson n'est pas requise, le formulaire invite toutefois les personnes à déclarer le nombre de poissons capturés pour chaque espèce et les engins concernés. Cette information peut être combinée au poids total capturé pour calculer le poids individuel des poissons de chaque espèce pêchée, un indicateur grossier fondé sur la taille qui peut cependant fournir des informations importantes sur les tendances spatiotemporelles en matière de taille pour chaque espèce (Shin *et al.*, 2005).

Les personnes remplissant le formulaire sont également tenues d'identifier les groupes d'espèces non ciblées capturées (p. ex., tortues, requins, mammifères et oiseaux marins) et d'indiquer leur sort (conservées, rejetées vivantes ou mortes). Si le formulaire n'exige pas de relier directement la capture de ces espèces à un engin ou DACP spécifique, ce qui constitue pourtant une information utile, la section réservée aux commentaires peut servir

à cette fin. Le formulaire vise également à saisir l'effet potentiel des conditions océaniques sur le rendement en invitant les personnes à noter des informations sur l'état de la mer, la couleur de l'eau et la présence ou non de radeaux de sargasses.

Le formulaire contient également une case importante réservée à la saisie de données financières relatives à la sortie de pêche : dépenses encourues pendant la sortie (carburants, pétrole, nourriture, glace et engins perdus) et revenus générés par la vente des produits de la pêche, en sachant que tous les poissons capturés ne seront pas nécessairement vendus.

Les données minimales requises proposées peuvent servir à calculer des indicateurs de performance relativement précis, qui peuvent être comparés à un ensemble d'objectifs de gestion généraux typiquement associés à la pêche sur DACP dans la région (tableau 3).





Tableau 2 – Liens entre les données requises dans la version finale du journal de bord pour la pêche sur DACP (figure 1) et celles requises par l'ICCAT

CRFM logsheet Information category	Entry requirement	ICCAT Requirement for catch recording (Annex 2 and 6)
Basic fishing trip information	Boat name	X
	Boat registration number	X
	Departure site	X
	Landing site	X
	Departure date	X
	Landing date	X
	Departure time	
	Landing time	
Fishing gear and effort	FAD identifier or fishing zone	X
	Number of fishers on boat	
	Gear type used	X
	Number of lines	X
	Number of hooks	X
	Number of hours fishing	
	Total number of boats fishing on MFAD	
	Fishing depth	
	Bait type: artificial lure vs natural species	
Time of day: night vs day		
Catch	Species ID	X
	Weight caught (kg or lbs)	X
	Means of weight estimation	X
	Level of weight processing (gutted, gilled, headed, finned, whole)	X
	Number of fish	X
Fishing trip revenue	Target species	
	Weight sold (kg or lbs)	
	Unit price	
By-catch	Selected groups (turtles, seabirds, sharks, dolphins, porpoises, manatee, other)	X
	Numbers kept, discarded alive, and discarded dead	X
Fishing trip costs	Fuel volume and cost	
	Oil volume and cost	
	Ice, food and bait cost	
	Loss gear cost	
Sea conditions	Sea state (calm to very high)	
	Water colour (blue to purple)	
	Seaweed presence/absence	
Basic recorder information	Name of fisher	X
	Name of data collector	X
	Date	

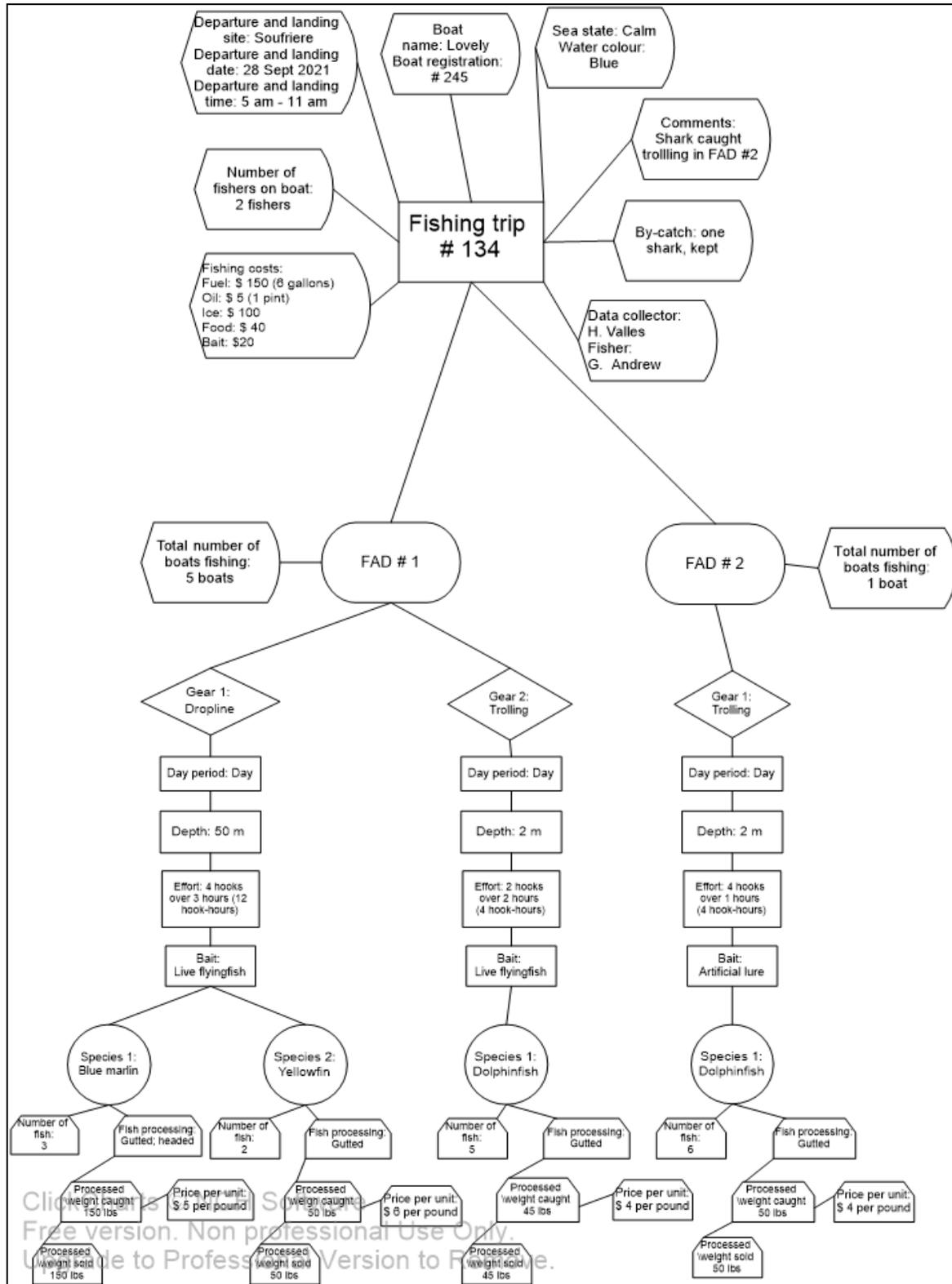


Figure 2 – Liens entre les variables requises dans les fiches du journal de bord du CRFM pour une sortie de pêche imaginaire vers deux DACP utilisant différents engins de pêche, passant des temps différents à pêcher et capturant différentes espèces

Tableau 3. Rapport entre les objectifs de gestion généraux typiquement associés à la pêche par DACP dans les Caraïbes et les indicateurs de performance pouvant être calculés à partir des données minimales exigées par les fiches de la version finale du journal de bord du CRFM pour la pêche sur DACP

<b>Commonly management objectives – Socio-economic domain</b>	<b>Performance indicator(s)</b>	<b>Relevance</b>
To increase fisher revenue	Total revenue per fishing trip; profit per fishing trip (revenue minus expenses); profit per fisher per hour per fishing trip	High
To reduce fuel consumption	Fuel consumption and cost per fishing trip	High
To increase fishing efficiency for fishers	Catch per unit effort (CPUE); Value of catch per unit effort	High
To support food security	Total weight landed	High
To increase local availability of fish products	Total weight landed	High
To reduce competition among fishers in resources/fishing grounds	Number of boats fishing in a MFAD at the same time	Medium
To decrease physical demands of fishing	Total number of fishing trips; average time at sea per fishing trip; average travel distance per fishing trip	Medium
To encourage fishers to remain within territorial waters	Average travel distance per fishing trip; Total number of fishing trips	Medium
To increase safety at sea	Average travel distance per fishing trip; Total number of fishing trips	Medium
To increase employment	Number of fishers per fishing trip; Total number of fishing trips	Medium
To support or develop a charter/sports fishing market	Number of fishers per fishing trip; Total number of fishing trips	Medium
To reduce fish imports	Total weight landed	Low
To increase fish exports	Total weight landed	Low
To generate new added value products	Total weight landed	Low
To reduce conflicts between fishers and other users of the sea (e.g. shipping, tourism)	-	None
To promote co-management	-	None
To promote social cohesion and collaboration among fishers	-	None
<b>Recommended management objectives – Biological and ecosystem domain</b>	<b>Performance indicator(s)</b>	<b>Relevance</b>
To reduce catches of juvenile fish	Average individual fish weight caught per species per fishing trip	High
To reduce catches of overexploited species	Total weight caught per species per fishing trip; Total number of individuals caught per species per fishing trip; CPUE per species	High
To reduce incidental by-catch of key groups	Number of individuals caught per group per fishing trip	High
To decrease coastal or nearshore fishing pressure	Number of fishers per fishing trip; Total number of fishing trips compared to baselines	Low
To minimize ecological trap effects	-	None

## ALIGNEMENT DU JOURNAL DE BORD DU CRFM SUR LES EXIGENCES DE L'ICCAT EN MATIERE DE DECLARATION DE DONNEES ET DE PLAN DE GESTION DES DCP

Dans la lignée des efforts précédents, les données requises par les fiches du journal de bord du CRFM ont été définies de façon à s'aligner le plus possible sur les exigences de l'ICCAT en matière de déclaration de données, en particulier celles dictées par les annexes 1 et 2 de la Recommandation 14-01 de l'ICCAT (Recommandation de l'ICCAT sur un programme pluriannuel de conservation et de gestion pour les thonidés tropicaux) (Mohammed, 2015). Cette recommandation a été amendée à plusieurs reprises depuis 2015 (Recommandations 16-01, 19-02 et 20-01 de l'ICCAT). Il convient de remarquer que tous ces amendements prévoient que les exigences en matière de données ne s'appliquent qu'aux navires de pêche des parties contractantes et des parties et entités non contractantes coopérantes (CPC) de l'ICCAT, généralement des senneurs ou bateaux porte-appâts mesurant au moins 20 mètres de long. Elles ne concernent donc pas directement les navires de taille plus modeste (<9 mètres de long) pratiquant la pêche sur DACP dans la région de la COPACO, quel que soit le statut de leur pays d'origine vis-à-vis de l'ICCAT, à l'exception de ceux pratiquant la pêche au canneur au sud du Brésil, qui a le statut de CPC de l'ICCAT. Cependant, comme le fait observer Mohammed (2015), il est fortement recommandé aux pays membres de la COPACO pratiquant la pêche sur DACP dans la région d'intégrer ces exigences, dans la mesure du possible, dans leurs systèmes de collecte de données halieutiques, afin d'appuyer les efforts de conservation et de gestion des thonidés, compte tenu de l'importance de ces stocks pour la sécurité alimentaire et les moyens d'existence dans la région.

Le tableau 2 met également en évidence l'alignement des exigences en matière de données entre les fiches du journal de bord sur celles de l'annexe 6 de la recommandation de l'ICCAT, et montre qu'il satisfait raisonnablement à la plupart des exigences de cette dernière. De plus, l'ICCAT exige 1) le numérotage des fiches du journal de bord ; 2) le remplissage quotidien du journal de bord avant l'arrivée au port ; 3) le rattachement d'une copie des fiches au journal de bord ; et 4) la conservation à bord des journaux de bord pour couvrir une période d'opérations sur une marée. À cet égard, le journal de bord du CRFM comporte des fiches numérotées ; il devait être rempli après chaque sortie de pêche, c'est-à-dire le jour même dans le cadre de la pêche sur DACP dans la région ; il devait également être imprimé sur du papier à copie sans carbone, pour que les pêcheurs puissent conserver une copie des fiches (Mohammed, 2015). Restait toutefois à voir si le journal de bord pouvait rester à bord pendant toute la sortie de pêche, compte tenu du manque d'espace sur les petits navires de pêche et donc la probabilité accrue de perte ou de dommages (Mohammed, 2015).

## PISTES D'ACTION : S'INSPIRER DU JOURNAL DE BORD DU CRFM POUR DEFINIR LES DONNEES MINIMALES REQUISES

Les données requises par le journal de bord du CRFM représentent une avancée majeure vers l'uniformisation de la collecte de données destinée à assurer la réalisation des objectifs de gestion locaux avec suffisamment de précision, tout en respectant les exigences minimales de l'ICCAT en matière de données pour appuyer la conservation et la gestion des stocks partagés à l'échelle régionale (CRFM, 2015). Par ailleurs, les types d'engins, les principales espèces cibles et les cartes (et zones) de pêches peuvent être adaptés facilement pour refléter les contextes locaux. Il est important de noter que les fiches peuvent aussi servir à contrôler la pêcherie pélagique n'ayant pas recours aux DACP (p. ex., en délimitant une zone de pêche), et aider ainsi à intégrer les jeux de données sur la pêche sur DACP et les autres types de pêche. Il est donc recommandé d'utiliser comme modèle de base les exigences de données et la structure du formulaire des fiches du journal de bord.

## RECOMMANDATION CONCERNANT UNE EXIGENCE SUPPLEMENTAIRE EN MATIERE DE DONNEES

Il pourrait être utile d'ajouter aux fiches du journal de bord du CRFM une exigence supplémentaire, par laquelle il est demandé aux pêcheurs de préciser les moments où la pêche a lieu sous des objets de concentration de poissons autres que les DACP. Une distinction pourrait être faite entre les objets artificiels résultant d'activités humaines de pêche (épaves, vieux filets) ou non (réservoirs abandonnés) et les objets naturels d'origine végétale (radeaux de sargasses) ou animale (requins-baleines). Une telle distinction alignerait encore davantage le journal

de bord sur la Recommandation 19-02 de l'ICCAT (annexe 3). Il est particulièrement important de faire la distinction entre les différents types d'objets de concentration de poissons, compte tenu de la présence saisonnière désormais bien établie de radeaux de sargasses dans la région (Franks *et al.*, 2012).

## LE DEFI

À l'origine, le journal de bord était conçu pour être transporté lors de chaque sortie de pêche et rempli par les pêcheurs eux-mêmes dans le cadre d'un accord de responsabilité partagée en matière de collecte de données. Reconnaissant le défi important que cela représente, Mohammed (2015) a formulé un certain nombre de recommandations pour favoriser l'utilisation adéquate et régulière du journal de bord par les pêcheurs : 1) la nécessité de sensibiliser les pêcheurs à l'importance des données collectées pour mesurer les avancées vers la réalisation des objectifs de gestion les touchant personnellement (p. ex., hausse de leurs revenus), et d'assurer leur mobilisation constante en leur fournissant des retours réguliers sur les résultats tirés de ces données ; 2) le besoin de sensibiliser les responsables politiques à l'importance des données pour mettre en lumière de façon objective l'importance socioéconomique de la pêcherie et obtenir des ressources financières et humaines suffisantes pour appuyer le système de collecte de données ; et 3) la nécessité de former les pêcheurs à l'identification des espèces de poissons pour saisir les données minimales requises par le journal de bord.

En réalité, la question de savoir comment déléguer efficacement et durablement le remplissage du journal de bord aux pêcheurs eux-mêmes n'est toujours pas résolue. Dans le cadre du projet CARIFICO en Dominique, qui encourageait la cogestion, il a été proposé que les pêcheurs autorisés à pêcher sur DACP soient tenus de conserver une trace de leurs sorties de pêche dans un journal de bord. De plus, pour motiver encore davantage les pêcheurs, il a été proposé que, une fois certifiés par la Division des pêches, ces journaux de bord puissent servir de preuve de revenu dans le cadre de demandes de prêts bancaires (figure 3, schéma de gauche) (CRFM/JICA, 2011). Il a également été proposé que l'autorisation de mise à l'eau de nouveaux DACP par une coopérative de pêcheurs soit soumise à la condition selon laquelle cette dernière contribue au journal de bord et aux droits perçus pour l'utilisation des DCP (figure 3, schéma de droite) (CRFM/JICA, 2011). Ce système a échoué (J. Defoe, comm. pers.). Ainsi, Mohammed (2015) a recommandé que la communication de données par les pêcheurs cesse d'être volontaire et soit inscrite dans la loi ou rendue obligatoire, et soit soumise à des mesures appropriées de suivi, de contrôle et d'exécution prenant la forme par exemple de sanctions significatives en cas de non-respect. Toutefois, comme l'avance Tilley (2020), « *la promesse d'une cogestion ou la capacité potentielle des systèmes de données à améliorer la durabilité des ressources partagées ont peu de chances de suffire à inciter les pêcheurs à se mobiliser et à participer à la collecte de données (...) parce que les personnes dont la survie dépend de moyens d'existence à forte intensité de main-d'œuvre privilégient d'autres activités au remplissage de longs formulaires de données* ». Il est donc peu probable qu'un système dépendant exclusivement du remplissage de journaux de bord par les pêcheurs porte ses fruits à long terme, même s'il est prévu par la loi, à moins qu'il s'intègre dans un cadre plus

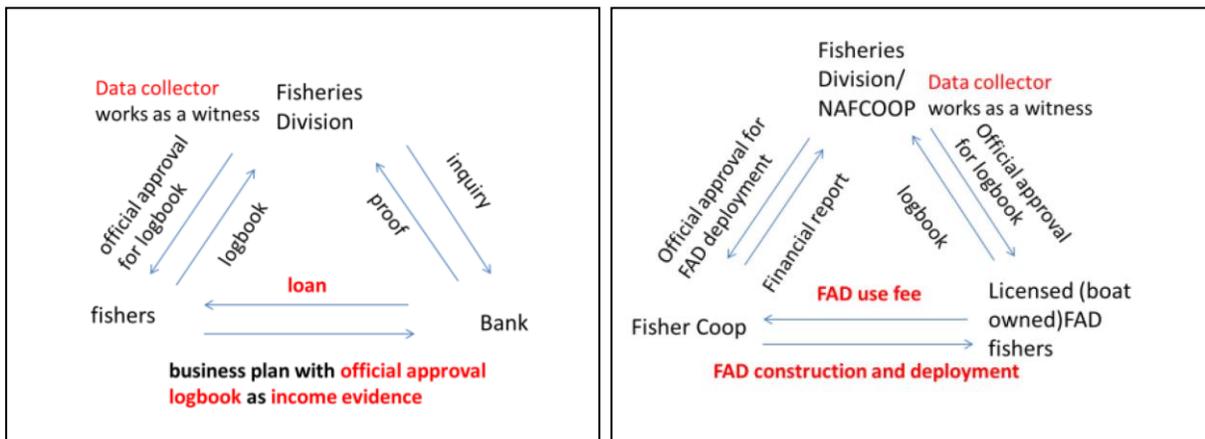


Figure 3. Représentation schématique des rapports entre la soumission du journal de bord par les pêcheurs et les incitations proposées. P. ex., les journaux de bord peuvent servir de preuve de la capacité financière à des fins d'obtention de prêts bancaires (schéma de gauche) et de condition à l'octroi de permis de pêche sur DACP (schéma de droite). Extrait de CRFM/JICA (2011)

vaste qui, en plus d'offrir des incitations (amélioration des revenus) ou d'imposer des sanctions (non-renouvellement des permis) aux pêcheurs, aide à réduire significativement le temps passé et l'effort requis pour remplir ces formulaires.

## LA SOLUTION : LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION AU SERVICE DE L'AMELIORATION DE LA COLLECTE DE DONNEES ET DE LA SURVEILLANCE DES DACP

Comme indiqué précédemment, il est fortement recommandé de reprendre les exigences en matière de données et la structure des fiches du journal de bord du CRFM comme modèle de base de la collecte de données. Toutefois, l'échec de la mise en œuvre d'un système de journal de bord des pêcheurs (même dans le cadre d'une démarche de cogestion), ajouté aux difficultés liées à la tenue d'un journal de bord et à sa préservation à bord des petits navires de pêche qui caractérisent la pêcherie par DACP de la région, met en lumière le besoin de chercher d'autres solutions pour collecter les données. À cet égard, Mohammed (2015) a mis en lumière le potentiel des technologies de l'information et de la communication (TIC). Ces outils sont de plus en plus utilisés par les pêcheries et peuvent contribuer de manière significative aux stratégies de collecte de données et de suivi, de contrôle et de surveillance (SCS), essentielles à une gestion durable des pêcheries (FAO, 2007). Ainsi, il est aujourd'hui largement recommandé aux gouvernements et autres organismes : 1) d'intégrer les TIC dans les projets relatifs à la pêche, en mettant en œuvre des approches favorables aux pauvres et axées sur l'humain fondées sur des technologies abordables pouvant être appuyées à l'échelle locale et adaptées aux besoins ; et 2) de promouvoir l'adoption de technologies modernes spécifiques à la pêche dans le cadre de la cogestion (FAO, 2007).

Deux technologies prometteuses sont actuellement mises en œuvre dans des pêcheries artisanales dont les ressources sont limitées et les systèmes d'information peu fournis : 1) les systèmes de surveillance des navires par satellite (SSN), qui utilisent les technologies satellites et le réseau mobile pour géolocaliser les navires de toutes tailles et en surveiller les mouvements ; et 2) les applications électroniques sur smartphone ou tablette permettant la saisie de données halieutiques et leur transfert automatique vers une base de données centralisée. Par ailleurs, en associant ces deux techniques, on obtient un outil très puissant et efficace pour cartographier l'effort de pêche et en déterminer le rendement, tout en maximisant l'uniformisation de la saisie des données et en minimisant les erreurs commises pendant la saisie et la transcription des données, le tout avec la possibilité d'effectuer une analyse en temps quasi réel. Le point primordial est que la saisie électronique des données halieutiques peut, avec des formulaires bien conçus et une formation adaptée, réduire drastiquement le temps passé et l'effort individuel déployé (par les pêcheurs ou les personnes collectant les données) pour enregistrer les informations relatives à une sortie de pêche donnée, et multiplier ainsi les chances de participation délibérée des pêcheurs.

Tilley *et al.* (2020) ont récemment illustré la valeur que revêt l'utilisation combinée de ces deux outils informatiques dans le cadre d'une pêcherie artisanale disposant de peu de données. Ils ont présenté un système open source de suivi et d'analyse en temps quasi réel appelé « *PeskAAS* » destiné à être utilisé dans des pêcheries artisanales. Cette application ne se contente pas de faciliter la collecte de données ; elle permet également l'intégration de la collecte et de l'analyse des données et donne la possibilité aux gestionnaires et pêcheurs de consulter les synthèses de données. Cette application interactive R *Shiny* hébergée sur le web accède à une base de données en temps réel à l'aide de différents packages R. Elle permet aux utilisateurs de saisir les données sur les captures enregistrées aux points de débarquement dans une session R interactive et conviviale sur Internet, puis de créer des diagrammes sommaires instructifs à partir de ces données. L'application est hébergée à distance, mais peut également être exécutée localement si besoin. Par ailleurs, et c'est important, elle peut être adaptée à différents niveaux d'utilisation, moyennant des frais d'abonnement modiques. Dans l'étude de cas de Tilley *et al.*, les données sur les captures sont récupérées aux points de débarquement par des personnes chargées de la collecte de données sur des tablettes connectées à la 3G contenant un formulaire d'enquête numérique développé dans la boîte à outils KoBoToolbox, une suite gratuite d'outils relatifs aux données de terrain (<https://www.kobotoolbox.org/>). Les chercheurs ont également développé une base de données MySQL open source et hébergée sur le cloud, ainsi qu'un script R pour accéder aux données, open source également. Pour plus de détails sur l'application et ses éléments constitutifs, voir Tilley *et al.* (2020).

De plus, les auteurs ont combiné l'application *PeskAAS* avec un SSN en installant des unités GPS solaires inviolables sur un échantillon donné de navires par point de débarquement. Ces unités GPS enregistraient des données de localisation toutes les 5 secondes, qu'elles transmettaient au réseau mobile. Il est important de noter qu'en reliant les données sur les captures au suivi GPS dans le cadre de sorties de pêche individuelles, le système peut entraîner

des modèles à prédire des variables inconnues, telles que le type d'engin ou d'habitat pour les sorties ne disposant que de données GPS. La figure 4 illustre l'intégration complète du cycle de données.

Dans une étude connexe, Tilley *et al.* (2019) ont utilisé l'application et le cadre PeskaAAS pour contrôler et comparer les taux de capture des sorties de pêche vers les DACP et d'autres dispositifs au Timor-Leste. Grâce à ces données, ils ont pu prouver que la pêche sur DACP donnait lieu à des taux de capture plus importants, et que ces dispositifs pouvaient être rentabilisés après cinq mois de pêche seulement (Tilley *et al.*, 2019).

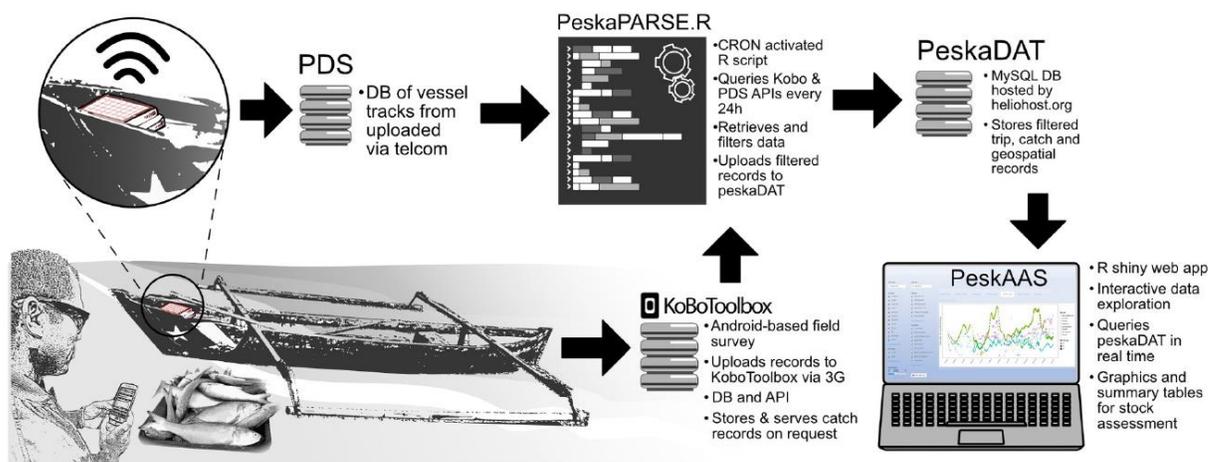


Figure 4 – Représentation schématique de l'application PeskaAAS. En partant du bas à gauche : les données sur les captures d'un navire sont saisies dans un formulaire d'enquête KoboCollect sur smartphone. Ces données sont téléchargées sur la base de données KoBoToolbox. Un script R (PeskaPARSE.R) rapporte ces données à celles portant sur les mouvements du navire, récupérées par l'unité GPS (PDS : Pelagic Data Systems Inc.) sur le navire. Ces données sont ensuite vérifiées et filtrées, puis téléchargées sur une base de données (PeskaDAT). L'application PeskaAAS peut alors être utilisée pour interroger la base de données et fournir des graphiques et analyses en temps quasi réel.

Il est important de noter que l'emplacement fixe des DACP les rend particulièrement aptes à être surveillés par le SSN. Le recours à ce dernier devrait en effet conduire à une meilleure estimation du nombre et de l'emplacement des DACP exploités par les pêcheurs à tout moment, ainsi qu'à une meilleure estimation du temps passé par les navires sur ces dispositifs. À la Dominique, Alvard *et al.* (2015b) et Alvard *et al.* (2015a) ont utilisé de petites unités GPS légères et étanches qui pouvaient facilement être installées sur les navires de pêche sur DACP pour retracer leurs mouvements à des intervalles d'une seconde. Ils ont ainsi pu identifier des tendances spatiales spécifiques relatives aux mouvements et à la vitesse des navires (p. ex., recherche limitée à une zone) qui coïncidaient avec l'emplacement de DACP (figure 5, schéma du haut) ; une analyse plus approfondie leur a même permis de distinguer les techniques de pêche utilisées (pêche d'appâts vs pêche à la ligne). De même, et plus récemment, Widyatmoko *et al.* (2021) ont eux aussi utilisé de petites unités GPS pour surveiller la circulation des navires en Indonésie et déterminer les caractéristiques de ces mouvements associés aux DACP (figure 5, schéma du bas). Ils ont ainsi pu fournir une estimation minimale du nombre de DACP et de leurs emplacements, et confirmer que la mise à l'eau de ces dispositifs ne respectait pas les réglementations locales. À cet égard, il est intéressant de noter que les unités GPS de Tilley *et al.* (2020) (fabriquées par Pelagic Data System Inc.) sont solaires et ne peuvent être éteintes ou altérées. Les données de position ne peuvent donc pas être falsifiées. Toutes les études susmentionnées utilisent des technologies à faible coût et/ou accessibles au public.

Enfin, l'utilisation d'outils informatiques à des fins de suivi des pêches semble croître organiquement dans les îles des Caraïbes. La Dominique ouvre la voie en utilisant un système électronique de collecte de données basé sur la boîte à outils KoBoToolbox. Les personnes chargées de la collecte de données utilisent dans ce cadre des tablettes

au point de débarquement, et les données sont automatiquement téléchargées dans une base de données. Les responsables des pêches de la Dominique développent également leurs propres scripts R pour générer des rapports sur les pêches (J. Defoe, D. Theopille et K. Hilton, comm. pers.). D'autre part, Montserrat met actuellement à l'essai les technologies SSN dans les pêcheries artisanales, ce à quoi les pêcheurs semblent être favorables (A. Ponteen, comm. pers.). Le moment semble être venu d'appuyer le développement de systèmes électroniques de collecte de données et de SSN pour appuyer les systèmes de statistiques halieutiques dans la région ; si leurs développeurs démontrent une bonne compréhension du contexte local, ces systèmes ont le pouvoir de transformer le suivi des pêcheries dans la région, et ce à plusieurs échelles (locale, nationale et régionale).

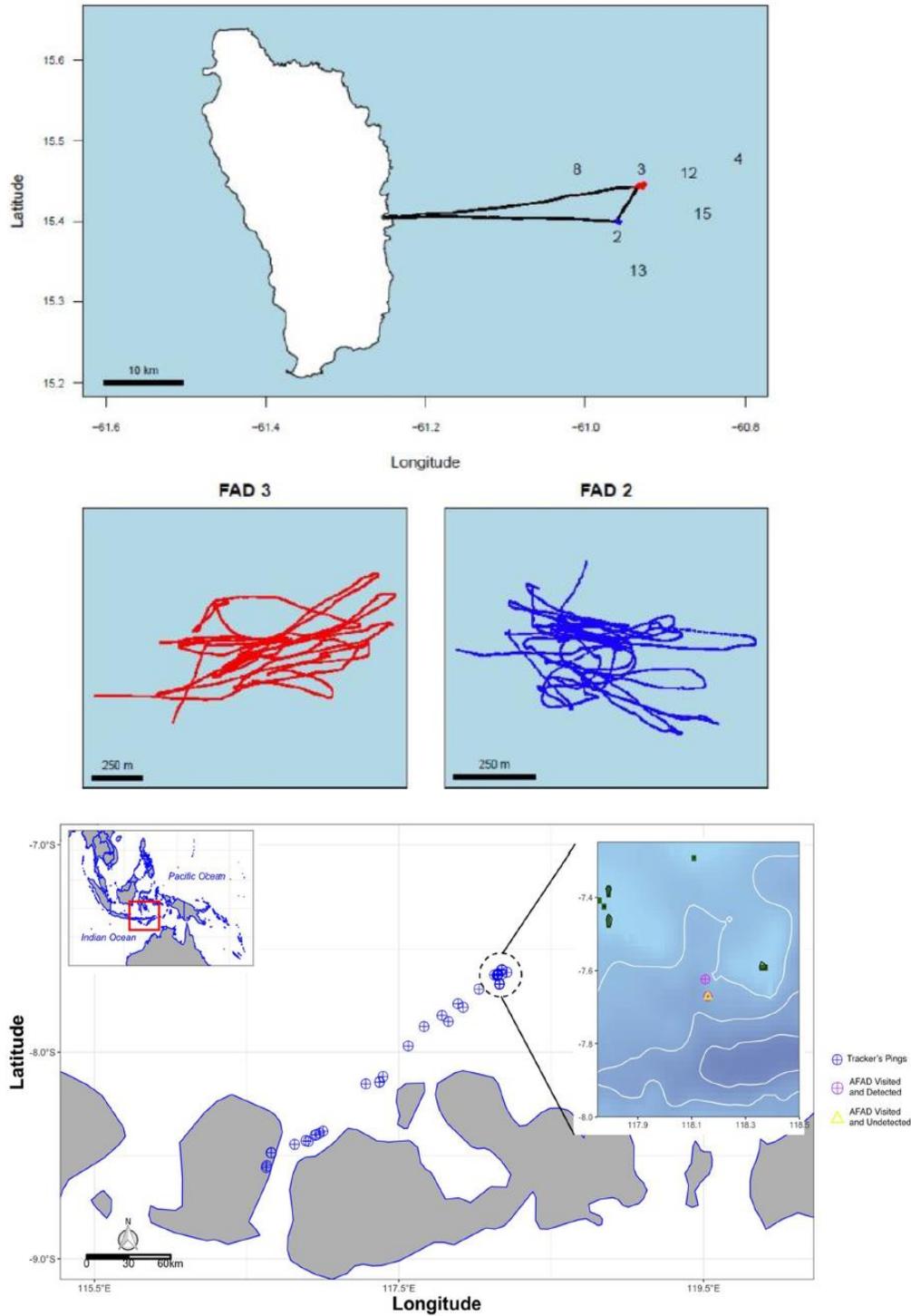


Figure 5. Traces de navires de pêche sur DACP à la Dominique (schéma du haut) et en Indonésie (schéma du bas), obtenues à l'aide de technologies GPS de petite taille et à bas coût. Ces traces peuvent être analysées à l'aide d'applications accessibles publiquement pour identifier les DACP. Pour plus de détails, voir Alvard *et al.* (2015b) et Widyatmoko *et al.* (2021).

## COLLECTE DE DONNEES BIOLOGIQUES POUR COMPLETER LES DONNEES SUR LES CAPTURES ET L'EFFORT DE PECHE

Outre la collecte de données sur les captures et l'effort de pêche concernant les DACP, il sera important de recueillir régulièrement des données biologiques sur les principales espèces cibles ou sur des espèces présentant un intérêt particulier. Ces données devront porter au minimum sur le poids, la longueur et le stade de maturité des poissons (voir également la partie consacrée au partage et à l'intégration des données). Ces données nous fournissent des informations cruciales sur la sélectivité de la taille des engins, les taux de mortalité naturelle et par pêche, ainsi que sur l'état et le statut reproducteur des poissons, des données généralement nécessaires pour alimenter les modèles d'évaluation des stocks. Le processus de collecte de données pourrait encore une fois être facilité par l'utilisation de formulaires électroniques transmettant automatiquement les données à une base de données centralisée. La nature plus chronophage de cet échantillonnage signifie qu'il sera effectué moins fréquemment que la collecte de données sur les captures et l'effort de pêche, et pourra ne porter que sur une sélection d'espèces. Des efforts doivent toutefois être déployés pour s'assurer que le système d'échantillonnage biologique saisisse de façon assez précise la structure démographique générale des espèces sélectionnées et sa variabilité potentielle dans l'espace et dans le temps.

## AMELIORATION DE L'ECHANTILLONNAGE ET DE LA COLLECTE DE DONNEES

Une enquête récente menée auprès d'informateurs et informatrices clés dans 20 territoires/pays de la région de la COPACO dotés d'importantes pêcheries par DACP a montré que les trois quarts de ces sites pratiquaient une collecte systématique de données halieutiques relatives aux DACP (Vallès, en cours). La plupart de ces lieux pratiquaient un échantillonnage aléatoire (ou à l'aveuglette) des sorties de pêche. Seuls deux sites sur 14 ont indiqué que les pêcheurs eux-mêmes participaient à la collecte de données, ce qui attire encore davantage l'attention sur le problème de partage de la responsabilité de la collecte de données avec les pêcheurs (Vallès, en cours).

La combinaison de systèmes de surveillance des navires et de systèmes électroniques de collecte de données pourrait d'une part aider à optimiser les systèmes d'échantillonnage en améliorant les strates d'échantillonnage basées sur le positionnement des navires en mer et, d'autre part, aider à convaincre les pêcheurs de participer au remplissage de journaux de bord électroniques si le temps nécessaire à cette tâche est considérablement réduit et si les données saisies restent confidentielles mais sont traitées et leur sont renvoyées fréquemment (voire en temps quasi réel). Une meilleure délimitation des strates d'échantillonnage fondée sur les activités en mer des navires, associée à un échantillonnage accru de ces strates dû à une hausse de la fréquence de collecte de données par les pêcheurs, produira des indicateurs relatifs aux captures et à l'effort de pêche plus précis et détaillés, et conduira à une utilisation plus efficace de ressources humaines limitées.

## MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTEME D'ENREGISTREMENT ET DE SUIVI DES DACP

Conformément aux recommandations de Mohammed (2015), il est essentiel que les pays mettent en œuvre un système officiel d'enregistrement des DACP qui collecte des informations sur leurs propriétaires, leur profondeur de mise à l'eau, leur emplacement, leur conception et les matériaux qui les constituent, ainsi que sur leur coût à l'unité, et qui attribue un numéro unique à chaque nouveau DACP mis à l'eau, numéro qui peut alors servir d'identifiant du DACP sur le terrain. Dans la mesure du possible, les systèmes nationaux/locaux d'identification des DACP s'aligneront sur les dispositions des Directives volontaires sur le marquage des engins de pêche (FAO, 2019) et seront harmonisés dans l'ensemble de la région. Un tel système d'enregistrement devra par ailleurs être mis à jour régulièrement, avec la saisie d'informations sur les pertes de DACP, de façon à ce que les estimations du nombre de DACP mis à l'eau soient exactes à tout moment. La nécessité d'enregistrer les nouveaux DACP et de signaler les pertes doit être appuyée par une loi. La mise en œuvre d'un système de ce type serait également conforme avec la Recommandation 19-02 de l'ICCAT concernant l'obligation de déclarer les mises à l'eau et les pertes de DACP. Si une législation adéquate est adoptée, ce système pourrait servir à contrôler le nombre total de DACP mis à l'eau à tout moment et leur emplacement. Cela pourrait par ailleurs aider à contrôler et faire respecter les éventuelles réglementations sur les types de matériaux utilisés pour la fabrication des DACP, telles que l'interdiction d'utiliser du matériel emmêlant (voir l'annexe 5 de la Recommandation 19-02 de l'ICCAT). Des estimations précises du nombre de DACP présents dans les eaux territoriales ont de fortes chances d'aider à gérer

la pêche sur DACP à l'échelle locale et régionale (voir la section consacrée à l'amélioration de l'évaluation de l'impact de la pêche sur DACP sur l'écosystème et les stocks).

Encore une fois, il est possible d'utiliser des outils informatiques peu coûteux pour accélérer considérablement le processus de déclaration et d'approbation de DACP par le biais de formulaires de déclaration/de demande sur appareil mobile. D'autres outils informatiques comme les systèmes d'information géographique en libre accès (p. ex., QGIS, <http://www.qgiscloud.com>) pourraient être intégrés à ce système d'enregistrement, de façon à identifier les zones les plus appropriées pour la mise à l'eau de DACP et favoriser l'aménagement du territoire marin. Un tel système permettrait également de mener des évaluations fondées sur les données de la durée de vie des DACP et des facteurs pouvant influencer cette dernière. À noter, les données du système d'enregistrement pourraient être facilement comparées aux traces des navires de pêche obtenues par SSN, de façon à identifier les DACP illégaux et faciliter ainsi l'exécution des lois en temps quasi réel.

## MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTEME D'AUTORISATION

Il sera essentiel que les pays mettent en œuvre un système d'autorisation des DACP qui intègre et distingue les différents types de pêche sur DACP (subsistance, commerciale, sportive, affrétée). Ce système de permis doit également être prévu par la loi. Il convient de subordonner l'octroi de permis de pêche sur DACP au respect par l'utilisateur des règles et réglementations régissant l'utilisation des DACP. Comme le souligne à juste titre Mohammed (2015), un tel système pourrait servir non seulement à contrôler l'accès aux pêches sur DACP, mais également fournir des données démographiques et socioéconomiques précieuses sur leurs utilisateurs, et favoriser ainsi l'évaluation de l'impact socioéconomique de la pêche, voire aider à projeter des tendances.

Encore une fois, des outils informatiques pourraient être utilisés pour acquérir, stocker et gérer les données relatives à ce système d'autorisation, tout en facilitant l'assimilation de différentes bases de données électroniques comme celle relative à l'enregistrement des DACP et celle relative à l'autorisation des DACP, le cas échéant, puisque bon nombre des propriétaires de DACP sont susceptibles d'être également des pêcheurs sur DACP. Cette dernière devrait fournir une description plus nuancée de la dimension socioéconomique de la pêche sur DACP.

## PARTAGE ET INTEGRATION DES DONNEES DANS LA REGION

L'utilisation du même formulaire uniformisé de données sur les captures et l'effort de pêche, ajusté de façon à refléter le contexte de la pêche pour chaque emplacement (p. ex., principales espèces cibles, engins de pêche, zone de pêche), doit permettre d'intégrer de façon efficace et efficiente les données entre les différents lieux, ce qui constitue une étape importante de l'amélioration de la gestion des stocks partagés (CRFM, 2015). L'absence d'assistance technique à proprement parler concernant le logiciel statistique spécialisé dans la pêche a constitué par le passé un obstacle important pour l'intégration des données dans la région (Barnwell, 2014 ; CRFM, 2014). Cet obstacle peut désormais être surmonté grâce aux outils informatiques gratuits ou bon marché actuels, tels que les systèmes conviviaux de collecte de données sur le terrain comme la boîte à outils KoBoToolbox (<https://www.kobotoolbox.org/>), les outils open source d'analyse des données comme l'environnement R, ou encore les technologies mobiles intelligentes utilisées partout dans la région. L'accès illimité à ces outils et technologies, outre une formation initiale adaptée, devrait faciliter la mise en place des capacités techniques locales nécessaires à la maintenance de ces systèmes de données sur tous les sites, avec intervention minimale de spécialistes extérieurs.

À mesure que cette intégration est mise en place, il sera important d'étendre les systèmes de collecte de données et de les aligner sur les données requises par le Cadre de référence pour la collecte de données (DCRF), récemment adopté par la COPACO lors de sa 17<sup>e</sup> session, afin de faciliter davantage l'exploitation de ces données pour développer, contrôler, évaluer et examiner les politiques halieutiques régionales et étayer les plans de gestion régionaux et infrarégionaux (COPACO, 2019). Le tableau 4 décrit les principaux éléments caractérisant les exigences en matière de données du DCRF. Le manuel du DCRF fournit des définitions de travail, décrit la structure de la collecte de données et comporte des annexes contenant les classifications standards de la COPACO (type d'engin, type de navire, effort nominal par type de navire, etc.), ainsi que des listes d'espèces prioritaires et d'autres espèces de référence. Il est important de noter que le formulaire harmonisé de collecte de données

élaboré pour le journal de bord du CRFM s’aligne sur la composante relative aux captures et à l’effort de pêche des exigences en matière de données du DCRF (tableau 4).

La prochaine étape consiste à développer une base de données régionale COPACO-CRFM-OSPESCA, alimentée par les États membres et dans le cadre d’accords de partage de données entre les parties prenantes opérant à différents niveaux hiérarchiques (p. ex., pêcheur et administration locale des pêches ; administration nationale des pêches et CRFM/OSPESCA ; CRFM/OSPESCA et COPACO ; COPACO et ICCAT). Il sera crucial d’assurer la confidentialité des données fournies par les pêcheurs, pour garantir leur adhésion.



Tableau 4 – Données requises par le Cadre de référence pour la collecte de données (DCRF) de la COPACO, ventilées par composantes (tâches)

ID	Task	Sub-task	Data	Description
I	Regional statistics	-	Operating fishing vessel count; Total nominal catch; Total effort; Total capacity; Total engine power	General summary overview of the fishery sector in the wide Caribbean region. Data reported in this task are a sum of ot indicators available in the following tasks.
II	Catch and effort	Catch	Retained catch; Discarded catch; Nominal catch	Catches are defined in units of numbers as all the removed during the fishing activities whether targeted or taken as bycatch, and in weight units as the total weight of catches per species, area, fleet segment for the given year.
		Effort by fleet type	Days fishing; Nominal effort; Fishing vessel count	Effort will reflect the national fleet effort deployed during the reporting period to catch the above reported catches (and landings).
III	Fleet statistics and vessels	Fleet by primary gear	Number of active vessels	Number of vessels engaged in the fishery (i.e. active) by year by primary gear and by fishing area and time unit.
		Vessel registry	Vessel descriptors	Regional vessel registry fed by the national vessel records or registries.
IV	Biological information	Size data	Total retained catch (weight); Total discarded catch; Total weight of samples; Length class /sex/maturity; Number of individuals at length; Total weight of individuals	Size frequencies of the samples (retained and discarded) measured for each species classified by major fleet, gear sample units, time strata and area strata and sex for select species.
		Catch at size data	Length Class; Sex; Stage of Maturity; Total Weight of Individuals; Total Catch	Reported catch at size (raised to Task II Catch data) classified by primary fleet, gear, species time unit and area and by sex (for select species).
V	Incidental catches: Endangered, Threatened, Protected (ETP) species catches	-	Landings (in numbers or weight as appropriate); Number of discards alive (in numbers or weight as appropriate); Number of discards dead (in numbers or weight as appropriate)	The discards resulting from endangered, threatened or protected species catches are reported.
VI	Socio-economics	Employment	Number of fishers for the specified gender / category / secondary workers	Employment in the fishery sector is a useful indicator of the importance of the fishery sector in the region. This indicator aims to present number of fishers by category (fully employed or part time ones), by gender (male / female) by the major fleet, and area for the reference year.
		Engagement in Fisheries	Count of fisherfolks Count of fisherfolks x days fishing	Number of fisherfolks actively taking part to fishing activities and the intensity of such involvement.
		Value of catches	Monetary value of total landed fish for the given species	The value of Capture fisheries production at first sale after landing, in US\$

Il est important de reconnaître que, si les TIC peuvent faciliter le développement et la mise en œuvre de systèmes de collecte de données halieutiques, les capacités des pays en la matière seront très inégales. Ce point a été reconnu explicitement par l'étude d'origine du CRFM/JICA (2012), qui a proposé, à l'époque, un plan d'intégration des données doté d'objectifs à court (1-3 ans), moyen (3-5 ans) et long (5-10 ans) terme pour les différents groupes de pays, destiné à améliorer les capacités respectives de tous les pays au fil du temps (tableau 5). Les résultats escomptés à court terme dans les pays du groupe C portaient sur la fourniture en temps voulu, le stockage, le traitement et la communication des données nécessaires à la description des débarquements. À moyen terme, ces pays étaient tenus de fournir des données biologiques capables d'étayer la gestion, le développement et l'utilisation d'une base de données halieutiques. À long terme, ces pays devraient être capables de fournir des données convenant aux évaluations des stocks et des données socioéconomiques relatives à la pêche, et d'intégrer la base de données halieutique avec d'autres sources statistiques. Les pays des groupes B et A devaient atteindre ces objectifs plus rapidement et continuer à améliorer leurs capacités relatives aux données à long terme, tout en alimentant les évaluations et la gestion régionales de données. Cette approche échelonnée fournit un cadre utile facilitant l'intégration de ces pays et devrait être adoptée ici.

Tableau 5. Extrait de CRFM/JICA (2012) montrant l'intégration proposée des systèmes de statistiques halieutiques au fil du temps dans des pays affichant des capacités très différentes en matière de contrôle

Data Item	Term	Short Term			Medium Term			Long Term		
	Group	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Fishing Vessel and License Information</b>										
Vessel count				O						
Vessel registration		O	O		O	O	O	O	O	O
Vessel inspection status		O	Δ		O	O	O	O	O	O
Issues on vessel registration		O	O		O	O	O	O	O	O
Fishing License data		O	Δ		O	O	O	O	O	O
Issues on fishing license registration.		O	Δ		O	O	O	O	O	O
<b>Fish Catch and Landing Data</b>										
Estimated landing data		O	O	Δ	O	O	O	O	O	O
CPUE per gear and vessel type (0-9%)*1				O						
CPUE per gear and vessel type (10-30%)*1		O					O			O
CPUE per gear and vessel type (50% -)*1		O			O	O		O	O	
<b>Biological Fishery Data</b>										
Detailed biological data for target species*2		O	O	O	O	O	O	O	O	O
Simplified biological data for target species*3		O	O	O	O	O	O	O	O	O
Analyzed data for fishery resource management*4		O	O		O	O	O	O	O	O
Analyzed data for stock assessment and fishery development*5		O			O	O		O	O	O
<b>Fishery Statistic Report</b>										
Updated stratification of landing sites		O	O	O	O	O	O	O	O	O
Fishery statistical data sampling program*6		O	O	O	O	O	O	O	O	O
Fishery statistic annual report		O	O	O	O	O	O	O	O	O
Regional fishery data report					O	Δ		O	O	Δ

\*1 Rate of sample size is "number of samples"/"number of maximum possible samples" per gear and vessel type.

\*2 The detailed biological collected data include fish weight, length, gonad weight, maturity, and so on. This data will be collected for the target species for at least a year, in order to optimize and simplify the biological fishery data collection.

\*3 The simplified biological collected data include, for each target species, only landed total weight, number of fish, maximum fish size, and minimum fish size.

\*4 Data analysis for the fishery resource management results in determination of restricted period for the target species, restricted fishing gear mesh size, and so on.

\*5 Data analysis for the stock assessment and fishery development results in determination of trends and projection of the available fishery resources, development plan for fishery and aquaculture in fishery communities, and so on.

\*6 The sampling program includes data sampling method, data sampling coverage, case of sampling schedule, implementation structure for the sampling, fishery data management method, estimation method for landings (CPUE, raising factor and estimation formula) and effect on the fishery statistical data, fisheries resource management, and fishery and aquaculture development.

## AMELIORATION DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA PÊCHE SUR DACP SUR L'ÉCOSYSTÈME ET LES STOCKS

### LES DACP COMME OUTILS DE RECHERCHE INDEPENDANTS DE LA PÊCHE

Moreno *et al.* (2016b) argumentent en faveur de méthodes indépendantes de la pêche pour aider à évaluer l'état des stocks ciblés, compte tenu de la qualité variable des données officielles sur les captures et l'effort de pêche et l'absence fréquente d'uniformisation en matière de collecte et de déclaration de ces données. Ce point est également particulièrement pertinent pour les thons tropicaux, compte tenu de l'efficacité accrue de la pêche due aux avancées technologiques enregistrées dans la pêche à la senne coulissante, qui remet en cause la valeur de la CPUE comme indice de l'abondance relative des stocks (Fonteneau *et al.*, 1999 ; Fonteneau *et al.*, 2013). Du point de vue de la gestion écosystémique des pêches (Pikitch *et al.*, 2004), les méthodes indépendantes de la pêche sont également nécessaires pour évaluer l'état des espèces pêchées de façon accessoire, pour lesquelles il existe moins de données dépendantes de la pêche et qui font rarement l'objet d'évaluations des stocks.

À l'heure actuelle, la plupart des opérations de pêche à la senne utilisant des DCP dérivants pour capturer des thons tropicaux installent des flotteurs échosondeurs sur les DCP pour obtenir des estimations grossières de la biomasse thonière associée à ces dispositifs et transmettre ces estimations par communication satellite aux pêcheurs (Lopez *et al.*, 2014 ; Lopez *et al.*, 2016). Ces flotteurs échosondeurs peuvent établir des communications continues à distance avec les flottilles de pêche et recevoir des communications de la part de ces dernières destinées à en modifier les paramètres (Ehrhardt *et al.*, 2017a). Ils peuvent par ailleurs inclure des capteurs multifréquences qui augmentent la capacité de distinction entre les espèces et tailles de thonidés (Moreno *et al.*, 2016a ; Moreno *et al.*, 2019). Ces avancées technologiques, qui ont renforcé l'efficacité de la pêche et fait évoluer les stratégies de pêche à la senne coulissante exploitant des DCP dérivants (Lopez *et al.*, 2014), pourraient également servir à produire des indices d'abondance agrégée sur les DCP indépendants de la pêche venant compléter les indices dépendants de la pêche.

À cet égard, Moreno *et al.* (2016b) et Ehrhardt *et al.* (2017a) ont mis en évidence le grand potentiel des DCP comme fenêtres d'observation scientifique des communautés animales (poissons, oiseaux marins, mammifères et tortues) qui y sont associées, comme outils d'échantillonnage de la composition et de l'abondance des espèces, comme points de passage informant sur la répartition et les mouvements des animaux, et comme capteurs de l'environnement physique dans lequel ils évoluent. En effet, les DCP individuels peuvent être équipés, outre d'échosondeurs bon marché reliés par satellite, de différents outils électroniques à bas coûts tels que caméras sous-marines, récepteurs acoustiques et hydrophones fournissant des informations diverses et de plus en plus détaillées sur les communautés animales et l'environnement physique qui les entoure (tableau 6). Les récepteurs acoustiques placés sur les DCP peuvent servir à repérer la présence de poissons individuels dotés de balises électroniques, ainsi qu'à télécharger les données collectées par les balises elles-mêmes avant que les poissons en question n'aient rencontré le DCP (balise archive, balise CHAT), et fournir ainsi des informations précieuses sur les mouvements, comportements et préférences environnementales de certaines espèces (tableau 6, figure 6) (Voegeli *et al.*, 2001 ; Moreno *et al.*, 2016b ; Ehrhardt *et al.*, 2017a). Les caméras sous-marines peuvent fournir des informations précieuses sur la diversité et l'abondance agrégée des espèces qui ne sont pas typiquement repérées par les échosondeurs, dont certaines peuvent constituer d'importantes prises accessoires (p. ex., les requins) (tableau 6, figure 6) (Moreno *et al.*, 2016b).

L'installation d'instruments électroniques sur les DACP à des fins de recherches biologiques et halieutiques est de plus en plus fréquente dans les Caraïbes (Merten *et al.*, 2018 ; Schneider *et al.*, 2021), et certains pêcheurs utilisent des bouées de collecte de données océaniques comme DACP (Silva *et al.*, 2018), ce qui montre le double rôle que ces dispositifs peuvent jouer. Les estimations actuelles portent à plus de 3 500 le nombre de DACP dans la région de la COPACO (Wilson *et al.*, 2020), ce qui donne l'opportunité d'étendre la couverture spatiotemporelle de la collecte de données indépendante de la pêche, en équipant des DACP stratégiquement placés de tels instruments

et en les combinant avec des programmes de marquage des poissons. Cela devrait améliorer notre capacité à identifier les moteurs de l'abondance d'espèces ciblées et non ciblées sur plusieurs échelles spatiotemporelles pour compléter les données dépendantes des pêches (p. ex., Orúe *et al.*, 2020). Cette expansion pourrait être facilitée par des collaborations entre pêcheurs utilisant les DACP, départements des pêches et chercheurs, les pêcheurs tirant eux aussi parti de ces données pour identifier où et quand pêcher et ainsi maximiser l'efficacité de la pêche et minimiser le coût des carburants. Dans le cas des DACP privés, ceci pourrait supposer de passer des accords de partage de données protégeant les stratégies de pêche des pêcheurs (Dagorn *et al.*, 2013). Outre les DACP, dont la répartition dans la région est très groupée (Wilson *et al.*, 2020), le fait d'équiper certaines bouées de collecte de données océanographiques et plateformes pétrolières, qui attirent également les poissons (Franks, 2000 ; Silva *et al.*, 2018) aiderait également à étendre la couverture spatiale du réseau de surveillance au-delà des îles des Caraïbes (figure 7).

Tableau 6. Types d'instruments électroniques pouvant être intégrés aux DACP et types de données qu'ils produisent, qu'ils soient opérationnels ou nécessitent d'être testés, et utilisateurs cibles (pêcheurs, scientifiques). Adapté de Moreno *et al.*, (2016b)

Data	Type of instruments	Operational	Developed but need testing for this specific application	Fishers	Scientists
Species	Underwater cameras		X	X	X
Identification	Multi-frequency echo-sounders for tunas	X		X	X
Species	Underwater cameras for sharks		X	X	X
Abundance	Echo-sounders	X		X	X
Species association time and movements	Acoustic receivers	X			X
Biology and behaviour	Coded acoustic tags CHAT tags	X	X		X
Biological environment	Echo-sounders	X			X

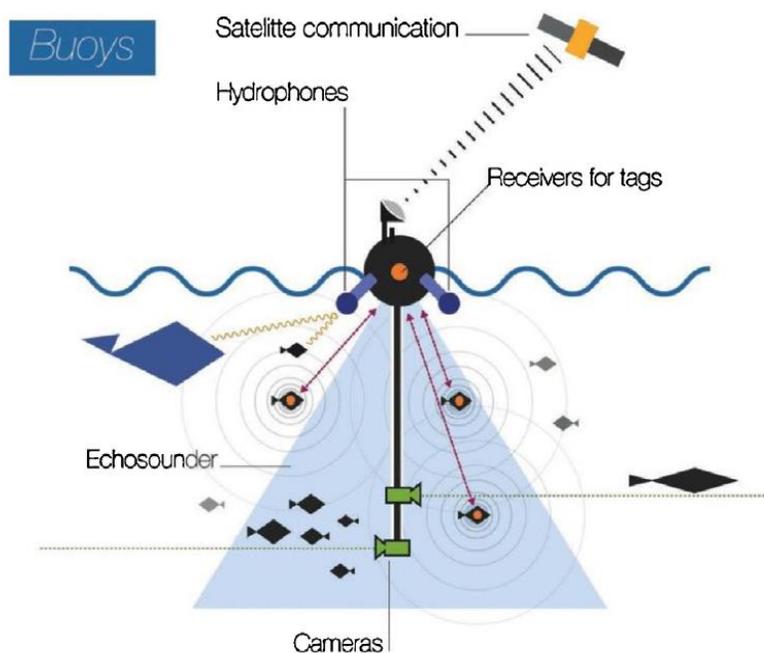


Figure 6 – Schéma d'un flotteur de DACP équipé d'hydrophones, d'échosondeurs et de caméras sous-marines enregistrant des informations sur les poissons (marqués ou non) regroupés sous le dispositif et transmettant ces informations par satellite. Adapté de Moreno *et al.*, (2016b)

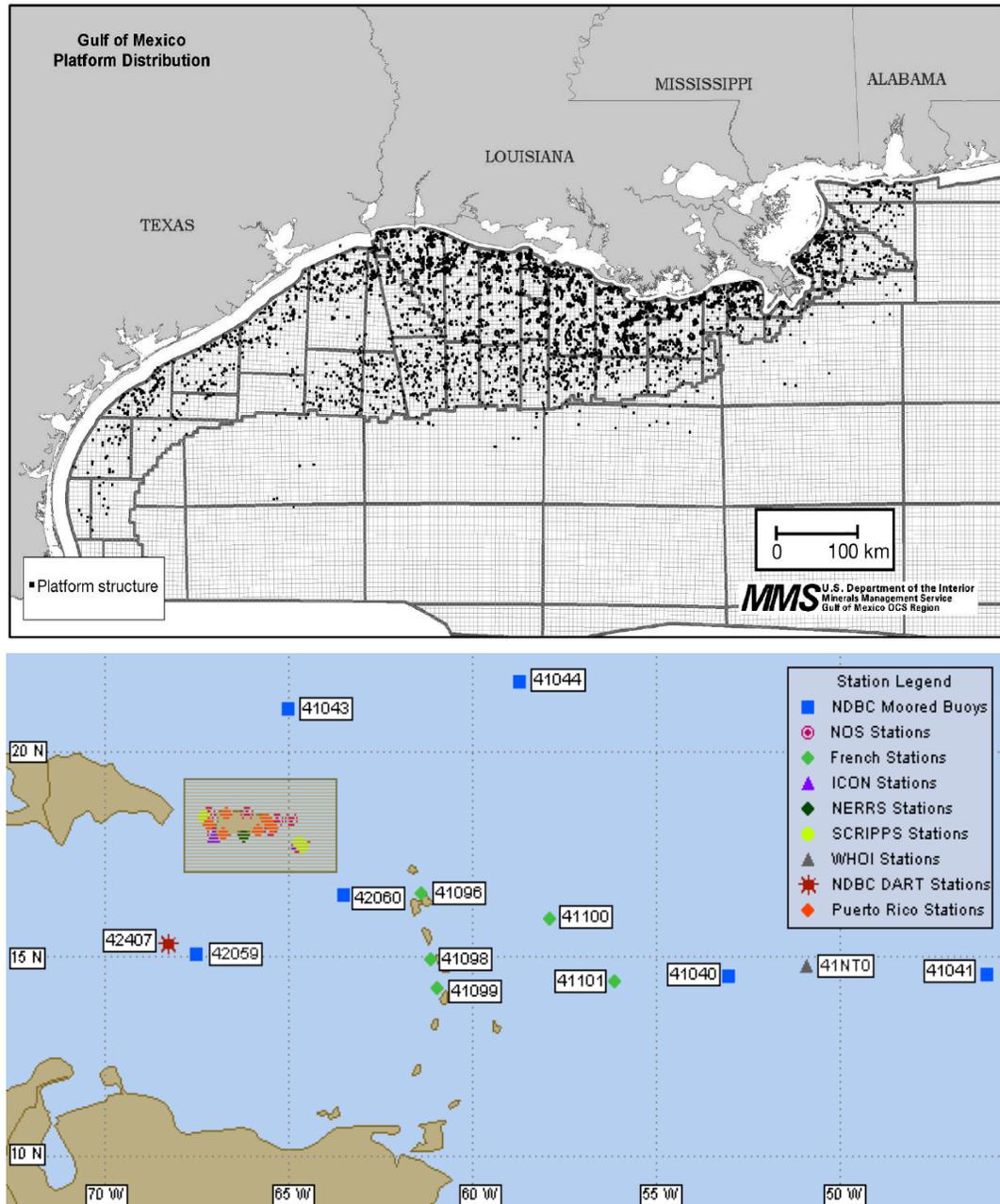


Figure 7 – Emplacement des plateformes pétrolières dans le golfe du Mexique en 2004 (carte du haut) et emplacement des bouées de collecte de données océanographiques dans une partie des Caraïbes. Certaines plateformes pétrolières et bouées de collecte de données pourraient aussi être équipées de technologies permettant d'identifier et de quantifier les poissons qui se rassemblent autour d'elles à des fins de recherche. Données tirées de Sammarco *et al.* (2004) (carte du haut) et du National Data Buoy Center (<https://www.ndbc.noaa.gov/>) (carte du bas).

## TRAITER L'HYPERSTABILITE DES DACP A L'AIDE DE DONNEES INDEPENDANTES DE LA PECHE

L'évaluation de l'état des stocks exploités associés aux DCP se confronte à un défi bien reconnu : les captures par unité d'effort (CPUE) ne constituent pas nécessairement un indice fiable de l'abondance totale, puisque les DCP peuvent encore attirer un nombre stable d'individus, et ainsi continuer à faciliter la capture desdits individus, même en cas de déclin rapide de l'abondance totale en raison d'une surexploitation (Ehrhardt *et al.*, 2017a). Cette désolidarisation entre les CPUE et l'abondance totale est connue sous le nom d'hyperstabilité, et se manifeste chez les espèces exploitées alors qu'elles forment des agrégations (de ponte, par exemple ; Erisman *et al.*, 2011). Ehrhardt *et al.* (2017a) ont montré que, dans le contexte des pêches sur DCP, le problème de l'hyperstabilité n'est pas réglé, et ont souligné la nécessité d'élaborer des estimations d'abondance non dépendantes de la pêche pour alimenter celles qui en dépendent. Il est toutefois particulièrement difficile d'obtenir des estimations indépendantes de la pêche concernant les thons tropicaux (Moreno *et al.*, 2016b).

À cet égard, Capello *et al.* (2016) ont récemment proposé une solution innovante et prometteuse qui nécessite de mesurer le temps de séjour et d'absence autour des DCP d'un sous-ensemble d'individus de la population étudiée, ce qui peut être réalisé à l'aide de la télémétrie par balisage électronique. Ces estimations produisent un indice d'association représentant la proportion de population locale (c'est-à-dire la sous-population à proximité du réseau de DCP) située sur les DCP. Si l'abondance réelle est elle aussi estimée à l'un des DCP, grâce par exemple à la technologie des échosondeurs (Lopez *et al.*, 2016 ; Santiago *et al.*, 2017 ; Santiago *et al.*, 2020), l'indice d'association peut être facilement converti en indice d'abondance. Ces auteurs ont empiriquement validé plusieurs des hypothèses sous-tendant leur démarche grâce à des données de marquage d'un ensemble de DACP à Hawaï (Capello *et al.*, 2016). Ils ont montré que, en étendant les études de marquage sur des espèces sélectionnées ainsi que le réseau spatiotemporel de DACP d'observation, leur démarche pouvait être reproduite sur des zones plus étendues et produire des estimations d'abondance indépendantes de la pêche pour les espèces cibles et non cibles, qui complèteraient les estimations dépendantes de la pêche à des échelles significatives pour la gestion régionale. Ici, comme l'avancent Moreno *et al.* (2016b), il est essentiel de maximiser la surveillance technologique des DACP et d'estimer précisément les densités de ces dispositifs (plutôt que d'en contrôler le nombre), car l'indice d'abondance dépendra du nombre de DACP dans le système d'étude ; cela supposera sans aucun doute de mettre en place d'ambitieux programmes de recherche régionaux reposant sur la coopération entre les pêcheurs, les scientifiques et les administrations locales, nationales, infrarégionales et régionales des pêches.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alvard M, Carlson D, McGaffey E (2015a) Using a partial sum method and GPS tracking data to identify area restricted search by artisanal fishers at moored fish aggregating devices in the Commonwealth of Dominica. *PLoS One* 10: e0115552 doi 10.1371/journal.pone.0115552
- Alvard M, McGaffey E, Carlson D (2015b) A Method for Measuring Fishing Effort by Small-scale Fish Aggregating Device (FAD) Fishers from the Commonwealth of Dominica. *Field Methods* 27: 300-315 doi 10.1177/1525822x14552221
- Barnwell S (2014) Review of fisheries data collection systems in selected CRFM member states and recommendations for integrating FAD fisheries. CRFM, Belize
- Bealey R, Pérez Moreno M, Van Anrooy R (2019) The Caribbean Billfish Management and Conservation Plan. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 643. Rome, FAO. 106 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Capello M, Deneubourg JL, Robert M, Holland KN, Schaefer KM, Dagorn L (2016) Population assessment of tropical tuna based on their associative behavior around floating objects. *Sci Rep* 6: 36415 doi 10.1038/srep36415
- CRFM (2014) Report of the CRFM / CARIFICO Regional Workshop on FAD Management, 05 December 2014, Trinidad and Tobago. CRFM Technical & Advisory Document, No. 2014/ 7. CRFM Secretariat, Belize
- CRFM (2015) 2015 Draft Sub-Regional Management Plan for FAD Fisheries in the Eastern Caribbean (Stakeholder Working Document). CRFM Technical & Advisory Document 2015/ 05
- CRFM/JICA (2011) Working draft of a FAD fishery management plan. A participatory community-based FAD fishery management
- CRFM/JICA (2012) Study on the formulation of a master plan on the sustainable use of fisheries resource for coastal community development in the Caribbean. Final report. Japan International Cooperation Agency & IC Net Limited
- Dagorn L, Holland KN, 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 Fish* 14: 391-415 doi 10.1111/j.1467-2979.2012.00478.x
- Ehrhardt N, Brown JE, Pohlot BG (2017a) Desk Review of FADs fisheries development in the WECAFC region and the impact on stock assessments WESTERN CENTRAL ATLANTIC FISHERY COMMISSION (WECAFC) EIGHT SESSION OF THE SCIENTIFIC ADVISORY GROUP (SAG), Merida, Mexico
- Ehrhardt N, Brown JE, Pohlot BG (2017b) Desk Review of FADs fisheries development in the WECAFC region and the impact on stock assessments. Western Central Atlantic Fishery Commission (WECAFC). Eight Session of the Scientific Advisory Group (SAG). Merida, Mexico, 3-4 November 2017. WECAF, Merida, Mexico
- Erismann BE, Allen LG, Claisse JT, Pondella DJ, Miller EF, Murray JH, Walters C (2011) The illusion of plenty: hyperstability masks collapses in two recreational fisheries that target fish spawning aggregations. *Can J Fish Aquat Sci* 68: 1705-1716 doi 10.1139/f2011-090

- FAO (2007) Information and communication technologies benefit fishing communities. Policies to support improved communications for development. . FAO, Rome
- FAO (2016) Status of billfish resources and billfish fisheries in the Western Central Atlantic, by Nelson Ehrhardt and Mark Fitchett. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1127. Bridgetown, Barbados.
- FAO (2019) Voluntary Guidelines on the Marking of Fishing Gear FAO, Rome
- Fonteneau A, Chassot E, Bodin N (2013) Global spatio-temporal patterns in tropical tuna purse seine fisheries on drifting fish aggregating devices (DFADs): Taking a historical perspective to inform current challenges. *Aquat Living Resour* 26: 37-48 doi 10.1051/alr/2013046
- Fonteneau A, Gaertner D, Nordstrom V (1999) An overview of problems in the catch per unit of effort and abundance relationship for the tropical purse seine fisheries. *ColVolSciPap ICCAT* 49: 259-276
- Franks J (2000) A review: pelagic fishes at petroleum platforms in the Northern Gulf of Mexico; diversity, interrelationships, and perspective. *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons, Caribbean-Martinique*, 15-19 Oct 1999
- Franks JS, Johnson DR, Ko D-S, Sanchez-Rubio G, Hendon JR, Lay M (2012) Unprecedented influx of pelagic Sargassum along Caribbean Island coastlines during Summer 2011. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 64: 6-8
- Hallier JP, Gaertner D (2008) Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Mar Ecol Prog Ser* 353: 255-264 doi 10.3354/meps07180
- Leroy B, Phillips JS, Nicol S, Pilling GM, Harley S, Bromhead D, Hoyle S, Caillot S, Allain V, Hampton J (2013) A critique of the ecosystem impacts of drifting and anchored FADs use by purse-seine tuna fisheries in the Western and Central Pacific Ocean. *Aquat Living Resour* 26: 49-61 doi 10.1051/alr/2012033
- Lopez J, Moreno G, Boyra G, Dagorn L (2016) A model based on data from echosounder buoys to estimate biomass of fish species associated with fish aggregating devices. *Fish Bull* 114: 166-178 doi 10.7755/fb.114.2.4
- Lopez J, Moreno G, Sancristobal I, Murua J (2014) Evolution and current state of the technology of echosounder buoys used by Spanish tropical tuna purse seiners in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. *Fisheries Research* 155: 127-137 doi 10.1016/j.fishres.2014.02.033
- Masters J, Mohammed E (2015) Progress Report - CARIFICO Logbook System - 15 March 2015 CRFM
- Merten W, Rivera R, Appeldoorn R, Serrano K, Collazo O, Jimenez N (2018) Use of video monitoring to quantify spatial and temporal patterns in fishing activity across sectors. *Sci Mar* 82: 107-117 doi 10.3989/scimar.04730.09A
- Mohammed E (2015) Developing a Model Logbook for FAD Fisheries in the Eastern Caribbean. CRFM Technical & Advisory Document - Number 2015 / 02. CRFM Secretariat, Belize
- Mohammed E, Masters J (2014) Progress Report - CARIFICO Logbook System - 02 December 2014 CRFM
- Mohammed E, Masters J (2015) Progress Report - CARIFICO Logbook System - 30 January 2015. CRFM
- Moreno G, Boyra G, Rico I, Sancristobal I, Filmater JD, Forget F, Murua J, Goñi N, Murua H, Ruiz J, Santiago J, Restrepo V (2016a) Towards acoustic discrimination of tuna species at FADs. *Collect Vol Sci Pap ICCAT* 72: 697-704

- Moreno G, Boyra G, Sancristobal I, Itano D, Restrepo V (2019) Towards acoustic discrimination of tropical tuna associated with Fish Aggregating Devices. *PLoS One* 14: e0216353 doi 10.1371/journal.pone.0216353
- Moreno G, Dagorn L, Capello M, Lopez J, Filmlalter T, Forget F, Sancristobal I, Holland K (2016b) Fish aggregating devices (FADs) as scientific platforms. *Fisheries Research* 178: 122-129 doi 10.1016/j.fishres.2015.09.021
- Morgan AC (2011) Fish Aggregating Devices (FADs) and tuna. Impacts and management options. Ocean Science Division. PEW Environment Group, Washington, DC.
- Orúe B, Pennino MG, Lopez J, Moreno G, Santiago J, Ramos L, Murua H (2020) Seasonal Distribution of Tuna and Non-tuna Species Associated With Drifting Fish Aggregating Devices (DFADs) in the Western Indian Ocean Using Fishery-Independent Data. *Frontiers in Marine Science* 7 doi 10.3389/fmars.2020.00441
- Pikitch EK, Santora C, Babcock EA, Bakun A, Bonfil R, Conover DO, Dayton P, Doukakis P, Fluharty D, Heneman B, Houde ED, Link J, Livingston PA, Mangel M, McAllister MK, Pope J, Sainsbury KJ (2004) Ecosystem-Based Fishery Management. *Science* 305: 346-347 doi 10.1126/science.1098222
- Santiago J, Murua H, López J, Quincoces I (2017) Buoy Derived Abundance Indices of Tropical Tunas in the Indian Ocean. IOTC-2017-WGFAD01-13. Indian Ocean Tuna Commission, Victoria
- Santiago J, Uranga J, Quincoces I, Orue B, Grande M, Murua H, Merino G, Urtizbera A, Pascual P, Boyra G (2020) A novel index of abundance of juvenile yellowfin tuna in the Atlantic ocean derived from echosounder buoys. *Collect Vol Sci Pap ICCAT* 76: 321-343
- Schneider EVC, Brooks EJ, Bailey DM, Killen SS, Cortina MP, Van Leeuwen TE (2021) Design and Deployment of an Affordable and Long-lasting Deepwater Subsurface Fish Aggregation Device. *Caribbean Naturalist* 83: 1-16
- Shin Y, Rochet M, Jennings S, Field J, Gislason H (2005) Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. *ICES J Mar Sci* 62: 384-396 doi 10.1016/j.icesjms.2005.01.004
- Sidman C, Lorenzen K, Sebastien R, Magloire A, Cruickshank-Howard J, Hazell J, Masters J (2014) Toward a Sustainable Caribbean FAD Fishery. An Analysis of Use, Profitability and Shared Governance. TP-206. Florida Sea Grant
- Silva GBd, Hazin HG, Araújo PVdN (2018) Fishing operations to catch tuna on aggregated schools at the vicinity of a data buoy in the Western Equatorial Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography* 66: 335-338 doi 10.1590/s1679-87592018018206604
- Tilley A, Dos Reis Lopes J, Wilkinson SP (2020) PeskaAS: A near-real-time, open-source monitoring and analytics system for small-scale fisheries. *PLoS One* 15: e0234760 doi 10.1371/journal.pone.0234760
- Tilley A, Wilkinson SP, Kolding J, López-Angarita J, Pereira M, Mills DJ (2019) Nearshore Fish Aggregating Devices Show Positive Outcomes for Sustainable Fisheries Development in Timor-Leste. *Frontiers in Marine Science* 6 doi 10.3389/fmars.2019.00487
- Vallès H (in prep.) Appendix I- Preliminary Results of the Caribbean Regional Moored Fish Aggregating Device (MFAD) Survey (Sept 2021-Oct 2021) The Caribbean Regional Management Plan for the Moored Fish Aggregating Device (MFAD) Fishery -Working Document. FAO

Voegeli FA, Smale MJ, Webber DM, Andrade Y, O'Dor RK (2001) Ultrasonic Telemetry, Tracking and Automated Monitoring Technology for Sharks. *Environ Biol Fishes* 60: 267-282 doi 10.1023/a:1007682304720

WECAFC (2019) WECAFC Data Collection Reference (DCRF) Framework. DCRF Version 2019.0.3. WECAFC

Widyatmoko AC, Hardesty BD, Wilcox C (2021) Detecting anchored fish aggregating devices (AFADs) and estimating use patterns from vessel tracking data in small-scale fisheries. *Sci Rep* 11: 17909 doi 10.1038/s41598-021-97227-1

Wilson MW, Lawson JM, Rivera-Hechem MI, Villaseñor-Derbez JC, Gaines SD (2020) Status and trends of moored fish aggregating device (MFAD) fisheries in the Caribbean and Bermuda. *Mar Policy* doi 10.1016/j.marpol.2020.104148