

Lettre d'information

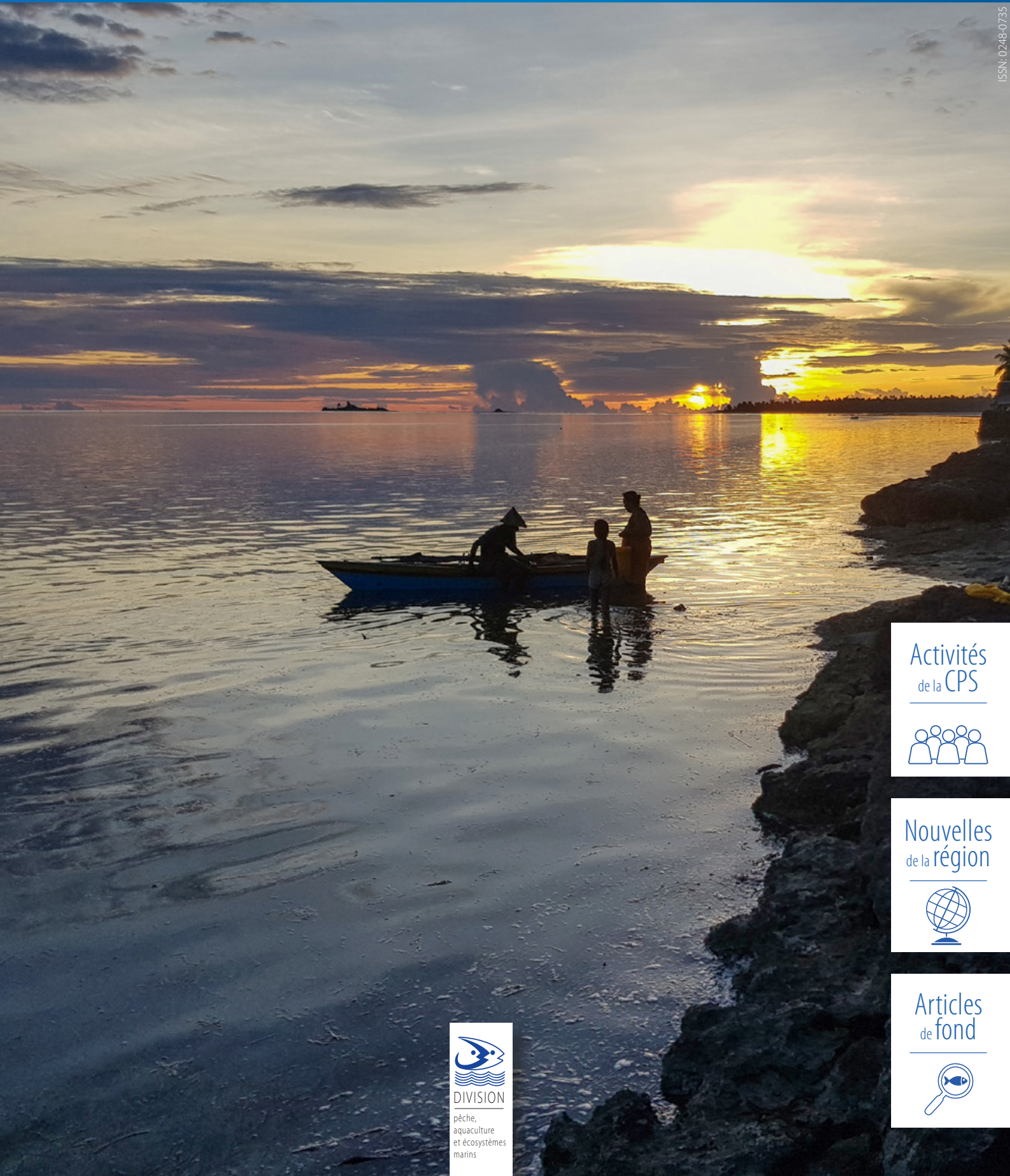
167
Jan.-Avr. 2022

sur les pêches



Pacific
Community
Communauté
du Pacifique

ISSN: 0248-0735



Activités
de la CPS



Nouvelles
de la région



Articles
de fond



DIVISION

pêche,
aquaculture
et écosystèmes
marins

Dans ce numéro



Activités de la CPS

- 3 Réalisation d'un projet aquacole régional
Robert Jimmy et Timothy Pickering
- 8 La nature revendique de plus en plus de droits, mais qu'en est-il des poissons ?
Ariella D'Andrea, Solène Devez et Philippe Cacaud
- 10 Rédaction de textes législatifs relatifs aux pêches côtières : une nouvelle formation en ligne est disponible !
Ariella D'Andrea, Solène Devez et Jessica Vapnek
- 11 Les DCP, une affaire de famille : faire appel aux valeurs océaniques pour promouvoir les bonnes pratiques de pêche sur DCP
Céline Muron et Being Yeeting



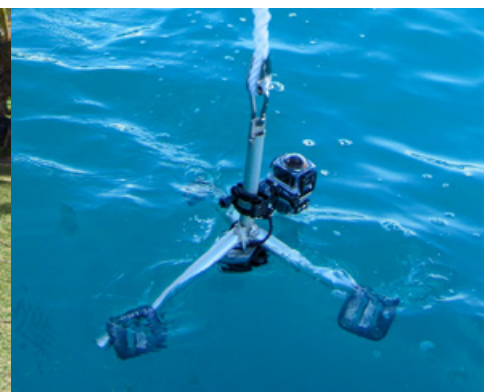
Nouvelles de la région

- 14 Comment le traité « BBNJ » pourrait aider les responsables de la pêche thonière dans les îles du Pacifique à atteindre certains de leurs objectifs stratégiques communs
Tim Adams
- 17 Quelle est l'efficacité des dispositifs de concentration de poissons destinés à la pêche artisanale ?
Robert Gillett
- 24 Des ressources pélagiques au potentiel inexploité : Optimiser la contribution des dispositifs ancrés de concentration de poissons à la sécurité alimentaire des communautés pratiquant la petite pêche en zone tropicale
Olivia Smailes



Articles de fond

- 31 La ressource en langoustes en Océanie : déterminer l'âge et la maturité des individus
Prakriti P. Rachna, George Shedrawi, Pauline Bosserelle, Sébastien Gislard et Andrew R. Halford
- 41 Suivi non destructif des poissons et des habitats des fonds meubles à l'aide d'un protocole d'échantillonnage standardisé par vidéo à 360°, à distance et sans appât
Delphine Mallet, Marion Olivry, Sophia Ighiouer, Michel Kulbicki et Laurent Wantiez



Réalisation d'un projet aquacole régional

Le projet de développement d'une aquaculture océanienne durable (ci-après l'« Activité ») a été mis en œuvre avec succès dans l'ensemble des 22 États et Territoires membres de la Communauté du Pacifique sur une période de cinq ans, du 30 juin 2016 au 30 juin 2021. Financé par le Programme d'aide néo-zélandais sous l'égide du ministère des Affaires étrangères et du Commerce, le projet visait à accompagner la gestion des risques en matière de biosécurité aquatique, à conférer une dimension plus commerciale aux activités aquacoles et à favoriser l'adoption de pratiques améliorées dans ce domaine.

L'Activité a permis de renforcer les capacités en matière de biosécurité aquatique à l'échelle régionale grâce à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un Cadre régional pour la biosécurité aquatique. Dans ce contexte, des plans et des normes sur la biosécurité aquatique ont été conçus, adoptés et appliqués à l'échelle nationale dans le but de renforcer les capacités des pays en matière d'évaluation des risques et de santé des espèces aquatiques, ainsi que d'améliorer les systèmes nationaux de déclaration des maladies des espèces aquatiques.

L'Activité a contribué à développer le sens des affaires des exploitants aquacoles du secteur privé par l'intermédiaire d'actions de formation et de mentorat pour les entrepreneurs, axées sur le renforcement des compétences entrepreneuriales de base. Les entreprises ont été sélectionnées sur la base d'appels à propositions et des consultants externes internationaux et nationaux, recrutés par le biais du projet, ont assuré les services de mentorat. Le transfert de technologie vers les entreprises sélectionnées s'est fait par l'intermédiaire d'un mécanisme de cofinancement, 60 % du soutien financier étant fourni par l'Activité, et 40 % par

l'entreprise sélectionnée. En outre, l'Activité a favorisé l'adoption de pratiques aquacoles améliorées en renforçant les capacités des pouvoirs publics et des exploitants en matière de gestion des alvins, de l'alimentation et des stocks de géniteurs.

Grandes réalisations du projet

- Grâce au projet, les membres de la CPS sont aujourd'hui bien mieux à même de déclarer leur statut zoosanitaire pour les maladies aquatiques à l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE). Alors qu'en 2016, seuls deux pays océaniques soumettaient régulièrement des rapports à l'OIE (Nouvelle-Calédonie et Polynésie française), ils étaient 12 (3 membres et 9 non-membres de l'OIE) à le faire une fois par an en 2021. Dans le cadre de l'Activité, des efforts considérables ont été consentis pour inciter les États et Territoires insulaires océaniques non membres de l'OIE à soumettre à cette dernière des rapports annuels volontaires, à titre de bonne pratique aquacole.





Membres du groupe de femmes de Muairai effectuant des travaux d'entretien dans une exploitation ostréicole de mangrove à Vutia, dans la province de Rewa aux Fidji. (Crédit photo : ©Tim Pickering, CPS)

- ◆ Le nombre de pays océaniques effectuant une surveillance régulière des maladies et des menaces est également en hausse. En effet, seuls deux pays océaniques (Nouvelle-Calédonie et Polynésie française) menaient une surveillance ciblée des risques biologiques identifiés d'importance nationale au début du projet, et trois autres (Fidji, Papouasie-Nouvelle-Guinée et Vanuatu) se sont joints à eux cinq ans plus tard.
- ◆ Sur le plan des politiques, le nombre d'États et Territoires insulaires océaniques dotés de plans nationaux de biosécurité aquatique est maintenant supérieur à l'objectif, qui avait été fixé à 6 : cinq ans après le début du projet, 7 pays étaient dotés d'un tel plan, contre aucun au début du projet.
- ◆ Des progrès ont été enregistrés dans l'adoption et l'application des pratiques aquacoles améliorées. La formation de groupements d'exploitations aquacoles aux Fidji et en Papouasie-Nouvelle-Guinée a permis de renforcer l'accompagnement sur site, ainsi que l'échange de connaissances et d'informations entre exploitants. L'examen indépendant à mi-parcours du projet a révélé que cette initiative portait ses fruits.
- ◆ Un Cadre régional pour la biosécurité aquatique¹ a été formulé pour la région et adopté par la première Conférence régionale des ministres des Pêches en 2020.
- ◆ En ce qui concerne l'accompagnement technique du secteur privé, la cible avait initialement été fixée à 25 entreprises privées. À l'issue de trois appels à propositions, 17 entreprises privées, une association de producteurs et un établissement de formation à l'aquaculture ont été sélectionnés et ont reçu une assistance dans le cadre d'un accord de subvention, prévoyant des activités de renforcement des capacités, de mentorat entrepreneurial et de transfert de technologie financées à hauteur de 60 % au titre de l'Activité et cofinancées à hauteur de 40 % par l'entreprise visée. Les bénéficiaires étaient issus de 11 États et Territoires insulaires océaniques (Fidji, Kiribati, Îles Marshall, États fédérés de Micronésie, Nouvelle-Calédonie, Palau, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Polynésie française, Îles Salomon, Tonga et Vanuatu), représentant les trois sous-régions océaniques que sont la Mélanésie, la Micronésie et la Polynésie.

Principaux enjeux et défis

- ◆ Il a fallu relever un certain nombre de défis d'ampleur pour collaborer avec les entreprises. Il convient de souligner que les priorités du secteur privé peuvent évoluer très rapidement et que, en raison des règles de la CPS en matière d'achat, il est compliqué de s'adapter et d'obtenir des approbations dans des délais assez courts pour répondre aux besoins du secteur privé en temps opportun.

¹ <https://purl.org/spc/digilib/doc/oufbj>

² En vertu de ce programme de subventions, l'Activité couvre 60 % des coûts et l'entreprise assume les 40 % restants.

- Il est aussi difficile de faire en sorte que davantage d'entreprises appartenant à des femmes ou dirigées par des femmes présentent des demandes d'assistance au titre du programme de subventions 60/40 %2 destiné aux entreprises privées. L'équipe de l'Activité a reformulé l'avis du troisième appel à propositions sous un nouvel angle narratif afin d'attirer davantage d'entrepreneuses. Il convient de continuer à procéder ainsi, tout en reconnaissant le rôle double de l'« exploitation familiale » configurée sur le modèle mari et femme, et de poursuivre les activités de soutien dans ce domaine.
 - Une des tâches importantes menées dans le cadre de l'Activité a été la mise en place d'un dépistage des maladies des espèces aquatiques par le prélèvement d'échantillons biologiques, expédiés dans des laboratoires de référence pour analyse. Il est important de souligner que le refus d'un État ou Territoire membre de déclarer un résultat positif à l'OIE constitue un problème. Il n'existe aucun mécanisme permettant à la CPS, en sa qualité de maître d'œuvre de l'Activité et de bailleur de fonds des analyses de dépistage, d'exiger la déclaration du résultat positif à l'OIE. Il convient d'y remédier au moyen d'un mécanisme ad hoc.
 - L'incertitude qui entoure la levée des restrictions liées à la COVID-19 dans les États et Territoires insulaires océaniques demeure en 2022 et pèsera sur la prochaine phase de l'Activité, menée dans le cadre du projet Pêches côtières et aquaculture durables pour les moyens de subsistance, l'alimentation et la sécurité économique du Pacifique (SCoFa) du ministère néo-zélandais des Affaires étrangères et du Commerce.
 - Les missions d'accompagnement sur site des groupements d'aquaculteurs et des entreprises dans le domaine de la bio-sécurité aquatique restent un volet particulièrement difficile à mettre en œuvre et n'ont pu avoir lieu dans le cadre de l'Activité, tant que les restrictions liées à la COVID-19 étaient en vigueur.
 - Le recours à des consultants nationaux a donné des résultats mitigés et n'a fonctionné que dans les pays océaniques où l'on trouve un important vivier d'experts. Néanmoins, en fonction du domaine de compétence recherché, il peut être compliqué de recruter des consultants et, pour certaines missions, il a fallu faire appel à des chasseurs de têtes. Dans certains pays océaniques, il existe de bonnes capacités locales sur le terrain, qui peuvent être complétées par les services des pêches nationales (ou du personnel de la CPS lorsque des agents compétents sont disponibles). Cela a notamment été le cas pour des travaux de valorisation des algues aux Îles Salomon, qui ont bénéficié d'une assistance technique du personnel du bureau de la CPS à Honiara et d'agents du service des pêches national.
- l'agent national (Technicien-ne de production aquacole) après sa démission. Ce poste a été transformé en poste de cadre à recrutement international (Technicien-ne en aquaculture) dans le cadre de la nouvelle Activité, ce qui devrait permettre d'attirer davantage de candidats, plutôt que de conserver un poste à recrutement local destiné à des candidats du pays hôte.
- Certains des ateliers et formations pour lesquels les participants reçoivent un financement pour se rendre à l'étranger doivent être mieux ciblés pour bénéficier à ceux qui en profiteront le plus et qui mettront en application les enseignements. L'essor spectaculaire des plateformes en ligne ces deux dernières années pour l'organisation de formations et d'ateliers, qui s'explique par les restrictions de voyage liées à la pandémie, a eu le mérite de permettre à un public plus large d'assister aux ateliers ; la participation des femmes a notamment connu une hausse considérable. Le recours aux plateformes en ligne sera maintenu s'il y a lieu pour les formations et ateliers.
 - Le programme de subventions 60/40 % a suscité des difficultés, en particulier pour les propriétaires de petites exploitations. En effet, même s'ils sont susceptibles de bénéficier le plus du processus, ils ont souvent bien du mal à réunir le montant de leur contribution, fixée à 40 %. Le programme doit être rationalisé autour d'un processus mieux adapté et simplifié, afin que les petits exploitants puissent déposer leur candidature et satisfaire aux critères de sélection. Les entreprises de plus grande taille ont besoin de moins de soutien ; à l'avenir, il convient donc de mettre davantage l'accent sur les petites et moyennes entreprises.
 - L'exclusion des Territoires lors de la phase de conception du projet et au cours de la première année de l'Activité a été source de confusion et de désorganisation dans son exécution, car le projet sur la bonne gestion des pêcheries côtières, mené en parallèle, incluait bien les Territoires. Ceux-ci ont exprimé leur préoccupation à l'occasion de la dixième Conférence des directeurs des pêches et ont demandé à pouvoir bénéficier de l'Activité. Après discussion, ce point a été accepté lors de la réunion suivante du comité de pilotage de l'Activité.
 - Il a été difficile d'évaluer l'impact et la contribution de l'Activité au regard des buts à moyen et long terme en raison de l'absence de données de référence fiables dans les cadres de résultats. Pour une Activité nouvelle comme le projet SCoFa, il faut recueillir des données de référence concrètes : il convient de commander une évaluation régionale détaillée des secteurs de la pêche côtière et de l'aquaculture la première année, puis une évaluation de suivi au bout d'au moins cinq ans.
 - Des efforts considérables ont été consentis pour renforcer le rôle des femmes dans l'aquaculture, en particulier en soutenant les entreprises dirigées par des femmes. Sur les 19 entreprises accompagnées, deux étaient dirigées par des femmes, dont l'une est parvenue à établir une éclosion privée de tilapias à vocation commerciale. L'attention devra continuer à se porter sur l'augmentation de la visibilité du rôle des femmes et sur le renforcement de la participation des femmes dans l'aquaculture.

Principaux enseignements tirés afin d'améliorer les prestations à l'avenir

- Le recrutement et le remplacement du personnel sont essentiels pour que l'Activité puisse être mise en œuvre efficacement et en temps opportun. Les deux cadres et l'agent national recrutés ont pris leurs fonctions six mois après le début de l'Activité. Il n'a pas été facile de remplacer

Relations

Des relations et des partenariats ont été noués en interne, au sein de la Division pêche, aquaculture et écosystèmes marins de la CPS, ainsi qu'avec d'autres divisions de la CPS. L'équipe de l'Activité a étroitement collaboré avec la Division ressources terrestres et aquatiques, ce qui a donné lieu à l'organisation d'un atelier régional conjoint sur la gestion des risques liés à la biosécurité. Une collaboration étroite a également été mise en place avec la Division droits de la personne et développement social de la CPS, en particulier pour ce qui est des questions de genre et d'inclusion sociale dans l'aquaculture. Des relations et des partenariats externes ont été noués avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'OIE : diverses réunions régionales conjointes ont été organisées, comme la réunion sous-régionale CPS/FAO/OIE sur la préparation et la riposte aux urgences sanitaires pour les États et Territoires insulaires océaniques en 2019, et deux évaluations ont été commandées, la première portant sur l'impact des espèces aquatiques exotiques dans le Pacifique (2018)³ et

la deuxième sur l'élaboration de la stratégie nationale pour la santé des espèces aquatiques et la biosécurité des États fédérés de Micronésie⁴. Au sein du Programme pêches côtières et aquaculture de la CPS, l'équipe de l'Activité a travaillé en bonne intelligence avec l'équipe de la Section science et gestion halieutiques côtières et moyens de subsistance au renforcement des domaines relatifs à la gouvernance, tels que l'élaboration de plans stratégiques nationaux pour l'aquaculture, l'évaluation de la législation et, plus récemment, le suivi, le contrôle et la surveillance (SCC).

L'équipe de l'Activité a noué des relations de travail saines avec le secteur aquacole privé, en particulier en travaillant au renforcement des capacités de 19 entreprises, par l'intermédiaire de formations aux compétences commerciales, d'activités de mentorat, ainsi que de transferts de technologie dans 11 États et Territoires insulaires océaniques. Des partenariats ont également vu le jour avec des organisations non gouvernementales, par exemple avec la Wildlife Conservation Society (WCS)⁵ aux Fidji, qui a participé à l'accompagnement de fermes perlicoles communautaires.

³ García-Gomez R., Bermudes, M. & Pickering, T. 2018. *Case studies on the impacts of aquatic exotic species in the Pacific*, CPS.

⁴ MacKinnon, B., Lavilla-Pitogo, C.R., Arthur, J.R., Vitug, A.A., García Gómez, R., Wichap, J., Martin, V. and Bondad-Reantaso, M.G. 2020. National Aquatic Animal Health and Biosecurity Strategy – FAO project TCP/MIC/3603/C2 for The Federated States of Micronesia. Circulaire n° 1209 de la FAO sur les pêches et l'aquaculture. Rome, FAO. (<https://doi.org/10.4060/ca9814en>)

⁵ Vitukawalu B., Mangubhai S., Ma F., Dulunaqio S., Pickering T., Whitford J. 2020. Installation d'une ferme perlicole communautaire dans le village fidjien de Vatulele. Lettre d'information sur les pêches n° 160. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Communauté du Pacifique. (<https://purl.org/spe/digilib/doc/6bdgw>)

Tilapias prêts à être distribués. (Crédit photo : ©Avinash Singh, CPS)



Conclusion

Une importante contribution a été apportée au renforcement des capacités et des connaissances, et à l'élaboration de normes pour la biosécurité aquatique à l'échelle nationale et régionale. L'adoption du Cadre régional pour la biosécurité aquatique a fourni aux États et Territoires membres une feuille de route pour l'établissement de plans nationaux de biosécurité aquatique, la mise en place d'une surveillance des maladies des espèces aquatiques et la gestion des risques en matière de biosécurité aquatique. En outre, l'Activité a grandement contribué à l'accompagnement des entreprises du secteur privé (renforcement des capacités, mentorat entrepreneurial et transfert de technologie), ce qui a permis de développer le sens des affaires des exploitants et d'améliorer les pratiques aquacoles, par exemple par le biais de la diversification des produits primaires ou de l'élaboration de nouveaux produits pour de nouveaux marchés, ainsi que d'améliorer la résilience des producteurs face aux répercussions de la pandémie de COVID-19, les petites entreprises créant leur propre écloserie et produisant des juvéniles à échelle commerciale afin d'éviter de dépendre de l'approvisionnement des éclosiers publics ou des juvéniles importés provenant d'éclosiers commerciaux. Les petits exploitants individuels ont réalisé des économies d'échelle accrues en s'organisant en groupements ou grappes d'exploitations, propices à la vulgarisation entre pairs au niveau de l'exploitation, au renforcement du partage d'informations et de l'entraide entre exploitants, et à la mise en commun de ressources et à l'accompagnement d'un plus grand nombre d'exploitants, ce qui facilite la logistique. Même si les groupements d'exploitations ciblaient exclusivement l'aquaculture du tilapia aux Fidji et en Papouasie-Nouvelle-Guinée, des enseignements peuvent en être tirés pour contribuer à l'avenir à l'élargissement du travail par grappes dans d'autres pays océaniques.

J'adresse mes sincères remerciements au ministère néo-zélandais des Affaires étrangères et du Commerce, bailleur, chef de file et partenaire de choix de cette Activité.

Pour plus d'informations

Robert Jimmy

Conseiller en aquaculture, CPS

robertj@spc.int

Timothy Pickering

Conseiller en aquaculture continentale, CPS

timp@spc.int

Holothuries de sable (*Holothuria scabra*), produites par induction de ponte et élevées au centre de mariculture du ministère fidjien des Pêches situé à Galoa, sur Viti Levu, destinées à l'élevage en mer en association avec des aires marines protégées sous gestion communautaire. (Crédit photo : ©Avinash Singh, CPS)



La nature revendique de plus en plus de droits, mais qu'en est-il des poissons ?

Introduction

Au cours des quinze dernières années, un nouveau type de droits, désigné sous le nom collectif de « droits de la nature », est apparu dans un nombre croissant de pays, afin de définir une nouvelle approche pour une meilleure protection de l'environnement et de mettre un terme à la dégradation toujours plus forte du monde naturel, y compris des ressources halieutiques. En 2021, la Communauté du Pacifique (CPS) a fait procéder à un examen des initiatives nationales et locales menées dans le monde et à une analyse juridique comparative dans le but de cerner les tendances et les enseignements utiles aux États et Territoires insulaires océaniques.

Principales conclusions

Oui, la nature a des droits, tout comme les êtres humains

Dans certains pays, des droits propres ont été conférés à la nature ou à certains écosystèmes particuliers (cours d'eau, montagne, forêt ou espace terrestre). Ainsi, l'Équateur et la Bolivie ont reconnu les droits de la nature en général, le premier en l'inscrivant dans sa Constitution et la seconde par voie de législation nationale, tandis que le Canada et la Nouvelle-Zélande ont accordé des droits à un écosystème spécifique, en l'occurrence un cours d'eau. Si de nombreux écosystèmes se sont vu reconnaître des droits propres, le mode de reconnaissance varie selon les pays, souvent en fonction de l'histoire de chaque pays et de la situation locale.

De quels droits la nature dispose-t-elle ?

Le concept de droits de la nature rejette l'idée que la nature appartient aux êtres humains, autrement dit qu'elle est un objet susceptible d'être détenu et exploité par eux. Il milite pour la reconnaissance des droits du monde naturel à l'existence, à l'épanouissement, à la régénération et à l'évolution naturelle – la nature comme sujet de droit. En général, ces droits fondamentaux englobent le droit à la restauration, qui, loin de se limiter à des réparations financières, peut ouvrir la voie à des mesures concrètes pour restaurer les écosystèmes dans leur état d'origine.

« Les droits de la nature peuvent-ils constituer un outil au service d'une gestion efficace des ressources halieutiques côtières, soutenue par une approche écosystémique et mise en œuvre par les populations locales ? »

En Océanie, il est possible de reconnaître la nature comme sujet de droit...

« Le principe unitaire de vie qui signifie que l'homme appartient à l'environnement naturel qui l'entoure et conçoit son identité dans les éléments de cet environnement naturel constitue le principe fondateur de la société kanak. Afin de tenir compte de cette conception de la vie et de l'organisation sociale kanak, certains éléments de la Nature pourront se voir reconnaître une personnalité juridique dotée de droits qui leur sont propres, sous réserve des dispositions législatives et réglementaires en vigueur. »

(article 110-3 du Code de l'environnement de la province des îles Loyauté, Nouvelle-Calédonie)

Certains pays, tels que la Nouvelle-Zélande, ont ajouté à ces droits intrinsèques de la nature et des entités naturelles des droits procéduraux généralement réservés aux personnes morales, par exemple le droit d'ester en justice, de conclure des contrats ou d'être propriétaire de biens.

Qui représente la nature devant les tribunaux ?

Lorsque la nature ou un écosystème est reconnu comme personnalité juridique, la protection de ses droits est généralement confiée à un tuteur (un groupe ou une personne) nommé à cet effet. En revanche, lorsque des droits sont accordés à la nature ou à un écosystème sans personnalité juridique, la protection desdits droits incombe généralement au grand public, à titre collectif ou individuel ; autrement dit, la nature intente des actions en justice par la voix de son tuteur ou du grand public.

Les écosystèmes marins ont-ils des droits ?

À ce jour, aucune zone marine ni aucun océan ne s'est vu attribuer de droits. En revanche, l'Australie a tenté de reconnaître la Grande Barrière de corail comme sujet de droit en 2018. Le projet de loi proposé en ce sens vise à protéger la santé et le bien-être de cet écosystème en reconnaissant ses droits intrinsèques à exister, à s'épanouir, à se régénérer et à évoluer naturellement, ainsi que son droit à la restauration.

Cette démarche suscite de plus en plus d'intérêt, et des droits ont été attribués à un éventail très diversifié d'écosystèmes, de même qu'à des espèces végétales (telles que le manoomin, ou riz sauvage, aux États-Unis). On peut se demander combien de temps il faudra avant que des droits soient accordés aux écosystèmes marins (par exemple aux zones tabou ou sacrées), voire à des espèces marines (par exemple des espèces d'algues menacées ou des animaux totems, tels que les requins dans certaines cultures).

Et ensuite ?

L'étude de la CPS, en cours d'examen, vise à expliquer l'émergence des droits de la nature, leur mode de reconnaissance et les types de droits reconnus. Elle pose aussi la question de savoir comment les droits de la nature peuvent renforcer ou améliorer la gestion des ressources halieutiques côtières dans la province des îles Loyauté, et peut-être dans toute l'Océanie.

Compte tenu de la relation particulière qui lie les peuples du Pacifique à leur environnement naturel et de la forte dépendance des économies et des moyens de subsistance de la région à l'égard des ressources marines, l'étude et les nombreux exemples qu'elle contient pourraient ouvrir des pistes de réflexion pour la préservation du littoral en Océanie.

Pour plus d'informations :

Ariella D'Andrea,
Conseillère juridique, Programme pêches
côtières et aquaculture, CPS – ariellad@spc.int








Solène Devez
Auxiliaire de recherche juridique, Programme
pêches côtières et aquaculture, CPS – solened@spc.int

Philippe Cacaud
Consultant indépendant, juriste spécialiste de
la pêche
pcacaud06@gmail.com



L'aiguille de Prony, en Nouvelle-Calédonie, et l'un de ses nombreux habitants.
(Crédit photo : ©Matthieu Juncker)

États et Territoires ayant reconnu les droits de la nature (liste non exhaustive)

Bolivie 	Loi de 2010 sur les droits de la Terre Mère
Colombie 	Arrêt de la Cour constitutionnelle, 2016 (fleuve Atrato)
Équateur 	Constitution de 2008
Québec, Canada 	Résolution du Conseil des Innu de Ekuanitshit, 2021 (rivière Magpie) et Résolution de la Municipalité régionale de comté de Minganie, 2021
Nouvelle-Calédonie 	Code de l'environnement de la province des îles Loyauté, 2016
Nouvelle-Zélande 	Te Urewera Act 2014 (loi sur les terres et communautés autochtones) Te Awa Tupua (Whanganui River Claims Settlement) Act 2017 (règlement des revendications sur le fleuve Whanganui)
USA 	Ordonnance de la ville de Nottingham sur les droits à l'eau et l'autonomie locale, 2008 Ordonnance sur les droits du <i>manoomin</i> (Minnesota, 2018)



Rédaction de textes législatifs relatifs aux pêches côtières : une nouvelle formation en ligne est disponible !

Le Programme pêches côtières et aquaculture de la Communauté du Pacifique (CPS) a récemment mis en ligne un nouveau programme de renforcement des capacités axé sur la rédaction de textes normatifs relatifs aux pêches côtières, qui est destiné aux chargés des politiques et des affaires juridiques du secteur halieutique dans les États et Territoires insulaires océaniques. Cette formation a été élaborée en collaboration avec le Hastings College of the Law de l'Université de Californie (UC Hastings). Sa mise au point a été financée par le ministère néo-zélandais des Affaires étrangères et du Commerce, dans le cadre du projet sur la bonne gestion des pêcheries côtières.

Pourquoi cette formation ?

Depuis 2003 au moins, les États et Territoires insulaires océaniques soulignent la nécessité d'un appui juridique à la préparation et à la révision des textes normatifs relatifs aux pêches côtières dans les instances régionales, comme la Conférence des directeurs des pêches et la Conférence technique régionale sur les pêches côtières de la CPS¹. Cette dernière offrait son assistance sous la forme d'actions de mentorat et de formation en présentiel dans le domaine juridique², jusqu'à ce que la pandémie de COVID-19 mette un terme aux déplacements au sein de la région Pacifique. Bien que les restrictions soient levées peu à peu, la mise en place d'ateliers en ligne – ou tout du moins hybrides – semble inévitable. Dans ce contexte, la CPS a le plaisir d'annoncer le lancement d'une nouvelle formation en ligne sur la rédaction de textes législatifs relatifs aux pêches côtières, qui vise à renforcer les capacités à l'appui d'une gestion efficace des pêches côtières.

Aperçu du contenu

La formation porte sur les techniques de rédaction et d'analyse des textes normatifs. Les participants découvriront notamment comment rédiger clairement et sans ambiguïtés, organiser des concepts de façon logique, et convertir des propositions stratégiques en textes normatifs. Cette formation en ligne combine différents supports d'apprentissage, tels que vidéos de cours, diaporamas, lectures recommandées, quizz, exercices ou devoirs, afin d'être aussi attractive que possible pour les participants. Elle nécessite de disposer d'une connexion à Internet et se compose de deux sessions de cinq modules chacune : La première session explore les bases de la rédaction juridique dans le domaine des pêches côtières, et peut être suivie en ligne sans nécessité d'un retour personnalisé de la part de la CPS ; la seconde session vise à guider les participants à travers le processus de rédaction, et nécessite un retour personnalisé de la part du personnel de la CPS.

Acquis d'apprentissage et évaluation

Après avoir suivi avec succès cette formation, les participants auront conscience de l'importance de rédiger clairement, maîtriseront la structure d'un texte législatif et pourront formuler un texte législatif en des termes clairs de manière à atteindre des objectifs stratégiques définis. Plus important encore, ils seront en mesure d'analyser et de revoir de façon constructive le fond et la forme d'un texte législatif et des documents explicatifs qui l'accompagnent, et de déterminer comment les améliorer.



Un atelier d'évaluation des compétences sera ensuite organisé pour permettre aux participants qui auront suivi l'ensemble de la formation en ligne de présenter leur travail et de partager leur expérience de la rédaction de textes normatifs avec leurs homologues.

Accès à la formation et durée

N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez apprendre à rédiger des lois et des règlements sur les pêches côtières, ou si vous connaissez une personne intéressée. Nous diffuserons les informations d'inscription par les voies officielles de la CPS. Aucune connaissance préalable des pêches côtières ou de la législation n'est requise. La durée totale de la formation est estimée à 25 à 30 heures environ, mais les participants peuvent suivre chacun des dix modules en ligne à leur propre rythme. Ceux qui auront suivi la formation avec succès pourront participer à l'atelier d'évaluation, qui sera supervisé et animé par la CPS afin de garantir des échanges fructueux au sein de la région.

Pour plus d'informations :

Ariella D'Andrea, Conseillère juridique pour les pêcheries côtières et l'aquaculture, CPS
ariellad@spc.int

Solène Devez, Auxiliaire de recherche juridique (pêches côtières et aquaculture), CPS
solened@spc.int

Jessica Vapnek, Chargée de cours en droit, UC Hastings, Directrice associée des programmes internationaux
vapnekjessica@uchastings.edu

¹ Recommandation 4 du Plan stratégique en matière de gestion halieutique et de pêche côtière durable en Océanie, adopté par la troisième Conférence des directeurs des pêches de la CPS : « Que la CPS établisse un service juridique pour répondre à des demandes d'assistance de pays insulaires sur la législation relative aux pêches côtières. » (Troisième Conférence des directeurs des pêches/document de travail 7 p. 13 ; voir Recommandations de la troisième Conférence des directeurs des pêches, point 13).

² Guide de rédaction des textes normatifs relatifs à la pêche côtière et à l'aquaculture, par Alex Sauerwein, Ariella D'Andrea et Jessica Vapnek. Lettre d'information sur les pêches n° 164 (janvier–avril 2021).

Les DCP, une affaire de famille : faire appel aux valeurs océaniques pour promouvoir les bonnes pratiques de pêche sur DCP

Dans le cadre du plan de développement stratégique des dispositifs de concentration de poissons (DCP) en vigueur à Nauru, une boîte à outils communautaire a été mise au point autour de plusieurs thématiques, telles que le mauvais usage des DCP, le vandalisme et la maintenance des dispositifs.

Le programme DCP à Nauru

Comme de nombreux autres pays insulaires océaniques, Nauru a recours aux DCP pour renforcer la sécurité alimentaire locale, améliorer la sécurité et l'efficacité de la pêche, et proposer une solution de substitution à la pêche récifale. Si l'efficacité des DCP artisanaux pour les pêcheries de Nauru n'est plus à prouver, les réunions de concertation tenues avec les parties prenantes ont permis de mettre le doigt sur quelques problèmes qui freinent la réussite du programme.

- Sensibilisation du grand public : l'effort de pédagogie doit porter non seulement sur les DCP à proprement parler, mais aussi sur leurs avantages et leur mode de fonctionnement.
- Dégradation intentionnelle : des actes de vandalisme ont été signalés, souvent commis par des pêcheurs qui

détachent les pavillons de signalisation pour empêcher les autres pêcheurs de localiser les DCP.

- Dégâts non intentionnels : les DCP sont également endommagés involontairement, par exemple par des pêcheurs non informés qui amarrent leur bateau aux dispositifs pour économiser du carburant.
- Conflits entre pêcheurs : les conflits entre utilisateurs de DCP semblent rares à Nauru, mais on signale quelques différends entre jeunes pêcheurs qui ne maîtrisent pas les techniques de pêche sur DCP.

Dans le cadre d'une collaboration entre le Service des pêches et des ressources marines de Nauru (NFMRA) et la Communauté du Pacifique (CPS), l'entreprise Story 1st, Technology 2nd (S1T2) a été missionnée pour contribuer à l'élaboration d'une campagne de sensibilisation ad hoc au titre du projet sur

WHAT ARE ARTISANAL FADs?

ARTISANAL FISH AGGREGATING DEVICES (FADs) ARE ANCHORED RAFTS IN THE OCEAN THAT ATTRACT FISH TO A PLACE THAT CAN BE EASILY FOUND BY FISHERS.

ARTISANAL FADS MAKE IT EASIER FOR LOCAL FISHERS TO CATCH PELAGIC FISH

ARTISANAL FADS WITHIN SPECIFIC FISHING ZONES PROVIDE BETTER SAFETY AT SEA FOR LOCAL FISHERS

ARTISANAL FADS MEAN MORE FOOD FOR THE FAMILY AND COMMUNITY

ARTISANAL FADS ALLOW LOCAL FISHERS TO SAVE FUEL BY GOING DIRECTLY TO WHERE THE FISH GATHER

FADs CAN GET OVERCROWDED
With only a few FADs currently in Nauru, we need to work together to protect and share them.

FADs CAN BE LOST OR DESTROYED WITHOUT PROPER CARE
Report any damaged or lost FADs to the Nauru Fisheries and Marine Resources Authority (NFMRA).

FADs MAY BE VANDALISED BY PEOPLE WHO DO NOT UNDERSTAND THEIR BENEFITS
If you see someone damaging a FAD, explain to them their purpose and the benefits FADs have to the Nauruan community.

FADs for FAMILY
BY USING AND PROTECTING ARTISANAL FADs, YOU SUPPORT YOUR FAMILY AND THE NAURUAN COMMUNITY.

© Pacific Community (SPC) 2022
This document was produced with the financial support of the European Union, the Government of Sweden and the New Zealand Aid Programme. Its contents do not necessarily reflect the views of the European Union, the Government of Sweden and the Government of New Zealand.

Logos: European Union, Sweden (Sverige), New Zealand Aid Programme, PEUMP, Pacific Community (Communauté du Pacifique).

¹ Le projet sur la bonne gestion des pêcheries côtières est financé par le Programme d'aide néo-zélandais.

² Le programme PEUMP est financé par l'Union européenne et le Gouvernement suédois.



Image tirée de la vidéo « Les DCP, une affaire de famille » : un père enseigne à son fils comment pêcher sur DCP.

la bonne gestion des pêcheries côtières¹ et du Programme de partenariat marin Union européenne-Pacifique (PEUMP)².

Facteurs d'intérêt et de motivation à Nauru

Une phase de recherche a d'abord été menée auprès des publics visés afin de définir une stratégie d'information et de recenser des moyens efficaces et efficaces de concevoir une campagne sur les DCP artisanaux à Nauru. Au total, trois séances de discussion virtuelles ont été organisées avec les groupes cibles, composés de pêcheurs, de membres des communautés côtières et de représentants d'associations de femmes et de jeunes.

Si les Nauruans ne sont généralement pas au fait de l'utilisation et de l'intérêt des DCP, l'idée de la famille est en revanche valorisée dans tout le pays : à Nauru, la famille compte plus que tout. Par conséquent, lorsque nous présentons l'utilisation des DCP aux Nauruans, nous nous efforçons, d'un point de vue narratif, de démontrer que cette pratique dépasse la sphère individuelle.

- ◆ Grâce aux DCP, vos proches rentrent au port en toute sécurité.
- ◆ Les DCP donnent aux pêcheurs les moyens de subvenir aux besoins de leur famille.
- ◆ Les DCP présentent des avantages à long terme pour la communauté.
- ◆ Les DCP protègent la culture locale et favorisent la transmission des savoirs aux futures générations de pêcheurs.

Les pêcheurs de Nauru comprennent alors qu'un DCP n'est pas simplement un objet technologique conçu pour attraper plus de poissons, mais qu'il permet de protéger la culture, le bien-être et la communauté.

Il semble donc possible de mettre au point une campagne de sensibilisation efficace, composée de messages clairs et mettant les avantages des DCP au cœur d'un discours narratif persuasif, des précisions supplémentaires pouvant être apportées par la suite si nécessaire. Cette approche permet de s'adresser aux publics sur un plan plus personnel, en faisant appel aux valeurs fondamentales liées à la sécurité de la famille et de la communauté.

Principaux mécanismes de diffusion

Réseaux sociaux. En 2011, plus de 90 % des ménages de Nauru avaient accès à un téléphone portable. Les participants aux séances de discussion ont confirmé que tout le monde avait un smartphone à Nauru. Lors des discussions de groupe, les participants ont systématiquement recommandé l'utilisation des réseaux sociaux (en particulier Facebook), qui leur semblent constituer une plateforme adaptée au travail de sensibilisation, quel que soit l'âge du public cible.

Actions de proximité. Il a été indiqué que les consultations communautaires étaient un outil essentiel du travail de sensibilisation. Selon des participants, il serait utile d'intégrer ces actions de proximité au sein d'activités existantes (par exemple à l'école et lors d'entraînements/de matches de football) afin d'améliorer la portée du travail de sensibilisation et la participation.

Engagement interactif. Il convient de prévoir des activités interactives permettant à la population de mieux s'approprier le concept de DCP et de favoriser l'engagement individuel et collectif pour renforcer la campagne.

Une campagne pas à pas

Le kit de sensibilisation, avec son slogan « Les DCP, une affaire de famille », est désormais disponible en anglais et en nauruan. Il comprend une vidéo qui fait entendre la voix des pêcheurs, une affiche et des illustrations pour les réseaux sociaux mettant en avant les avantages des DCP, ainsi qu'une brochure détaillée avec un code de conduite pour la pêche sur DCP. La vidéo de la campagne sera diffusée plus tard dans l'année à la télévision et sur les réseaux sociaux. Ensuite, afin de mieux intégrer les DCP dans le tissu social et communautaire de Nauru, des visites sur le terrain, des formations avec des pêcheurs, ainsi qu'un concours sur les réseaux sociaux et dans les écoles locales seront organisés.



Accès à la boîte à outils

La boîte à outils, qui peut être adaptée à d'autres pays de la région sur demande, est disponible dans la Bibliothèque numérique de la CPS : https://www.spc.int/DigitalLibrary/FAME/Collection/Toolkit_NAU_FADs



Pour plus d'informations :

Céline Muron

Chargée d'information et de sensibilisation, CPS
celinem@spc.int

Being Yeeting

Conseiller halieutique, NFMRA
byeeting@gmail.com



Le code de conduite relaie cinq messages importants afin que les pêcheurs sachent exactement ce qu'ils doivent faire lorsqu'ils pêchent autour des DCP. Il fait partie d'une brochure réalisée en anglais et en nauruan.

Comment le traité « BBNJ » pourrait aider les responsables de la pêche thonière dans les îles du Pacifique à atteindre certains de leurs objectifs stratégiques communs

Tim Adams¹

Le sigle « BBNJ » désigne la biodiversité marine dans les zones ne relevant pas de la juridiction nationale (Biodiversity in areas Beyond National Jurisdiction)² et, par extension, le processus intergouvernemental visant à rédiger un nouvel accord destiné à combler certaines des lacunes du régime prévu dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (Convention de Montego Bay). Alors que le processus fait l'objet de discussions depuis maintenant 18 ans, la Conférence BBNJ devrait tenir sa dernière réunion en août 2022 afin d'approuver le texte de l'instrument qui sera présenté à l'Assemblée générale des Nations Unies³.

Les lacunes du régime juridique actuel de la Convention de Montego Bay concernent notamment :

- la bioprospection, en particulier l'attribution de droits de propriété intellectuelle relatifs au matériel génétique (« ressources génétiques marines ») dérivé d'organismes se trouvant dans les eaux internationales ;
- la capacité à protéger certaines aires marines ne relevant pas de la juridiction nationale contre toutes les formes d'exploitation nouvelle (par la constitution d'aires marines protégées [AMP]), et à poser les fondements juridiques de la mise en place de mécanismes de gestion et d'attribution de permis d'exploitation responsable (grâce à des outils de gestion par zone) ; et
- la capacité à exiger une étude d'impact sur l'environnement avant le début de toute nouvelle activité potentiellement néfaste pour la haute mer ou les fonds marins internationaux.

La gestion de la pêche en haute mer et l'exploitation minière des fonds marins internationaux sont déjà couverts par les deux accords d'application de la Convention de Montego Bay, à savoir l'Accord sur les stocks de poissons (entré en vigueur en 2001, il forme la base de la Convention pour la conservation et la gestion des stocks de grands poissons migrateurs du Pacifique occidental et central) et l'Accord relatif à l'application de la Partie XI de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (entré en vigueur en 1994 et mis en œuvre par l'Autorité internationale des fonds marins). Le transport maritime international, quant à lui, est géré par l'Organisation maritime internationale. Toutefois, à mesure que la technologie progresse et que les pressions économiques s'intensifient, de nouveaux usages voient le jour en haute mer, des expériences de piégeage du carbone à la mariculture de pleine mer. Bon nombre de ces nouveaux usages ne sont soumis à aucun contrôle ni à aucune

La pêche en haute mer : quelques chiffres

- Seuls 4,2 % du total des prises débarquées dans le monde proviennent de la haute mer, qui ne représente que 2,4 % des ressources alimentaires aquatiques mondiales (en tenant compte de l'aquaculture et des pêcheries en eau douce).
- 9 % des thonidés capturés dans l'océan Pacifique occidental et central le sont en haute mer.
- 68 % des prises de thonidés dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique oriental proviennent de la haute mer.

limite, et ne sont encadrés par aucun mécanisme encourageant le partage équitable des débouchés qu'ils peuvent créer.

Le traité BBNJ portera sur l'attribution de droits de propriété intellectuelle résultant des ressources génétiques marines tirées des zones ne relevant pas de la juridiction nationale, et permettra la création de mécanismes d'évaluation des avantages potentiels ou du préjudice susceptibles de résulter des nouveaux usages de la haute mer, de leur restriction dans l'espace ou de leur autorisation sous certaines conditions. Les utilisations non halieutiques et non extractives de la haute mer ne seront plus une zone de non-droit, et leurs répercussions potentielles sur les pêcheries océaniques n'échapperont plus à tout contrôle.

Plusieurs grands pays pratiquant la pêche en eaux lointaines, et d'autres pays attachés au sacro-saint principe de la liberté de la haute mer se sont déclarés très préoccupés par le fait que le traité BBNJ allait affaiblir les pouvoirs existants des organisations régionales de gestion des pêches dans le domaine de la réglementation de la pêche ou de l'attribution des autorisations de pêche en haute mer. Pourtant, dans sa décision convoquant la Conférence BBNJ, l'Assemblée générale des Nations Unies enjoint expressément cette dernière de s'abstenir de porter préjudice aux mécanismes et accords existants, une consigne que les négociateurs ont pris soin de respecter. Préserver l'exercice quasi sans entraves de la liberté de la haute mer est important pour les pays pratiquant la pêche en eaux lointaines. C'est le constat que dressent depuis longtemps les négociateurs océaniques officiant au sein de la Commission des pêches du Pacifique occidental et central (WCPFC) à chaque fois qu'ils tentent de définir des règles qui permettraient d'empêcher que

¹ Gonedau Consultants. Courriel : tim.adams@gonedau.com

² Les « zones ne relevant pas de la juridiction nationale » sont la haute mer (étendue d'eau à l'extérieur des ZEE) et, pour ce qui est des fonds marins, la zone des fonds marins située au-delà du plateau continental étendu.

³ Pour en savoir plus, voir <https://www.un.org/bbnj/fr>.

la pêche en haute mer ne porte atteinte aux pêcheries ciblant les zones économiques exclusives (ZEE) des petits États insulaires en développement (PEID). C'est aussi la garantie que l'opposition au traité BBNJ et à un nouveau durcissement des normes minimales de la WCPFC applicables à la pêche en haute mer ne faiblira pas.

Le traité BBNJ est-il une bonne ou une mauvaise nouvelle pour la pêche thonière en Océanie ?

Si l'on retrace les positions adoptées par les pays océaniques sur la pêche en haute mer⁴, il apparaît clairement que les États et Territoires insulaires du Pacifique cherchent depuis longtemps à réglementer et à limiter la pêche thonière lointaine dans les zones de haute mer du Pacifique occidental et central ; c'était d'ailleurs l'une des raisons principales pour lesquelles les pays pratiquant la pêche en eaux lointaines ont été invités à la consultation multilatérale de haut niveau qui a mené à la création de la WCPFC elle-même. Malgré quelques avancées initiales – notamment les procédures d'arraisonnement et d'inspection en haute mer, le système de suivi des navires (VMS) en haute mer et l'accord temporaire de la WCPFC pour l'interdiction de la pêche à la senne dans les deux enclaves occidentales de haute mer en conformité avec le troisième accord d'application de l'Accord de Nauru –, la WCPFC (ou, plutôt, les décisions prises par consensus par l'ensemble de ses membres) n'a, d'une manière générale, pas permis d'appliquer des normes

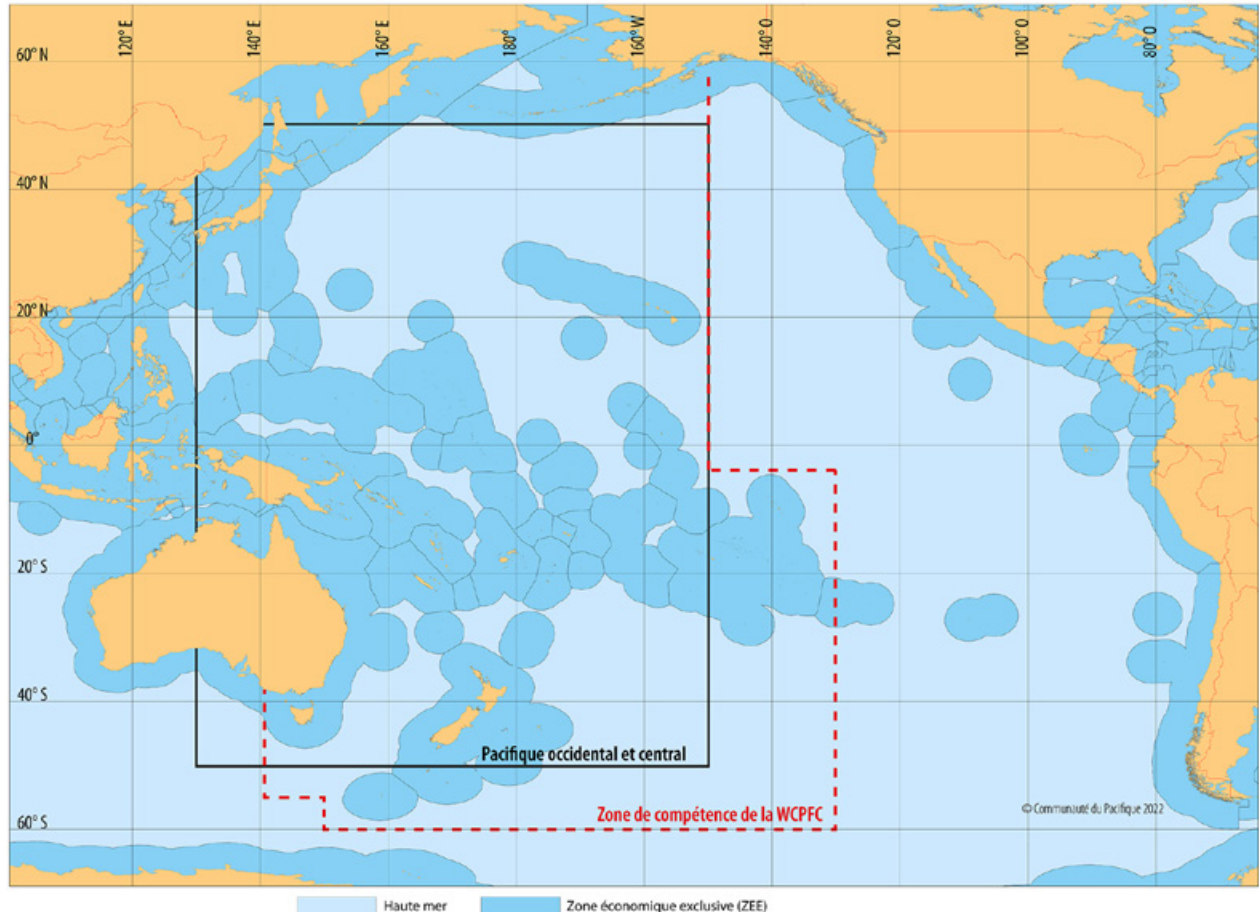
minimales à la pêche en haute mer qui soient compatibles avec celles appliquées collectivement par les PEID aux activités de pêche dans leur ZEE.

Et certains PEID en ont payé les pots cassés. En voici deux exemples.

- Le fait que les normes de pêche soient moins strictes en haute mer a permis à certaines flottilles de palangriers de déplacer leur activité hors de certaines ZEE, lorsque les PEID concernés ont tenté de durcir les règles d'accès à leur espace. Cela a tout particulièrement porté préjudice à Kiribati et aux Îles Salomon.
- La possibilité de pêcher à la senne en haute mer sans verser de droits d'accès a réduit la valeur des journées de pêche allouées aux senneurs dans la ZEE des PEID.

Les AMP en haute mer auront-elles une incidence sur les ressources thonières des PEID ?

Les pêcheries en haute mer du Pacifique tropical occidental et central sont des pêcheries de thonidés. Le droit international définit les thonidés comme des grands migrateurs, et leur pêche est déjà réglementée dans tout le Pacifique, tant en haute mer que dans les ZEE, dans le cadre d'un accord conclu entre les pays membres de la WCPFC. Que la zone de haute mer de la région tropicale de la WCPFC soit entièrement ouverte



⁴ Voir la page : <https://blog.gonedau.com/2022/03/how-new-bbnj-agreement-could-support.html>

ou fermée à l'exploitation, les quantités de thonidés pouvant être prélevées dans toute la région resteront plus ou moins les mêmes, conformément au principe des stratégies d'exploitation adopté par la Commission. La pêche doit donc être contrôlée de façon à ce que la biomasse régionale des stocks de thonidés se maintienne autour d'un point de référence cible défini à l'échelle de la région. Et comme les thonidés peuvent franchir librement les limites entre les ZEE et la haute mer, il importe peu qu'ils soient capturés à l'intérieur d'une ZEE ou en haute mer⁵. Le niveau de capture doit rester le même, que les individus soient pêchés uniquement dans une ZEE, uniquement en haute mer, ou dans les deux zones.

Actuellement, la grande majorité (90 %) des captures de thonidés dans le Pacifique tropical occidental proviennent des ZEE, où la réglementation est plus stricte, la surveillance bien plus forte (en particulier pour la pêche à la palangre) et l'application des règles généralement plus efficace. Transférer les 10 % restants dans les ZEE n'ajouterait pas une pression insurmontable sur les stocks de thonidés grands migrateurs, tout du moins pas au point où elle ne pourrait être contrebalancée par la baisse de la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN), notamment pour ce qui concerne les captures sous-déclarées des palangriers dissimulées par des transbordements en haute mer peu contrôlés.

Il faut aussi noter que l'objectif « 30x30 »⁶ adopté par plus de 70 pays⁷ réunis au sein de l'Alliance mondiale des océans ne vise à protéger que 30 % des océans, et que la WCPFC restera responsable de l'attribution des droits de pêche thonière à l'extérieur des AMP instituées en haute mer. La WCPFC doit déjà tenir compte des exigences spécifiques des PEID en général (et de la situation particulière des PEID qui n'ont pas de frontière avec la haute mer ou dont la ZEE est composée de plusieurs zones non contiguës). Plusieurs pays océaniques sont eux-mêmes intéressés par la pêche thonière en haute mer, mais leurs ambitions ne seront pas contrariées par le traité BBNJ, dans la mesure où la pêche ne sera pas interdite dans l'ensemble de la haute mer et où les PEID devront disposer de droits d'accès privilégiés dans le cadre de la convention de la WCPFC qui régira l'accès aux zones de haute mer hors AMP.

Le traité BBNJ aura-t-il une incidence sur la pêche dans la ZEE des PEID ?

Comme on l'a vu, la grande majorité des thonidés capturés dans la zone d'intervention de la CPS proviennent des ZEE. Le traité BBNJ ne s'appliquera qu'aux zones ne relevant pas de la juridiction nationale, et le projet de texte ne prévoit aucune obligation de compatibilité entre les ZEE et la haute mer. En l'état, le traité n'aura pas d'incidence sur les pêcheries des zones côtières et des ZEE. Aucune zone ne relevant pas de la juridiction nationale n'est située à moins de 200 milles marins (366 km) des côtes d'un pays.

Le traité BBNJ peut en revanche avoir des effets positifs : il permettra d'alléger la charge disproportionnée que font peser les mesures de conservation sur les PEID qui, au nom de la préservation des thonidés, ont institué des AMP à grande échelle au sein de leur ZEE. Aucune AMP n'a pour l'heure été établie dans la zone de haute mer du Pacifique occidental et central. Par conséquent, les petites îles supportent en intégralité le poids de mesures qui, dès lors que les AMP contribuent à la préservation des stocks de thonidés, bénéficient à la région tout entière, y compris aux palangriers qui se massent souvent en haute mer, en lisière de la ZEE des PEID.

Perspectives

Pour voir le jour, ces effets devront faire l'objet de négociations. Un accord sur le texte du traité n'a pas encore été trouvé, et la réalité pourrait encore se révéler très différente des attentes, malgré le nombre de zones de convergence. De même, beaucoup d'incertitudes demeurent autour des mécanismes de mise en œuvre ; celle-ci pourrait être l'affaire d'une organisation internationale ou de plusieurs organisations régionales, ou encore passer par un mécanisme hybride, composé d'un organe mondial qui définirait des normes minimales et d'instances régionales qui les appliqueraient selon des modalités adaptées à chaque grande région océanique.

La prochaine (et, espérons-le, dernière) session de la Conférence BBNJ est prévue pour le mois d'août 2022, sous réserve de l'approbation de l'Assemblée générale des Nations Unies.

En 2021, dans leur Déclaration sur l'océan⁸, les chefs d'État et de gouvernement des États membres du Forum des Îles du Pacifique ont reconnu que la BBNJ et le développement de la pêche ne s'excluaient pas mutuellement. Si le traité est négocié avec soin, il pourrait contribuer considérablement à préserver la biomasse des stocks de poissons, essentielle à la poursuite du développement économique de plusieurs pays insulaires océaniques ainsi qu'au maintien des moyens de subsistance et à la nutrition des populations rurales côtières de la région, ainsi qu'à limiter les risques de pêche INN. Le texte pourrait également aider à garantir une certaine justice climatique, alors qu'au cours des décennies à venir, la warm pool du Pacifique occidental se réchauffera encore et déplacera le centre d'abondance des thonidés vers l'est, des ZEE vers la haute mer du Pacifique central.



Le présent article est une synthèse d'un document en anglais, téléchargeable en cliquant sur le lien suivant :

<https://drive.google.com/file/d/1-StyE6JS48oxPKqQP5jwDanRgljTe6cm/view>

⁵ Il s'agit bien sûr d'une simplification : il y aura des effets locaux, dus à une migration plus rapide ou plus lente, à des conditions océanographiques variables, ou encore à un effort de pêche plus ou moins dense, mais ces effets s'appliquent déjà à la pêche thonière du Pacifique occidental et central, et nous prenons d'ores et déjà de grandes décisions concernant la pêche dans les ZEE et en haute mer, en dépit de ces incertitudes.

⁶ Voir la page : https://en.wikipedia.org/wiki/30_by_30

⁷ Dont plusieurs membres de la CPS : Australie, États-Unis d'Amérique, Fidji, Kiribati, États fédérés de Micronésie, Niue, Palau, Royaume-Uni, Samoa, Tonga et Vanuatu.

⁸ <https://www.forumsec.org/2021/03/22/pacific-islands-forum-leaders-ocean-statement-2020-21/>



Quelle est l'efficacité des dispositifs de concentration de poissons destinés à la pêche artisanale ?

Fabrication du dispositif de flottaison d'un DCP aux Fidji. (Crédit photo : © Michael Savins)

Introduction

Les dispositifs de concentration de poissons (DCP) sont utilisés en Océanie depuis plus de quarante ans pour aider les petits pêcheurs à capturer des poissons pélagiques. La plupart des services des pêches de pays de la région disposent aujourd'hui de programmes de fabrication et de mise à l'eau de DCP, financés par des acteurs locaux et étrangers. De manière générale, les activités de développement des pêches menées depuis de nombreuses années dans toute l'Océanie ont montré que les DCP étaient l'une des rares innovations permettant aux petits pêcheurs d'exploiter de manière plus économique les vastes ressources thonières de la région. Or, si l'efficacité des DCP fait consensus, les preuves quantitatives qui l'attestent sont encore rares.

Le présent article est une synthèse d'un rapport volumineux rendant compte d'une étude menée fin 2020 dans le cadre du projet FishFAD (Améliorer les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire dans le secteur des pêches en Océanie grâce aux dispositifs de concentration de poissons côtiers), financé par le Japon et mis en œuvre par la FAO.

Étude de l'efficacité des DCP

Quel est le degré d'efficacité des DCP ? Sachant que les DCP peuvent être mouillés pour diverses raisons, l'efficacité d'un programme DCP peut se mesurer de plusieurs manières. En d'autres termes, l'efficacité dépend de la finalité du programme. Parmi les grands objectifs des programmes DCP en Océanie, citons l'amélioration des prises par unité d'effort (PUE) de

la pêche pélagique à petite échelle, l'augmentation du rendement économique de l'activité des pêcheurs, l'atténuation de la pression halieutique exercée sur les ressources côtières et le relèvement après une catastrophe naturelle. L'efficacité pourra s'envisager différemment selon l'objectif fixé. Dans le présent rapport, on parlera alors des « dimensions de l'efficacité ».

La présente étude vise à cerner et à examiner les différentes dimensions de l'efficacité des DCP, à réaliser une revue de littérature sur le sujet, à cerner et à étudier les facteurs qui influent sur l'efficacité des DCP et à formuler des observations et des recommandations sur les études à venir, le but ultime étant d'améliorer les programmes DCP.

Précédentes études sur l'efficacité des DCP

L'étude a permis de rassembler 160 articles scientifiques publiés à travers le monde, dont on peut raisonnablement considérer qu'ils sont pertinents pour évaluer l'efficacité des DCP. Ces rapports ont été examinés de près pour ne retenir que ceux qui rendent compte d'études quantitatives portant spécifiquement sur l'efficacité des DCP. Une liste de 17 rapports a ainsi été établie et la dimension considérée dans chaque rapport a été définie. Les termes utilisés pour décrire les différentes dimensions de l'efficacité varient d'un rapport à l'autre, mais, pour faciliter la comparaison, les dimensions ont été regroupées en six catégories générales, résumées comme suit : taux de prise (PUE), rapport coût-efficacité, rentabilité, pression halieutique côtière, production thonière et développement de la pêche sportive. Les articles examinés sont répertoriés dans le tableau 1.

¹ Directeur, Gillett Preston & Associates. Courriel : rgillett1@yahoo.com

Tableau 1. Études sur l'efficacité des DCP : dimension(s) de l'efficacité examinée(s) et résultats.

Auteur	Année de publication	Lieu	Dimension de l'efficacité	Résultats
Buckley	1986	Samoa américaines	PUE	Les PUE sur DCP étaient 3,6 fois supérieures à celles obtenues en pleine mer, et les PUE réalisées à proximité des bancs/monts sous-marins étaient 1,8 et 6,4 fois supérieures à celles sur DCP et en pleine mer, respectivement.
Sims	1988	Îles Cook	Rapport coût-efficacité	Rendement de 312 % pour les investissements injectés dans les DCP.
Buckley <i>et al.</i>	1989	Samoa américaines	PUE	Les informations quantitatives recueillies sur les taux de prise différentiels en pleine mer, sur DCP et à proximité de bancs au large montrent de manière concluante que les DCP constituent un outil efficace pour améliorer les prises à la traîne des poissons pélagiques couramment pêchés aux Samoa américaines.
Cillaurren	1990	Vanuatu	Rentabilité	Les résultats ont montré que la pêche à la traîne sur DCP n'était pas viable, principalement en raison des dépenses d'exploitation à engager pour se rendre sur les sites de mouillage et revenir au port.
Cayré <i>et al.</i>	1991	Comores	PUE	Les DCP ont permis d'accroître de manière significative (+ 86 %) les PUE des deux espèces de thon pêchées à la ligne à main, mais, pour la pêche à la traîne, seules celles du thon jaune ont augmenté (+ 29 %).
MRAG	1994	Fidji	Production thonière, PUE ; pression halieutique côtière	Une hausse considérable du nombre de thons débarqués a été constatée après le mouillage des DCP. Les PUE sur DCP sont supérieures pour le thon jaune (mais pas pour la bonite). Les DCP semblent avoir eu peu d'effet sur l'effort côtier, à l'exception de l'effort au harpon.
MMR	1999	Îles Cook	Rapport coût-efficacité	Le coût unitaire d'un DCP s'élevait à environ 7 000 dollars néo-zélandais, pour un retour estimé à 69 000 dollars néo-zélandais pour la pêche à la traîne en 1989. Le retour était dix fois supérieur au coût unitaire de déploiement.
Chapman <i>et al.</i>	2005	Niue Îles Cook	Rapport coût-efficacité, pression halieutique côtière	À Niue et à Rarotonga, la valeur des prises était largement supérieure au coût du matériel. La performance des DCP en tant qu'outil de gestion (modification de l'effort de pêche côtière) a été plus difficile à déterminer.
Templeton et Blanc	2008	Nauru	Rapport coût-efficacité	Le coût unitaire total d'un DCP côtier était de 2 100 dollars australiens, tandis que les prises sur DCP rapportaient 10 fois le coût d'un DCP. Les DCP côtiers testés présentaient donc un bon rapport coût-efficacité.
Sharp	2011a.	Niue	PUE, rapport coût-efficacité	Bien que les DCP éloignés aient davantage d'impact sur les PUE (kg/h), l'effet positif des DCP côtiers sur les PUE est tout aussi manifeste. Contrairement aux choix opérés dans certaines autres études, l'« avantage » mesuré ici correspond à la somme du gain net de production et des économies de carburants (et pas simplement à la valeur brute des prises). L'investissement public consenti, soit 39 729 dollars néo-zélandais, a rapporté 95 813 dollars néo-zélandais en deux ans.

Tableau 1. (suite)

Auteur	Année de publication	Lieu	Dimension de l'efficacité	Résultats
Beverly <i>et al.</i>	2012	Maurice	Développement de la pêche sportive, rapport coût-efficacité	Le nombre de bateaux de pêche sportive est passé de 40 à 75, mais l'on considère que seuls 45 d'entre eux étaient destinés à une activité de pêche régulière.
Guyader	2013	Guadeloupe	Rentabilité	La rentabilité des bateaux de pêche sur DCP était supérieure à celle des bateaux de pêche côtière.
Sharp	2014	Yap	PUE, pression halieutique côtière, rapport coût-efficacité	Les DCP améliorent l'efficacité de la pêche (augmentation des PUE) ; ils sont susceptibles de réduire l'activité de pêche dans les zones côtières ; le coût de l'achat et de l'installation des DCP est largement compensé par les gains générés par les prises supplémentaires.
Albert <i>et al.</i>	2014	Îles Salomon	Rapport coût-efficacité (PUE et production thonière examinées dans différents articles portant sur la même étude)	Une analyse coûts-avantages a montré que le coût des DCP (matériel, mise à l'eau et formation des pêcheurs) pouvait être amorti en deux à cinq ans, à condition que les dispositifs soient correctement utilisés. Cette étude a également fait l'objet de deux autres publications : Masu et Albert (2014) et Albert <i>et al.</i> (2013), publication comprenant : a) une analyse des PUE, indiquant que les taux de prise à proximité des DCP n'étaient pas significativement supérieurs à ceux réalisés ailleurs ; et b) une analyse de la production thonière, qui révèle que les DCP ont permis d'accroître l'approvisionnement en poissons de quatre communautés.
Albert <i>et al.</i>	2018	Vanuatu	PUE	Contre toute attente, les taux de prise sur DCP n'étaient pas systématiquement supérieurs, quelle que soit la méthode de pêche.
James	2018	Fidji	PUE	Les données semblent indiquer que la pêche sur DCP est deux fois plus efficace que la pêche récifale et lagunaire. Les DCP offrent généralement un meilleur rendement que la pêche hauturière par dollar dépensé, mais un rendement moindre que la pêche au harpon.
Tilley	2019	Timor-Leste	PUE, rapport coût-efficacité	Les DCP ont un effet positif significatif sur la productivité, les PUE moyennes s'établissant à 2,17 kg/(heure-pêcheur) pour la pêche sur DCP contre 1,12 kg/(heure-pêcheur) pour la pêche récifale et 0,8 kg/(heure-pêcheur) pour les autres habitats. Le point neutre est atteint en 18 jours à Vemasse et en 3 343 jours à Biacou.

Plusieurs points d'intérêt se dégagent du tableau 1. Les dimensions les plus communément étudiées sont les PUE (10 études), le rapport coût-efficacité (9), la pression halieutique côtière (3), la rentabilité (2), la production thonière (2) et le développement de la pêche sportive (1). Bien que les études mentionnent un grand nombre d'objectifs associés aux programmes DCP, il semble que la dimension efficacité ait souvent été omise dans

l'analyse (réduction des incidents en mer, production alimentaire après un cyclone, etc.). La lecture attentive des rapports cités dans le tableau 1 laisse apparaître que, souvent, l'étude de l'efficacité des DCP se heurte à certaines difficultés, comme le recours à des données non vérifiées communiquées par les pêcheurs, la différenciation des poissons pêchés sur DCP et hors DCP, et l'utilisation de méthodes inadéquates.

Synthèse des résultats

L'analyse des études figurant dans le tableau 1 a permis de mettre en évidence plusieurs points, détaillés ci-dessous.

<p>Dans quelle mesure les études sur l'efficacité des DCP ont-elles été concluantes ?</p>	<p>Ce que montre l'analyse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les études sur le rapport coût-efficacité et les PUE semblent plutôt concluantes ; nombreuses, elles montrent quasiment toutes que les DCP présentent un rapport coût-efficacité favorable et génèrent des taux de prise relativement élevés. • Il est assez difficile de déterminer si les DCP atténuent la pression halieutique côtière, et les études consacrées à ce sujet n'ont pas permis d'apporter la preuve tangible que les DCP étaient susceptibles de remplir cette fonction. Par conséquent, les résultats de ces études doivent être considérés comme non concluants. • Il en va de même pour les autres types d'études (analyse de la rentabilité, de l'augmentation de la production thonière et du développement de la pêche sportive), réalisées en trop petit nombre pour être jugées concluantes.
<p>Suivi des DCP</p>	<p>Dans le présent rapport, le « suivi » désigne l'observation et la collecte de données périodiques sur les DCP. Il peut s'agir d'informations sur l'état des DCP, les captures, les lieux de pêche, les opérations de pêche, les ventes de poisson et la consommation de poisson.</p>
<p>Activités actuelles de suivi des DCP dans la région</p>	<p>D'après les résultats de deux enquêtes régionales, qui portaient notamment sur le suivi des DCP, la plupart des pays de la région peinent à assurer un suivi. Bon nombre des problèmes rencontrés peuvent être classés en trois catégories : absence de suivi, difficultés liées à la méthode de suivi, et absence d'utilisation des données recueillies.</p>
<p>Conditions requises pour le suivi des DCP</p>	<p>Certaines conditions doivent être réunies pour qu'un programme national puisse assurer efficacement le suivi de ses DCP : des fonds suffisants doivent être affectés au suivi, le programme de suivi ne doit faire l'objet d'aucune restriction budgétaire, le suivi doit susciter l'enthousiasme (du service des pêches et des pêcheurs), le personnel du programme DCP national doit avoir les moyens d'assurer le suivi/établir des rapports, et les résultats doivent être exploités. Plusieurs des rapports et commentaires sur le suivi des DCP semblent présupposer l'existence de cet ensemble de conditions, mais cette vision relève de l'utopie dans la plupart des États et Territoires insulaires océaniques.</p>
<p>Atténuation des problèmes de suivi des DCP</p>	<p>Si l'absence de suivi et de rapports est imputable au manque de ressources et de capacités, on peut, dans un premier temps du moins, envisager un programme simple et peu coûteux. Un programme élémentaire, qui génère des informations utiles à différentes fins, vaut sans doute mieux qu'un système très sophistiqué, mais dysfonctionnel.</p> <p>On peut également envisager de classer par ordre de priorité les différents types de suivi souhaités. Le suivi peut être plus ou moins complexe, depuis l'enregistrement de la présence/absence d'un DCP mis à l'eau jusqu'à la collecte d'informations visant à déterminer si un DCP atténue la pression halieutique côtière. Le pays considéré pourrait déterminer plusieurs types de suivi possibles, associés chacun à un niveau de complexité et de coût, et choisir le type le plus adapté en fonction des objectifs fixés pour les DCP à l'échelle nationale et des moyens disponibles.</p>
<p>Facteurs particuliers qui influent sur l'efficacité des DCP</p>	<p>Les DCP mis à l'eau pour atténuer la pression halieutique côtière semblent dépendre d'un jeu extrêmement complexe de facteurs de réussite, ce qui explique en partie pourquoi aucune étude n'a permis de déterminer la contribution des DCP à la réduction de cette pression.</p> <p>La maîtrise des techniques de pêche sur DCP a une influence importante sur la quasi-totalité des dimensions de l'efficacité de ces dispositifs.</p>
<p>Relation entre le cadre institutionnel du programme DCP et l'efficacité des DCP</p>	<p>Il est aujourd'hui généralement admis que les activités nationales axées sur les DCP sont plus efficaces lorsqu'elles s'insèrent dans un programme DCP national coordonné par le service des pêches que lorsqu'elles sont menées dans le cadre d'un projet ponctuel, tributaire des fonds disponibles, de la pression des pêcheurs ou de la disponibilité de services extérieurs ad hoc.</p> <p>La création d'un programme DCP permanent au sein d'un service des pêches permet de mieux garantir la continuité du travail, d'organiser des formations en interne, d'assurer le transfert des technologies au profit du personnel et d'établir un mécanisme d'interaction avec les parties prenantes. Une entité relevant du service des pêches (par opposition à un projet sans agents permanents) a également plus de chances de bénéficier de financements stables. Sans structure institutionnelle, il est plus difficile de tirer des enseignements des erreurs du passé.</p>



Participation des parties prenantes	Plusieurs études mettent en évidence la contribution essentielle des utilisateurs à l'efficacité des DCP. La situation générale peut être résumée comme suit : il est important d'associer les pêcheurs locaux au processus de sélection des sites de mouillage. Les savoirs de ces pêcheurs peuvent également favoriser l'efficacité des DCP, que l'on pourra positionner dans les lieux de pêche connus pour leur productivité. Le processus de participation communautaire doit impérativement comprendre un dispositif de résolution des conflits et des litiges.
Effet des études relatives à l'efficacité des DCP	Les études relatives à l'efficacité des DCP ont-elles permis de : 1) capter des flux de financement au profit des DCP, et 2) déterminer si les objectifs fixés pour les DCP avaient été atteints ? <ul style="list-style-type: none"> • On dispose de peu d'informations, mais plusieurs exemples semblent confirmer que la réponse à la première question est oui. • Quant à la seconde question, les éclairages offerts par les études d'efficacité dépendent de la solidité de leurs résultats. L'analyse montre que les études d'efficacité ont permis d'évaluer le degré de réalisation des objectifs relatifs au rapport coût-efficacité et aux PUE, mais pas des autres objectifs. • Elle révèle aussi que les études axées sur des objectifs définis (par exemple, rapport coût-efficacité et PUE) semblent avoir livré leurs résultats les plus pertinents dans les premières années qui ont suivi l'introduction des DCP (1980-2000).
Futures études sur l'efficacité des DCP	L'opportunité des études relatives à l'efficacité des DCP varie sans doute considérablement d'un pays océanien à l'autre. Ces études seront probablement bien plus utiles dans les pays où la pêche sur DCP est encore rudimentaire que dans ceux dotés d'un programme DCP national performant. La hiérarchie des priorités déterminera aussi la nécessité de réaliser ou non de nouvelles études sur l'efficacité des DCP. Quelle est l'activité à financer en priorité lorsque les fonds affectés aux DCP et aux travaux connexes sont limités ? À l'évidence, la réponse à cette question variera d'un pays à l'autre, mais, dans nombre de pays, la création et la mise en place d'un programme DCP national constitueront sans doute une priorité, ou primeront tout du moins sur la réalisation de nouvelles études d'efficacité.
Améliorer les futures études relatives à l'efficacité des DCP	La conception des études et leur analyse ultérieure nécessitent une expertise économique pointue. On trouvera dans le rapport complet de l'étude d'autres pistes à creuser pour améliorer les études à venir.
Autres messages importants qui ressortent de l'étude	<ul style="list-style-type: none"> • La maîtrise des techniques de pêche sur DCP a une influence importante sur la quasi-totalité des dimensions de l'efficacité de ces dispositifs. • De même, la participation des pêcheurs aux programmes influence considérablement de nombreuses dimensions de l'efficacité des DCP. Les associations de pêcheurs semblent être bien placées pour instaurer et pérenniser cette participation. • Il convient d'assurer au minimum un suivi élémentaire des DCP, la solution la plus simple consistant à contrôler la présence/l'absence des DCP mis à l'eau. L'absence de telles mesures pourrait être assimilée à de la négligence.

Principales recommandations

Les pays qui ne se sont pas encore dotés d'un programme DCP national intégré à la structure institutionnelle du service des pêches sont encouragés à prendre des mesures en ce sens. Cette recommandation vaut tout particulièrement pour les États et Territoires océaniques dont les activités liées aux DCP sont menées de manière sporadique, en fonction des financements externes et de l'expertise disponibles.

Avant d'envisager de nouvelles études sur l'efficacité des DCP :

- les pays devraient évaluer de manière réaliste si les fonds réservés aux DCP ne peuvent pas être utilisés à meilleur escient ;
- les résultats des études antérieures (dont celles menées dans des pays voisins) devraient être rendus publics

dans les pays où le défaut d'informations sur l'efficacité des DCP fait obstacle au déploiement d'activités à l'échelon national ;

- certaines conditions sont indispensables à la mise en œuvre d'un suivi efficace à l'appui des études d'efficacité (par exemple, budget suffisant non soumis à restrictions, et capacité/motivation à assurer un suivi et établir des rapports) ; si ces conditions ne sont pas réunies, il convient d'y remédier avant de prévoir la réalisation d'une étude sur l'efficacité des DCP.
- S'agissant de la conception de nouvelles études sur l'efficacité des DCP :
- la conception de l'étude (et son analyse ultérieure) doit bénéficier d'une expertise économique pointue ;
- les pays doivent réfléchir aux avantages associés à une approche progressive « sans brûler les étapes » : on

s'essayera à des études simples (coût journalier d'un DCP ou PUE, par exemple), avant de se lancer dans des études plus complexes, ou qui se sont rarement révélées concluantes par le passé ;

- dans la mesure du possible, la méthodologie retenue devra tenir compte des « données brouillonnes » qui ont miné de nombreuses études par le passé, et il faudra envisager de recourir aux nouvelles technologies pour atténuer ces difficultés ;
- le plan de l'étude doit prendre en compte le fait que la méthode variera considérablement selon que l'on cible les villages ou les zones périurbaines ;
- des dispositions doivent être prises (budget, plan d'activités) pour que les résultats de l'étude soient diffusés et exploités.

En ce qui concerne la contribution des DCP à l'atténuation de la pression de pêche exercée sur les ressources côtières, les pays doivent tenir compte du coût, de la complexité et du caractère non concluant des précédentes études menées sur le sujet, et réfléchir à la possibilité de confier le pilotage des travaux à la CPS ou à un organisme de recherche extérieur, plutôt que d'entreprendre l'étude exclusivement dans le cadre du programme DCP national.

Les organismes et les bailleurs de fonds qui travaillent sur les DCP devraient envisager les mesures suivantes :

- Promouvoir des démarches favorisant l'insertion des activités axées sur les DCP au sein de programmes DCP nationaux ;
- Financer des études visant à déterminer dans quelle mesure les études menées sur les DCP sont efficaces pour déterminer la contribution des DCP à l'atténuation de la pression halieutique côtière ;
- Intégrer un volet consacré aux techniques de pêche sur DCP dans tous les programmes d'assistance incluant une composante DCP.

Quelques réflexions pour conclure

Il est démontré que les DCP constituent l'un des rares outils permettant aux petits pêcheurs d'Océanie d'exploiter de manière économique les vastes ressources thonières de la région. Si l'on part du principe que les DCP sont indispensables au développement des pêches côtières dans la région, plusieurs mesures s'imposent pour améliorer leur fonctionnement dans les pays concernés. Ainsi, il convient de mettre en balance, d'un côté, la nécessité de réaliser des études sur l'efficacité des DCP et, de l'autre, l'opportunité de mener d'autres travaux qui permettraient d'en accroître les avantages. Si les évaluations d'efficacité ont sans nul doute été bénéfiques par le passé, la situation évolue. Pour nombre de spécialistes de la région, certains pays doivent accorder la priorité à des travaux autres que les études d'efficacité, notamment à l'institutionnalisation des activités relatives aux DCP au sein d'un programme DCP national. C'est aussi ce qui transparaît dans la présente étude.

On constate en outre que les pays ont des besoins différents en ce qui concerne les DCP. Alors que certains pays s'efforcent

de convaincre les autorités, le grand public et les bailleurs de fonds de la valeur des DCP, leur utilité est largement admise dans d'autres, et les études d'efficacité y présentent sans doute un intérêt moindre. Toutefois, l'amélioration des connaissances sur la contribution des DCP à l'atténuation de la pression halieutique côtière pourrait être bénéfique à l'ensemble de la région.

Bien qu'il soit largement admis que les activités sont plus efficaces lorsqu'elles s'inscrivent dans un programme DCP national coordonné par le service des pêches, ces programmes sont encore rares dans la région. La CPS a entrepris des travaux dans ce domaine (voir, par exemple, la liste de contrôle relative à la pérennisation des programmes nationaux de DCP artisanaux, CPS 2017), mais il convient d'envisager d'autres approches, en exigeant par exemple qu'un pays démontre qu'il a progressé dans ce domaine avant de pouvoir bénéficier de la visite d'un technicien spécialiste des DCP.

La présente étude fait l'objet d'un rapport détaillé de 79 pages, qui peut être obtenu sur demande en contactant l'auteur : rgillet1@yahoo.com.

Bibliographie

- Albert J., Sokimi W. and James P. 2016. Sharing Pacific nearshore FAD expertise. SPC Fisheries Newsletter 150:37-41. <https://purl.org/spc/digilib/doc/qzkc>
- Albert, J., Beare D. and Andrew N. 2013. Nearshore FADs in Solomon Islands: Monitoring their effectiveness and the costs and benefits of their deployment. Honiara, Solomon Islands: WorldFish.
- Albert J., Beare D., Schwarz A.-M., Albert S., Warren R. et al. 2014. The contribution of nearshore fish aggregating devices (FADs) to food security and livelihoods in Solomon Islands. PLOS ONE | <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0115386>
- Albert J., James P., Joy L., Timua P. and Warren R. 2018. Coastal fisheries and nearshore FADs in Vanuatu. WorldFish.
- Albert J.A., Schwarz A.-M., Guavis C., Kaesi W., Kinch J., Meo S., Rabi R., Sukulu R., Tauati M., Tiamua P. and Tiitii U. 2019. A guideline for nearshore FAD monitoring in the Pacific Islands region: A semi-quantitative approach. WorldFish Technical Report.
- Beverly S., Griffiths D. and Lee R. 2012. Anchored fish aggregating devices for artisanal fisheries in South and Southeast Asia: benefits and risks. RAP Publication 2012/20 The Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific.
- Buckley R. 1986. Les dispositifs de concentration du poisson (DCP) aux Samoa Américaines : un "plus" pour la pêche au large. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 37:39-44. <https://purl.org/spc/digilib/doc/zve65>
- Buckley R., Itano D. and Buckley T. 1989. Fish Aggregation device (FAD) enhancement of offshore fisheries in American Samoa. Bulletin of Marine Science. 44(2):942-949.
- Cayré P., LeTouze D., Norungee D. and Williams J. 1991. Artisanal fishery for tuna around fish aggregating devices in the Comoros Islands. Indo-Pacific Fishery Commission.
- Chapman L., Bertram I., Pasisi B. 2005. Projet d'étude sur les DCP: conclusions des enquêtes menées auprès des villageois : participation des femmes et analyse des données relatives aux prises et à l'effort de pêche. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 113:28-48. <https://purl.org/spc/digilib/doc/m8zyc>

- Cillaurren E. 1990. Initial analysis: economic viability of ships fishing around FADs off the south-west coast of Efate [WP 13]. Noumea, New Caledonia: South Pacific Commission. Regional Technical Meeting on Fisheries, Noumea, New Caledonia, 6-10 August 1990, 22nd. 5 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/zz3rc>
- CPS. 2017. Comment pérenniser les programmes nationaux de DCP côtiers - Note d'orientation de la CPS n°31. Nouméa, Nouvelle-Calédonie: Communauté du Pacifique. 4 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/t3ume>
- Guyader O., Bellanger M., Reynal L., Demaneche S. and Berthou P. 2013. Fishing strategies, economic performance and management of moored fishing aggregating devices in Guadeloupe. *Aquatic Living Resources* 26:97-105. <https://doi.org/10.1051/alr/20013044>
- James P. 2018. Analysis of coastal fisheries data, Ra province, Fiji. [Poster]. Noumea, New Caledonia: Pacific Community.
- Améliorer la sécurité alimentaire aux Îles Salomon grâce aux dispositifs côtiers de concentration du poisson. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 146:25-31. <https://purl.org/spc/digilib/doc/howd5>
- MMR. 1999. Rarotonga Fish Aggregation Device (FAD) and coastal catch report for 1989. Cook Islands: Ministry of Marine Resources.
- MRAG. 1994. The assessment of the interaction between fish aggregating devices and artisanal fisheries: Fiji country report. Overseas Development Administration.
- Sadusky H., Chaibongsa P., Die D., Agar J. and Shivlani M. 2018. Management of moored fish aggregation devices (FADs) in the Caribbean. SCRS/2017/FAD_015 Collection volume of scientific papers. ICCAT, 74(5): 2230-2242.
- Sharp M. 2011. Les avantages des dispositifs de concentration de poissons en Océanie. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 135:28-36. <https://purl.org/spc/digilib/doc/xabs2>
- Sharp M. 2013. Une nouvelle approche du suivi des programmes DCP. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 140:8. <https://purl.org/spc/digilib/doc/ohgch>
- Sharp M. 2014. Un programme de suivi de DCP à Yap donne des résultats positifs. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 143:34-38. <https://purl.org/spc/digilib/doc/ooo3z>
- Sims N.A. 1988. A cost-benefit analysis of FADS in the artisanal tuna fishery in Rarotonga [BP 36]. Noumea: SPC. Workshop on Pacific Inshore Fishery Resources, Noumea, New Caledonia, 14-25 March 1988. 11 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/jcjve>
- Templeton A., Blanc M. 2014. Programme de mouillage de DCP côtiers à Nauru - Rapport après mise en œuvre. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 124:42-45. <https://purl.org/spc/digilib/doc/nidvh>
- Tilley A., Wilkinson S.P., Kolding J., López-Angarita J., Pereira M. and Mills D.J. (2019). Nearshore Fish Aggregating Devices Show Positive Outcomes for Sustainable Fisheries Development in Timor-Leste. *Frontiers in Marine Science* 6:487. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00487>



Des ressources pélagiques au potentiel inexploité : Optimiser la contribution des dispositifs ancrés de concentration de poissons à la sécurité alimentaire des communautés pratiquant la petite pêche en zone tropicale

Olivia Smailes¹

The Fish and Fisheries Lab (www.fishandfisheries.com), laboratoire affilié à l'Université James Cook en Australie, enseigne la gestion halieutique aux étudiants de premier cycle et de cycle master. Parmi les matières proposées, les étudiants sont nombreux à choisir la gestion des pêcheries tropicales : ils y découvrent l'importance et la complexité de ces pêcheries, qui exigent des approches de gestion très différentes de celles appliquées aux pêcheries industrialisées plus classiques, telles que la pêche de la morue ou de l'espadon. Dans le cadre du cours, les étudiants doivent remettre une composition sur un aspect complexe des pêcheries tropicales. Beaucoup d'entre eux proposent des textes intéressants, bien écrits et richement référencés qui méritent, selon nous, d'être partagés. Après celui de Rachel Mather, sélectionné en 2020², nous avons le plaisir de publier dans ce numéro de la Lettre d'information sur les pêches le texte d'Olivia Smailes, qui a été choisi parmi tous ceux reçus en 2021. Un grand bravo à Olivia.

Andrew Chin – Coordonnateur du cours

Introduction

S'il n'y a pas consensus sur ce qui définit exactement la « pêche à petite échelle », sa contribution au bien-être socioéconomique des communautés côtières n'en est pas moins évidente. On considère que le poisson joue un rôle primordial dans la sécurité alimentaire et la santé de ces populations, leur assurant leurs apports journaliers en protéines et en micronutriments essentiels (Gibson et al. 2020). La pêche est aussi une précieuse source de subsistance pour certains des groupes sociaux les plus vulnérables, en particulier dans les régions tropicales, où vit la majeure partie des populations dépendantes de la pêche (Teh and Pauly 2018). Selon les prévisions, le changement climatique et ses conséquences sur la production primaire devraient entraîner, à l'horizon 2050, un recul des ressources halieutiques tropicales pouvant atteindre 30 % (Cheung et al. 2016). Les problèmes d'équité et de justice sociale ne font qu'accroître la vulnérabilité des petites pêches face aux changements à venir (Andrew et al. 2007). Ces prévisions très pessimistes appellent d'urgence des mesures de gestion mieux à même de répondre aux préoccupations liées à la sécurité alimentaire des petits pêcheurs.

Les dispositifs ancrés de concentration de poissons (DCPa), mouillés dans les eaux côtières, semblent offrir une stratégie pratique et efficace de nature à améliorer la sécurité alimentaire des communautés de pêcheurs (Tilley et al. 2019b). Voilà longtemps que les pêcheurs exploitent la propension des poissons pélagiques à se concentrer autour d'objets flottants pour améliorer leurs taux de prise. L'auteur romain Oppien, en 200 APR. J.-C., mentionnait déjà l'utilisation de cette stratégie de pêche pour capturer des coryphènes (*Coryphaena hippurus*) (Dagorn et al. 2012 ; Churchill 2021). La pêche sur structures flottantes permet de prélever bien plus de biomasse que la pêche sur bancs libres (Griffiths et al. 2018). Aujourd'hui, les DCP sont un outil de pêche incontournable dans toutes les régions du monde (Taquet et al. 2011), et l'utilisation des DCPa côtiers a favorisé l'augmentation des taux de prise des petits pêcheurs. Les DCP se répartissent en deux catégories principales : les DCP ancrés ; et les DCP dérivants (DCPd), exploités par les flottilles

industrielles de senneurs. Il importe de bien faire la distinction entre ces deux types de DCP, les dispositifs dérivants étant fréquemment critiqués en raison de leurs effets néfastes sur les ressources marines (Dagorn et al. 2013). Les DCPa sont des structures de conception simple, ancrées sur des sites suffisamment proches du littoral pour que les petits bateaux de pêche artisanale puissent y accéder (Beverly et al. 2012). Bien que de faible technicité, ces dispositifs présentent de nombreux avantages et favorisent notamment l'augmentation des prises par unité d'effort (PUE), tout en réduisant les pressions sur les écosystèmes récifaux (Beverly et al. 2012). Leur principal intérêt tient sans doute au fait qu'ils rendent accessibles des stocks de poissons pélagiques à haute valeur nutritionnelle. Les données disponibles attestent que les DCPa, en favorisant l'augmentation de l'offre et de la consommation de poissons pélagiques, contribuent directement au renforcement de la sécurité alimentaire (Albert et al. 2014 ; Bell et al. 2015a). C'est pourquoi ils font désormais partie intégrante des politiques et plans d'action sur les pêches de nombreux pays (Sharp 2011 ; Campbell et al. 2016 ; Tilley et al. 2019b).

Combattre l'insécurité alimentaire et les carences en micronutriments grâce à la consommation de poisson

Aujourd'hui encore, l'insécurité alimentaire est l'un des principaux enjeux de santé publique dans les pays en développement. L'absence d'accès régulier à la nourriture est un facteur d'émaciation, de retard de croissance et de carences en micronutriments chez l'enfant (FAO 2018). On estime à 1,5 milliard le nombre de personnes touchées par une ou plusieurs formes de carence en micronutriments, et à 2 milliards le nombre de personnes souffrant de carences en micronutriments essentiels, comme le fer et la vitamine A (Global Nutrition Report 2017 ; FAO 2018). Faute d'avancées régulières dans la lutte contre la malnutrition, la sécurité alimentaire et nutritionnelle demeure au premier rang des grandes priorités mondiales de développement. Dans ce contexte, la consommation de poisson, riche en

¹ College of Science and Engineering, James Cook University, Townsville, Australie. Courriel : olivia.smailes@myjcu.edu.au

² Disponible sur : <https://purl.org/spc/digilib/doc/57gsh>

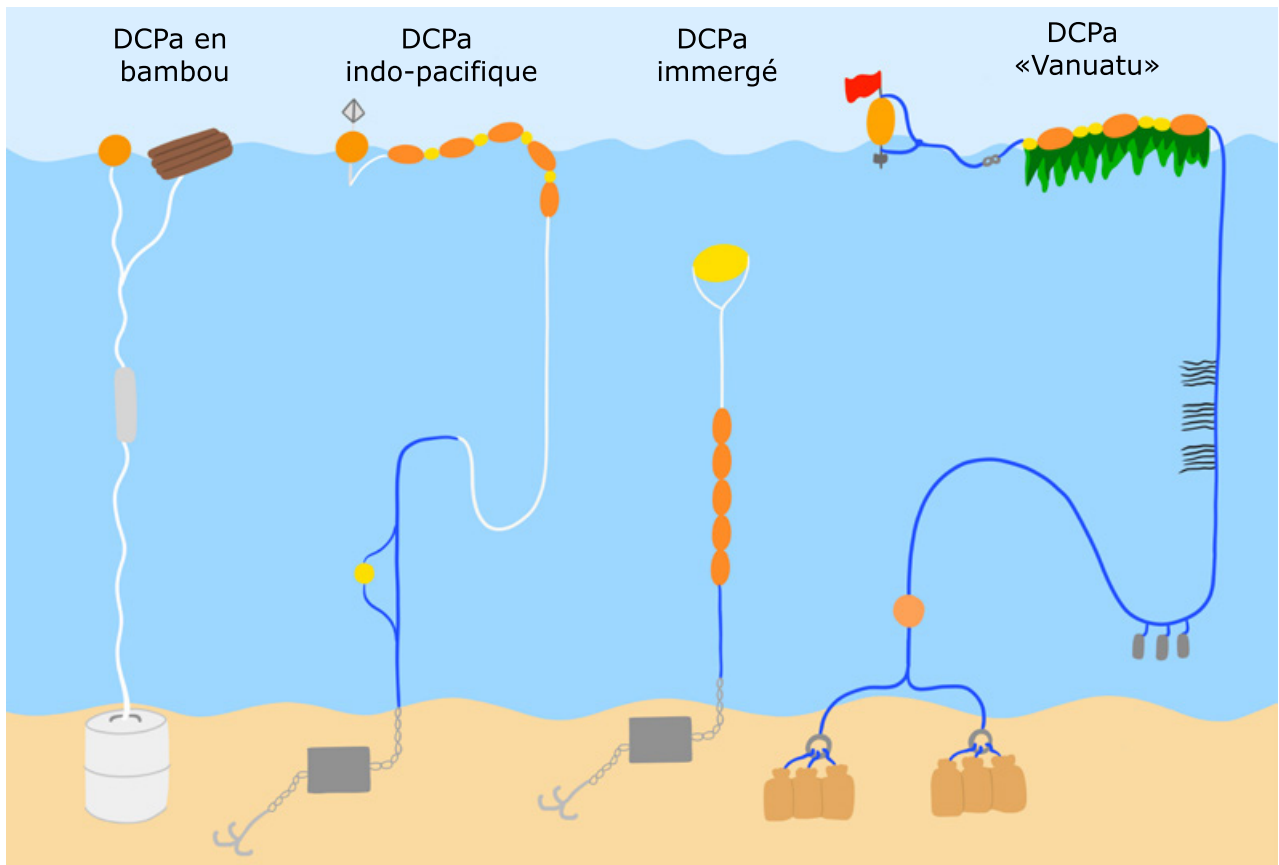


Figure 1. Diversité des modèles de DCP de conception artisanale. La conception des DCP varie généralement en fonction de l'emplacement et du contexte – il n'existe pas de modèle unique. (Illustration : Olivia Smailes ; adapté de Sokimi *et al.* 2020).

micronutriments biodisponibles, est perçue comme une solution pratique (Hicks *et al.* 2019). Ainsi, la pêche reste l'un des grands axes des politiques sur l'alimentation et la nutrition, en particulier dans les régions tropicales, où les ressources halieutiques sont largement exploitées et commercialisées du fait de la pénurie de terres cultivables (Bell *et al.* 2015a). Dans les tropiques, la pêche à petite échelle apporte une contribution vitale aux moyens de subsistance de certains des groupes les plus pauvres et les plus marginalisés de la société (Teh and Pauly 2018). Elle génère à elle seule 55 % du volume total des captures annuelles, et 62 % du produit de la petite pêche est destiné à la consommation locale dans les pays en développement. La proportion de poissons consommés localement peut servir d'indicateur de la contribution du poisson et de la pêche à la sécurité alimentaire et nutritionnelle (Mills *et al.* 2011).

Valeur des ressources halieutiques pélagiques

Les ressources pélagiques présentent un certain nombre de caractéristiques intéressantes qui en font une cible privilégiée pour les petits pêcheurs. Elles sont constituées de stocks migrateurs robustes dont les systèmes planctoniques sont la principale source de nourriture et qui présentent de ce fait des concentrations élevées en acides gras oméga 3 et en protéines (Hicks *et al.* 2019). La valeur nutritionnelle des poissons pélagiques est très supérieure à celle des produits alimentaires importés, pauvres en nutriments, aujourd'hui largement consommés dans les tropiques, y compris en Océanie (Bell *et al.* 2015a). Du fait de leur croissance rapide et de leur faible

longévité, les poissons pélagiques forment des populations très productives dont les pêcheries sont fortement dépendantes (Morais and Bellwood 2020). La productivité des ressources pélagiques est telle que celles-ci pourraient en théorie supporter des décennies d'exploitation intensive, ce qui en dit long sur l'intérêt qu'elles présentent en matière de sécurité alimentaire. Dans la mesure où ils ont tendance à se déplacer dans de vastes espaces océaniques, les poissons pélagiques sont aussi capables de reconstituer en très peu de temps la part des stocks exploitée. Ils sont de surcroît moins sensibles à la pêche en raison des processus écosystémiques très particuliers observés en pleine mer (Birkeland 2017). À Hawaii, les espèces pélagiques côtières comme *Selar crumenophthalmus* et *Decapterus macarellus* font preuve d'une grande résistance à la surexploitation, alors que leurs taux de prise sont élevés depuis trois décennies (1966–1997) (Birkeland 2017). Tous ces atouts justifient de déplacer vers les ressources pélagiques la pression de pêche s'exerçant sur les espèces récifales, qui constituent pour l'heure l'essentiel des captures de la pêche à petite échelle.

Les DCPa, outil d'optimisation des avantages inhérents aux ressources pélagiques

En dépit d'une prise de conscience grandissante de l'intérêt des ressources halieutiques pélagiques, l'écart se creuse entre les quantités de poissons nécessaires à une alimentation optimale et le volume des captures de poissons côtiers. Ce décalage tient en grande partie à la croissance exponentielle de la population et au recul de la production halieutique côtière (essentiellement

tributaire des récifs coralliens), induit par la surexploitation des ressources (Bell *et al.* 2018). En facilitant l'accès aux espèces pélagiques, les DCPa offrent une réponse pratique aux besoins alimentaires de populations côtières en plein essor démographique. Contrairement aux DCP utilisés par les pêcheries industrielles, les DCPa sont relativement rudimentaires et de formes très diverses (figure 1) (Sokimi *et al.* 2020). Ces structures conçues sur mesure sont ancrées au large (à des profondeurs comprises entre 100 et 1 500 mètres), l'objectif étant de tirer parti de la tendance naturelle des espèces pélagiques à se regrouper (thigmotropisme) (figure 2). Si l'on ne sait pas grand-chose des mécanismes expliquant ce phénomène, d'aucuns avancent que les poissons se concentrent autour des objets flottants artificiels parce qu'ils y trouvent notamment abri et nourriture (Beverly *et al.* 2012).

Les modèles qualitatifs indiquent qu'en dépit de leur simplicité, les DCPa comptent parmi les innovations contribuant le plus à la sécurité alimentaire (Bell *et al.* 2015b). En facilitant l'accès à des ressources pélagiques sous-exploitées, les DCPa peuvent entraîner une forte augmentation des rendements de la pêche (Beverly *et al.* 2012). Si la diversité des espèces pêchées sur DCPa est plus faible que dans le cas des captures récifales, ces dispositifs attirent malgré tout des espèces très productives relativement résistantes à l'exploitation (Tilley *et al.* 2019b). Les thons constituent l'essentiel des captures et peuvent être pêchés

toute l'année. Une étude menée à Maurice dans le cadre d'un programme de mouillage de DCPa a révélé que les thons représentaient 78 % du poids total des prises artisanales (Beverly *et al.* 2012). La valeur des thons capturés sur DCP est généralement supérieure au coût des matériaux et de l'installation (Bell *et al.* 2015b). Comme les thons apportent une contribution essentielle à la sécurité alimentaire, l'amélioration de l'accès aux ressources thonières figure en bonne place dans les priorités de développement. La généralisation des DCPa peut favoriser l'augmentation à la fois des captures et de l'offre de thon dans le secteur de la pêche à petite échelle et devrait donc constituer la pièce maîtresse de l'infrastructure nationale de promotion de la sécurité alimentaire (Bell *et al.* 2015b).

Les données disponibles démontrent amplement l'impact très favorable des DCPa sur l'efficacité de la pêche à petite échelle. Tilley et collaborateurs (2019b) ont mis en évidence les effets positifs des DCPa sur les taux de capture et les PUE au Timor-Leste. Grâce à l'augmentation des quantités de poisson débarquées, les populations rurales ont pu se procurer du poisson plus facilement et, ainsi, accroître leurs apports en micronutriments. Dans l'État de Yap (États fédérés de Micronésie), le mouillage de DCPa a entraîné une augmentation des PUE, qui sont passées de 10,91 à 24,94 kg/heure/bateau (Sharp 2014). Comme on l'a observé aux Îles Salomon, l'amélioration de l'efficacité de la pêche peut contribuer à la hausse des revenus et à l'amélioration

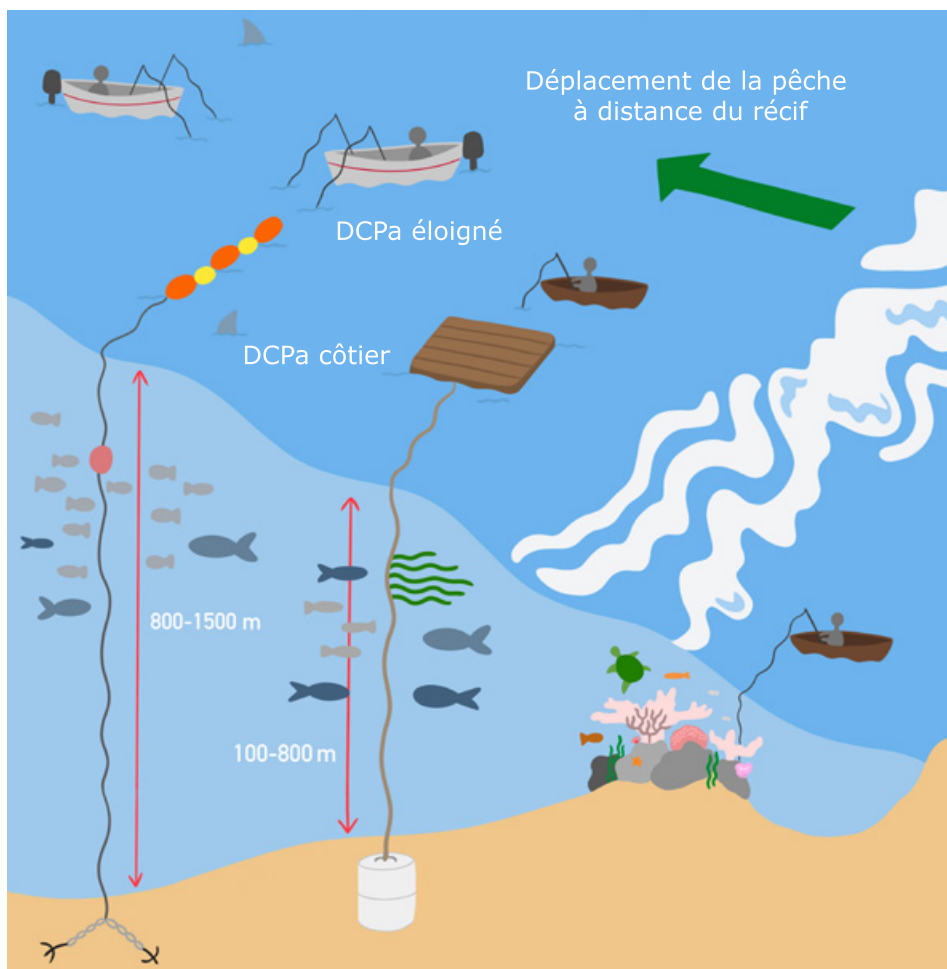


Figure 2. Les DCP sont mouillés à des profondeurs pouvant atteindre 1 500 m. On déplace ainsi vers les ressources pélagiques productives l'effort de pêche s'exerçant traditionnellement sur des récifs côtiers déjà fortement exploités. (Illustration : Olivia Smailes)

de l'état nutritionnel des ménages (Albert *et al.* 2014). Les discussions menées avec un groupe de pêcheurs d'Adara, au Timor-Leste, ont révélé que la réduction du temps de pêche nécessaire pour capturer la quantité de poisson souhaitée constituait, pour les pêcheurs, le principal avantage des DCPa, le temps ainsi dégagé leur permettant de se consacrer à d'autres activités de subsistance, comme l'agriculture et l'élevage (Tilley *et al.* 2019b). Or, on considère que la diversification des moyens d'existence contribue fortement à renforcer la capacité d'adaptation des communautés. Les ménages à qui l'on donne la possibilité de pratiquer plusieurs activités de subsistance sont mieux à même de faire face aux chocs environnementaux et économiques et d'en limiter l'impact sur leur sécurité alimentaire (Mills *et al.* 2017). Ce constat vaut tout particulièrement pour la pêche à petite échelle, secteur intrinsèquement dynamique soumis à des incertitudes et à des changements extrêmes (Finkbeiner 2015).

Outre leurs effets positifs sur l'offre et la consommation d'espèces pélagiques riches en nutriments, les DCPa sont une source supplémentaire d'approvisionnement en poisson pour les populations locales et contribuent à ce titre à déplacer l'effort de pêche qui s'exerce sur des récifs coralliens fortement exploités (Bell *et al.* 2015a) (figure 2). À l'heure actuelle, plus de 75 % des ressources récifales côtières sont exploitées à des niveaux jugés non viables (MacNeil *et al.* 2015). La surexploitation de ces ressources est une menace majeure pour les millions de personnes dont les moyens d'existence et la sécurité alimentaire dépendent de la pêche. L'effort de pêche à petite échelle se concentre en grande partie sur les récifs qui abritent principalement des espèces à croissance lente et à maturation tardive (Sharp 2014 ; Birkeland 2017). À Yap, les poissons de récif représentent 74 % du total des captures déclarées (Sharp 2014). Ces ressources ne sont pas suffisantes pour produire les 35 kg de poisson recommandés par personne et par an et ne permettent pas non plus de satisfaire la demande (Bell *et al.* 2015a). Dans les zones où la productivité des ressources récifales est limitée, les pêcheurs ont signalé une baisse du volume des captures et de la taille des poissons. Cette situation exige de diversifier les ressources ciblées afin d'exploiter des stocks pélagiques plus productifs (Tilley *et al.* 2019a). L'utilisation des DCPa permet de déplacer l'effort de pêche des récifs vers des ressources pélagiques abondantes. Le programme de mouillage de DCPa en milieu communautaire mené sur l'île d'Uripiv, à Vanuatu, témoigne de l'intérêt de cette stratégie. Après la mise en œuvre du programme, on a observé une baisse de 76 % des quantités de poissons de récif débarquées, qui s'explique par le déplacement de l'effort de pêche vers les DCP et les tombants profonds (Amos *et al.* 2014). Lorsque des aires marines protégées (AMP) sont créées, les DCPa offrent aussi une nouvelle source d'approvisionnement en poisson. La mise en place d'espaces protégés permet de réduire efficacement les pressions sur les écosystèmes récifaux. Pourtant, les AMP sont souvent critiquées, au motif qu'elles privent les petits pêcheurs de tout accès aux sites de pêche qu'ils exploitent traditionnellement (Cohen *et al.* 2019). Grâce aux DCPa, les pêcheurs peuvent s'éloigner des AMP et concentrer leur effort de pêche sur les stocks pélagiques plus abondants. Si ces exemples montrent que les DCPa peuvent réduire l'impact des AMP ou contribuer à déplacer l'effort de pêche vers des espèces plus résilientes, il convient de mieux étudier et décrire l'évolution des habitudes de pêche qui suit l'installation de DCPa.

Optimiser l'utilisation des DCPa dans le secteur de la pêche à petite échelle : recommandations à l'intention des gestionnaires des pêches

L'exploitation optimale du potentiel des DCPa exige une planification minutieuse et un examen attentif des questions touchant à la conception, à la mise en œuvre et à l'utilisation de ces structures.

Considérations pratiques et financières relatives au mouillage des DCP et autres enjeux

Concrètement, le succès des programmes de mouillage de DCPa destinés aux petites pêches suppose de réunir un certain nombre de conditions techniques. Bell et collaborateurs (2015a) soulignent quatre aspects majeurs (figure 3) :

- Les communautés côtières doivent être étroitement associées au recensement des sites sur lesquels des captures optimales de thons et d'autres espèces pélagiques ont été réalisées.
- Les DCPa doivent être mouillés à une distance suffisante (~1 km) des récifs coralliens pour éviter la translocation d'espèces inféodées aux récifs, comme le thazard du lagon et la carangue.
- Les DCPa doivent être positionnés à au moins 20 km les uns des autres. À défaut, leur potentiel de concentration des poissons pélagiques, et notamment des thons, s'en trouverait compromis.
- Pour que les bateaux de pêche artisanale puissent y accéder facilement, les DCPa doivent être suffisamment proches des villages côtiers, sauf si la situation ne s'y prête pas (bathymétrie littorale inadaptée, par exemple).

Pour tenir pleinement leurs promesses en matière de sécurité alimentaire, les DCPa doivent être mouillés à proximité des communautés où la dépendance à l'égard du poisson est forte et où l'accès aux zones de pêche productives est limité (Albert *et al.* 2015). Lorsque les ressources sont rares, il faut s'attacher à tirer le meilleur parti des DCPa existants afin d'éviter que la quantité ne l'emporte sur la qualité. On pourra ainsi optimiser l'utilisation des programmes DCPa et leur contribution aux objectifs de sécurité alimentaire (Campbell *et al.* 2016). Les données disponibles montrent clairement que, plus la durée de vie d'un DCPa est longue, plus le retour sur investissement est élevé. Pour tirer le maximum des DCPa au plan financier, il faut donc adopter des mesures de gestion visant à préserver la longévité de ces structures (Beverly *et al.* 2012). Des budgets suffisants doivent être affectés à l'entretien courant des DCPa, et des directives claires indiquant à qui incombe la responsabilité de l'entretien doivent être définies (Sharp 2011). Au Timor-Leste, on a pu établir un lien entre la longévité des DCPa et le revenu global qu'ils génèrent. Les pêcheurs ont été encouragés à participer à l'entretien des structures, afin d'en optimiser les avantages (Tilley *et al.* 2019b).

Si le mouillage des DCPa est en soi un facteur de réussite, il ne peut à lui seul garantir la concrétisation des avantages qui y sont associés. Les calendriers de financement trop courts conduisent généralement à consacrer aux opérations de mouillage une part excessive des fonds projet disponibles et à négliger le suivi à long terme, l'évaluation et les mesures d'adaptation, qui sont

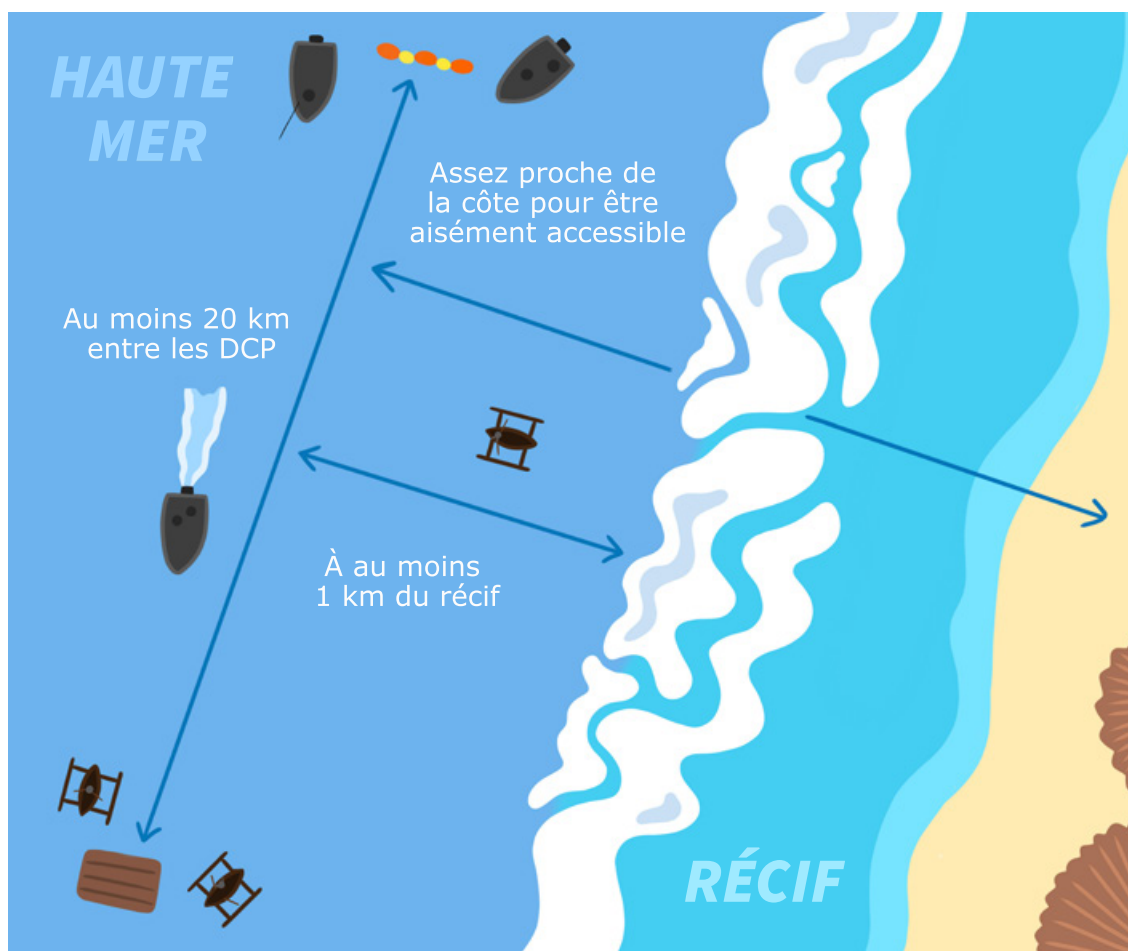


Figure 3. Considérations pratiques conditionnant le succès des opérations de mouillage des DCPa destinés aux communautés pratiquant la pêche à petite échelle. (Illustration : Olivia Smailes)

pourtant indispensables à la réalisation des objectifs de développement et, en cas d'échec, à la définition de solutions de remplacement réalistes (Campbell *et al.* 2016). Cette approche projet axée sur le court terme pourrait expliquer pourquoi les DCPa répondent rarement aux attentes qu'ils suscitent (Sharp 2011 ; Bell *et al.* 2015a). Elle explique aussi en partie le manque de données sur les performances des DCPa. Il est difficile de savoir, par exemple, si les pêcheurs capturent systématiquement plus de poissons sur DCPa, et si ces poissons sont consommés par les personnes qui en ont le plus besoin. Ce manque d'informations clés soulève des problèmes, qui tiennent notamment aux aspects suivants (Campbell *et al.* 2016) :

- Incapacité à adapter les programmes DCPa pour qu'ils soient mieux à même de répondre aux objectifs en matière de sécurité alimentaire ;
- Difficultés inhérentes à la réalisation d'une analyse coûts-avantages des DCPa destinés aux petites pêches ;
- Obstacles aux demandes visant à obtenir un soutien financier externe sûr et pérenne.

Dans ce contexte, les programmes de financement et les organismes de gestion doivent mobiliser des soutiens adéquats pour permettre aux gestionnaires des pêches d'engager des programmes DCPa qui s'inscrivent dans la durée et ne se limitent pas à la seule mise à l'eau des engins.

Régimes de propriété et droits d'usage relatifs aux DCPa exploités dans le secteur des petites pêches

Le succès des programmes DCPa destinés aux petits pêcheurs passe par une bonne compréhension de contextes politico-institutionnels parfois complexes (Bell *et al.* 2015a). À défaut, on peut voir apparaître des conflits, liés le plus souvent aux régimes de propriété et, dans une plus large mesure, aux droits d'usage applicables à chaque DCPa (Beverly *et al.* 2012). Le vandalisme, autre problème persistant, survient en cas d'inégalités d'accès aux DCPa (Albert *et al.* 2014). Pour réduire les risques de conflit, les gestionnaires des pêches doivent comprendre le contexte local lié aux droits d'usage, au droit foncier coutumier et aux régimes de propriété (Albert *et al.* 2014). Il est donc primordial de consulter les communautés, en veillant à garantir la représentation équitable des points de vue divers des parties prenantes, dont les femmes, qui jouent un rôle majeur dans la pêche à petite échelle. On estime que les femmes représentent 47 % des personnes travaillant dans le secteur. En Océanie, le travail des femmes génère la moitié des captures annuelles réalisées en zone côtière (Mangubhai and Lawless 2021). Le rôle des femmes dans les programmes DCPa destinés aux petits pêcheurs ne peut donc être ignoré (Beverly *et al.* 2012). Elles doivent impérativement être associées à la planification et à la mise en œuvre de ces programmes si l'on veut que les questions de genre propres au secteur soient dûment prises en compte. Au-delà de la participation

des communautés, il convient de prendre en compte la gouvernance des programmes DCPa. Les efforts visant à promouvoir la cogestion des DCPa dans les régions des tropiques comme les Caraïbes orientales doivent être salués (Pittman *et al.* 2020). La cogestion est l'expression de plusieurs principes constitutifs de la « bonne » gouvernance, comme la démocratie, la transparence et la durabilité (Andrew and Evans 2011). Dans le domaine de la gestion de la pêche à petite échelle, ces principes peuvent se traduire par la mise en œuvre de programmes cogérés de mouillage de DCPa. Les mécanismes de cogestion permettent de réduire les risques de conflit et de vandalisme et d'optimiser la contribution des DCPa à la sécurité alimentaire des populations locales (Bell *et al.* 2015a ; Pittman *et al.* 2020).

Conclusion

Malgré le rôle primordial de la pêche à petite échelle en matière de réduction de la pauvreté et de sécurité alimentaire, on observe un manque flagrant de mesures efficaces d'évaluation et de gestion garantes de la viabilité de ce secteur. Cette situation témoigne de la nécessité d'engager des démarches innovantes tenant compte à la fois de la diversité et de la vulnérabilité des petites pêches. Les DCPa offrent une solution concrète, en facilitant l'accès à des ressources pélagiques hautement productives et riches en nutriments. Ils contribuent à ce titre à un meilleur alignement des activités de gestion des pêches et développement sur des priorités clés comme la sécurité alimentaire. Ils favorisent aussi le renforcement des capacités des communautés pratiquant la petite pêche et de leur capacité à subvenir à leurs propres besoins. Pour que les DCPa puissent tenir toutes leurs promesses, les gestionnaires des pêches doivent concevoir les programmes DCPa comme des investissements à long terme, en mettant particulièrement l'accent sur la pénurie actuelle de données de suivi-évaluation. Face aux enjeux inhérents aux régimes de priorité et aux droits d'usage, il convient de définir des limites spatiales précises. La consultation des communautés constitue une composante essentielle de ce processus, car elle livre de précieuses informations sur les aspects sociaux complexes de la pêche à petite échelle.

Bibliographie

- Albert J. A., Albert S., Andrew N., Blanc M., Carlos A., Luda L., Tofuakalo F., Masu R., Oengpepa C., Oeta J., Posala R., Schwarz A.M., Sibiti S., Siota F., Sokimi W., Tan S., Tawaki A., Teri J., Warren R. 2015. Nearshore fish aggregating devices (FADs) for food security in the Solomon Islands. *WorldFish*. <https://bit.ly/3fpERfX>
- Albert J.A., Beare D., Schwarz A.-M., Albert S., Warren R., Teri J., Siota F. and Andrew N.L. 2014. The contribution of nearshore fish aggregating devices (FADs) to food security and livelihoods in Solomon Islands. *PLOS ONE*, 9(12): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115386>
- Amos G., Nimoho G., Fujii M., Seko A., Inuma M., Nishiyama K., Takayama T., Pakoa K. 2014. Renforcement de la gestion communautaire des pêches à Vanuatu grâce à un nouveau type de DCP. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 144:40-47. <https://purl.org/spc/digilib/doc/gtj84>
- Andrew N.L., Bénédicte C., Hall S.J., Allison E. H., Heck S. and Ratner B.D. 2007. Diagnosis and management of small-scale fisheries in developing countries. *Fish and Fisheries*, 8(3):227-240.
- Andrew N. and Evans L. 2011. Approaches and frameworks for management and research in small-scale fisheries. p. 16-35. In Pomeroy R.S. and Andrew N. (eds). *Small-scale fisheries management frameworks and approaches for the developing world*. CAB International.
- Bell J. D., Albert J., Andréfouët S., Andrew N.L., Blanc M., Bright P., Brogan D., Campbell B., Govan H., Hampton J., Hanich Q., Harley S., Jorari A., Lincoln Smith M., Pontifex S., Sharp M.K., Sokimi W. and Webb A. 2015a. Optimising the use of nearshore fish aggregating devices for food security in the Pacific Islands. *Marine Policy* 56:98-105.
- Bell J.D., Allain V., Allison E.H., Andréfouët S., Andrew N. L., Batty M. J., Blanc M., Dambacher J.M., Hampton J., Hanich Q., Harley S., Lorrain A., McCoy M., McTurk N., Nicol S., Pilling G., Point D., Sharp M.K., Vivili P. and Williams P. 2015b. Diversifying the use of tuna to improve food security and public health in Pacific Island countries and territories. *Marine Policy* 51:585-591.
- Bell J.D., Cisneros-Montemayor A., Hanich Q., Johnson J.E., Lehodey P., Moore B.R., Pratchett M.S., Reygondeau G., Senina I., Virdin J. and Wabnitz C.C.C. 2018. Adaptations to maintain the contributions of small-scale fisheries to food security in the Pacific Islands. *Marine Policy* 88:303-314.
- Beverly S., Griffiths D., Lee R. 2012. Anchored fish aggregating devices for artisanal fisheries in South and Southeast Asia: benefits and risks. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://bit.ly/3FohFt5>
- Birkeland C. 2017. Working with, not against, coral-reef fisheries. *Coral Reefs* 36(1):1-11.
- Cabral R.B., Aliño P.M. and Lim M.T. 2014. Modelling the impacts of fish aggregating devices (FADs) and fish enhancing devices (FEDs) and their implications for managing small-scale fishery. *ICES Journal of Marine Science* 71(7):1750-1759.
- Campbell B., Hanich Q. and Delisle A. 2016. Not just a passing FAD: Insights from the use of artisanal fish aggregating devices for food security in Kiribati. *Ocean & Coastal Management* 119:38-44.
- Cheung W.W.L., Jones M.C., Reygondeau G., Stock C.A., Lam V.W.Y. and Frölicher T.L. 2016. Structural uncertainty in projecting global fisheries catches under climate change. *Ecological Modelling* 325:57-66.
- Churchill R. 2021. Just a harmless fishing FAD - or does the use of FADs contravene international marine pollution law? *Ocean Development and International Law* 52(2):169-192.
- Cohen P.J., Allison E.H., Andrew N.L., Cinner J., Evans L.S., Fabinyi M., Garces L.R., Hall S.J., Hicks C.C., Hughes T.P., Jentoft S., Mills D.J., Masu R., Mbaru E.K. and Ratner B.D. 2019. Securing a just space for small-scale fisheries in the Blue Economy. *Frontiers in Marine Science* 6(171).

- Dagorn L., Holland K.N., Restrepo V. and Moreno G. 2012. Is it good or bad to fish with FADs? What are the real impacts of the use of drifting FADs on pelagic marine ecosystems? *Fish and Fisheries* 14(3):391–415.
- Development Initiatives. 2017. *Global Nutrition Report 2017: Nourishing the SDGs*. Bristol, UK: Development Initiatives. <https://bit.ly/3naX4lB>
- FAO. 2018. *The state of food security and nutrition in the world 2018. Building climate resilience for food security and nutrition*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://bit.ly/34FpRbL>
- Finkbeiner E.M. 2015. The role of diversification in dynamic small-scale fisheries: Lessons from Baja California Sur, Mexico. *Global Environmental Change* 32:139–152.
- Gibson E., Stacey N., Sunderland T.C.H. and Adhuri D.S. 2020. Dietary diversity and fish consumption of mothers and their children in fisher households in Komodo District, eastern Indonesia. *PLOS ONE*, 15(4): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230777>
- Griffiths S. P., Allain, V., Hoyle, S. D., Lawson, T. A., & Nicol, S. J. 2018. Just a FAD? Ecosystem impacts of tuna purse-seine fishing associated with fish aggregating devices in the western Pacific Warm Pool Province. *Fisheries Oceanography* 28(1):94–112.
- Hicks C.C., Cohen P.J., Graham N.A.J., Nash, K.L., Allison E.H., D'Lima C., Mills D.J., Roscher M., Thilsted S.H., Thorne-Lyman A.L. and MacNeil M.A. 2019. Harnessing global fisheries to tackle micronutrient deficiencies. *Nature (London)* 574(7776):95–98.
- MacNeil M.A., Graham N.A.J., Cinner J.E., Wilson S.K., Williams I.D., Maina J., Newman S., Friedlander A.M., Jupiter S., Polunin N.V.C. and McClanahan T.R. 2015. Recovery potential of the world's coral reef fishes. *Nature (London)* 520(7547):341–344.
- Mangubhai S. and Lawless S. 2021. Exploring gender inclusion in small-scale fisheries management and development in Melanesia. *Marine Policy* 123:104287.
- Mills D.J., Tilley A., Pereira M., Hellebrandt D., Pereira Fernandes A. and Cohen P.J. 2017. Livelihood diversity and dynamism in Timor-Leste; insights for coastal resource governance and livelihood development. *Marine Policy* 82:206–215.
- Mills D., Westlund L., de Graaf G., Kura Y., Willman R. and Kelleher K. 2011. Under-reported and unvalued: small-scale fisheries in the developing world. p. 1–15. In: Pomeroy R.S. and Andrew N. (eds). *Small-scale fisheries management frameworks and approaches for the developing world*. CAB International.
- Morais R.A., Bellwood D.R. 2020. Principles for estimating fish productivity on coral reefs. *Coral Reefs* 39:1221–1231.
- Pittman J., Tam J.C., Epstein G., Chan C. and Armitage D. 2020. Governing offshore fish aggregating devices in the Eastern Caribbean: Exploring trade-offs using a qualitative network model. *Ambio* 49(12).
- Sharp M. 2011. Les avantages des dispositifs de concentration de poissons en Océanie. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 135:28-36. <https://purl.org/spc/digilib/doc/xabs2>
- Sharp M. 2014. Un programme de suivi de DCP à Yap donne des résultats positifs. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 143:34-38. <https://purl.org/spc/digilib/doc/0003z>
- Sokimi W., Blanc M., Colas B., Bertram I. and Albert J. 2020. *Manual on anchored fish aggregating devices (FADs): an update on FAD gear technology, designs and deployment methods for the Pacific Island region*. Noumea, New Caledonia: Pacific Community. 56 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/xrz3p>
- Taquet M., Blanc M., Holland K., Morales-Nin B., Galzin R., Filmalter J.D., Itano D. Fonteneau A., Forget F. 2012. DCP employés par les pêcheries artisanales et industrielles : une question d'échelle. Lettre d'information sur les pêches de la CPS 136:35-45. <https://purl.org/spc/digilib/doc/zyr3e>.
- Teh L.C.L. and Pauly D. 2018. Who brings in the fish? The relative contribution of small-scale and industrial fisheries to food security in Southeast Asia. *Frontiers in Marine Science* 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00044>
- Tilley A., Hunnam K.J., Mills D.J., Steenbergen D.J., Govan H., Alonso-Poblacion E., Roscher M., Pereira M., Rodrigues P., Amador T., Duarte A., Gomes M. and Cohen P. J. 2019a. Evaluating the fit of co-management for small-scale fisheries governance in Timor-Leste. *Frontiers in Marine Science* 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00392>
- Tilley A., Wilkinson S.P., Kolding J., López-Angarita J., Pereira M. and Mills D.J. 2019b. Nearshore fish aggregating devices show positive outcomes for sustainable fisheries development in Timor-Leste. *Frontiers in Marine Science* 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00487>

La ressource en langoustes en Océanie : déterminer l'âge et la maturité des individus

Prakriti P. Rachna^{1,2}, George Shedrawi^{1*}, Pauline Bosserelle¹, Sébastien Gislard¹ et Andrew R. Halford¹

Introduction

La recherche

Bien que les prises annuelles de langoustes soient relativement faibles dans les pays océaniques (elles sont estimées à environ 7 % de la production mondiale), la pêche à la langouste revêt une grande importance économique et sociale pour les populations de la région, étant donné que les pêcheurs locaux peuvent les capturer à peu de frais. Malgré tout, les langoustes ne représentent qu'un pourcentage minime du total des prises halieutiques de chaque pays, et on en sait encore peu sur la biologie de la reproduction de l'animal et sur sa réponse face aux effets de la pêche. Les captures annuelles sont difficiles à quantifier, et souvent sous-estimées, dans la mesure où une large part des animaux pêchés sont consommés par les pêcheurs et leur famille (Pitcher 1993). En outre, les systèmes de commercialisation de la langouste sont souvent informels, et les ventes ne sont généralement pas consignées. Quelques pays font figure d'exception, par exemple les Fidji, où la vente commerciale des langoustes est bien établie : les pêcheurs du cru gagnent leur vie en vendant des langoustes fraîches aux hôtels, aux centres de vacances et aux restaurants.

Classification et répartition

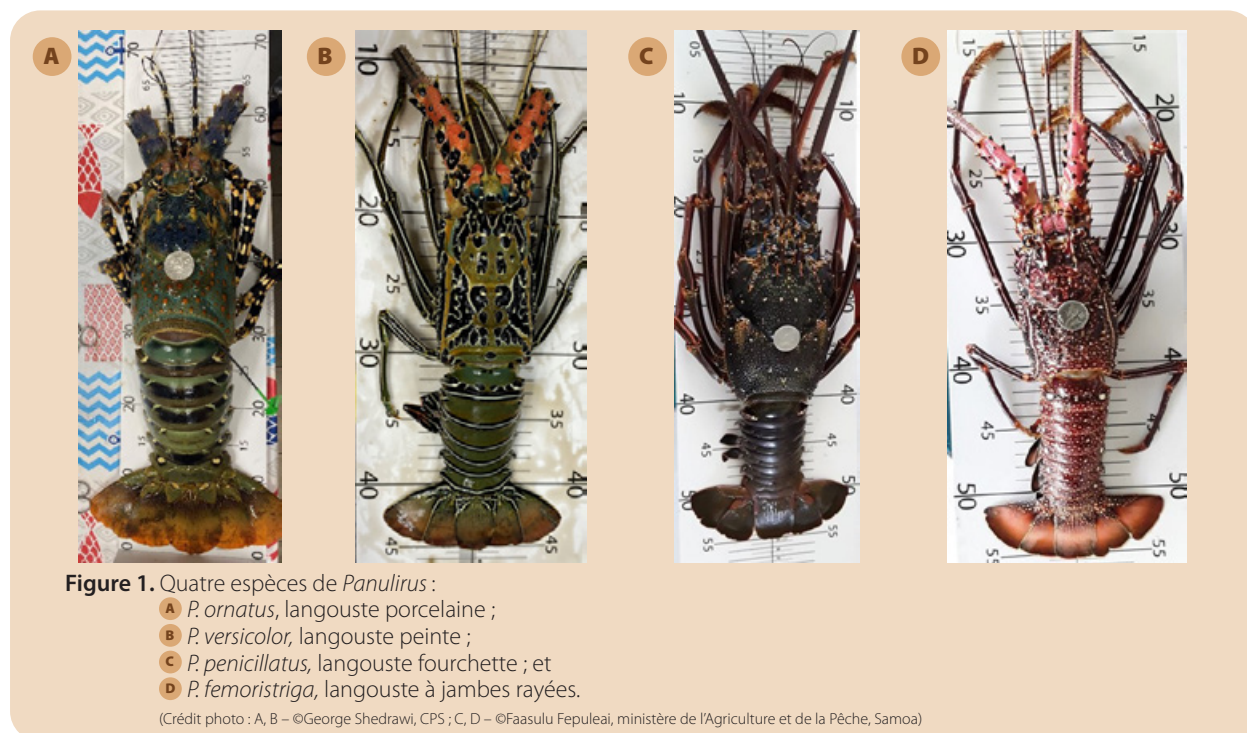
La langouste est un crustacé décapode de la famille des Palinuridés. Il en existe cinq espèces communes, du genre *Panulirus*, largement présentes dans le Pacifique tropical (Prescott 1980). L'abondance et la répartition de chaque espèce varient toutefois fortement dans la région. La langouste fourchette, *Panulirus penicillatus*, est la plus abondante et la plus fréquemment pêchée en Océanie (Pitcher 1993 ; Poupin and Juncker 2010).

Morphologie

La couleur et la morphologie des langoustes sont très variables. Chaque espèce possède des caractéristiques distinctives, telles que le nombre d'épines sur la plaque antennulaire, la couleur et la forme des segments abdominaux, ou encore la couleur et la configuration des pattes et de la carapace (Poupin and Juncker 2010) (figure 1).

Écologie

Dans le Pacifique tropical, les espèces du genre *Panulirus* sont présentes dans un large éventail d'habitats benthiques peu



¹ Programme pêches côtières et aquaculture, Division pêche, aquaculture et écosystèmes marins, Communauté du Pacifique.

² Division de la recherche, du développement et de l'évaluation des ressources, ministère des Pêches, Fidji.

* Auteur pour la correspondance : georges@spc.int

profonds, mais elles sont le plus souvent observées dans les récifs coralliens, qui leur fournissent un abri et une source de nourriture variée (Pitcher 1993 ; Briones-Fourzan and Lozano-Álvarez 2013). Les langoustes sont considérées comme des charognards omnivores et opportunistes. Leur régime alimentaire est très divers, composé notamment de mollusques (surtout des gastéropodes), de crustacés, d'échinodermes, de plantes aquatiques et d'algues (Pitcher 1993). Chaque espèce réagit différemment aux variations de profondeur, de turbidité, de température, de salinité, de couverture corallienne et de houle au sein de son habitat (De Bruin 1969 ; Pitcher 1993). Par exemple, *P. penicillatus* occupe principalement des habitats situés à des profondeurs supérieures à 10 mètres dans la zone de déferlement des récifs coralliens exposée au vent, où l'eau est propre, claire et largement épargnée par les influences terrestres et où les températures sont relativement constantes (George 1974). En revanche, *P. ornatulus* (langouste porcelaine) vit dans des habitats plus variés, allant des récifs coralliens et rocaillieux jusqu'aux fonds sablonneux riches en matières organiques, à des profondeurs pouvant atteindre 200 mètres. Cette espèce est aussi relativement commune dans les eaux turbides du plateau continental, exposées aux effluents terrestres (George 1968 ; Poupin and Juncker 2010).

Reproduction

Toutes les langoustes, quelle que soit l'espèce, présentent un cycle de vie et des modalités de reproduction similaires. Les femelles en intermue et au stade de développement ovarien s'accouplent avec les langoustes mâles. À l'aide d'une paire d'appendices masculins situés à la base des cinquièmes pattes locomotrices (figure 2), la langouste mâle dépose une masse acellulaire contenant des spermatophores tubulaires sur les quatrième et cinquième plaques sternales de la femelle (Pitcher 1993) (figure 3). Avant de pondre ses œufs, libérés par la paire de gonopores situés à la base des troisièmes pattes locomotrices (figure 4), la femelle gratte la surface de la masse acellulaire (plastron de sperme) et libère les spermatozoïdes à l'aide des doigts du dactyle des cinquièmes pattes locomotrices (Kagwade 1988) (figure 5). Les centaines de milliers d'œufs pondus par la femelle sont alors fécondés au contact de la masse spermatophorique, à l'intérieur d'une cavité formée par l'abdomen de la femelle incurvé sur son sternum (Kagwade 1988). La femelle porte les œufs pendant un mois environ avant de les libérer (Pitcher 1993). Le stade larvaire dure de 4 à 22 mois selon les espèces ; après plus de 10 étapes morphologiques, les larves deviennent des adultes miniatures incolores de 50 mm de long (Phillips and Sastry 1980). À ce stade, les larves océaniques deviennent des animaux benthiques (fixés sur le fond marin) et muent rapidement pour former des juvéniles pigmentés (Phillips and Sastry 1980).

Croissance et taille à maturité

À l'instar des autres crustacés, les langoustes grandissent par phases, marquées par des périodes de mue (Lyle and MacDonald 1983). Le taux de croissance dépend de facteurs biotiques et abiotiques, tels que la température de l'eau, la disponibilité de la nourriture, la salinité de l'eau et les blessures (Robertson and Butler 2003), qui, à leur tour, peuvent avoir une incidence sur la taille à laquelle les individus parviennent à maturité (Briones-Fourzan and Lozano-Álvarez 2013). Autrement dit, la taille à première maturité d'une même espèce peut varier

en fonction de son environnement, ce qui a des conséquences pour sa gestion locale et régionale (Briones-Fourzan and Lozano-Álvarez 2013). En général, la croissance ralentit à mesure que les femelles grandissent et deviennent plus fécondes, car elles consacrent davantage d'énergie à la production d'œufs et à la reproduction qu'à la croissance (Hunt and Lyons 1986 ; Pitcher 1993).

Le terme de taille à maturité (L_{50}) désigne la taille à laquelle 50 % des individus sont capables, fonctionnellement ou physiologiquement, de se reproduire. Les facteurs environnementaux et une forte pression de pêche peuvent réduire la taille à maturité, dès lors qu'ils retirent de la population les grands individus qui parviennent à maturité à une taille supérieure (autrement dit au-delà des tailles réglementaires de capture) (Atherley *et al.* 2021). Cela réduit leur contribution à la structure génétique de la population et, par conséquent, favorise la domination progressive des individus de taille non réglementaire qui parviennent à maturité à un âge plus précoce ou à une taille inférieure (Atherley *et al.* 2021). L'estimation de L_{50} pour une espèce donnée a donc des implications importantes en matière de gestion, car elle peut servir à déterminer une taille minimale de capture (TMC). Dans le cas de la méthode d'évaluation du potentiel de reproduction basée sur la longueur, utilisée par Prince (2015), la TMC est généralement fixée autour de 1,2 à 1,4 fois la taille à maturité fonctionnelle. La taille à maturité, qui marque le passage au stade adulte reproducteur, n'est en outre pas la même chez le mâle et chez la femelle (George and Morgan 1979). La maturité d'un individu peut être estimée par examen visuel des gonades, surtout à proximité des périodes de reproduction. En dehors de ces périodes, un examen histologique des gonades peut être nécessaire.

Deux grandes méthodes sont utilisées pour évaluer la maturité des langoustes. Premièrement, la maturité fonctionnelle est établie lorsque tous les caractères secondaires se sont suffisamment développés pour permettre l'accouplement et la production d'une descendance viable dans un habitat naturel (Aiken and Waddy 1980). Deuxièmement, la maturité sexuelle ou physiologique est établie lorsque les gonades sont aptes à produire des gamètes matures (Aiken and Waddy 1980). La taille à maturité fonctionnelle des langoustes femelles peut être déterminée à l'œil nu : on recherchera la présence d'œufs sous l'abdomen (femelles ovigères ou grainées) et la présence de plaques sternales molles ou de plastrons de sperme au niveau des différents segments du sternum (Comeau and Savoie 2002). Les caractéristiques morphologiques diffèrent toutefois d'une espèce à l'autre : par exemple, certains des caractères externes utilisés pour déterminer la maturité fonctionnelle, tels que les plaques sternales molles, sont absents chez *P. longipes* (George 2005). Il est difficile d'estimer le stade de maturité des langoustes mâles par un simple examen des caractères morphologiques externes, tels que les appendices masculins, car il peut être malaisé d'en déterminer le stade de développement (George and Morgan 1979). Des changements extérieurs nets sont toutefois observés chez certaines espèces. Par exemple, chez *P. versicolor*, la croissance de la première patte est observée et les appendices masculins sur le sternum sont pointus, dentelés et présentent des soies fines

(George and Morgan 1979 ; George 2005). Pour *P. penicillatus*, la forme de la carapace passe de subcylindrique à une forme de tonneau à mesure que l'animal gagne en maturité (Pitcher 1993). Le développement des appendices masculins, qui sert à déterminer la maturité fonctionnelle chez les mâles, est tout aussi important que la maturité chez les femelles, car les testicules peuvent être développés chez des mâles beaucoup plus petits que les plus petites des femelles matures. Par conséquent, il est possible que ces petits mâles ne puissent pas s'accoupler avec des femelles matures en raison de leur taille, et qu'ils ne puissent pas se reproduire avant d'être capturés si la taille minimale de capture est fixée en fonction des stades de maturité des femelles (George and Morgan 1979). Il est donc important de tenir compte des mâles de taille inférieure dans la population lors de la définition de la taille minimale de capture.

Études réalisées précédemment sur la taille à maturité dans la région

Très peu d'études ont été menées sur la taille à maturité des langoustes dans la région. En outre, les quelques études existantes remontent à des dizaines d'années et portent sur des sites ou des pays précis. Par exemple, *P. penicillatus* a été étudié dans des pays tels que les Îles Marshall (Ebert and Ford 1986), les Îles Salomon (Prescott 1988), les Tonga (Zann 1984 ; Udagawa

et al. 1995), le Samoa (King and Bell 1989 ; Coutures 2003) et Palau (MacDonald 1988) ; *P. versicolor* a été étudié à Palau (MacDonald 1988) et *P. ornatus* en Papouasie-Nouvelle-Guinée (MacFarlane and Moore 1986) (tableau 1).

Âge

L'âge est également un élément essentiel pour comprendre le cycle de vie des animaux aquatiques. C'est un paramètre important pour la modélisation des populations ou l'évaluation des stocks halieutiques, qui ne peut pas toujours être déduit de la taille (Zhu *et al.* 2018). Connaître la répartition par âge des populations permet de mieux comprendre la longévité, ainsi que la taille ou la maturité sexuelle à un âge donné (Becker *et al.* 2018). Chez les poissons, l'âge peut être estimé à partir de plusieurs structures, notamment les otolithes, les statolithes, les nageoires, la dentition, les scutelles et le squelette (Sheridan *et al.* 2016). Le calcul direct de l'âge des crustacés se révèle toutefois difficile, car les formations calcaires durables se perdent au fil de la croissance, notamment par les mues successives de l'exosquelette calcaire (Gnanalingam *et al.* 2018). Néanmoins, chez certaines espèces de crustacés, l'âge d'un individu peut être déterminé par des analyses des marques de croissance déposées successivement sur certaines formations calcifiées, telles que les ossicules du moulin gastrique et éventuellement les pédoncules oculaires (Leland *et al.* 2015).

Tableau 1. Comparaison de la taille à maturité (TAM) estimée des langoustes dans plusieurs études menées dans la région, à l'aide de différentes méthodes.

Espèce	Pays	Taille à maturité – longueur de la carapace (mm)	Source	Méthode
<i>Panulirus penicillatus</i>	Enewetak, Îles Marshall	62	Ebert and Ford 1986	Femelles ovigères de longueur de carapace \geq 62 mm
<i>Panulirus penicillatus</i>	Îles Salomon	50	Prescott 1988	Plus petite femelle ovigère
<i>Panulirus penicillatus</i>	Tonga	53	Udagawa <i>et al.</i> 1995	Plus petite femelle ovigère
<i>Panulirus penicillatus</i>	Tonga	65–69	Zann 1984	50 % des femelles ovigères
<i>Panulirus penicillatus</i>	Samoa occidentales	75,3	King and Bell 1989	Première maturité
<i>Panulirus penicillatus</i>	Palau	100	MacDonald 1979	Taille moyenne des femelles grainées
<i>Panulirus penicillatus</i>	Îles Carolines occidentales, Palau	69	MacDonald 1988	Plus petite femelle ovigère
<i>Panulirus penicillatus</i>	Samoa américaines	70	Coutures 2003	50 % des femelles ovigères
<i>Panulirus versicolor</i>	Îles Carolines occidentales, Palau	82	MacDonald 1988	50 % des femelles ovigères
<i>Panulirus ornatus</i>	Papouasie-Nouvelle-Guinée	78,6	MacFarlane and Moore 1986	Plus petite femelle ovigère

Travaux actuels et à venir

Dans la mesure où les caractéristiques du cycle de vie des différentes espèces de langoustes peuvent varier en fonction des facteurs d'influence, les variations régionales des paramètres de la reproduction et des caractéristiques des populations doivent si possible être examinées pays par pays. C'est pourquoi la Communauté du Pacifique (CPS) a commencé à travailler avec ses États et Territoires membres intéressés pour recueillir des informations pertinentes sur leurs populations de langoustes. Avec le soutien de la CPS et à l'aide des outils de collecte de données que celle-ci propose (applications Web et application Iksavea)³, le Samoa, la Nouvelle-Calédonie et les Fidji ont lancé des campagnes de collecte de données dépendantes des pêcheries sur leurs populations de langoustes.

Les formations actuelles et à venir de la CPS sur les outils de collecte de données et les méthodes d'échantillonnage devraient aider davantage de pays membres à intégrer des évaluations des populations de langoustes à leur pratique de gestion durable des ressources halieutiques.

Afin de garantir la cohérence de la collecte de données dans les différents États et Territoires, l'Organisation met au point des protocoles normalisés de consignation d'indicateurs fondés sur la taille des espèces de *Panulirus* dans la région. Ce travail porte sur les domaines suivants :

- A. Morphologie externe : des lignes directrices seront établies pour faciliter l'identification des grandes différences entre les mâles et les femelles, ainsi que l'observation externe de la maturité fonctionnelle ;
- B. Morphologie interne : des lignes directrices seront établies pour faciliter la différenciation des gonades mâles et femelles et déterminer leur maturité physiologique ; et
- C. Étude du potentiel de calcul de l'âge à partir des ossicules du moulin gastrique et des pédoncules oculaires.

Protocoles

A. Morphologie externe générale des langoustes (maturité fonctionnelle)

Plusieurs caractères peuvent être utilisés pour distinguer les langoustes mâles des langoustes femelles.

1. Appendice masculin

Les espèces du genre *Panulirus* présentent des appendices masculins proéminents et bien développés à la base de la dernière paire de pattes (George 2005) (figure 2). Le mâle se sert de ces appendices pour déposer un spermatophore à l'extrémité ventropostérieure du thorax de la femelle (George 2005). Le plastron de sperme se développe lorsque le spermatophore durcit sous l'effet de l'eau de mer (George 2005). La taille et la forme des appendices masculins varient en fonction des espèces et du cycle de vie des individus (George 2005).



Figure 2. L'appendice masculin de trois espèces de *Panulirus*.

- A *P. versicolor*,
- B *P. penicillatus* et
- C *P. ornatus*.

(Crédit photo : A, B – ©Prakriti P. Rachna, CPS ; C – ©Prakriti P. Rachna)

³ Voir : Shedrawi G., Bosserelle P., Vigga B., Magron F., Gislard S., Tiitii S., Tanielu E., Fepuleai F., Rachna P., Halford A.R. 2021. La COVID-19 donne un coup d'accélérateur à la transition numérique des sciences halieutiques côtières. Lettre d'information sur les pêches de la CPS, n° 165, p. 24–27. <https://purl.org/spc/digilib/doc/yz8fq>

II. Sternum mou, plastron de sperme et gonopores

Les femelles adultes et matures présentent aussi des segments de tissus mous ou ensembles de dépressions décalcifiées rondes ou ovales, que l'on observe sur les plaques sternales du thorax (Lindberg 1955 ; Berry 1970). On parle alors de sternum mou (George 2005) (figure 3A). C'est là que le mâle dépose le spermatophore, qui formera le plastron (figure 3B). Les femelles possèdent une paire de gonopores, situées à la base

des troisièmes pattes locomotrices, qui libèrent des ovocytes matures durant la reproduction (Pitcher 1993) (figure 4).

III. Fausse pince

Les langoustes femelles possèdent des fausses pinces, absentes chez les mâles (figure 5). La fausse pince sert à ouvrir le spermatophore déposé par les mâles pour libérer les spermatozoïdes (Pitcher 1993).

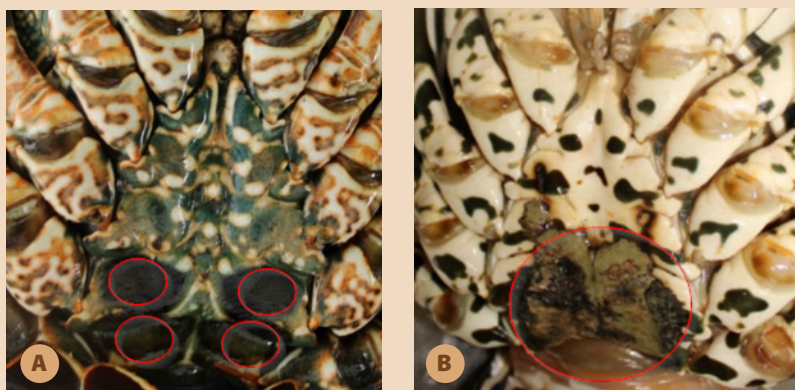


Figure 3. Plaques sternales de langoustes femelles :
A sternum mou d'un spécimen de *P. penicillatus* et
B plastron observé sur *P. versicolor*.

(Crédit photo : ©Prakriti P. Rachna)



Figure 4. Paire de gonopores sur la partie sternale du thorax de *Panulirus* femelles. **A** *P. versicolor* ;
B *P. penicillatus* et **C** *P. fermoristriga*. (Crédit photo : ©Prakriti P. Rachna)



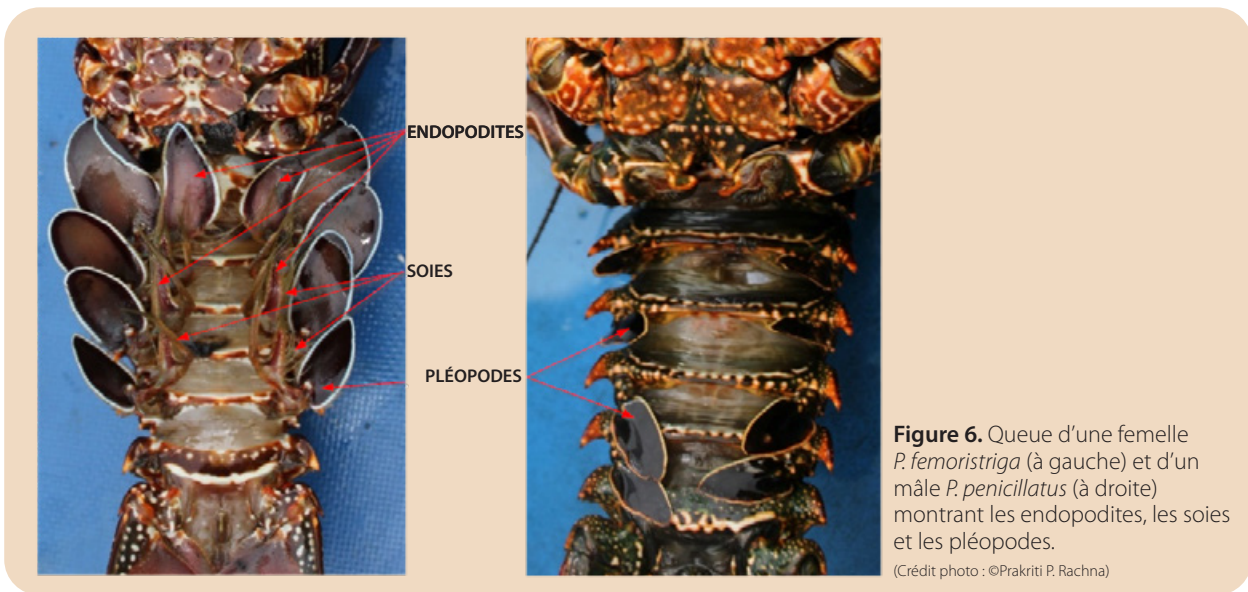
Figure 5. Illustration de **A** la griffe située sur les cinquièmes pattes locomotrices d'un mâle *Panulirus penicillatus* ; **B** la fausse pince d'une femelle *P. penicillatus* grainée ; et **C** la griffe des cinquièmes pattes locomotrices d'un mâle *P. penicillatus*.
 (Crédit photo : A – ©Faasulu Fepuleai, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Samoa ; B – ©Prakriti P. Rachna ; C – ©Prakriti P. Rachna, CPS)

IV. Pléopodes

La taille et le nombre de pléopodes sont différents chez les mâles et les femelles. Les mâles ont une paire de petits pléopodes sur chaque segment caudal (figure 6), tandis que les femelles possèdent une paire de grands pléopodes (exopodites) et une deuxième paire, dotée de soies, sous la queue, appelée endopodites (Kizhakudan and Patel 2010). La paire supplémentaire de pléopodes sur le premier segment caudal présente à peu près la même taille que les exopodites. Ces appendices supplémentaires sous la queue des femelles permettent la fixation des œufs après la fécondation et le développement des larves jusqu'à leur libération (Pitcher 1993) (figure 6).

B. Morphologie interne des langoustes

À l'aide d'une paire de ciseaux, la carapace a été découpée à sa base pour être retirée, ce qui a permis de mettre au jour la face interne de mue, qui contient les viscères dans le céphalothorax (figure 7A). Ce dernier a ensuite été précautionneusement incisé pour faire apparaître les viscères, où se situent les gonades et les ossicules gastriques (figures 7C et 7D). Les gonades ont été soigneusement retirées, pesées, caractérisées puis placées dans une solution de formol à 10 %, dotée d'une étiquette d'identification, pour examen ultérieur.

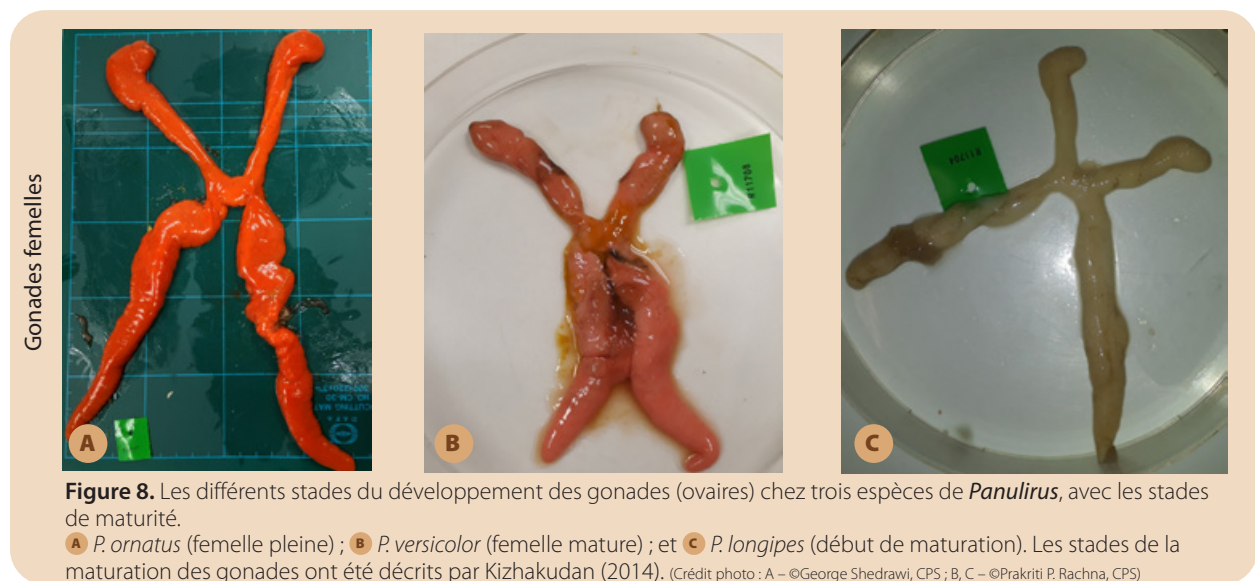


I. Observation externe des gonades pour déterminer la maturité des langoustes (maturité physiologique)

On peut évaluer la maturité physiologique en observant le stade de développement et l'aspect des ovaires, ainsi que la présence d'ovocytes matures chez la femelle (Pérez-González *et al.* 2009 ; Yusnaini *et al.* 2019), et la présence de spermatozoïdes matures dans les testicules du mâle (Atherley *et al.* 2021). Les gonades peuvent être classées selon différents niveaux de maturité, à partir de leur forme et de leur taille avant et après la libération des ovocytes ou du spermatophore (Salim *et al.* 2019). En outre, le rapport gonado-somatique (RGS) peut être calculé et utilisé pour évaluer le stade de maturité (Salim *et al.* 2019). Le RGS permet de caractériser le développement des gonades à partir du rapport entre le poids des gonades (PG) et le poids du corps (PC), exprimé en pourcentage (Salim *et al.* 2019). L'équation est la suivante :

$$\text{RGS} = \text{PG}/\text{PC} \times 100 \%$$

Le RGS permet d'obtenir des informations sur les saisons de ponte et les cycles de reproduction de plusieurs crustacés (Minagawa and Sano 1997). Pour gérer les ressources halieutiques en fonction de l'état des stocks, il est important de déterminer la taille à laquelle les gonades des individus arrivent à première maturité, ainsi que leur aspect avant et après la ponte (Salim *et al.* 2019). La taille à maturité sexuelle des crustacés peut varier avec le temps ; il est donc conseillé de procéder à des évaluations régulières afin que la taille minimale de capture puisse être modifiée si nécessaire, en particulier pour les populations fortement exploitées (Öndes *et al.* 2017).



C. Possibilités de détermination de l'âge des langoustes à l'aide des ossicules du moulin gastrique et des pédoncules oculaires

Une fois le céphalothorax ouvert, les ossicules du moulin gastrique ont été retirés, nettoyés puis stockés en vue de l'examen de l'âge (figure 10). Les gonades ont été soigneusement retirées, pesées et photographiées. Les orbites ont également été retirées afin d'examiner si les pédoncules oculaires pouvaient être utilisés pour calculer l'âge.

Les méthodes directes d'estimation de l'âge par évaluation anatomique ne sont pas applicables aux crustacés. Auparavant, les méthodes indirectes consistaient à élever en captivité des individus d'âge connu, puis à les marquer et à les recapturer une fois relâchés dans la nature (Leland and Bucher 2017). Une telle méthode présentait plusieurs difficultés, liées en particulier à la saisonnalité des cycles de reproduction ou du recrutement, et n'était applicable que si les stries de croissance et les périodes intermue ne variaient pas trop d'un individu à l'autre (Becker *et al.* 2018).

Le calcul de l'âge à partir des pédoncules oculaires est utilisé principalement pour les crevettes et le krill ; pour les plus grands décapodes, les structures endosquelettiques présentes dans la partie antérieure du tube digestif, appelées ossicules du moulin gastrique, ont été étudiées (Becker *et al.* 2018). Leland (2011) a mis au point une nouvelle méthode anatomique de calcul de l'âge des crustacés, qui est de plus en plus appliquée depuis une dizaine d'années. Cette méthode consiste à observer les structures et anneaux cuticulaires fortement calcifiés dans des coupes transversales de l'endocuticule pour déterminer les paliers annuels de croissance. Chez certaines espèces, le nombre d'anneaux endocuticulaires augmente avec la taille du corps (Becker *et al.* 2018 ; Leland *et al.* 2011), et un individu plus grand et plus vieux en possède donc davantage (figure 10).

Prochaines étapes

1. Élaborer un ensemble de protocoles d'échantillonnage et de programmes de formation bien conçus pour permettre aux États et Territoires insulaires océaniques de recueillir des données avec efficacité et efficience.
2. Élaborer une base de données des prélèvements biologiques afin de centraliser les données et de les gérer pour le compte des États et Territoires membres.
3. Définir un ensemble d'indicateurs du potentiel de reproduction pour orienter la gestion des ressources halieutiques.

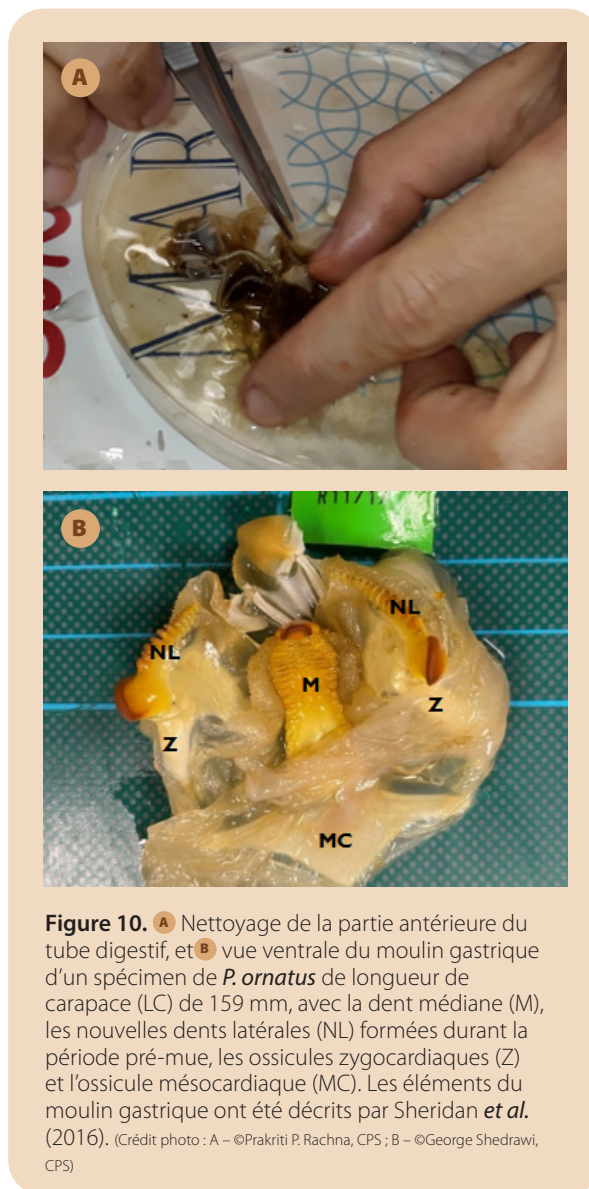


Figure 10. A) Nettoyage de la partie antérieure du tube digestif, et B) vue ventrale du moulin gastrique d'un spécimen de *P. ornatus* de longueur de carapace (LC) de 159 mm, avec la dent médiane (M), les nouvelles dents latérales (NL) formées durant la période pré-mue, les ossicules zygodardiaques (Z) et l'ossicule mésocardiaque (MC). Les éléments du moulin gastrique ont été décrits par Sheridan *et al.* (2016). (Crédit photo : A – ©Prakriti P. Rachna, CPS ; B – ©George Shedrawi, CPS)

Conclusion

Les invertébrés sont une ressource encore trop peu étudiée en Océanie, alors même qu'ils constituent une source essentielle de nourriture pour la plupart des populations. Les langoustes représentent une part importante de la faune invertébrée et se vendent à des prix élevés, ce qui en fait une ressource particulièrement ciblée. Les maigres ressources affectées à la gestion halieutique se concentrent souvent sur les poissons, qui forment la majorité des captures des pêcheries côtières. Néanmoins, la CPS continue de concevoir et de mettre en œuvre des méthodes efficaces et efficaces afin d'aider les pays océaniques à évaluer leurs ressources en invertébrés. Les données et informations biologiques recueillies à l'aide de protocoles normalisés, tels que ceux présentés ici, permettront aux membres d'élaborer des plans de gestion efficaces pour assurer la pérennité des ressources halieutiques côtières.

Bibliographie

- Aiken D.E., and Waddy S.L. 1980. Reproductive biology [Lobsters]. p. 215–275. In: J.S. Cobb and B.F. Phillips (eds). The biology and management of lobsters. Academic Press, London. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19830884817>
- Atherley N., Dennis M., Behringer D., and Freeman M. 2021. Size at sexual maturity and seasonal reproductive activity of the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. Marine Ecology Progress Series. <https://doi.org/10.3354/MEPS13762>
- Becker C., Dick J., Cunningham E.M., Schmitt C. and Sigwart J. 2018. The crustacean cuticle does not record chronological age: new evidence from the gastric mill ossicles. Arthropod structure & development. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2018.07.002>
- Berry P. 1970. Mating behaviour, oviposition and fertilization in the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus). South African Oceanographic Resource Institute, Investigational Report 4:1–16
- Briones-Fourzan P. and Lozano-Álvarez E. 2013. Essential habitats for *Panulirus* spiny lobsters. p 186–220. In: Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118517444.ch7pp186-220>
- Comeau M. and Savoie F. 2002. Maturity and reproductive cycle of the female American lobster, *Homarus americanus*, in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. Journal of Crustacean Biology 22:762–774.
- Coutures E. 2003. The biological and artisanal fishery of spiny lobsters of American Samoa. Department of Marine and Wildlife Resources Report Series 103:321–325.
- De Bruin G.H.P. 1969. The ecology of spiny lobsters, *Panulirus* spp., of Ceylon waters. Bulletin of the Fisheries Research Station Ceylon 20:171–189.
- Ebert T. and Ford R. 1986. Population ecology and fishery potential of the spiny lobster *Panulirus penicillatus* at Enewetak Atoll, Marshall Islands. Bulletin of Marine Science 38:56–67.
- George R.W. 1968. Tropical spiny lobster, *Panulirus* spp., of Western Australia (and the Indo-West Pacific). Journal of The Royal Society of Western Australia 51:33–38
- George R.W. 1974. Coral reefs and rock lobster ecology in the Indo-West Pacific region. In: Proceedings of the 2nd International Coral Reef Symposium; Brisbane, Australia. Vol. 1, p. 321–325. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10010435584/>
- George R.W. 2005. Comparative morphology and evolution of the reproductive structures in spiny lobsters, *Panulirus*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 39:493–501. <https://doi.org/10.1080/00288330.2005.9517328>
- George R.W. and Morgan G. 1979. Linear growth stages in the rock lobster (*Panulirus versicolor*) as a method for determining size at first physical maturity [leg length, carapace length ratio, Australia]. Rapports et Procès-verbaux des Réunion du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 175:182–185.
- Gnanalingam G., IV M., Matthews T., Hutchinson E., and Kilada R. 2018. Directly ageing the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus* with validated band counts from gastric mill ossicles. ICES Journal of Marine Science. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy177>
- Hunt J.H. and Lyons W.G. 1986. Factors affecting growth and maturation of spiny lobsters, *Panulirus argus*, in the Florida Keys. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43(11):2243–2247. <https://doi.org/10.1139/f86-275>
- Kagwade P.V. 1988. Reproduction in the spiny lobster *Panulirus polyphagus* (Herbst). Journal of the Marine Biological Association of India 30:37–46
- King B. and Bell L. 1989. The fishery for the spiny lobster, *Panulirus penicillatus* in Western Samoa. <http://digilib.library.usp.ac.fj/gsdll/collect/moanare1/index/assoc/HASHf8e8.dir/doc.pdf>
- Kizhakudan J.K. 2014. Reproductive biology of the female shovel-nosed lobster *Thenus unimaculatus* (Burton and Davie, 2007) from north-west coast of India. <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/28963>
- Kizhakudan J.K. and Patel S.K. 2010. Size-at-maturity in the mud spiny lobster *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793). Journal of the Marine Biological Association of India 10
- Leland J. and Bucher D. 2017. Direct age determination with validation for commercially important Australian lobster and crab species: western, eastern, southern and ornate rock lobsters and crystal, giant and mud crabs. Southern Cross University (Lismore campus). New South Wales, Australia
- Leland J., Coughran J. and Bucher D. 2011. A preliminary investigation into the potential value of gastric mills for ageing crustaceans. p. 57–68. In: Crustaceana Monographs (Special edition: New Frontiers in Crustacean Biology).
- Leland J.C., Bucher D.J., and Coughran J. 2015. Direct age determination of a subtropical freshwater crayfish (redclaw, *Cherax quadricarinatus*) using ossicular growth marks. PLOS ONE 10:e0134966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134966>
- Lindberg R.G. 1955. Growth, population dynamics, and field behavior in the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall). In: Robinson Street Books: Used and Rare, IOBA. <https://www.robinsonstreetbooks.com/products/growth-population-dynamics-and-field-behavior-in-the-spiny-lobster-panulirus-interruptus-randallprint4r00072>
- Lyle W.G. and MacDonald C.D. 1983. molt stage determination in the Hawaiian spiny lobster *Panulirus marginatus*. Journal of Crustacean Biology 3:208–216. <https://doi.org/10.2307/1548257>
- MacDonald C.D. 1979. Management aspect of the biology of the spiny lobsters, *P. marginatus*, *P. penicillatus*, *P. versicolor* and *P. longipes femoristriga* in Hawaii and the Western Pacific. Final Report to the Western Pacific Regional Fishery Management Council. Honolulu, Hawaii. 46 p.

- Macdonald C.D. 1982. Catch composition and reproduction of the spiny lobster *Panulirus versicolor* at Palau. Transactions of the American Fisheries Society 111:694–699. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1982\)111<694:CCAROT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1982)111<694:CCAROT>2.0.CO;2)
- MacDonald C.D. 1988. Fecundity and reproductive rates in Indo-west Pacific spiny lobsters. Micronesica 21:103–114
- MacFarlane J.W. and Moore R. 1986. Reproduction of the ornate rock lobster, *Panulirus ornatus* (Fabricius), in Papua New Guinea. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 37:55–65
- Minagawa M. and Sano M. 1997. Oogenesis and ovarian development cycle of the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae). Marine and Freshwater Research 48:875–888
- Öndes F., Kaiser M.J. and Murray L.G. 2017. Relative growth and size at onset of sexual maturity of the brown crab, *Cancer pagurus* in the Isle of Man, Irish Sea. Marine Biology Research 13:237–245 <https://doi.org/10.1080/017451000.2016.1248849>
- Pérez-González R., Puga-López D. and Castro-Longoria R. 2009. Ovarian development and size at sexual maturity of the Mexican spiny lobster *Panulirus inflatus*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 43:163–172. <https://doi.org/10.1080/00288330909509990>
- Phillips B.F. and Sastry A.N. 1980. Larval ecology. In: The biology and management of lobsters: Ecology and management. Elsevier.
- Pitcher C.R. 1993. Spiny lobster. p. 539-607. In: Wright A., Hills L. (eds). Nearshore marine resources of the South Pacific. Honiara / Suva: Forum Fisheries Agency / Institute of Pacific Studies. <https://purl.org/spc/digilib/doc/3tqgz>
- Poupin J. and Juncker M. 2010 Guide des crustacés décapodes du Pacifique Sud =: A guide to the decapod crustaceans of the South Pacific. 323 p. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. <https://purl.org/spc/digilib/doc/6zmfu>
- Prescott J. 1980. A handbook for lobster fishermen of the tropical Pacific islands. Noumea, New Caledonia: South Pacific Commission. 20 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/mzo7o>
- Prescott, J. 1988. Tropical spiny lobster: an overview of their biology, the fisheries and the economics with particular reference to the double spined rock lobster *P. penicillatus* [WP 18]. Noumea: SPC. Workshop on Pacific Inshore Fishery Resources, Noumea, New Caledonia, 14-25 March 1988. 36 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/enxy4>
- Robertson D.N. and Butler M.J. 2003. growth and size-at-maturity in the spotted spiny lobster. Journal Of Crustacean Biology 23:8
- Salim A., Asrial E., Liliyanti M.A., Hamid. and Rosadi E. 2019. Reproductive biological aspect of *Panulirus penicillatus* in Sumbawa Island waters, Indonesia. <https://www.semanticscholar.org/paper/reproductive-biological-aspectof-panulirus-in-salim-asrial/3a29fd0c28e4723c60902836b075f59184fffc3c>
- Sheridan M., O'Connor I. and Henderson A.C. 2016. Investigating the effect of molting on gastric mill structure in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and its potential as a direct ageing tool. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 484:16–22. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.08.005>
- Udagawa K., Kava V., Fa'anunu U. 1995. Lobster fishery in the Tongatapu Island group, Tonga: its biology and the effect of new fishery regulation [BP 10]. Noumea, New Caledonia: South Pacific Commission. South Pacific Commission and Forum Fisheries Agency Workshop on the Management of South Pacific Inshore Fisheries, Noumea, New Caledonia, 1995. 10 p. <https://purl.org/spc/digilib/doc/kswrn>
- Yusnaini Y., Nur I., Idris M. and Yasidi F. 2019. Morphology of the female gonads of the long-legged spiny lobster. Journal of Fisheries and Aquatic Science 15:1–6. <https://doi.org/10.3923/jfas.2020.1.6>
- Zann L.P. 1984 A preliminary investigation of the biology and fisheries of the spiny lobsters (Palinuridae) in the Kingdom of Tonga. The Institute of Marine Resources, The University of the South Pacific, Suva, Fiji.
- Zhu G., Yang Y., Song Q., and Zhang H. 2018 Precision of growth band determination from eyestalk sections of Antarctic krill (*Euphausia superba*) preserved in formalin. Fisheries Research 197:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.09.020>

Suivi non destructif des poissons et des habitats des fonds meubles à l'aide d'un protocole d'échantillonnage standardisé par vidéo à 360°, à distance et sans appât¹

Delphine Mallet², Marion Olivry³, Sophia Ighiouer⁴, Michel Kulbicki⁵ et Laurent Wantiez⁶

Résumé

Les fonds meubles lagonaires sont des habitats essentiels des paysages coralliens. Ils servent de nurseries, ainsi que d'aires d'alimentation et de transit aux poissons de récif. À l'heure actuelle, la plupart des méthodes d'échantillonnage des fonds meubles sont destructives (chalutage, pêche à la palangre ou à la ligne). Nous avons mis au point une méthode d'échantillonnage par vidéo à 360° à distance et sans appât (RUV360) afin d'assurer un suivi des assemblages de poissons peuplant les fonds meubles. Une caméra à bas coût et à haute définition, placée dans un boîtier étanche et fixée sur un trépied, a été déployée depuis un bateau sur les fonds marins de Nouvelle-Calédonie. Ensuite, 534 vidéos ont été enregistrées afin d'évaluer l'efficacité de la méthode RUV360. Cette technique a permis d'échantillonner des fonds meubles nus, des herbiers, des prairies de macroalgues et des fonds meubles mixtes. Facile d'utilisation, elle s'est révélée extrêmement efficace : 88 % des stations ont été échantillonnées avec succès. Nous avons observé 10 007 poissons appartenant à 172 espèces, dont 45 espèces pêchées en Nouvelle-Calédonie, ainsi que de nombreuses espèces d'importance majeure. Les résultats sont conformes aux caractéristiques connues des assemblages de poissons des fonds meubles lagonaires de Nouvelle-Calédonie. Nous proposons, à l'intention des utilisateurs futurs, des recommandations générales et des abaques qui permettent d'estimer la proportion de la richesse spécifique totale théorique échantillonnée, en fonction du nombre de stations ou de la durée des enregistrements.

1. Introduction

Les habitats des fonds meubles constituent un élément majeur du paysage des récifs coralliens. Ils forment de vastes zones de vase, de sable ou de débris, que les végétaux marins peuvent coloniser [1, 2]. Dans les milieux lagonaires, ils créent des passages essentiels entre les récifs coralliens et jouent un rôle majeur dans la connectivité et les transferts d'énergie au sein d'une mosaïque d'habitats récifaux et périrécifaux [3, 4]. De nombreuses espèces de poissons, de même que plusieurs espèces emblématiques telles que les tortues de mer ou les dugongs, utilisent ces habitats. Les poissons s'en servent comme nurseries et zones d'alimentation et de transit [5, 6]. Ce paysage marin d'une grande complexité est soumis à une pression anthropique grandissante, causée en particulier par la croissance démographique et

l'intensification de ses impacts, notamment la pêche, l'aménagement du littoral, le tourisme, les apports des bassins versants, la transformation des paysages côtiers et l'aquaculture marine.

Les habitats des fonds meubles ont été peu étudiés par rapport aux autres écosystèmes de ce paysage, tels que les récifs coralliens ou les mangroves [7]. Cela s'explique en grande partie par la difficulté que représente l'échantillonnage des assemblages de poissons des fonds meubles, les individus étant répartis sur de très vastes zones, souvent situées à de grandes profondeurs. La plupart des données disponibles sont recueillies dans le cadre de pêches expérimentales (pour l'essentiel au chalut ou à la ligne) ou de débarquements de poissons (par exemple [7 à 11]), à l'aide de méthodes extractives, et présentent des problèmes classiques de représentativité, de sensibilité et de reproductibilité. Si des méthodes d'échantillonnage standardisées et

¹ Cet article est tiré de la publication : Mallet D., Olivry M., Ighiouer S., Kulbicki M., Wantiez L. Nondestructive Monitoring of Soft Bottom Fish and Habitats Using a Standardized, Remote and Unbaited 360° Video Sampling Method. *Fishes* 2021, 6, 50. <https://doi.org/10.3390/fishes6040050>. Il est reproduit ici avec l'aimable permission des auteurs et de la revue *Fishes*.

² VISIOON, Nouvelle-Calédonie. Auteur principal : d.mallet@visioon.nc

³ CNAM Intechmer, France. marionolivry4@gmail.com

⁴ École pratique des hautes études (Université PSL), France. sophia.ighiouer@hotmail.fr

⁵ Institut de recherche pour le développement (IRD) – UMR Entropie – Université de Perpignan, France. michel.kulbicki@ird.fr

⁶ Entropie, Université de la Nouvelle-Calédonie. laurent.wantiez@unc.nc

Une raie à points bleus (*Neotrygon kuhlii*) passe devant l'objectif (crédit photo : ©VISIOON).

non destructives, telles que le comptage visuel en plongée, sont utilisées très fréquemment sur les récifs coralliens, elles ne sont pas adaptées aux fonds meubles en raison de la faible concentration de poissons, du comportement spécifique des poissons ainsi que de l'étendue ou de la profondeur des habitats. En Nouvelle-Calédonie, les seules informations disponibles sur les assemblages des fonds meubles proviennent actuellement de programmes anciens, fondés sur des données de captures expérimentales [11 à 16] et des données d'enquête [17 à 19].

L'apparition récente de systèmes de vidéo sous-marine [20, 21] ouvre la voie à la mise au point d'une méthode standardisée de suivi des assemblages de poissons sur de vastes étendues telles que les habitats des fonds meubles. Un tel outil présente plusieurs avantages : non destructif pour l'environnement, il a peu d'incidence sur le comportement des poissons et permet de réaliser des enregistrements sur de longues périodes à des fréquences variables. Il existe plusieurs techniques vidéo d'échantillonnage des poissons, par exemple la vidéo sous-marine à distance, appâtée ou non appâtée, le transect vidéo ou la vidéo tractée (voir [21] pour une synthèse des différentes techniques). À l'heure actuelle, la technique la plus utilisée dans les habitats pérorécifaux est la technique « BRUV » (Baited Remote Underwater Video, ou vidéo sous-marine à distance appâtée), qui consiste à attirer les poissons autour d'une caméra à l'aide d'un appât (voir [22 à 25] pour des applications de cette technique sur les herbiers). En Nouvelle-Calédonie, la vidéo est principalement utilisée pour les recensements des poissons de récif [26 à 28] et des requins [29, 30]. Pelletier *et al.* [26] ont utilisé la vidéo sur des fonds meubles, mais la performance de la méthode (nombre d'enregistrements et durée) n'a pas été évaluée.

Il est important de réaliser des études pilotes sur l'efficacité pour valider et optimiser les méthodes d'échantillonnage, dans le cadre de la mise au point de programmes de suivi abordables et solides sur le plan statistique. Toutefois, la plupart des plans d'échantillonnage reposant sur la vidéo sont appliqués sans études pilotes, ce qui peut compromettre leurs résultats [31 à 33]. Les études publiées [21] montrent une forte variabilité de la durée des échantillonnages et du nombre de répétitions. Plus récemment, Garcia *et al.* [35] ont comparé le nombre et la durée des vidéos à distance utilisées dans une évaluation rapide des assemblages de poissons de récif. Se basant sur 46 vidéos réalisées sur 5 sites, ils ont indiqué que l'augmentation de la couverture de l'échantillonnage dans la zone récifale pourrait se révéler plus efficace qu'une simple extension de la longueur des enregistrements.

Dans la présente étude, nous souhaitons mener une évaluation pilote afin de présenter un protocole standardisé d'échantillonnage pour le suivi de la diversité, de l'abondance et de la structure des assemblages de poissons pérorécifaux pendant la journée, en lien avec l'environnement. Nous avons utilisé un système vidéo à 360° à distance et non appâté (RUV360). La caméra à 360° enregistre simultanément toute la zone entourant chaque point d'échantillonnage. L'étude pilote visait à évaluer : 1) les limites de la méthode d'échantillonnage RUV360 (coût, visibilité, courants, topographie des fonds), 2) les espèces ciblées par cette technique, et 3) la durée optimale d'enregistrement par station et le nombre de stations nécessaires pour obtenir des données représentatives, stables et reproductibles sur les communautés de poissons pérorécifaux.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude et plan d'échantillonnage

La Grande Terre de Nouvelle-Calédonie abrite l'un des plus grands lagons coralliens au monde (19 385 km²). Elle comprend 16 874 km² d'habitat non récifal, dont certaines zones sont classées au patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO [34]. Ce paysage marin d'une grande complexité est soumis à une pression anthropique croissante, causée en particulier par l'évolution démographique (268 767 habitants en 2014 contre 230 789 en 2004)⁷ et l'intensification de ses impacts, notamment la pêche, l'aménagement du littoral, le tourisme, l'exploitation minière et l'aquaculture marine. L'étude a été réalisée du 3 mai au 18 juillet 2018 dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie, sur un transect de 18,5 km de long et de 4 km de large entre la côte et le récif-barrière (figure 1). Cette zone est représentative du paysage récifo-lagonaire de la Grande Terre, près de la capitale Nouméa. Le lagon présente 67,5 km² d'habitats de fonds meubles et deux rangées de récifs et d'îlots coralliens le long d'une pente allant du littoral jusqu'à la barrière récifale. Les fonds lagonaires sont parsemés de patates de corail. Les habitats présentant plus de 50 % de substrat dur ont été exclus de l'échantillonnage.

Nous avons dû suréchantillonner la zone afin d'évaluer la durée optimale d'enregistrement sur chaque station et le nombre de stations nécessaires pour obtenir des données représentatives et reproductibles sur les assemblages de poissons des fonds meubles. Nous avons appliqué un protocole d'échantillonnage systématique sur 609 stations, au sein d'une grille composée de carrés de 300 m de large. La distance entre les stations était suffisante pour empêcher les chevauchements dus au déplacement des poissons d'une station à l'autre. Les stations ont été échantillonnées pendant la journée, au moins une heure après le lever du soleil et une heure avant le coucher du soleil, de façon à éviter toute variation crépusculaire des assemblages de poissons [36].

2.2. Technique d'échantillonnage et analyse des images

L'étude a fait appel à une technique d'enregistrement vidéo autonome, à distance et sans appât appelée « RUV360 » (figure 2). La caméra était un appareil peu coûteux (250 euros) de marque KODAK (modèle PIXPRO SP360 4K), qui permet d'enregistrer des vidéos à très haute définition (1440 x 1440 pixels, 30 images/seconde), avec un objectif sphérique à 360° et un champ de vision vertical à 235°, pointé directement vers le haut (figure 2). La caméra était placée dans un boîtier étanche (jusqu'à 60 m de profondeur, 50 euros), fixé à un tube d'aluminium à 17 cm au-dessus du fond. Un trépied a été utilisé pour positionner la caméra et la stabiliser sur le fond (figure 2). Le système a été déployé depuis un bateau, sans que l'équipage doive se mettre à l'eau. Cette méthode nous a permis de maximiser le nombre d'observations tout en réduisant au minimum la perturbation de l'environnement (aucune embarcation ni aucun humain n'étaient présents près du système pendant les enregistrements). Afin d'évaluer la durée minimale d'enregistrement nécessaire pour obtenir des observations représentatives, nous avons fixé la durée d'enregistrement à 25 minutes. Ce délai était suffisant pour observer les poissons sédentaires puis estimer la quantité d'informations supplémentaires (poissons de passage) obtenue durant cette période.

⁷ www.isec.nc (dernière consultation en 2019)

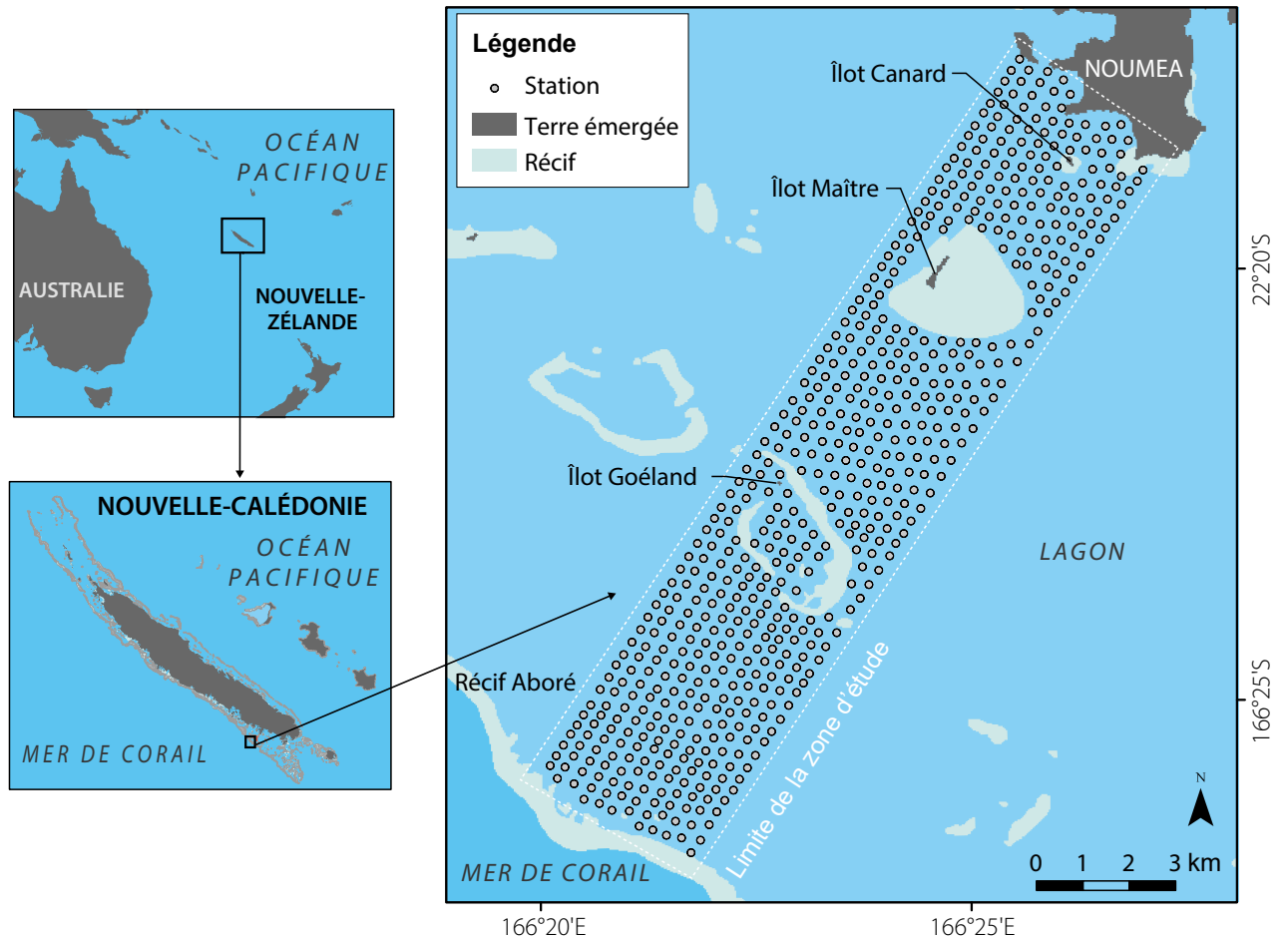


Figure 1. Zone d'étude et plan d'échantillonnage. Chaque point représente une station.

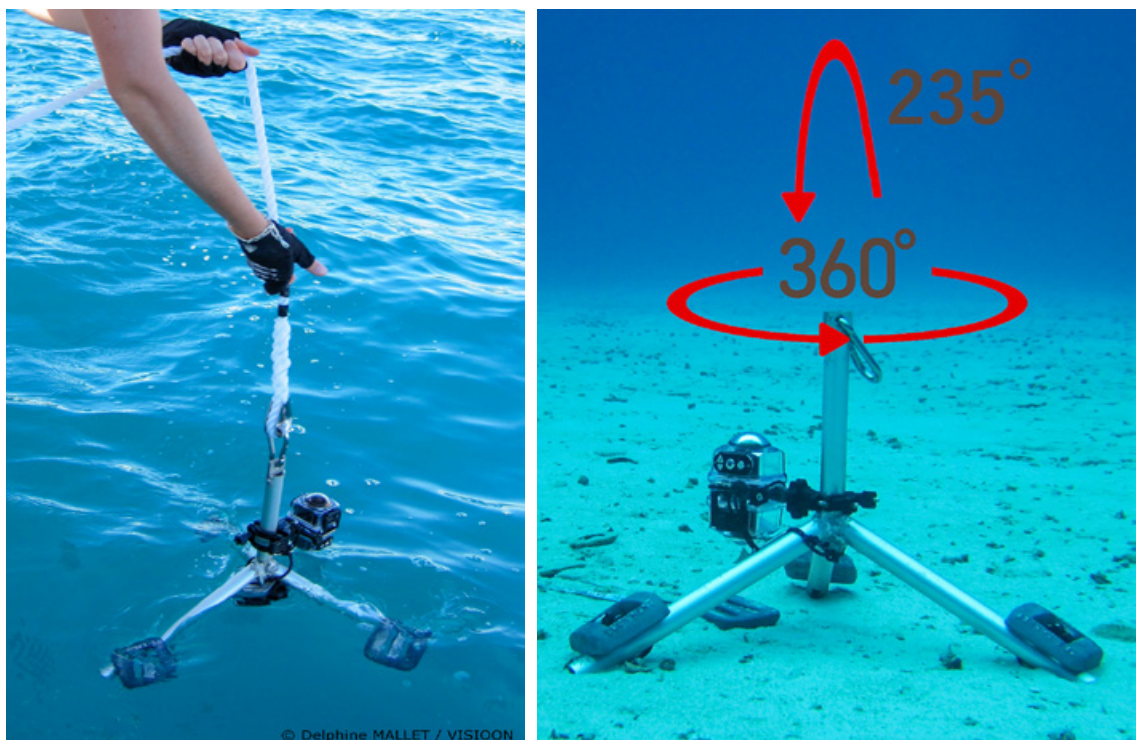


Figure 2. Système d'enregistrement vidéo sous-marin à distance.

Dans un souci d'optimisation de l'échantillonnage en mer, nous avons utilisé quatre systèmes vidéo mis en place par deux personnes à bord d'un petit bateau (moins de 8 m). À l'issue de chaque journée d'échantillonnage, toutes les vidéos ont été examinées afin de déterminer : 1) le champ de vision approprié (visibilité supérieure à 5 m), 2) la bonne orientation de la caméra pour avoir une vue claire du fond, 3) la stabilité de la caméra pendant les prises de vues et 4) la prédominance des fonds meubles dans les habitats échantillonnés (moins de 50 % de substrat dur). Lorsqu'une vidéo était jugée inexploitable, une deuxième tentative était réalisée le lendemain.

Toutes les vidéos ont été analysées par le même observateur expérimenté à l'aide du logiciel de la caméra (logiciel PC Kodak PIXPRO SP360, v1.7.0). L'habitat a été caractérisé en estimant la proportion de couverture biotique et abiotique sur les images à 360° à l'aide de la méthode MSA [37]. La couverture abiotique a été classée en deux catégories : sédiment nu (vase, sable, gravier et débris < 30 cm) ou substrat dur non vivant (coraux morts, dalle corallienne, blocs > 30 cm). La couverture biotique (substrat vivant) a été classée comme suit : coraux vivants (édifices calcaires toujours en place et présentant une forme de corail) ou « végétaux marins » (herbiers et macroalgues). Les vidéos ne nous ont pas permis d'opérer de distinction systématique entre les herbiers (*Cymodocea*, *Halophila*, *Halodule*, *Syringodium*, *Thalassia*) et les macroalgues (*Caulerpa*, *Halimeda*, *Lobophora*, *Sargassum*, *Turbinaria*).

Tous les poissons ont été comptés et identifiés au niveau taxonomique le plus précis possible. Afin d'éviter de compter plusieurs fois le même individu, nous avons utilisé une mesure prudente de l'abondance relative : « MaxN » [38]. Cette mesure correspond au nombre maximal d'individus d'une même espèce apparaissant au même moment tout au long de la vidéo. Pour étudier l'influence du temps d'immersion de la caméra sur la composition et l'abondance des espèces, nous avons calculé MaxN (pour chaque espèce) toutes les 30 secondes, ce qui nous a permis d'étudier le nombre de nouvelles espèces et de nouveaux individus observés durant chaque période. Certaines espèces de même genre, très similaires, ne diffèrent que par de petits détails (couleur des yeux, petits points colorés, etc.). Elles sont donc difficiles à distinguer à l'image, à moins de se situer suffisamment près de la caméra. Au cours de l'analyse vidéo, nous avons regroupé les espèces comme suit : i) *Amphiprion* gp pour *Amphiprion akindynos* et *Amphiprion clarkii*, ii) *Lethrinus* gp pour *Lethrinus variegatus* et *Lethrinus genivittatus*, iii) *Nemipterus* gp pour *Nemipterus peronii*, *Nemipterus furcosus* et *Nemipterus zysron*, iv) *Parapercis* gp pour *Parapercis australis* et *Parapercis millepunctata*, et v) *Pomacentrus* gp pour *Pomacentrus amboinensis* et *Pomacentrus moluccensis*.

2.3. Coût de l'échantillonnage

Nous avons estimé le coût de l'échantillonnage à partir du temps consacré au travail de terrain et à l'analyse vidéo. Le temps total nécessaire au travail de terrain quotidien comprenait la préparation du bateau, le trajet jusqu'à la zone d'échantillonnage et le temps passé dans la zone (mise en place des systèmes vidéo, déploiement et récupération des systèmes, déplacement entre les stations). Le temps nécessaire pour caractériser l'habitat, puis identifier et compter la macrofaune sur les vidéos, a été noté pour chaque enregistrement au cours de l'analyse.

2.4. Analyse des données

2.4.1. Typologie de l'habitat et assemblages de poissons

Nous avons sélectionné toutes les stations composées de moins de 50 % de substrat dur pour notre étude des habitats des fonds meubles. Pour identifier la typologie de l'habitat, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP) des données brutes et une classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les trois premiers axes de l'ACP (100 % de l'inertie), à l'aide du carré de la distance euclidienne et de la méthode d'agrégation de Ward [39].

Afin de vérifier le caractère discriminant du type de fonds meubles dans la structuration des assemblages de poissons, une analyse canonique des coordonnées principales (CAP) a été réalisée sur la matrice de similarité de Bray Curtis entre les stations en fonction de l'abondance des espèces, en utilisant le type d'habitat comme classifiant. Nous avons appliqué une transformation racine carrée sur l'ensemble de données avant l'analyse afin de réduire l'importance des espèces aberrantes [40]. Les résultats de la CAP ont été validés par une PERMANOVA (999 permutations).

2.4.2. Influence du temps d'immersion et du nombre de stations échantillonnées sur les assemblages de poissons

Le rapport entre le temps d'immersion et le nombre d'espèces ou d'individus enregistrés a été modélisé à l'aide de courbes d'accumulation du nombre d'espèces et de courbes d'abondance cumulative. La richesse spécifique et l'abondance ont été calculées à des intervalles de 30 secondes pendant la totalité du temps d'immersion (25 minutes), dans toute la zone et par habitat.

Les modèles d'accumulation du nombre d'espèces reposaient sur une méthode de raréfaction basée sur des données brutes ajoutées par ordre croissant. Le modèle de raréfaction, aussi appelé estimation du tau de Mao [41], est un outil efficace de calcul de la richesse spécifique [42]. Les modèles d'accumulation d'abondance utilisaient le temps nécessaire pour atteindre MaxN sur chaque station, ajouté par ordre croissant. Le nombre total théorique d'espèces ou d'individus dans la zone étudiée a été estimé en appliquant un modèle non linéaire de Michaelis-Menten [43] (le plus précis des modèles testés) aux données d'accumulation : $y = (V_m \times t) / (K + t)$, où y est le nombre d'espèces ou d'individus au bout de t minutes d'enregistrement, V_m est le nombre total théorique d'espèces ou d'individus dans la zone étudiée et K est le nombre de stations où la moitié du nombre total théorique d'espèces ou d'individus a été repérée sur les vidéos.

Nous avons calculé la richesse spécifique (RS) théorique en fonction du nombre de stations et de la durée des enregistrements. Pour déterminer les proportions correspondantes, nous avons calculé la moyenne de la RS obtenue par intervalle de 180 secondes à l'aide de 999 tirages (sans remplacement) du nombre de stations nécessaire dans l'ensemble global de données (534 stations).

3. Résultats

3.1. Coût de l'échantillonnage

Sur les 609 stations du protocole d'échantillonnage dans la zone, nous en avons validé 534, situées à une profondeur variant entre 1 et 25 m (moyenne \pm erreur type = $12,9 \pm 0,3$ m). Cinquante stations situées dans un habitat corallien (plus de 50 % de coraux vivants) ont été exclues de l'étude. Il n'a pas été possible de positionner correctement la caméra dans 58 stations compte tenu du relief du fond marin. La visibilité était trop faible sur 8 stations, et le courant trop fort sur 52 stations (en particulier dans les chenaux). Selon le vent, l'état de la mer et la profondeur, la préparation du bateau et les déplacements ont pris entre 19 et 113 minutes (moyenne \pm erreur type = 46 ± 3 min, tableau 1). Pour chaque enregistrement de 25 minutes, il a fallu compter 10 minutes supplémentaires de mise en place, déploiement et récupération du matériel. Ce délai a été réduit grâce à l'utilisation simultanée de 4 RUV360, ce qui nous donne un temps total de 40 à 92 minutes pour échantillonner 4 stations (moyenne \pm erreur type = 40 ± 3 min). Ces écarts s'expliquent en grande partie par la nécessité de bien positionner le système sur le fond marin (selon le pourcentage de coraux durs, la profondeur et le relief) et par la distance séparant les stations. Au total, l'analyse des 534 vidéos a duré 425 heures. Le temps d'analyse par vidéo variait entre 24 et 78 minutes (moyenne \pm erreur type = 49 ± 3 min), en fonction de la complexité (nombre d'espèces et abondance) de la biodiversité représentée.

3.2. Typologie de l'habitat

Les stations se composaient principalement de sédiment nu et de végétaux marins. Au total, 31 stations étaient quasi exclusivement constituées de sédiment nu (plus de 90 % de l'habitat), et 66 comprenaient quasi exclusivement des végétaux marins (plus de 90 % de l'habitat) ; 119 stations abritaient des coraux vivants, sans jamais dépasser une proportion de 35 %, et du substrat dur non vivant (20 % au maximum) était présent sur 52 stations.

Tableau 1. Coût de l'échantillonnage. Les valeurs minimales, maximales et moyennes (\pm erreur type) correspondent au temps quotidien (en minutes) nécessaire à la préparation du travail de terrain, par ensemble de quatre stations et par station pour l'analyse vidéo. Les totaux correspondent au temps nécessaire à l'échantillonnage et à l'analyse des 534 vidéos de l'étude.

Temps nécessaire (minutes)	Travail de terrain		
	Préparation quotidienne du bateau et du matériel et déplacement vers la zone d'échantillonnage	Échantillonnage d'un ensemble de quatre stations	Analyse d'une vidéo
Min.	19	40	24
Max.	113	92	78
Moyenne \pm erreur type	46 ± 3	40 ± 3	49 ± 3
Total	1 123	7 839	25 494

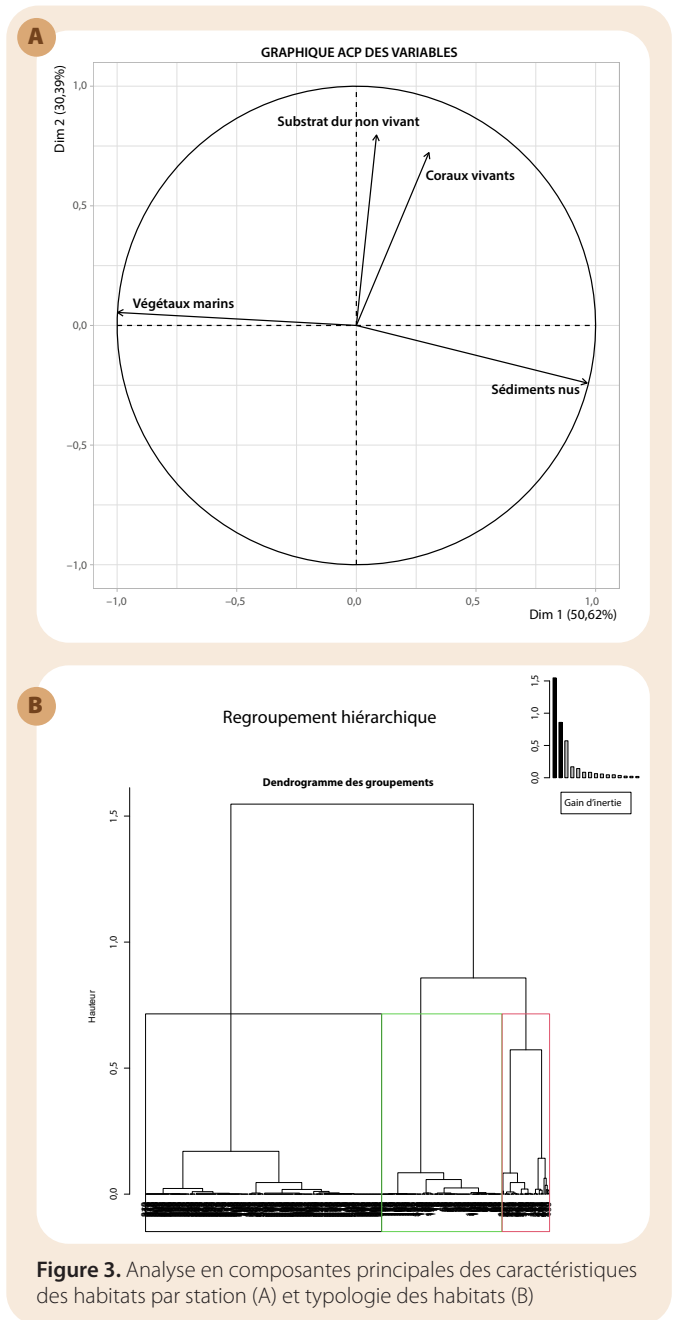


Figure 3. Analyse en composantes principales des caractéristiques des habitats par station (A) et typologie des habitats (B)

Il a été possible d'identifier 3 habitats dans la zone étudiée (figure 3). L'« habitat de fond meuble végétalisé » (317 stations) était dominé par les végétaux marins (entre 52 et 100 %) et présentait très peu de substrat dur (de 0 à 10 % de coraux vivants et de 0 à 5 % de substrat dur non vivant). L'« habitat de fond meuble nu » (160 stations) était dominé par du sédiment nu (entre 50 et 100 %) et présentait très peu de substrat dur (de 0 à 10 % de coraux vivants et de 0 à 5 % de substrat dur non vivant) et une proportion plus faible de végétaux marins (de 0 à 50 %). L'« habitat de fond meuble mixte » (57 stations) était caractérisé par du substrat dur (entre 10 et 40 %), avec du substrat dur non vivant (de 0 à 20 %) et/ou des coraux vivants épars (de 0 à 35 %).

3.3. Assemblages de poissons

Au total, 10 007 poissons appartenant à 172 espèces (98 genres et 37 familles) ont été observés ; 3 534 poissons (26 % du total) observés sur 330 stations (62 % des stations) n'ont pu être identifiés, parce qu'ils étaient trop petits (1 774 individus, 50 %), qu'ils étaient placés dans le haut de la colonne d'eau (607 individus, 17 %) ou qu'ils étaient en limite de visibilité (506 individus, 14 %). Le reste des poissons non identifiés ne présentaient pas de signes distinctifs (361 individus, 10 %), étaient flous (260 individus, 8 %) ou nageaient trop rapidement (26 individus, 1 %).

Parmi les poissons identifiés, les familles les plus fréquentes et abondantes étaient les lethrinidés (fréquence d'occurrence [freq] = 33 %, MaxN additionnés pour tous les déploiements

[MaxN total] = 992), les pomacentridés (freq = 26,8 %, MaxN total = 3 390), les labridés (freq = 26,4 %, MaxN total = 1 175) et les mullidés (freq = 25,8 %, MaxN total = 811). La plupart des espèces étaient carnivores (99 espèces et 4 184 individus). Les planctonivores étaient le deuxième groupe le plus abondant (MaxN = 3 866 poissons), mais aussi le moins diversifié (18 espèces, tableau 2).

En moyenne, la vidéo a permis d'observer 4,1 espèces et 19 poissons par station sur la totalité des 25 minutes d'observation (tableau 3). Les stations présentaient des variations importantes : d'aucun poisson sur 119 stations à un maximum de 28 espèces et 269 poissons sur une station. Les espèces commerciales représentaient 29 % des espèces et 33 % des individus par station. Les poissons commerciaux les plus diversifiés (34 % des espèces commerciales) et abondants (30 % du MaxN des

Tableau 2. Nombre de familles, de genres et d'espèces et abondance des poissons (MaxN) par groupe trophique.

Groupe trophique	Familles	Genres	Espèces	MaxN
Carnivores	22	58	99	4 184
Herbivores-détritivores	7	14	29	1 507
Piscivores	7	18	26	450
Planctonivores	7	12	18	3 866

Tableau 3. Richesse spécifique et abondance moyennes par station (\pm erreur type) pour l'ensemble de l'ichtyofaune, pour les espèces commerciales et pour les quatre familles commerciales les plus fréquentes.

	Richesse spécifique par station	Abondance par station (MaxN)
Ensemble de l'ichtyofaune	4,1 \pm 0,2	19,0 \pm 1,4
Espèces commerciales	1,2 \pm 0,1	6,3 \pm 0,6
Lethrinidés	0,41 \pm 0,03	1,86 \pm 0,20
Scaridés	0,25 \pm 0,03	1,44 \pm 0,24
Carangidés	0,13 \pm 0,02	0,95 \pm 0,34
Acanthuridés	0,13 \pm 0,02	0,53 \pm 0,15

Un banc de carangues tapirs (*Carangoides chrysophrys*) passe près de la caméra. (Crédit photo : © VISIOON).



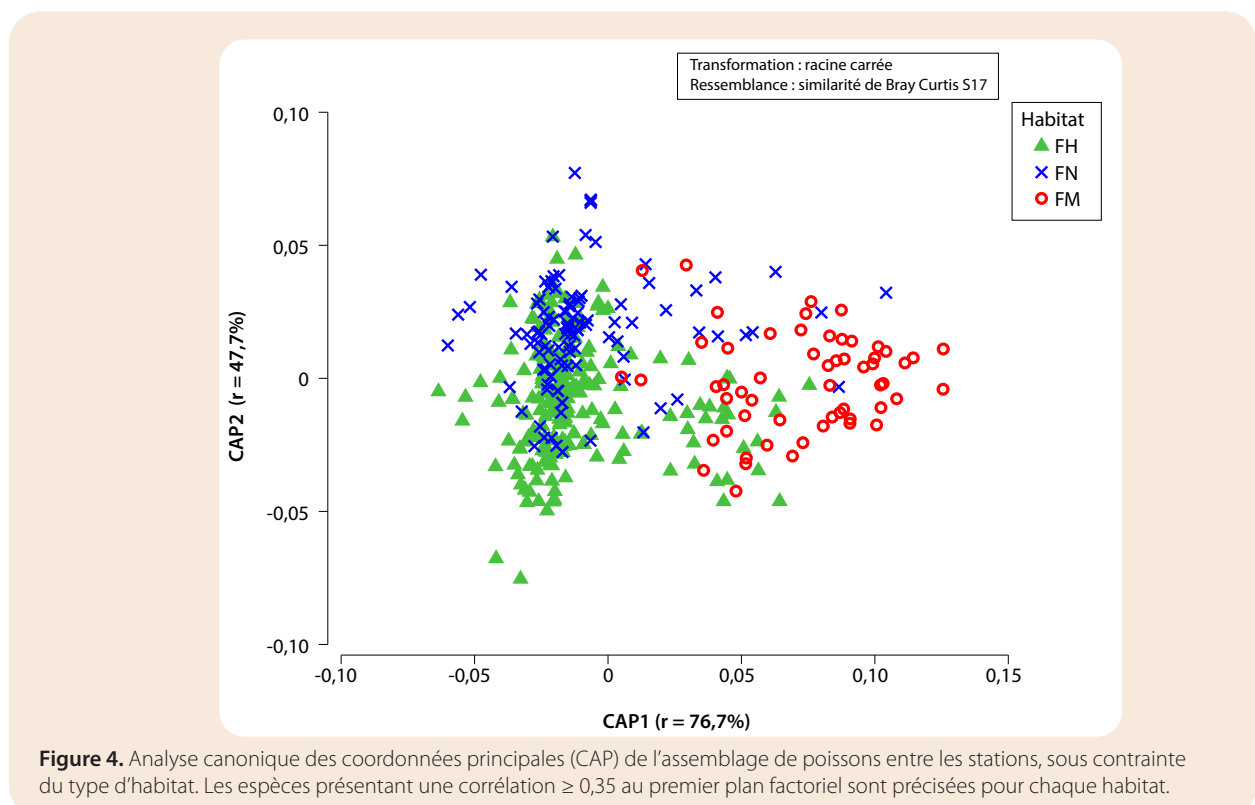
poissons commerciaux) étaient les lethrinidés. Ils étaient suivis, par ordre d'importance, par les scaridés (21 % des espèces et 23 % du MaxN des poissons commerciaux), les carangidés (11 % des espèces et 15 % du MaxN des poissons commerciaux) et les acanthuridés (11 % des espèces et 8 % du MaxN des espèces commerciales).

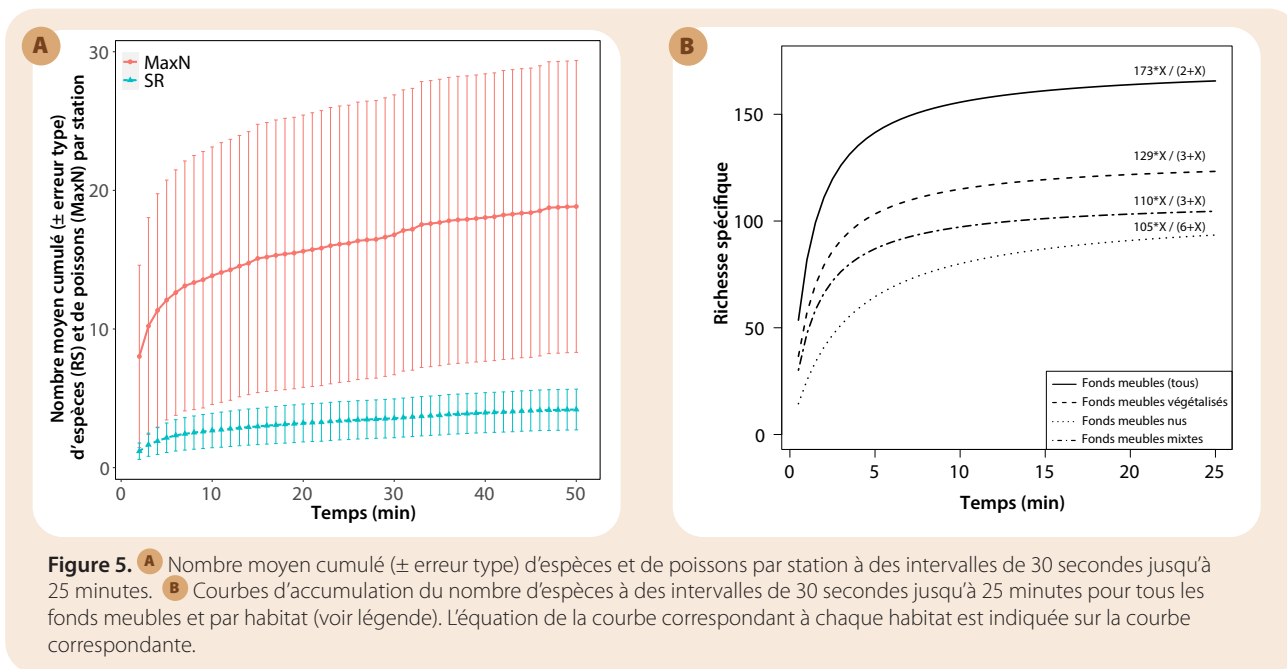
La richesse spécifique et le MaxN dépendaient fortement de l'habitat (PERMANOVA, $p = 0,001$). Les valeurs relevées étaient plus élevées dans les habitats de fond meuble mixte que dans les habitats de fond meuble nu ou végétalisé (comparaisons par paires, $p < 0,001$). Les assemblages de poissons étaient différents dans les trois habitats de fond meuble (PERMANOVA, $p = 0,001$). Une analyse canonique a été réalisée sur les 42 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales (98,54 % de l'inertie totale, figure 4). La CAP a été validée ($p = 0,001$), avec un pourcentage global de classification stable et correcte de 63 %. Le modèle a permis avant tout de discriminer les communautés des fonds meubles mixtes (88 % de classification correcte). La discrimination des assemblages des deux autres habitats était plus faible, avec 59 % pour les fonds meubles végétalisés et 59 % pour les fonds meubles nus. Ces assemblages présentaient davantage de points communs (75 % d'erreurs de classification entre eux). L'assemblage de fond meuble mixte était le plus diversifié. Il se caractérisait par la présence d'espèces de fond dur inféodées aux coraux, telles que les demoiselles (*Dascyllus aruanus* et autres demoiselles non identifiées), les poissons-papillons (*Chaetodon mertensii*), les poissons-anges (*Centropyge tibicen*), les perroquets (*Chlorurus sordidus*, *Scarus schlegeli* et autres perroquets non identifiés), un labre (*Thalassoma lunare*), un baliste (*Sufflamen chrysopterum*) et une saumonée (*Plectropomus leopardus*). Plusieurs espèces ubiquistes caractérisaient aussi cette population, notamment des rougets (*Parupeneus barberinoides*, *Parupeneus multifasciatus*) et des espèces du genre *Gymnocranius*. La présence d'espèces associées aux herbiers ou aux prairies d'algues

caractérisait l'assemblage de fond meuble végétalisé, en particulier deux empereurs (*Lethrinus variegatus* et *Lethrinus genivittatus*), un poisson-lime (*Paramonacanthus japonicus*) et deux labres (*Oxycheilinus bimaculatus* et *Suezichthys devisi*). L'assemblage de fond meuble nu était le moins diversifié. Sa principale caractéristique était l'absence d'espèces de fond dur ou de fond meuble végétalisé. Les seuls poissons observés appartenaient à des espèces qui se déplaçaient entre les autres habitats lagonaires. Toutefois, cet assemblage était marqué par la présence de becs de cane (*Lethrinus nebulosus*), qui fréquentent les vastes étendues du lagon avec une préférence pour les fonds sablonneux, où ils trouvent à se nourrir.

3.4. Influence du temps d'immersion et du nombre de stations échantillonnées sur les assemblages de poissons

La durée de déploiement avait une incidence significative sur la RS et l'abondance (MaxN) observées sur chaque station (test de Friedman, $p < 0,001$). Le nombre moyen d'espèces observées par station est passé de $1,2 \pm 0,6$ (RS + erreur type) espèce pour 30 secondes d'observation à $4,2 \pm 1,5$ espèces pour 25 minutes (figure 5A). La RS était stable après 7,5 minutes d'observation (comparaison multiple, $p > 0,05$). Le MaxN par station augmentait également significativement avec le temps (MaxN \pm erreur type = $8,0 \pm 6,6$ poissons au bout de 30 s et $18,8 \pm 10,5$ poissons au bout de 25 min) (test de Friedman, $p < 0,001$). Le MaxN était stable après 1,5 minute d'observation (comparaison multiple, $p > 0,05$). La RS augmentait très rapidement au début de l'enregistrement (figure 5B), avant de diminuer progressivement pour atteindre une asymptote correspondant à la richesse spécifique totale théorique en fonction de la durée d'enregistrement (modèle de Michaelis-Menten, RS théorique en fonction du temps = 173 espèces) dans la zone étudiée : 80 % de la RS théorique était observée au bout de 5 minutes, et 95 % au bout de 14 minutes (tableau 4). Cette





valeur ne variait pas significativement entre les habitats (test du khi carré, $p > 0,05$). Sur les fonds végétalisés et mixtes, la RS progressait très rapidement au début de l'enregistrement : 80 % de la RS théorique était observée après 5 minutes sur fonds meubles végétalisés et 4,5 minutes sur fonds meubles mixtes (tableau 4). En revanche, sur fonds meubles nus, la RS augmentait plus lentement en début d'enregistrement : 11 minutes étaient nécessaires pour observer 80 % de la RS théorique dans cet habitat. Toutefois, 95 % de la RS théorique y était observée en 17 minutes, soit seulement 1,5 à 2,5 minutes de plus que dans les autres habitats de fond meuble.

Aucun lien significatif n'a été observé entre le nombre de stations et les estimations de la RS ou du MaxN observés par station (corrélations de Spearman, $p > 0,05$). En effet, le nombre moyen d'espèces observées par station était relativement stable, quel que soit le nombre de stations échantillonnées. Il variait de 3,9 espèces en moyenne par station avec 2 stations à 4,1 espèces en moyenne par station avec 534 stations. Par ailleurs, l'erreur

type baissait de façon significative à mesure que le nombre de stations augmentait (passant de 2,5 pour 2 stations à 0,2 pour 534 stations). L'abondance moyenne (MaxN) par station suivait la même tendance. Elle était relativement stable, passant en moyenne de 19,0 poissons par station pour 2 stations à 18,9 poissons par station pour 534 stations. L'erreur type de l'abondance relative par station baissait elle aussi de façon significative quand le nombre de stations augmentait (passant de 13,4 pour 2 stations à 1,4 pour 534 stations). La RS augmentait progressivement en fonction du nombre de stations échantillonnées (figure 6). La RS totale théorique du nombre de stations échantillonnées (« RS théorique/stations ») estimée par le modèle au sein de la zone étudiée était de 195 espèces. 80 % de la RS théorique/stations était observée avec 369 stations (6,2 stations/km² dans la zone étudiée), tandis que 88 % était observée pour la totalité des stations échantillonnées (534 stations ou 9 stations/km², tableau 5). Cette valeur ne variait pas significativement entre les habitats (test du khi carré, $p > 0,05$). La RS progressait plus rapidement sur

Tableau 4. Durée de déploiement nécessaire pour observer 50, 80, 85, 90 et 95 % de la RS théorique en fonction du temps. Les temps de déploiement sont estimés à partir des courbes d'accumulation calculées en fonction du temps sur toutes les stations et par habitat.

Proportion de la RS théorique/temps (en %)	Temps de déploiement			
	Fonds meubles (tous)	Fonds meubles nus	Fonds meubles végétalisés	Fonds meubles mixtes
50	1 min 06 s	3 min 15 s	1 min 15 s	1 min 18 s
80	5 min 00 s	11 min 00 s	5 min 00 s	4 min 30 s
85	7 min 00 s	14 min 00 s	9 min 00 s	7 min 30 s
90	10 min 00 s	15 min 30 s	11 min 30 s	10 min 30 s
95	14 min 00 s	17 min 00 s	14 min 30 s	15 min 30 s

fonds meubles végétalisés et mixtes que sur fonds meubles nus. 80 % de la RS théorique/stations était observée pour 265 stations (7,5 stations/km²) sur fonds végétalisés et 70 stations (11,1 stations/km²) sur fonds mixtes (tableau 5). En revanche, là encore, sur fonds meubles nus, la RS augmentait plus lentement en fonction du nombre de stations échantillonnées : il a fallu 320 stations (17,9 stations/km²) pour observer 80 % de la RS théorique/stations dans cet habitat.

4. Discussion

Nous avons opté pour la vidéo non appâtée, car nous ne voulions pas attirer les poissons vers la caméra. L'utilisation d'appâts aurait en effet modifié l'assemblage de poissons, chaque espèce réagissant différemment aux appâts [21, 33, 44, 45]. L'objectif était d'obtenir une représentation moins biaisée de l'assemblage pendant la journée. La vidéo à 360° a été choisie pour échantillonner dans toutes les directions en même temps et recenser tous les poissons dans la zone d'échantillonnage.

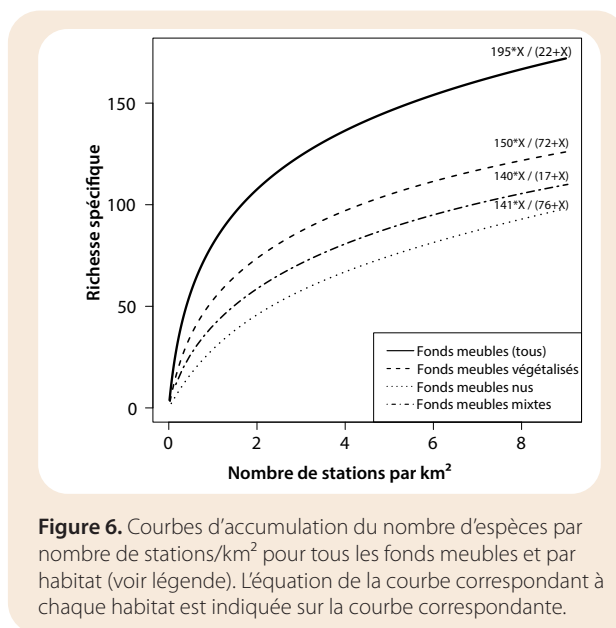


Figure 6. Courbes d'accumulation du nombre d'espèces par nombre de stations/km² pour tous les fonds meubles et par habitat (voir légende). L'équation de la courbe correspondant à chaque habitat est indiquée sur la courbe correspondante.

Tableau 5. Nombre de stations par km² nécessaire pour observer 50, 80, 85, 90 et 95 % de la RS théorique en fonction du nombre de stations. Le nombre de stations par km² est estimé à partir des courbes d'accumulation calculées pour chaque habitat sur une période de 25 minutes.

Proportion de la RS théorique/stations (en %)	Nombre de stations par km ²			
	Fonds meubles (tous)	Fonds meubles nus	Fonds meubles végétalisés	Fonds meubles mixtes
50	1,6	4,3	2,0	2,7
80	6,2	18,0	7,5	11,1
85	7,8	24,4	11,5	15,9
90	14,1	38,8	18,2	24,6
95	29,5	83,7	38,4	55,6

Jeune requin-tigre (*Galeocerdo cuvier*). (Crédit photo : © VISIOON)



4.1. Mise en œuvre et coûts du travail de terrain

Le système RUV360 s'est révélé simple d'utilisation et particulièrement efficace, puisque l'échantillonnage a été concluant sur 88 % des stations initialement sélectionnées. Cette démarche semble donc plus efficace que d'autres systèmes vidéo multidirectionnels non appâtés. Par exemple, le « STAVIRO » (vidéo rotative) décrit par Pelletier et al. [26], destiné à être utilisé sur substrat dur et meuble, a permis d'échantillonner 70 % des stations lors d'une étude pilote et a atteint 81 % de validation dans une étude ultérieure. Plus récemment, le système « Compact video lander » mis au point par Watson et Huntington [46] a été utilisé sur des récifs rocheux, avec un taux d'échantillonnage de 70 % des stations. Lorsque les systèmes vidéo sont déployés directement depuis un bateau, l'une des principales causes de non-validation est la mauvaise orientation de la caméra par rapport au fond marin. Seules 3,1 % des stations de la présente étude n'ont pu être validées en raison du relief sous-marin. Avec le RUV360, nous avons éludé les problèmes de relief, car : 1) nous n'avons ciblé que les fonds meubles, moins complexes que les substrats durs, et 2) la caméra avait un champ de vision vertical de 235°, alors que les caméras généralement utilisées dans d'autres techniques (BRUV, RUV ou STAVIRO) n'ont qu'un champ de vision vertical de 60° pour l'objectif grand angle du dernier modèle Sony (spécifications du modèle FDR-AX700 sur www.sony.com) et de 94,4° pour l'objectif grand angle de la dernière GoPro (spécifications du modèle HERO8 Black sur www.gopro.com). Le système RUV360 s'est également révélé efficace pour les autres types de non-validation. Il s'est montré particulièrement stable (seules 0,3 % des stations ont été invalidées pour cause d'instabilité) et a pu être utilisé dans des chenaux soumis aux courants de marée. Les effets du manque de visibilité ont été limités grâce à la qualité du champ de vision (seulement 0,7 % de stations invalidées pour visibilité insuffisante).

Les coûts d'utilisation de la méthode RUV360 ont été évalués en additionnant le temps nécessaire à l'échantillonnage et à l'analyse vidéo. Le travail de terrain a été estimé pour le déploiement simultané de quatre RUV360 dans une grille d'échantillonnage systématique de 300 m de large et 25 minutes

d'enregistrement vidéo par station, à l'aide d'un bateau (de moins de 8 m de long, deux personnes à bord minimum). Le système RUV360 semble être une solution efficace par rapport à d'autres systèmes vidéo, même si les comparaisons sont compliquées dans la mesure où très peu d'études fournissent des informations sur les coûts d'utilisation du système évalué. Dans notre revue de littérature sur les techniques vidéo, nous avons examiné quatre études incluant des informations sur la performance des systèmes utilisés : Pelletier *et al.* [26] pour la méthode STAVIRO, Gladstone *et al.* [31], Santana-Garcón *et al.* [47] et Langlois *et al.* [48] pour les systèmes BRUV. La taille du bateau (petit bateau entre 5 et 10 m de long), le nombre de personnes à bord (deux au minimum) et l'analyse vidéo (une personne aidée si nécessaire par des spécialistes) étaient des points communs à toutes les approches. Le nombre de stations échantillonnées par jour variait entre les études (de 10 à 30 stations par jour), en fonction du nombre de systèmes utilisés simultanément, de la durée d'enregistrement et de l'espacement des stations. Chaque bateau embarquait de deux à dix systèmes vidéo, pour une durée d'enregistrement comprise entre 9 minutes [26] et 180 minutes [47], la distance entre les stations variant de 200 à 500 m. Le temps nécessaire à l'analyse vidéo dépendait de la complexité de l'habitat, ainsi que de la diversité et de l'abondance des poissons. L'analyse des vidéos était plus rapide pour le RUV360 (49 minutes pour une vidéo de 25 minutes en moyenne, soit 2 minutes par minute d'enregistrement) que pour le STAVIRO (43 minutes pour une vidéo de 9 minutes en moyenne, soit 4 minutes et 47 secondes par minute d'enregistrement) [26], étant donné que tous les poissons présents étaient visibles sur une image, alors qu'il faut six secteurs de 60° au STAVIRO pour obtenir une vue à 360°. L'analyse avec le RUV360 est plus longue que pour la méthode BRUV (65 minutes pour une vidéo de 60 minutes en moyenne, soit 1 minute par minute d'enregistrement [31, 47]), car les poissons sont attirés par la caméra BRUV et sont plus faciles à identifier, alors qu'avec le RUV360, l'identification des espèces nécessite de zoomer davantage. La performance du système RUV360 dépend aussi de la nature des vidéos analysées, car les habitats de fond meuble sont plus simples à analyser que les habitats complexes tels que les récifs coralliens.

Grand banc de *Carangoides chrysophrys* et d'autres espèces de carangues. (Crédit photo : © VISIOON)



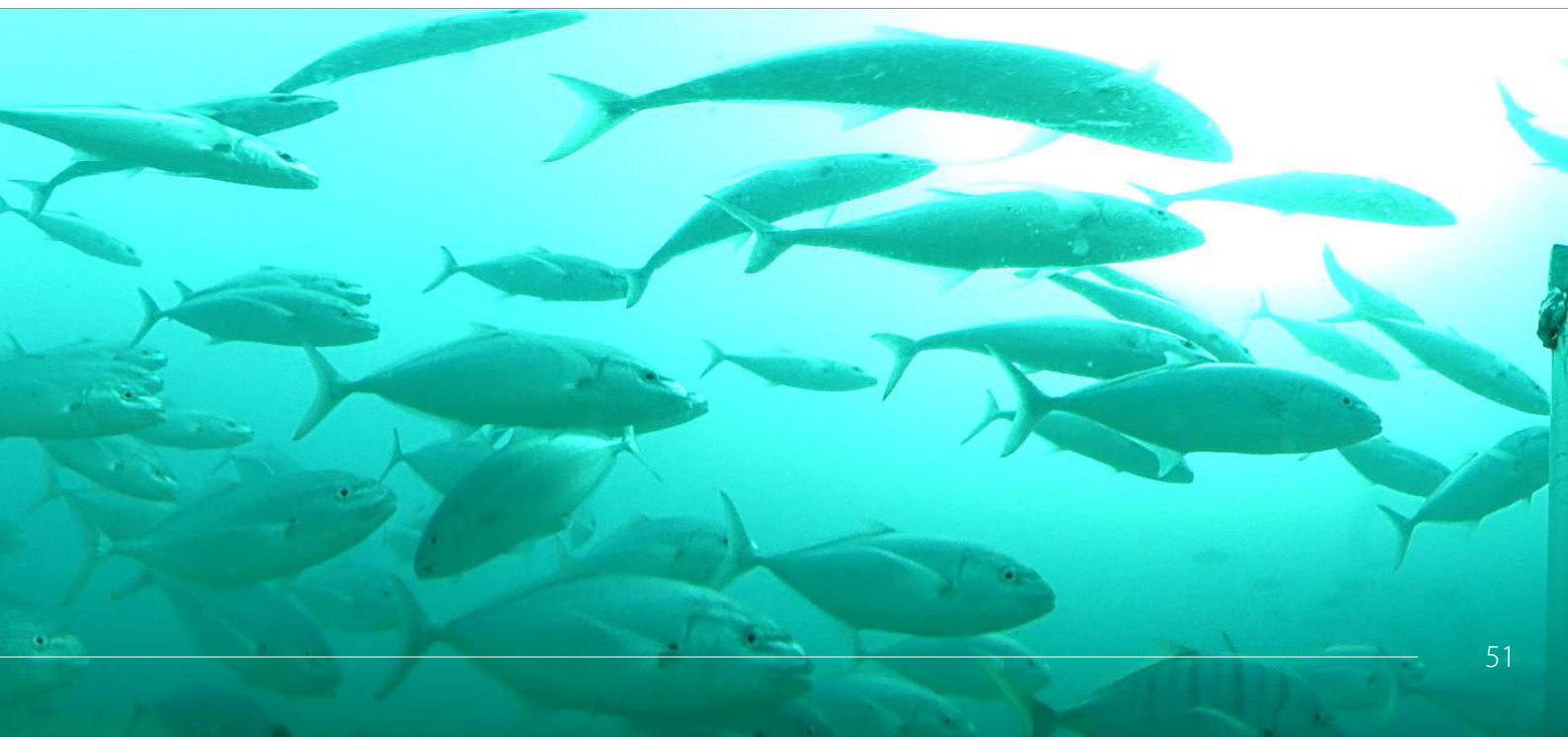
4.2. Biodiversité échantillonnée

La méthode RUV360 a permis d'échantillonner des fonds meubles nus, des herbiers, des prairies de macroalgues et des fonds meubles mixtes. Les assemblages de poissons étaient significativement différents selon le type d'habitat de fond meuble. Ces différences s'expliquaient principalement par la présence de substrat dur, corroborant le lien observé entre la complexité des habitats marins et la composition des assemblages de poissons [2]. En effet, on sait que les habitats les plus diversifiés au plan structurel abritent des communautés de poissons plus variées et complexes sur le plan fonctionnel que les habitats présentant des substrats nus et uniformes [49]. Les assemblages de poissons les mieux discriminés étaient les fonds meubles mixtes (88 % de classification correcte), suivis des habitats de fond meuble nu ou végétalisé (59 % de classification correcte pour chacun de ces types). Il n'y avait pas de limite nette entre les assemblages des fonds nus et végétalisés, qui forment un continuum suivant la courbe de densité des végétaux. Les végétaux marins étaient courants dans la zone étudiée (seules 3 % des stations possédaient une couverture végétale inférieure à 10 %). Par conséquent, même si les habitats de fond meuble nu se composaient pour l'essentiel de substrat nu, ils abritaient dans une moindre mesure (moins de 50 %) des végétaux marins. La présence dans ces habitats de végétaux marins et d'espèces associées peut expliquer qu'il soit difficile de discriminer plus précisément les assemblages des fonds nus et végétalisés. Il semble que les communautés de poissons changent en suivant une courbe d'abondance des végétaux marins.

Nous avons recensé 10 007 poissons appartenant à 172 espèces (98 genres et 37 familles), dont 45 espèces (3 365 individus) pêchées en Nouvelle-Calédonie et de nombreuses espèces emblématiques telles que raies, requins, tortues et dauphins ; 104 serpents de mer ont aussi été observés dans la zone. Pour l'analyse vidéo, plusieurs espèces, d'apparence similaire et donc difficiles à distinguer, ont été rassemblées dans des groupes. Le regroupement d'espèces partageant des traits spécifiques, en rapport avec l'habitat, la biologie, le comportement et l'écologie, est courant dans les études faisant appel à la vidéo [31, 47, 50, 51]. Un autre groupe d'espèces observées dans les vidéos n'a pas pu être identifié (26 %), car les individus étaient trop petits

ou se situaient en limite de visibilité (trop éloignés de la caméra ou trop hauts dans la colonne d'eau). L'observation d'espèces cryptiques telles que les gobies (Gobiidae) et les blennies (Blenniidae) est difficile avec la vidéo, car ces poissons sont trop petits et se trouvaient souvent trop loin de la caméra pour être identifiés [21]. Ces deux familles représentent un grand nombre d'espèces présentes en Nouvelle-Calédonie (255 espèces de récif et de fond meuble [52]) ; un grand nombre des individus non identifiés dans la présente étude appartenait à ces deux familles. La difficulté associée au recensement des espèces cryptiques n'est pas seulement due à la technique d'analyse vidéo utilisée. En effet, cette même difficulté a été signalée avec d'autres méthodes d'échantillonnage non extractives, telles que le comptage visuel en plongée (voir par exemple [53]). Nos résultats sont conformes aux connaissances acquises sur la biodiversité des fonds meubles lagunaires de Nouvelle-Calédonie. Les espèces invertivores dominent les assemblages, suivies par les herbivores, les piscivores et les planctonivores [1, 11]. Nous avons observé 156 espèces sur les 542 (soit 28 %) recensées sur fonds meubles en Nouvelle-Calédonie par chalutage ou comptage visuel en plongée (MK, communications personnelles, [1, 11, 54]). La vidéo a permis de recenser 16 espèces supplémentaires : 10 espèces de substrat dur observées sur des fonds meubles mixtes, 2 espèces ubiquistes, 2 requins et 2 raies. Les différences entre les vidéos et ces autres techniques sont liées à la zone d'étude (emplacement et taille) et aux techniques elles-mêmes. Avec les chalutages de fond, on recense moins d'espèces de substrat dur dans la mesure où les fonds meubles mixtes ne peuvent être chalutés lorsqu'ils deviennent trop irréguliers et où la plupart des grandes espèces évitent le chalut [54]. Les techniques vidéo ne sont pas adaptées au recensement d'espèces cryptiques [31, 47, 50, 51]. Les espèces pélagiques sont plus souvent recensées par comptage visuel en plongée que par vidéo ; elles sont rarement visées par les chalutages de fond [55].

Les caméras sphériques courantes sont nettement moins chères que les caméras sous-marines haut de gamme. La résolution peut toutefois s'en trouver sacrifiée au profit d'un large champ de vision. Par conséquent, la distance à laquelle les poissons sont identifiables est probablement inférieure à celle permise par les caméras classiques haut de gamme ; cet effet pourrait être propre à chaque espèce. Les essais de terrain réalisés



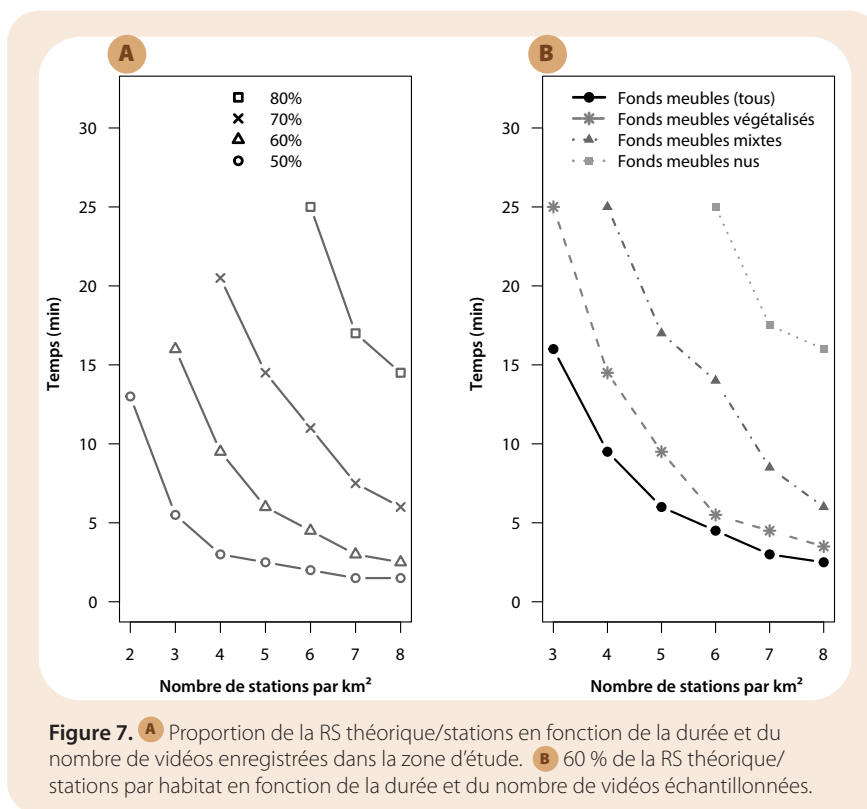
précédemment à l'aide de points de référence pour les distances ont révélé qu'il était possible d'identifier les poissons à une distance générale de 8 m des caméras [50]. Dans la mesure où la détectabilité dépend aussi de la taille des espèces, nous proposons une liste d'espèces identifiables dans l'habitat échantillonné et avons regroupé les espèces similaires.

4.3. Optimisation de l'échantillonnage par RUV360

Afin d'optimiser l'échantillonnage par RUV360 (temps d'enregistrement par station et nombre de stations), nous avons dû recueillir des données représentatives, stables et reproductibles sur les communautés des fonds meubles. Au cours de notre étude, 99 % de la richesse spécifique totale théorique en fonction de la durée d'enregistrement (« RS théorique/temps ») a été recensée par le système RUV360 dans la zone en 25 minutes d'enregistrement. Cela montre qu'il n'est pas nécessaire de prolonger le temps d'observation, dans la mesure où 95 % de la RS théorique/temps était observée en 14 minutes. La durée d'enregistrement varie fortement d'une étude à l'autre, en fonction de la technique utilisée et de l'objectif de l'étude (de 8 minutes à plusieurs jours [21, 33]). Aucune des études citées ici ne précise la proportion de la RS théorique enregistrée en fonction de la durée d'observation. Les résultats sont donc fortement tributaires de la longueur des enregistrements sélectionnés. Par exemple, l'analyse des méthodes BRUV réalisée par Whitmarsh *et al.* [33] révèle que 32 % des études BRUV ont appliqué des temps d'immersion de 60 minutes, 25 % des temps de 30 minutes et 17 % des temps supérieurs à 90 minutes.

Le système RUV360 a aussi permis d'enregistrer 88 % de la richesse spécifique théorique dans la zone d'étude en fonction des stations échantillonnées, en utilisant 9 stations au km². Il existe très peu d'études vidéo où le nombre optimal de stations nécessaires pour obtenir des observations stables de la biodiversité est analysé, et aucune d'entre elles ne rend compte de ce nombre en fonction de la surface de la zone étudiée. À notre connaissance, aucune expérience n'a été menée pour étudier l'incidence de l'espacement des transects répétés sur les assemblages observés ([33] pour BRUV). Par exemple, Santana-Garcón *et al.* [47] ont indiqué une taille optimale d'échantillon d'au moins huit répétitions par traitement pour l'échantillonnage d'un assemblage de poissons pélagiques par BRUV, tandis que Gladstone *et al.* [31] ont conclu que, pour la méthode BRUV, il n'existait pas de valeur optimale pour la précision de l'échantillonnage, ces valeurs devant être fixées par les chercheurs en fonction de l'objectif spécifique.

Lors de la conception d'une stratégie d'échantillonnage des communautés des fonds meubles par vidéo à 360°, la durée d'enregistrement et l'effort d'échantillonnage peuvent être adaptés. Il est donc possible de s'orienter vers une stratégie de « courtes vidéos sur beaucoup de stations » ou de « longues vidéos sur un nombre limité de stations ». Pour faciliter ce choix, nous proposons deux abaques fondés sur les données obtenues au cours de l'étude (figure 7). Il s'agira d'un compromis entre un niveau de précision acceptable, les variables et/ou les espèces visées, et la nécessité de contenir les coûts [31, 56].



5. Conclusion

Les résultats de cette étude appuient le protocole d'échantillonnage proposé pour le suivi des communautés de poissons des habitats pérorécifaux pendant la journée. À ce jour, les recherches scientifiques se sont surtout concentrées sur les récifs, les mangroves et les herbiers au sein du paysage des récifs coralliens. Le protocole d'échantillonnage décrit ici permet d'obtenir des données sur les habitats pérorécifaux qui sont comparables dans le temps et l'espace (richesse spécifique, abondance) à l'aide d'une caméra vidéo à 360° du commerce. Les résultats sont conformes aux caractéristiques connues des assemblages de fond meuble du lagon, et les effets des irrégularités des fonds marins, des courants et de la visibilité étaient limités. Nous proposons des abaques pour estimer la proportion de la richesse spécifique totale théorique en fonction du nombre de stations ou de la durée des enregistrements. Une telle démarche permet aussi de discriminer la structure des assemblages de poissons en fonction de la typologie des habitats. Pour approfondir ces recherches, il faudra perfectionner la méthode pour recueillir des données morphométriques par vidéo stéréo ou d'autres moyens. Les données sur la taille et la longueur sont importantes pour toute une gamme d'études écologiques, allant d'analyses des effets de la pêche aux recherches sur les variations ontogénétiques des assemblages de poissons.

Financement

Cette étude a été financée par VISIOON, la Fondation de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, l'Université de la Nouvelle-Calédonie, l'Institut de recherche pour le développement (IRD), la province Sud de Nouvelle-Calédonie et l'ADECAL Technopole.

Remerciements

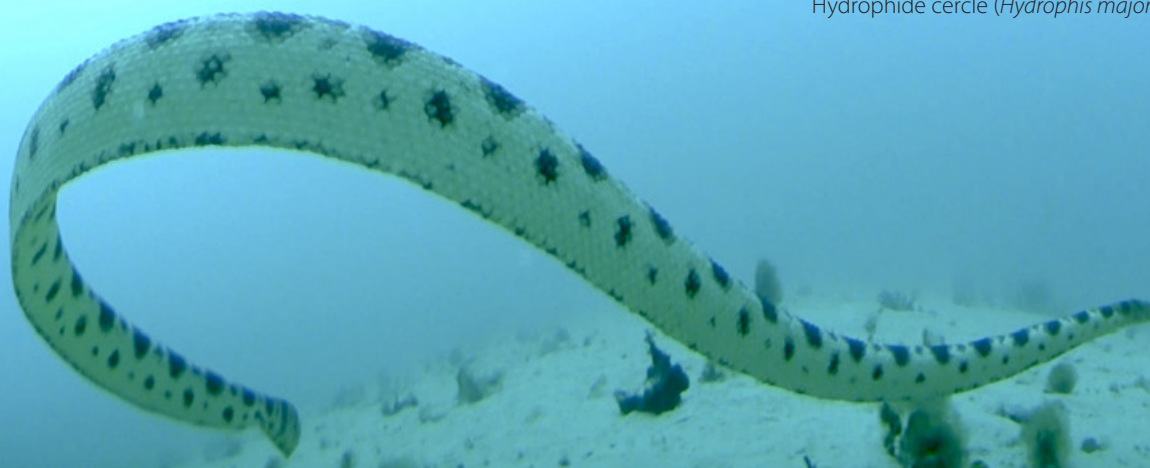
Tous nos remerciements à Joe Scutt Phillips, de la Communauté du Pacifique (CPS), pour ses remarques utiles et la vérification de l'anglais. Nous remercions l'Aquarium des Lagons à Nouméa pour son soutien logistique lors de la mise en place du système vidéo. Nous tenons aussi à remercier sincèrement toute l'équipe de pilotes de l'IRD à Nouméa, Miguel Clarque, Samuel Tereua et Philippe Naudin, pour leur professionnalisme, leur compétence et leur aide en mer, qui nous ont permis d'optimiser l'échantillonnage et la qualité des données recueillies.

Bibliographie

1. Kulbicki M., Vigliola L. and Wantiez L. 2012. La biodiversité des poissons côtiers. p. 85–88. In: Bonvallet Jacques (coord.), Gay Jean-Christophe (coord.), Habert Elisabeth (coord.). Atlas de la Nouvelle Calédonie; Congrès de la Nouvelle-Calédonie; Marseille, France. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-04/010058389.pdf
2. Giakoumi S. and Kokkoris G.D. 2013. Effects of habitat and substrate complexity on shallow sublittoral fish assemblages in the Cyclades Archipelago. North-eastern Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science 14:58–68. <https://doi.org/10.12681/mms.318>
3. Mumby P.J. 2006. Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. Biological Conservation 128:215–222. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.042>
4. Alsaffar Z., Pearman J.K., Cúrdia J., Ellis J., Calleja M.L.I., Ruiz-Compean P., Roth F., Villalobos R., Jones B.H., Moran X.A.G. and Carvalho S. 2020. The role of seagrass vegetation and local environmental conditions in shaping benthic bacterial and macroinvertebrate communities in a tropical coastal lagoon. Scientific Reports 10:13550. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70318-1>
5. Fulton C.J., Abesamis R.A., Berkstrom C., Depczynski M., Graham N.A.J., Holmes T.H., Kulbicki M., Noble M.M., Radford B.T., Tinkler P., Wernberg T. and Wilson S.K. 2019. Form and function of tropical macroalgal reefs in the Anthropocene. Functional Ecology 33:989–999. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13282>
6. Fulton C.J., Berkstrom C., Wilson S.K., Abesamis R.A., Bradley M., Akerlund C., Barrett L.T., Bucol A.A., Chacin D.H., Chong-Seng K.M., Coker D.J., Depczynski M., Eggertsen L., Eggertsen M., Ellis D., Evans R.D., Graham N.A.J., Hoey A.S., Holmes T.H., Kulbicki M., Leung P.T.H., Lam P.K.S., Van Lier J., Matis P.A., Noble M.M., Pérez-Matus A., Piggott C., Radford B.T., Tano S. and Tinkler P. 2020. Macroalgal meadow habitats support fish and fisheries in diverse tropical seascapes. Fish and Fisheries 21:700–717. <https://doi.org/10.1111/faf.12455>
7. Priester C.R., Martinez-Ramirez L., Erzini K. and Abecasis D. 2021. The impact of trammel nets as an MPA soft bottom monitoring method. Ecological Indicators 120:106877. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106877>
8. Tripp-Valdez A., Arreguin-Sanchez F. and Zetina-Rejon M.J. 2015. The use of stable isotopes and mixing models to determine the feeding habits of soft bottom fishes in the southern Gulf of California. Cahiers de Biologie Marine 56:13–23. https://www.researchgate.net/profile/Arturo-Tripp-Valdez/publication/269574474_The_use_of_stable_isotopes_and_mixing_models_to_determine_the_feeding_habits_of_soft-bottom_fishes_in_the_southern_Gulf_of_California/links/548f27430cf225bf66a7fc6a/The-use-of-stable-isotopes-and-mixing-models-to-determine-the-feeding-habits-of-soft-bottom-fishes-in-the-southern-Gulf-of-California.pdf
9. Sousa I., Goncalves J.M.S., Claudet J., Coelho R., Goncalves E.J. and Erzini K. 2018. Soft-bottom fishes and spatial protection: Findings from a temperate marine protected area. PeerJ 6:e4653. <https://doi.org/10.7717/peerj.4653>
10. Pérez-Castillo J., Barjau-González E., López-Vivas J.M. and Armenta-Quintana J.Á. 2018. Taxonomic diversity of the fish community associated with soft bottoms in a coastal lagoon of the west coast of Baja California Sur, México. International Journal of Marine Science 9:20–29. https://www.researchgate.net/publication/324650189_Taxonomic

11. Wantiez L. 1994. Trophic networks of the soft bottom fish community in the lagoon of New Caledonia. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III* 317:847–856. https://www.researchgate.net/publication/291860326_Trophic_networks_of_the_soft_bottom_fish_community_in_the_lagoon_of_New_Caledonia
12. Richer de Forges B. and Bargibant G. 1985. Le lagon nord de la Nouvelle Calédonie et les atolls de Huon et Surprise. *Rapports Scientifiques et Techniques Centre de Nouméa (Océanographie)* 37:23. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_37-38/23069.pdf
13. Richer de Forges B., Bargibant G., Menou J.L. and Garrigue C. 1987. Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Observations préalables à la cartographie bionomique des fonds meubles. *Rapports Scientifiques et Techniques. Sciences de la Mer. Biologie Marine* 45:110. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_37-38/24289.pdf
14. Clavier J. and Laboute P. 1987. Connaissance et mise en valeur du lagon nord de la Nouvelle Calédonie: Premiers résultats concernant le bivalve pectinidé *Amusium japonicum* balloti (étude bibliographique, estimation de stock et données annexes). *Rapports Scientifiques et Techniques. Sciences de la Mer. Biologie Marine* 48:73. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_37-38/24708.pdf
15. Kulbicki M., Bargibant G., Menou J.L., Mou-Tham G., Thollot P., Wantiez L. and Williams J. 1994. Evaluations des ressources en poissons du lagon d'Ouvéa: 3ème partie: Les poissons. *Conventions Sciences de la Mer. Biologie Marine* 11:448. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-08/43817.pdf
16. Kulbicki M., Labrosse P. and Letourneur Y. 2000. Fish stock assessment of the northern New Caledonian lagoons: 2 - Stocks of lagoon bottom and reef-associated fishes. *Aquatic Living Resources* 13:77–90. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(00\)00144-3](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(00)00144-3)
17. Kronen M., Sauni S., Magron F. and Fay-Sauni L. 2006. Status of reef and lagoon resources in the South Pacific - The influence of socioeconomic factors. In *Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, Okinawa, Japan, 28 June - 2 July 2004*; Secretariat of the Pacific Community: Noumea, New Caledonia: 1185–1193. <https://pacificdata.org/data/dataset/oai-www-spc-int-8dd89302-c81a-4779-9426-f8512696c5e7>
18. Labrosse P., Ferraris J. and Letourneur Y. 2006. Assessing the sustainability of subsistence fisheries in the Pacific: The use of data on fish consumption. *Ocean and Coastal Management* 49:203–221. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.02.006>
19. Guillemot N., Léopold M., Cuif M. and Chabanet P. 2009. Characterization and management of informal fisheries confronted with socio-economic changes in New Caledonia (South Pacific). *Fisheries Research* 98:51–61. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.03.013>
20. Bicknell A.W.J., Godley B.J., Sheehan E.V., Votier S.C. and Witt M.J. 2016. Camera technology for monitoring marine biodiversity and human impact. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14:424–432. <https://doi.org/10.1002/fec.1322>
21. Mallet D. and Pelletier D. 2014. Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952–2012). *Fisheries Research* 154:44–62. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.01.019>
22. Dalley K.L., Gregory R.S., Morris C.J. and Cote D. 2017. Seabed habitat determines fish and macroinvertebrate community associations in a subarctic marine coastal nursery. *Transactions of the American Fisheries Society* 146:1115–1125. <https://doi.org/10.1080/00028487.2017.1347105>
23. Kiggins R.S., Knott N.A. and Davis A.R. 2018. Miniature baited remote underwater video (mini-BRUV) reveals the response of cryptic fishes to seagrass cover. *Environmental Biology of Fishes* 2018, 101, 1717–1722. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10641-018-0823-2>
24. Kiggins R.S., Knott N.A., New T. and Davis A.R. 2019. Fish assemblages in protected seagrass habitats: Assessing fish abundance and diversity in no-take marine reserves and fished areas. *Aquaculture and Fisheries* 5:213–223. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.10.004>
25. Zarco-Perello S. and Enríquez S. 2019. Remote underwater video reveals higher fish diversity and abundance in seagrass meadows, and habitat differences in trophic interactions. *Scientific Reports* 9:1–11. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-43037-5>
26. Pelletier D., Leleu K., Mallet D., Mou-Tham G., Hervé G., Boureau M. and Guilpart N. 2012. Remote High-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats. *PLoS ONE* 7:e30536. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030536>
27. Mallet D. 2014. Des systèmes vidéo rotatifs pour étudier l'ichtyofaune : Applications à l'analyse des variations spatiales et temporelles dans le lagon de Nouvelle-Calédonie. *Ingénierie de l'environnement ; Université de la Nouvelle-Calédonie : Nouméa, Nouvelle-Calédonie. 263p.* <https://www.archives-ouvertes.fr/tel-02962109/>
28. Letessier T.B., Juhel J.B., Vigliola L. and Meewig J.J. 2015. Low-cost small action cameras in stereo generates accurate underwater measurements of fish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 466:120–126. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.02.013>
29. Juhel J.B., Vigliola L., Mouillot D., Kulbicki M., Letessier T.B., Meeuwig J.J. and Wantiez L. 2018. Reef accessibility impairs the protection of sharks. *Journal of Applied Ecology* 55:673–683. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13007>

30. Juhel J.B., Vigliola L., Wantiez L., Letessier T.B., Meewing J.J. and Mouillot D. 2019. Isolation and no-entry marine reserves mitigate anthropogenic impacts on grey reef shark behavior. *Scientific Reports* 9:e2897. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-37145-x>
31. Gladstone W., Lindfield S., Coleman M. and Kelaher B. 2012. Optimisation of baited remote underwater video sampling designs for estuarine fish assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 429:28–35. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.06.013>
32. Schmid K., Reis-Filho J.A., Harvey E. and Giarrizzo T. 2017. Baited remote underwater video as a promising nondestructive tool to assess fish assemblages in Clearwater Amazonian rivers: Testing the effect of bait and habitat type. *Hydrobiologia* 784:93–109. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-016-2860-1>
33. Whitmarsh S.K., Fairweather P.G. and Huvencers C. 2017. What is Big BRUVver up to? Methods and uses of baited underwater video. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 27:53–73. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11160-016-9450-1>
34. Andréfouët S., Cabioch G., Flamand B. and Pelletier B. 2009. A reappraisal of the diversity of geomorphological and genetic processes of New Caledonian coral reefs: A synthesis from optical remote sensing, coring and acoustic multibeam observations. *Coral Reefs* 28:691–707. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00338-009-0503-y>
35. Garcia G.S., Dias M., Long G.O. 2021. Trade-off between number and length of remote videos for rapid assessments of reef fish assemblages. *Journal of Fish Biology* 99:1–9. <https://doi.org/10.1111/jfb.14776>
36. Mallet D., Vigliola L., Wantiez L. and Pelletier D. 2016. Diurnal temporal patterns of the diversity and the abundance of reef fishes in a branching coral patch in New Caledonia. *Austral Ecology* 41:733–744. <https://doi.org/10.1111/aec.12360>
37. Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramegna S., Labrosse P. and Galzin R. 2006. Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 333:219–230. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.12.010>
38. Cappel M., Harvey E., Malcolm H. and Speare P. 2002. Potential of video techniques to monitor diversity, abundance and size of fish in studies of Marine Protected Areas. Aquatic Protected Areas - What Works Best and How Do We Know? In Proceedings of the World Congress on Aquatic Protected Areas, Cairns, Australia, 17 August:455–464. http://www.pelagicos.net/MARS6910_spring2019/readings/Cappel_et_al.pdf
39. Lebart L., Morineau A. and Piron M. 1997. *Statistique Exploratoire Multidimensionnelle*, 2nd ed.; Dunod: Paris, France. 456p. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/010007837.pdf
40. Clarke K.R., Gorley R.N., Somerfield P.J. and Warwick R.M. 2014. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*, 3rd ed.; Plymouth Primer-E Ltd.: Plymouth, UK. 262p. <http://plymsea.ac.uk/id/eprint/7656/>
41. Colwell R.K., Chao A., Gotelli N.J., Lin S.Y., Mao C.X., Chazdon R.L. and Longino J.T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5:3–21. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
42. Chiarucci A., Bacaro G. and Rocchini D. 2008. Discovering and rediscovering the sample-based rarefaction formula in the ecological literature. *Community Ecology* 9:121–123. <https://doi.org/10.1556/comec.9.2008.1.14>
43. Colwell R.K. and Coddington J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences* 345:101–118. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
44. Martinez I., Jonez E.G., Davie S.L., Neat F.C., Wigham B.D. and Priede I.G. 2011. Variability in behaviour of four fish species attracted to baited underwater cameras in the North Sea. *Hydrobiologia* 670:23–34. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-011-0672-x>
45. Dunlop K.M., Marian Scott E., Parsons D. and Bailey D.M. 2015. Do agonistic behaviours bias baited remote underwater video surveys of fish? *Marine Ecology* 36:810–818. <https://doi.org/10.1111/maec.12185>
46. Watson J.L. and Huntington B.E. 2016. Assessing the performance of a cost-effective video lander for estimating relative abundance and diversity of nearshore fish assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 483:104–111. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.07.007>
47. Santana-Garçon J., Newman S.J. and Harvey E.S. 2014. Development and validation of a mid-water baited stereo-video technique for investigating pelagic fish assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 452:82–90. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.12.009>
48. Langlois T., Goetze J., Bond T., Monk J., Abesamis R.A., Asher J., Barrett N., Bernard A.T.F., Bouchet P.J., Birt M.J., Cappel M., Currey-Randall L.M., Driessen D., Fairclough D.V., Fullwood L.A.F., Gibbons B.A., Harasti D., Heupel M.R., Hicks J., Holmes T.H., Huvencers C., Ierodiaconou D., Jordan A., Knott N.A., Lindfield S., Malcolm H.A., McLean D., Meekan M., Miller D., Mitchell P.J., Newman S.J., Radford B., Rolim F.A., Saunders B.J., Stowar M., Smith A.N.H., Travers M.J., Wakefield C.B., Whitmarsh S.K., Williams J. and Harvey E.S. 2020. A field video annotation guide for baited remote underwater stereo-video surveys of demersal fish assemblages. *Methods in Ecology and Evolution* 11:1401–1409. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13470>



49. Gratwicke B. and Speight M.R. 2005. Effects of habitat complexity on Caribbean marine fish assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 292:301–310. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v292/p301-310/>
50. Fréon P., Cury P., Shannon L. and Roy C. 2005. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. *Bulletin of Marine Science* 76:385–462. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers19-11/010041541.pdf
51. Mallet D., Wantiez L., Lemouellic S., Vigliola L. and Pelletier D. 2014. Complementarity of rotating video and underwater visual census for assessing species richness, frequency and density of reef fish on coral reef slopes. *PLoS ONE* 9:e84344. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084344>
52. Fricke R., Kulbicki M. and Wantiez L. 2011. Checklist of the fishes of New Caledonia, and their distribution in the Southwest Pacific Ocean (Pisces). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie A* 4:341–463. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010061070>
53. Willis T.J. 2001. Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *Journal of Fish Biology* 59:1408–1411. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00202.x>
54. Wantiez L. 1996. Comparison of the fish assemblages as determined by a shrimp trawl net and a fish trawl net, in St. Vincent Bay, New Caledonia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 76:759–775. <https://doi.org/10.1017/S0025315400031441>
55. Kulbicki M. and Wantiez L. 1990. Comparison between fish by catch from shrimp trawl net and visual censuses in St. Vincent Bay, New Caledonia. *Fisheries Bulletin* 88:667–675. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-05/010027226.pdf
56. Andrew N.L. and Mapstone B.D. 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanography and Marine Biology* 25:39–90. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=OKFt7CCF-jkC&oi=fnd&pg=PA26&ots=OZE7Rg1Pj3&sig=Sn-KGT-wyePwD4qKDEszvyDdEydk#v=onepage&q&f=false>

© Communauté du Pacifique (CPS), 2022

Tous droits réservés de reproduction ou de traduction à des fins commerciales lucratives sous quelque forme. La Communauté du Pacifique autorise la reproduction ou la traduction partielle de ce document à des fins scientifiques ou éducatives ou pour les besoins de la recherche, à condition qu'il soit fait mention de la CPS et de la source. L'autorisation de la reproduction et/ou de la traduction intégrale ou partielle de ce document, sous quelque forme que ce soit, à des fins commerciales/lucratives ou à titre gratuit, doit être sollicitée au préalable par écrit. Il est interdit de modifier ou de publier séparément des graphismes originaux de la CPS sans autorisation préalable.

Les opinions exprimées dans ce bulletin sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de la CPS.

Texte original : anglais