

# Lettre d'information sur les Pêches

NUMÉRO : 142 (septembre–décembre 2013)

ISSN : 0248-0735

## Sommaire

### Activités de la CPS

- Page 2 *L'aquaponie est-elle viable dans les îles du Pacifique ?*
- Page 5 *Les oracles lisent l'impact du climat dans les entrailles de thons*
- Page 7 *La génétique de la conservation aide à percer les mystères des thonidés*
- Page 9 *Analyse scientifique des difficultés rencontrées par les palangriers thoniers océaniques ciblant le germon du sud*
- Page 11 *Marquage des thonidés : 100 000 marques et un record du monde pour Antony Lewis*
- Page 12 *Nouvelle espèce de vivaneau identifiée à partir de la forme de ses otolithes*
- Page 14 *Normalisation des inventaires de la ressource en holothuries en Océanie*
- Page 18 *Approche écosystémique et communautaire de la gestion halieutique et adaptation au changement climatique dans l'État de Yap*
- Page 20 *Formation pratique à la production de micro-algues aux Fidji*
- Page 21 *Formation au système international de déclaration des maladies animales*
- Page 22 *Formation aux bonnes pratiques de chasse sous-marine au Timor-Leste*
- Page 25 *Kiribati : vers un développement majeur de la pêche thonière artisanale ?*

### Nouvelles de la région et d'ailleurs

- Page 27 *Construction d'un petit palangrier thonier à Kiribati*
- Page 29 *Pêche du germon du sud à la palangre : une occasion manquée qui laisse le secteur national de la pêche sur le carreau*
- Page 30 *Le mystère des anguilles d'eau douce du Pacifique Sud bientôt levé ?*
- Page 33 *Atelier international sur les différentes méthodes d'estimation des stocks de poissons coralliens*
- Page 35 *La mangrove n'est pas indispensable pour les juvéniles des poissons récifaux à Mayotte*
- Page 37 *Optimiser les exploitations perlicoles aux Fidji*

### Articles de fond

- Page 39 *Feuille de route pour la gestion et le développement durable de la pêche côtière 2014–2023*
- Page 43 *Étude des effets de l'acidification des océans sur le thon tropical*

## Éditorial

Les flottilles thonnières ciblant le germon du sud dans le Pacifique insulaire sont en mauvaise passe, et nombre de navires restent désormais au port en raison du faible volume des captures et de la baisse de la rentabilité des opérations de pêche (voir l'article de la PITIA à la page 29). En 2012, une étude scientifique réalisée à partir de données recueillies en 2010 a montré que les stocks de germon étaient en bonne santé, et pouvaient absorber l'effort de pêche aux niveaux pratiqués actuellement. Pour autant, Graham Pilling, dans l'article qui figure à la page 9, rappelle une des conclusions importantes de cette étude : « malgré la bonne santé des populations de germons, toute augmentation des captures (même à des niveaux durables) aurait un impact considérable sur les taux de prises des pêcheries palangrières ». En dépit de cette mise en garde, le nombre de navires autorisés à opérer dans cette pêcherie a encore augmenté, et les prises de germon ont progressé de plus de 30 % entre les périodes 2001–2008 et 2009–2012, si bien que les flottilles nationales, faiblement subventionnées, sont aujourd'hui nombreuses à rencontrer de sérieuses difficultés. Dans ce contexte, une conclusion évidente s'impose : en l'absence de mesures de gestion adaptées, la bonne santé des stocks n'est pas forcément synonyme de pêcheries prospères.

Comme le montrent plusieurs autres articles de ce numéro, les scientifiques continuent d'explorer les nombreux recoins de l'univers des thonidés : ils lisent dans leurs entrailles (p. 5), font appel à la génétique de la conservation pour percer leurs mystères (p. 7), les marquent par dizaines de milliers (p. 11) et étudient les impacts possibles de l'acidification accrue des océans sur leurs populations (p. 43). Mieux on connaît une ressource, mieux on peut la gérer. À condition de le vouloir vraiment.

**Aymeric Desurmont**

Spécialiste de l'information halieutique (aymericd@spc.int)

*Les pêcheurs d'Atauro, au Timor-Leste, nouent dès le plus jeune âge un lien très fort avec la mer (photo : Michel Blanc).*



Secrétariat général  
de la Communauté du Pacifique

## L'aquaponie est-elle viable dans les îles du Pacifique ?

*Les techniques aquaponiques de production piscicole et maraîchère suscitent actuellement un intérêt grandissant dans les États et Territoires insulaires océaniques membres de la CPS. Toutefois, faute d'un recul suffisant sur la pratique de l'aquaponie dans les conditions observées dans la région, les non spécialistes ont encore bien du mal à faire la part des choses et à prendre des décisions éclairées. En octobre 2013, la CPS a réuni plusieurs experts et les représentants de pays insulaires océaniques qui s'intéressent à l'aquaponie afin de dresser un premier bilan des expériences menées à ce jour dans ce domaine et de déterminer si ce qui n'est pour l'heure qu'une belle idée pourrait à terme déboucher sur la création d'une filière aquaponique à part entière dans le Pacifique insulaire.*

Mais d'abord, qu'est-ce que l'aquaponie ? Il s'agit en résumé d'un dispositif de polyculture associant l'élevage de poissons d'eau douce à la culture de légumes et de bactéries nitrifiantes dans un système de recirculation de l'eau fonctionnant en circuit fermé (figure 1). Les déjections des poissons contiennent des déchets azotés (principalement de l'ammoniaque), et les plantes, pour pousser, ont besoin de composés azotés (des nitrates, pour l'essentiel), qui leur tiennent lieu d'engrais. Les bactéries nitrifiantes assurent la liaison entre les poissons et les plantes, en convertissant l'ammoniaque contenue dans les excréments des poissons en nitrates assimilables par les plantes. L'aquaponie est donc un système de production probiotique reposant sur l'utilisation de « bonnes » bactéries.

Le principe est intéressant et semble étonnamment simple, à tel point qu'il suscite actuellement un réel engouement dans le Pacifique, en particulier dans les pays où l'agriculture traditionnelle de plein champ et la pisciculture soulèvent des difficultés particulières. On imagine aisément les avantages que peut présenter, pour nombre d'îles de la région, un système de production hors-sol qui ne craint ni l'élévation du niveau de la mer, ni la sécheresse, ni la salinité des sols, ni les terrains sableux, repose sur la recirculation de l'eau douce et des nutriments, dont la qualité est ainsi préservée, et rend possible la production intensive de cultures maraîchères sur de petites superficies.

Mais ne nous y trompons pas : nonobstant ces nombreux avantages, les systèmes de production aquaponique ont un coût très élevé qui tient aux matériaux de construction utilisés et à la nécessité d'assurer l'approvisionnement régulier et fiable des unités de production aquaponique en électricité et en aliments pour poissons. Ils doivent de surcroît faire l'objet de vérifications et d'ajustements quotidiens qui ont pour objet d'en garantir le bon fonctionnement et de corriger rapidement tout dysfonctionnement éventuel.

Consciente de l'intérêt grandissant que suscitent les techniques de production aquaponique dans le Pacifique, mais aussi du manque d'informations sur leur utilisation dans la région, la Section aquaculture de la CPS a organisé en 2013, aux Îles Cook, une Consultation technique régionale sur l'aquaponie afin d'apporter des réponses aux questions suivantes : les systèmes aquaponiques de production alimentaire sont-ils viables dans le contexte océanique ? Quelles doivent être la forme et la taille optimales de ces systèmes ? Quelles sont les lacunes à combler en matière de connaissances pour pouvoir passer à la vitesse supérieure ?

La réunion a été organisée à Titikaveka, sur l'île de Rarotonga, à l'invitation du partenariat public-privé réunissant le projet pilote d'aquaponie *Te Raurau o Te Kaingavai* et le ministère des Ressources marines des Îles Cook. Les participants se sont d'abord intéressés aux projets commerciaux de développement

de l'aquaponie. L'économiste John Hambrey, chargé par le ministère néo-zélandais des Affaires étrangères et du Commerce de dresser un état des lieux de l'aquaponie dans le monde, a souligné que les grosses unités industrielles de production aquaponique étaient encore rares. Celles qui existent (on en dénombre actuellement trois à Hawaï) n'ont pas été créées dans un but purement lucratif, mais plutôt pour offrir une source d'alimentation durable. Le succès de ces entreprises tient uniquement au fait qu'elles ont su se positionner sur des marchés de niche, et peuvent ainsi vendre leurs produits à un prix élevé. Les créateurs de ces entreprises ont opté pour l'aquaponie non pas parce que c'est la méthode de production la plus rentable, mais plutôt parce qu'elle cadre avec leur vision des modes de production alimentaire du futur. Autre considération importante : l'aquaponie ne fait intervenir aucun pesticide ou substance chimique. Les aquaponistes ne peuvent tout simplement pas envisager d'utiliser des produits toxiques pour lutter contre les ravageurs des cultures, puisque ces produits sont dangereux pour les poissons et les bactéries nitrifiantes.

Outre la vente de légumes et de poissons, les grosses entreprises aquaponiques sont souvent fortement dépendantes des recettes qu'elles tirent de la vente du matériel nécessaire au démarrage d'unités de production aquaponique, et de la formation qu'elles dispensent aux aquaponistes en cours d'installation. Or, on a récemment relevé une certaine exaspération chez les clients d'experts en aquaponie dont la principale source de revenus est la vente de « gadgets » aquaponiques ; en effet, l'achat de ces équipements très coûteux, vendus dans des commerces spécialisés, ne suffit pas à garantir le succès commercial des exploitations aquaponiques. De plus, les équipements que requiert la mise en place de petites unités de production aquaponique peuvent être achetés pour la plupart dans des quincailleries de quartier ou fabriqués à partir de matériaux de récupération.

Les investissements dans l'aquaponie commerciale à grande échelle doivent aussi être évalués au regard du coût de l'hydroponie, l'autre option la plus évidente en matière de production agricole hors-sol. L'hydroponie consiste à produire uniquement des plantes en monoculture, et ne présente donc ni les difficultés, ni les risques liés à un système de polyculture dans lequel coexistent notamment des poissons, des bactéries et des biofiltres. Il y a une dizaine d'années, la production hydroponique était une entreprise risquée et aléatoire ; aujourd'hui, c'est une technologie parfaitement maîtrisée et parvenue à maturité qui donne d'excellents résultats. Les opérations courantes sont désormais largement automatisées, et l'hydroponie est devenue un secteur d'activité très porteur.

Les passionnés d'aquaponie estiment néanmoins que l'hydroponie est une méthode de production « antibiotique », à

l'opposé de l'approche « probiotique » qu'ils défendent. Les hydroponistes utilisent généralement des pesticides pour lutter contre les organismes nuisibles, et des mélanges chimiques industriels pour apporter à leurs cultures les nutriments dont elles ont besoin. Ils doivent à intervalles réguliers vidanger entièrement leurs installations et les stériliser soigneusement à l'aide d'un antiseptique avant de les remplir à nouveau. Les partisans de l'aquaponie affirment par ailleurs que leurs légumes sont de meilleure qualité et plus savoureux que ceux issus de l'hydroponie, et qu'ils se conservent plus longtemps.

Pour autant, les cultures aquaponiques exigent plus de temps, de compétences et d'attention, et nécessitent des interventions fréquentes, indispensables au maintien de conditions culturales équilibrées. L'interdépendance des poissons, des cultures et des bactéries limite considérablement les options envisageables en matière de lutte contre les ravageurs et les maladies. Les systèmes aquaponiques sont plus complexes et demandent des investissements plus lourds. Les coûts de fonctionnement sont élevés (du fait principalement des besoins importants en énergie et en main-d'œuvre), et les paramètres à prendre en considération sont bien plus nombreux que dans le cas de l'hydroponie, ce qui multiplie d'autant les risques.

Ces réalités économiques ne suffisent pourtant pas à décourager les passionnés d'aquaponie. À l'évidence, l'intérêt croissant que suscite ce mode de production ne tient pas uniquement à des considérations financières. L'aquaponie, tout comme l'hydroponie en son temps, est incontestablement appelée à se

développer, mais, pour l'heure, les arguments justifiant d'investir dans ce domaine tiennent à d'autres facteurs.

Quel intérêt l'aquaponie présente-t-elle pour le Pacifique ? Les participants à la Consultation technique ont longuement débattu de cette question. Avant de monter une structure aquaponique, il faut se fixer des OBJECTIFS précis. Ce n'est qu'à cette condition que l'on pourra décider de ce qu'il convient de faire, et déterminer si le jeu en vaut la chandelle. Il s'agit avant tout d'une décision personnelle. Il faut s'assurer que l'aquaponie est le meilleur moyen d'atteindre les objectifs visés, ce qui n'est pas forcément le cas partout.

Dans certaines îles du Pacifique, il n'y a ni eau, ni sols. Dans les environnements « désertiques », comme les atolls, il est plus facile de produire des légumes aquaponiques que de fabriquer du compost ou de reconstituer des sols dans des zones sableuses ou en forte salinité. L'aquaponie est donc une solution intéressante là où toutes les autres solutions ont échoué. Après tout, on pourrait même faire pousser des légumes dans l'espace grâce à l'aquaponie.

L'idée selon laquelle le consommateur doit systématiquement prendre en considération le « kilométrage alimentaire », à savoir la distance parcourue par les produits alimentaires vendus dans le commerce, gagne du terrain. Plusieurs chefs cuisiniers du Pacifique préfèrent désormais les produits locaux à ceux importés de pays riverains du bassin du Pacifique, et n'hésitent pas à payer un peu plus cher des produits plus frais

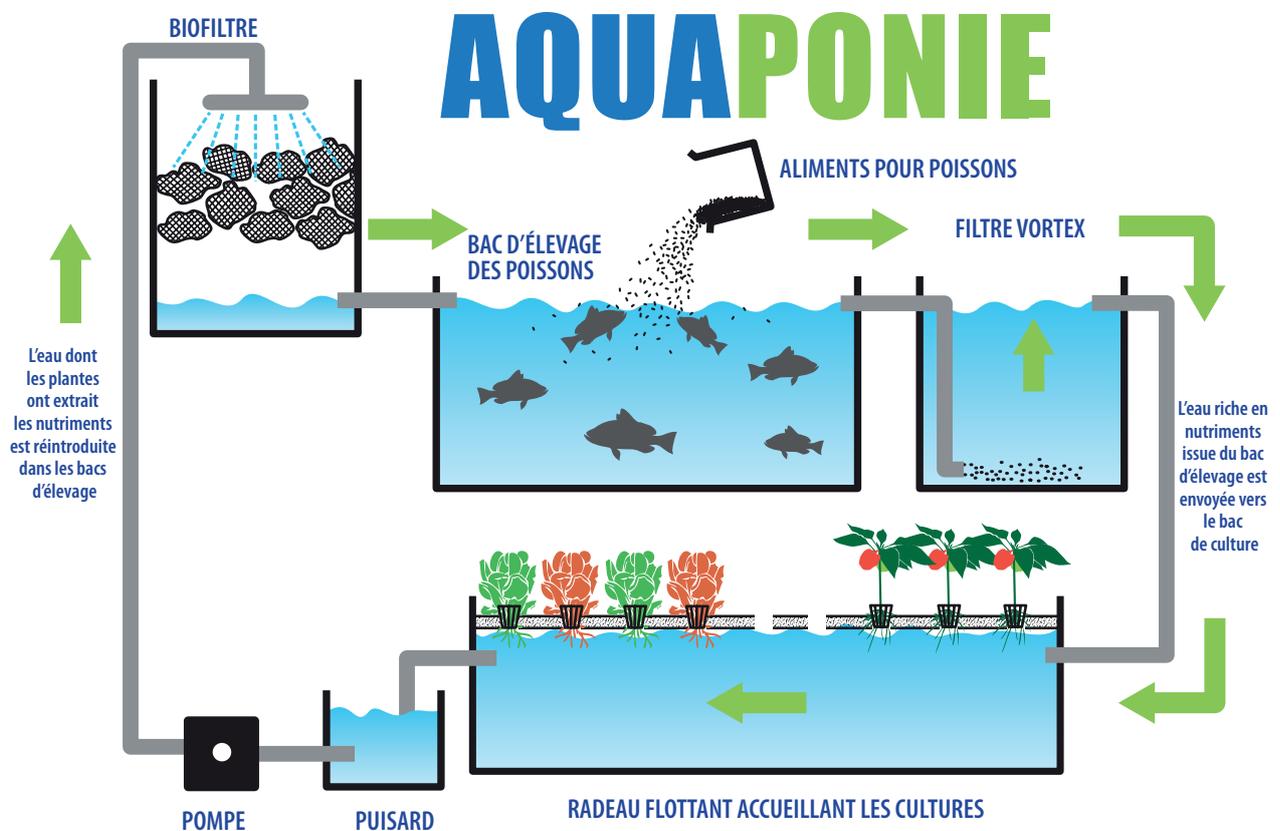


Figure 1. Schéma d'un système aquaponique classique.

à l’empreinte carbone plus faible. Il y a là un créneau à saisir : la valeur accrue des produits locaux confère aux cultures aquaponiques un avantage concurrentiel certain, que les professionnels du secteur de la région devraient mettre à profit.

Mais un petit rappel s’impose : sur un créneau spécialisé comme celui des produits locaux, c’est le marché qui dicte sa loi. En d’autres termes, il faut d’abord s’assurer que le marché local est de nature à rendre les produits aquaponiques attractifs, et bien faire ses calculs *avant* de se précipiter chez le quincaillier le plus proche !

Si des facteurs comme le kilométrage alimentaire, le manque d’eau et l’absence de sols sont autant d’arguments qui plaident en faveur du développement commercial du secteur aquaponique dans le Pacifique, ils ne peuvent suffire à expliquer le fait que la plupart des unités de production aquaponique existantes sont de petite taille et implantées en milieu urbain. Ces petites exploitations, gérées de manière artisanale, ne peuvent espérer concurrencer sur les prix les exploitations agricoles biologiques de dimension industrielle. Pourtant, il s’en crée de nouvelles tous les jours. Pourquoi ?

La réponse est simple : « production artisanale » ne rime pas nécessairement avec « entreprise commerciale ». En d’autres termes, gagner de l’argent n’est pas la seule motivation des personnes qui décident d’investir dans l’aquaponie en zone urbaine. L’aquaponie est une activité passionnante et gratifiante. Elle peut avoir pour objectif d’économiser de l’argent plutôt que d’en gagner, et de produire des aliments sains. Larry et Patty Yonashiro ont fait part de leur expérience aux participants à la Consultation technique. Après avoir pris leur retraite, ils se sont lancés dans la production à petite échelle de choux chinois pak choï dans une zone sableuse et peu fertile de l’île de Molokai, à Hawaï. Selon eux, c’est ainsi qu’il faut s’y prendre pour produire des aliments sains. Ils sont bien décidés à faire la preuve des avantages économiques, sociaux et nutritionnels qu’il y a à produire localement, par le biais de réseaux urbains de petits exploitants agricoles qui se spécialisent dans des cultures bien précises et s’échangent leurs produits.

Ce mode de production présente aussi des avantages non financiers qui tiennent à la sécurité sanitaire des aliments, à l’établissement de réseaux, à l’autonomisation des communautés et à la renaissance de traditions anciennes. Leina’ala Bright, pour qui l’aquaponie est avant tout un moyen de préserver la cohésion sociale et les savoirs traditionnels sur les plantes médicinales hawaïennes, est revenue sur les expériences menées récemment à Hawaï, et a notamment expliqué que les ménages participant au projet de développement de l’aquaponie de Waimanalo (plus d’une cinquantaine au total) en tirent des avantages non seulement nutritionnels, mais aussi spirituels. Le projet a permis d’améliorer la cohésion et le bien-être de la collectivité dans son ensemble. L’aquaponie à petite échelle est une activité

*Brad Fox (troisième à partir de la droite) et Leina’ala Bright (quatrième à partir de la droite), de l’Université d’Hawaï, expliquent aux participants à la Consultation technique comment fabriquer, à l’aide de fûts en plastique, un système aquaponique rudimentaire.*

passionnante qui présente des avantages incontestables au plan social. Elle favorise le renforcement du lien social et une meilleure estime de soi — deux facteurs dont on sait qu’ils contribuent de manière déterminante à détourner les populations urbaines de la criminalité et des drogues. Ces conclusions cadrent avec celles tirées de projets d’agriculture et de jardins collectifs urbains menés notamment à New York, où la participation de la communauté a conduit à une diminution des comportements agressifs et antisociaux.

Les établissements scolaires découvrent que l’aquaponie est un extraordinaire outil d’apprentissage pratique. Les systèmes de production aquaponique fonctionnent comme des microcosmes autonomes et permettent de mettre en évidence les principes relatifs aux cycles de l’eau et des nutriments dans les écosystèmes naturels, et d’initier les enfants à la pisciculture et à l’agriculture. Plusieurs établissements d’enseignement d’Hawaï, des Samoa américaines, de Polynésie française et des Fidji se sont déjà dotés de systèmes témoins de production aquaponique à des fins pédagogiques.

Leina’ala Bright s’est spécialisée dans la production aquaponique de plantes médicinales traditionnelles comme le *ko’oko’olau* (*Bidens pilosa*), utilisé dans le traitement du diabète. Elle a démontré que l’aquaponie renforçait les propriétés médicinales de certaines plantes. Aussi conseille-t-elle aux personnes qui s’intéressent à l’aquaponie de se lancer dans l’aventure sans trop se soucier de la rentabilité. L’aquaponie artisanale peut être une activité très enrichissante, et les avantages qui en découlent ne se mesurent pas tous en termes monétaires.

L’aquaponie est-elle vraiment digne d’intérêt ? Il n’existe pas de réponse toute faite à cette question. Il faut d’abord définir avec précision l’objectif recherché, et partir du principe que l’aquaponie n’est qu’une option parmi d’autres pour atteindre cet objectif. L’aquaponie ne sera jamais une solution magique à tous les problèmes de sécurité alimentaire rencontrés dans le Pacifique, mais elle est incontestablement appelée à jouer un rôle grandissant dans la région.

### Pour plus d’information :

*Tim Pickering*  
Chargé de l’aquaculture, CPS  
[TimP@spc.int](mailto:TimP@spc.int)



## Les oracles lisent l'impact du climat dans les entrailles de thons

C'est pour analyser l'impact du climat sur l'écosystème marin du grand large que des spécialistes des quatre coins du monde se sont réunis du 14 au 18 octobre 2013 à Adelaïde en Australie. Ces experts exercent le difficile métier d'haruspice qui consiste à lire l'avenir dans les entrailles des animaux. Très en vogue aux temps de la Rome antique, les prédictions étaient somme toute très incertaines. Cependant nos experts sont de vrais scientifiques et avec pour objet d'étude les thons et autres grands poissons pélagiques tels que l'espadon ou le mahi mahi, de nouveaux outils statistiques ont été développés pour améliorer l'analyse et les prédictions sur les contenus d'estomacs de ces poissons.

### Quel est donc l'intérêt d'examiner le contenu d'un estomac de thon ?

Les thons sont ce que l'on appelle des consommateurs généralistes, c'est à dire qu'ils vont dévorer tout ce qui passe à leur portée. Cette spécificité fait d'eux d'excellentes sentinelles du milieu marin du grand large.

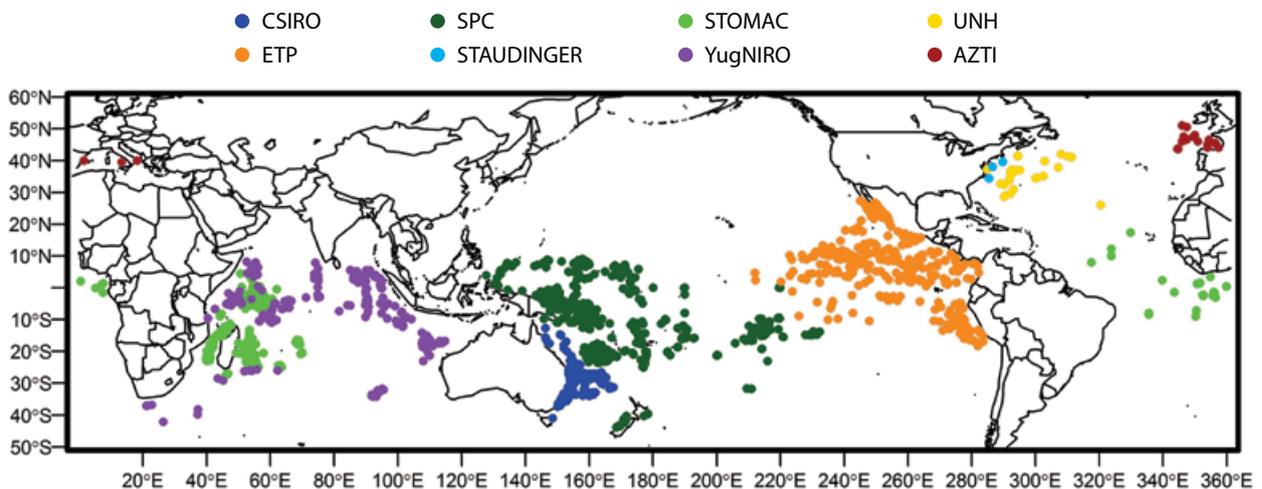
Ces vastes étendues d'océan sont difficiles à explorer et il faudrait énormément de personnel, de temps, de bateaux et d'argent pour aller voir ce qui s'y passe. Mais les thons parcourent ces océans inlassablement et consomment ce qu'ils y trouvent, ils échantillonnent donc pour nous la faune de petits poissons, crustacés et calmars de l'océan du large. Les pêcheurs capturent ces thons et il ne reste plus aux équipes scientifiques qu'à récupérer les estomacs des thons et à en déterminer le contenu. Ce n'est pas une tâche facile mais elle nous permet d'observer des zones de l'océan rarement explorées.

En examinant les contenus d'estomacs de poissons vivant dans différents océans sous des conditions climatiques différentes

nous avons la capacité de mieux comprendre l'impact de l'environnement sur les thons et sur ses proies. De précieuses informations sont ainsi récoltées sur les possibles conséquences du changement climatique non seulement sur les thons mais sur tout le réseau alimentaire du grand large qui reste très méconnu et dont dépend toute l'industrie thonière.

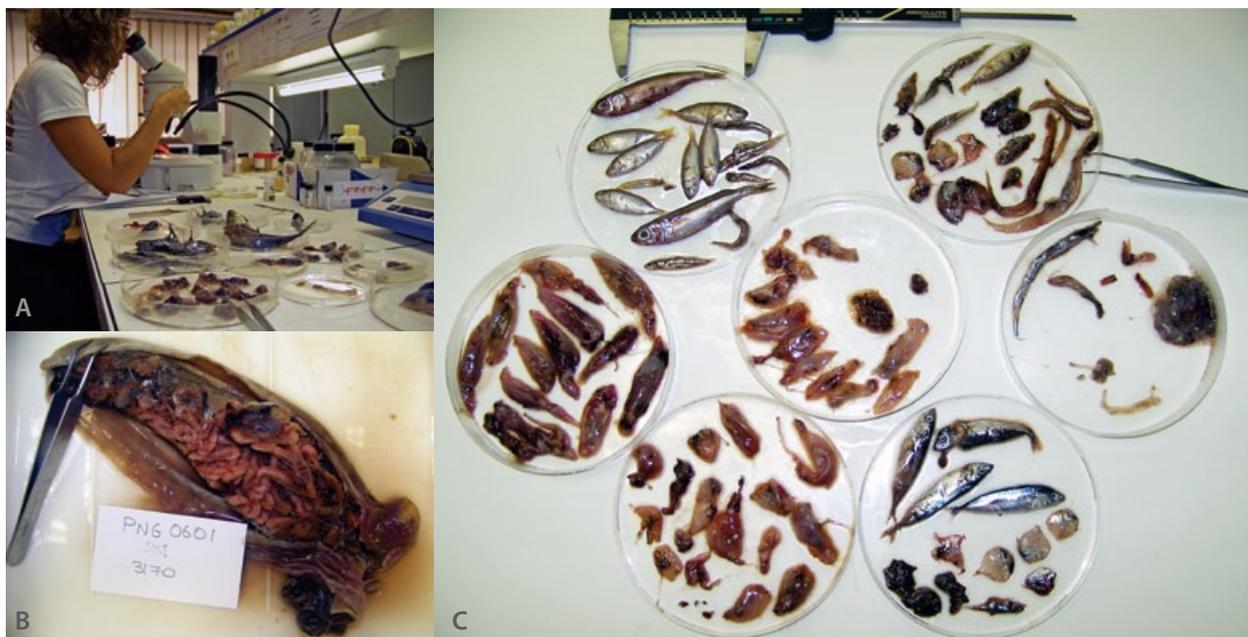
C'est une tâche titanesque qui ne peut être le fait d'un seul homme. Ainsi en combinant les efforts de 8 grands organismes de recherche à travers le monde, les détails sur les contenus d'estomacs de près de 22 000 poissons ont été rassemblés dans une seule et même base de données ouvrant la porte à de multiples analyses. La CPS est le plus important contributeur à la base globale avec plus de 7 800 estomacs examinés par les techniciens de notre laboratoire. Et nous tenons à remercier les programmes d'observateurs de la pêche thonière de tous les pays de la région qui ont récolté ces échantillons.

La mise en commun de toutes ces données est déjà en soit un résultat exceptionnel car ce niveau de collaboration couvrant les 3 grands océans du monde, l'Atlantique, l'Indien, et le plus



Distribution des échantillons par projet

- CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australie
- SPC: Secrétariat général de la communauté du Pacifique, Nouvelle-Calédonie
- STOMAC: Base de données de l'IRD, Institut de Recherche pour le Développement, France
- UNH: Université du New Hampshire, USA
- ETP: Base de données de l'ICCAT, Commission interaméricaine du thon tropical, USA
- STAUDINGER: Université du Massachusetts, Amherst, USA
- YugNIRO: Southern Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Ukraine
- AZTI-Tecnalia: Centro tecnológico especializado en investigación marina y alimentaria, Espagne



- A: Tri et examen des proies contenues dans l'estomac d'un thon (image: CPS).
- B: Estomac d'une bonite pêchée en Papouasie-Nouvelle-Guinée qui montre que le prédateur s'est nourri de petites crevettes (image: Caroline Sanchez, CPS).
- C: Mélange de calmars et de poissons partiellement digérés trouvés dans un estomac de thon (image: Caroline Sanchez, CPS).

grand de tous, le Pacifique, est très rare. La carte de distribution des échantillons parle d'elle-même et montre clairement l'étendue de ce travail.

L'autre résultat important de cette réunion d'experts est l'aboutissement de plusieurs années de travail acharné, en particulier de la part de Petra Kuhnert, statisticienne au CSIRO d'Adelaïde, Australie et de Leanne Duffy, biologiste des pêches de l'IATTC de La Jolla, USA, mais aussi avec la collaboration des autres experts présents, qui ensemble ont développé et testé un outil statistique spécialement adapté à ce jeu de données exceptionnel. Il s'agit d'une méthode de classification d'arbre de régression pour traiter des données multivariées telles que celles issues des contenus stomacaux. Cette méthode est déjà connue mais l'originalité de cette nouvelle approche est de fournir également des prédictions sur les régimes alimentaires et des calculs d'incertitude. Développé sous R, le nouveau package appelé tout simplement *diet* sera bientôt disponible librement et utilisable par tous pour analyser des données de contenus stomacaux ou d'autres jeux de données de même format (multivarié).

Au cours de la semaine de travail à Adelaïde, des premiers résultats intéressants ont été révélés. Par exemple, un schéma très clair est apparent pour le thon germon dont les juvéniles vont préférer les zones riches comme le Golfe de Gascogne en Europe ou la Nouvelle-Zélande pour s'alimenter sur une ou

deux proies principales comme le krill qui sont présents en grandes quantités dans ces eaux froides. Par contre les adultes se trouvent dans des zones plus tropicales plus chaudes et plus pauvres et ils doivent alors grandement diversifier leur alimentation en mangeant de nombreuses proies différentes présentes chacune en petite quantité. Le thon obèse qui vit dans des eaux tropicales plus profondes semble moins affecté par ces différences de conditions climatiques qui impactent les animaux vivant plus près de la surface. Ainsi les changements climatiques auront des conséquences très différentes selon les espèces de thons considérés car l'impact sur leur milieu de vie et les proies dont ils s'alimentent sera différent.

Les estomacs de thons ont encore beaucoup à nous apprendre sur les thons et leur milieu. Ce formidable jeu de données avec les nouveaux outils statistiques disponibles promettent de nous révéler encore beaucoup de secrets.

### Pour plus d'information:

Valérie Allain  
Chargée de recherche halieutique (analyse de l'écosystème), CPS  
ValerieA@spc.int

## La génétique de la conservation aide à percer les mystères des thonidés

*Le thon est un poisson extrêmement mobile, qui parcourt souvent de longues distances pour se nourrir et frayer. Le recueil d'informations sur ces déplacements favorise une gestion efficace des stocks de thonidés d'intérêt commercial. Si l'on prend, par exemple, le cas du germon du sud (*Thunnus alalunga*), plusieurs questions de longue date subsistent sur le nombre et l'emplacement des frayères, le degré de connectivité entre les sources larvaires, les itinéraires migratoires des juvéniles et des adultes, ainsi que sur les facteurs biophysiques qui influencent ces processus.*

Pour répondre à certaines de ces questions, nous avons choisi d'étudier les otolithes (concrétion logée dans l'oreille) du germon (figure 1) sous l'angle de la génétique de la conservation. Nous avons prélevé des échantillons sur des germons capturés dans plusieurs zones de l'océan Pacifique Sud, en Polynésie française, en Nouvelle-Calédonie et en Nouvelle-Zélande. Nous avons ensuite mesuré la concentration d'oligoéléments (éléments présents en très faible quantité tels que le strontium, le baryum et le magnésium) dans chaque otolithe à l'aide d'un laser de haute précision. En mesurant la concentration de différents oligoéléments sur le bord externe de l'otolithe, où se trouvent les éléments qui se sont déposés au cours des semaines précédant la capture, nous avons pu obtenir une « signature » chimique nette propre à chacune des trois zones (figure 2).

Nous avons ensuite mesuré la concentration d'oligoéléments dans le nucléus de chaque otolithe, où se trouvent les éléments déposés au cours des premières semaines de la vie. Nous avons constaté une forte similarité entre les oligoéléments des nucléus d'otolithes prélevés en Nouvelle-Calédonie et en Nouvelle-Zélande, ce qui donne à penser que l'origine des germons de ces deux zones est peut-être identique. En revanche, les oligoéléments mesurés dans les nucléus d'otolithes de Polynésie française étaient nettement différents, ce qui indique

que les germons évoluant dans cette zone n'ont pas la même origine. Ces résultats offrent d'importantes pistes de réflexion sur les liens entre sources larvaires et populations adultes de germons du sud, et semblent confirmer qu'en mettant à profit la génétique de la conservation pour étudier le germon, nous pourrions approfondir nos connaissances sur les schémas de déplacement et la démographie des peuplements de cette espèce. Les conclusions complètes de cette étude ont récemment été publiées dans *Fisheries Research*<sup>1</sup>.

En outre, l'application de la génétique de la conservation à d'autres espèces de thonidés permettra de mieux comprendre les schémas de déplacement du thon en général, sans avoir à marquer les poissons. Une mine de données sur ces schémas de déplacement ont été recueillies dans le cadre d'une vaste campagne de marquage des thons jaunes, des thons obèses et des bonites sous les tropiques. Cependant, les programmes de marquage de ces espèces mis en œuvre dans les zones subtropicales et tempérées se sont heurtés à des difficultés, limitant nos connaissances sur les trajets migratoires qu'elles empruntent sur l'ensemble de leur aire de répartition. L'application des méthodes de génétique de la conservation aux otolithes de toutes les espèces commercialisables laisse entrevoir la possibilité de brosser un tableau des déplacements dans

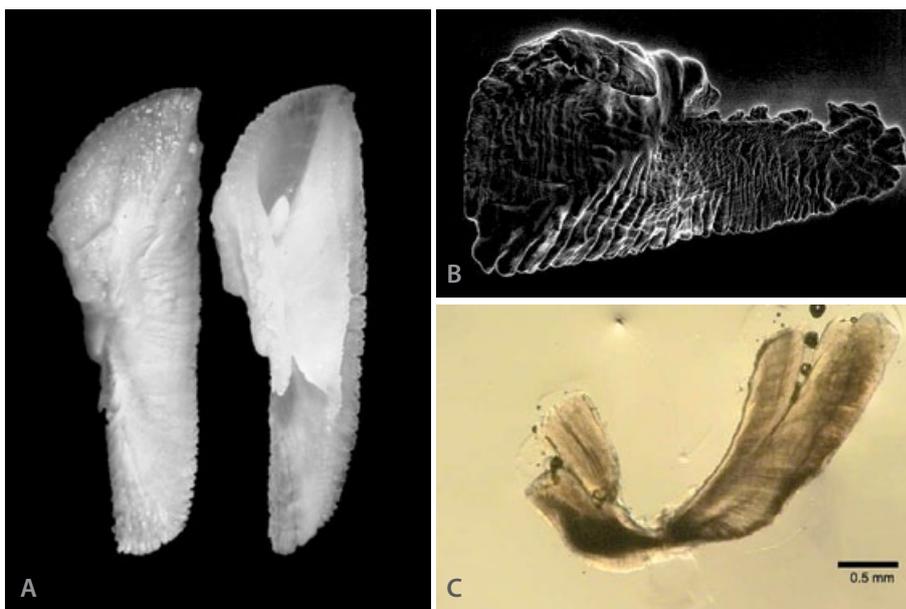


Figure 1. Coupes sagittales (A et B) et transversale (C) d'otolithes d'un germon du sud.

<sup>1</sup> Macdonald et al. 2013. *Fisheries Research* 148:56–63 [<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2013.08.004>].

l'océan Pacifique à l'échelle des stocks de thonidés. Depuis 2012, la Commission des pêches du Pacifique occidental et central met en œuvre un programme de collecte d'échantillons biologiques sur les thons obèses, les thons jaunes, les bonites et les germons dans l'océan Pacifique occidental et central. Le nombre d'échantillons prélevés, notamment de concrétions des thonidés, sera bientôt suffisant pour que l'on puisse lancer une évaluation rigoureuse des avantages que présente l'analyse des marqueurs chimiques (oligoéléments et autres isotopes stables, par exemple, l'oxygène et le carbone) dans l'étude des déplacements des thonidés dans l'océan Pacifique.

### Pour plus d'information :

**Simon Nicol**

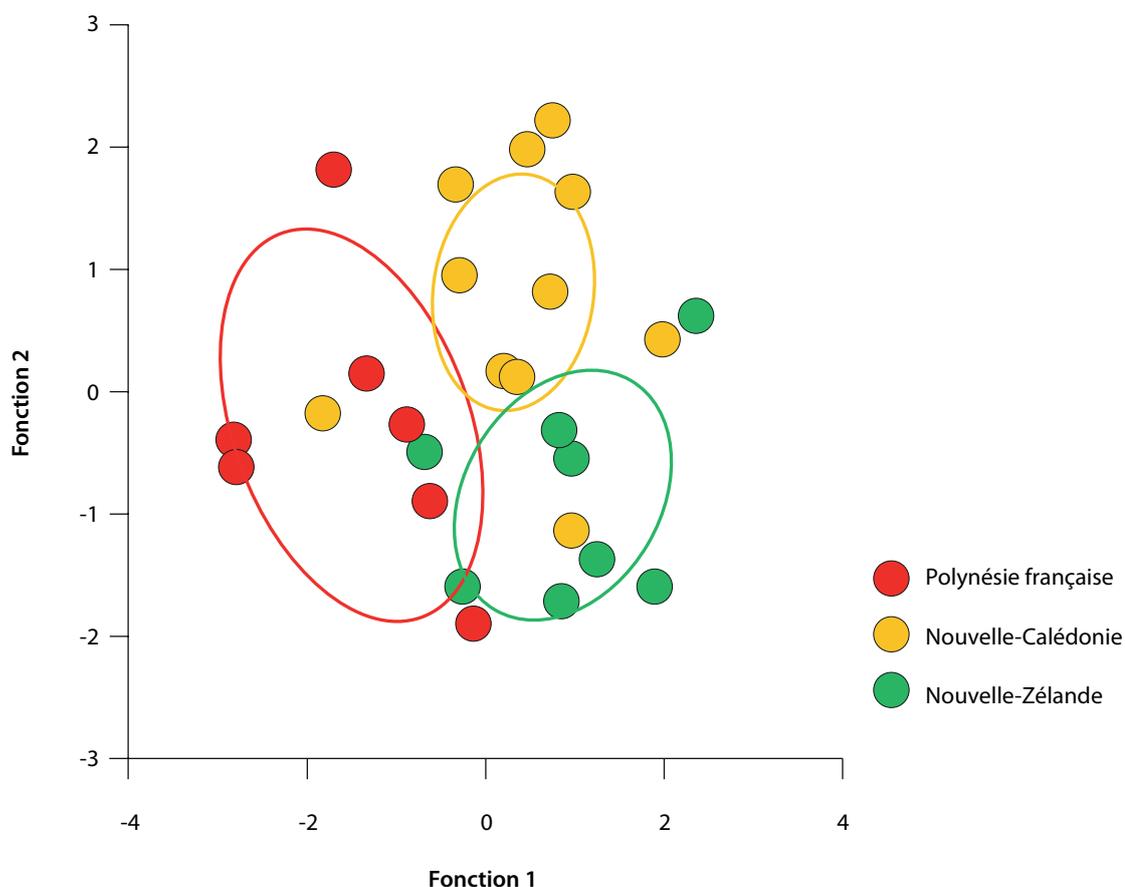
Directeur de recherche halieutique (écologie et biologie des thonidés), CPS

[SimonN@spc.int](mailto:SimonN@spc.int)

**Jed Macdonald**

Doctorant, Université d'Islande

[jed@marice.is](mailto:jed@marice.is)



# Analyse scientifique des difficultés rencontrées par les palangriers thoniers océaniques ciblant le germon du sud



Palangriers thoniers au mouillage dans le port de Suva, Fidji (image: Johann Bell).

*Les flottilles de pêche nationales qui ciblent principalement le germon dans les États et Territoires insulaires océaniques ont fait part ces dernières années de leurs difficultés à trouver un modèle économique rentable. Selon un communiqué de presse<sup>1</sup> de l'Association du secteur thonier océanique (PITIA), de nombreux navires de pêche ayant leur port d'attache aux Fidji sont désormais cloués à quai, et pourtant, à l'inverse de ce qu'observent les pêcheurs en mer, les résultats des évaluations scientifiques « continuent de faire état de la relative bonne santé des stocks ».*

L'objet de cet article est d'offrir une vue d'ensemble des analyses scientifiques effectuées récemment sur le germon du sud. Nous n'aborderons pas ici les prix du poisson ou du carburant, ni la mobilité des flottilles (qui a un impact, positif ou négatif, sur leur capacité à suivre et à trouver du poisson), autant de questions qui jouent, de toute évidence, un rôle important dans le niveau de rentabilité de flottilles individuelles.

Les principales sources de données scientifiques sont les évaluations des stocks du germon du sud. Ces analyses conjuguent les données de prises et d'effort des pêcheries, ainsi que des données sur la taille des poissons et leurs paramètres biologiques (par exemple, la croissance et l'âge de maturation), pour estimer l'effectif du stock, son évolution au fil du temps et le niveau de capture considéré comme durable. La dernière évaluation des stocks de germon du sud a été réalisée en 2012, à partir de données recueillies en 2010.

Cette évaluation a permis de tirer trois grandes conclusions : 1) l'effectif estimé de germes était jugé suffisant pour assurer la bonne santé des stocks (de plus amples informations sur les raisons qui ont motivé cette conclusion sont disponibles plus bas) ; 2) l'effort de pêche était jugé « durable » et pouvait même être intensifié sans nuire à la bonne santé des stocks ; et 3) malgré la bonne santé de la population de germes, il était annoncé que toute augmentation des captures (même à des niveaux durables) aurait un impact considérable sur les taux de prises des pêcheries palangrières.

Bien qu'intéressantes, les conclusions de cette évaluation de l'état du stock de l'espèce méritent d'être remises en contexte.

La pêche palangrière est la plus couramment employée pour capturer le germon du sud. Plusieurs kilomètres de ligne mère garnie d'hameçons sont mis à l'eau. Les palangriers tendent à capturer des thons plus gros et donc plus âgés et, effectivement, les poissons capturés sont généralement suffisamment gros et âgés pour avoir eu le temps de se reproduire et, en conséquence, d'assurer la viabilité de l'espèce (figure 1). Or, il est très rare qu'une pêcherie attende que les poissons aient atteint leur maturité sexuelle avant de les capturer !

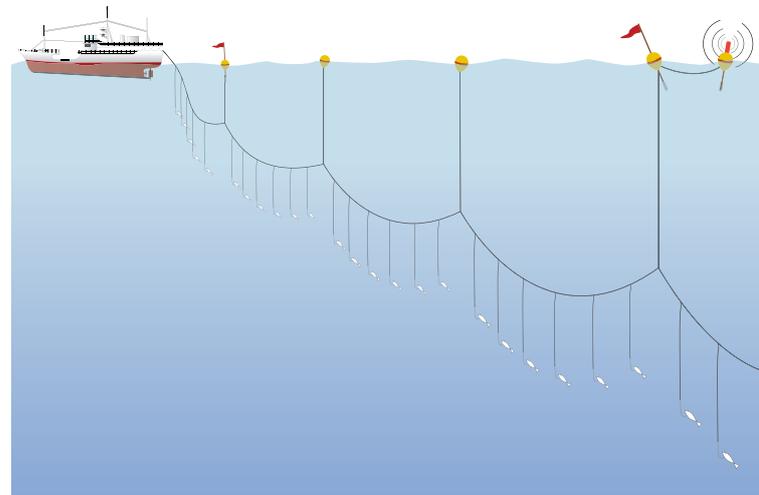


Figure 1. Un thonier palangrier peut poser plusieurs milliers d'hameçons appâtés à chaque filage.

1 Voir l'article p. 29 de ce numéro de la *Lettre d'information sur les pêches de la CPS*.

Si ce modèle de pêche est favorable à la population de germans, il a des conséquences sur les pêcheries qui l'exploitent et constitue le fondement de la troisième conclusion de l'évaluation. Les palangriers ciblant les plus gros spécimens, ils ne visent qu'une portion relativement petite de la population, tandis que le nombre de germans de grande taille diminue rapidement parallèlement à l'augmentation de l'effort de pêche et des prises. Ainsi, les navires ont moins de poissons à capturer et, pour chaque jour de pêche et de carburant consommé, ils enregistrent une baisse de leurs prises (taux de captures plus bas en termes de prises quotidiennes) et, de fait, de leurs revenus. Répétons que, parallèlement à cette situation, il existe une multitude de germans en phase de maturation et de reproduction qui sont globalement protégés de la pêche.

Alors même que, dès sa première réunion en 2005, le Comité scientifique de la Commission des pêches du Pacifique occidental et central mettait en garde contre l'impact négatif substantiel qu'aurait toute augmentation des prises de germon du sud sur les flottilles de palangriers nationales, les captures n'ont cessé de grimper depuis 2008 (figure 2). On a par exemple observé une augmentation de 32 % des prises annuelles pour la période 2009–2012 par rapport à la période 2001–2008, associée à une forte hausse du nombre de navires et de l'effort de pêche.

Ce n'est que lors de la prochaine évaluation des stocks, prévue en 2015, que nous serons en mesure de réévaluer l'état biologique des stocks de germon du sud, mais il est évident que les prévisions de baisse des taux de prises se sont malheureusement réalisées. La modélisation bioéconomique — qui intègre des considérations relatives aux coûts de la pêche et aux prix du poisson dans les évaluations biologiques des stocks — dévoile progressivement un tableau économique bien plus sombre que ce que laissait entrevoir l'analyse biologique.

#### Pour plus d'information :

**Graham Pilling**  
Chargé de recherche halieutique  
(soutien à la FFA), CPS  
GrahamP@spc.int

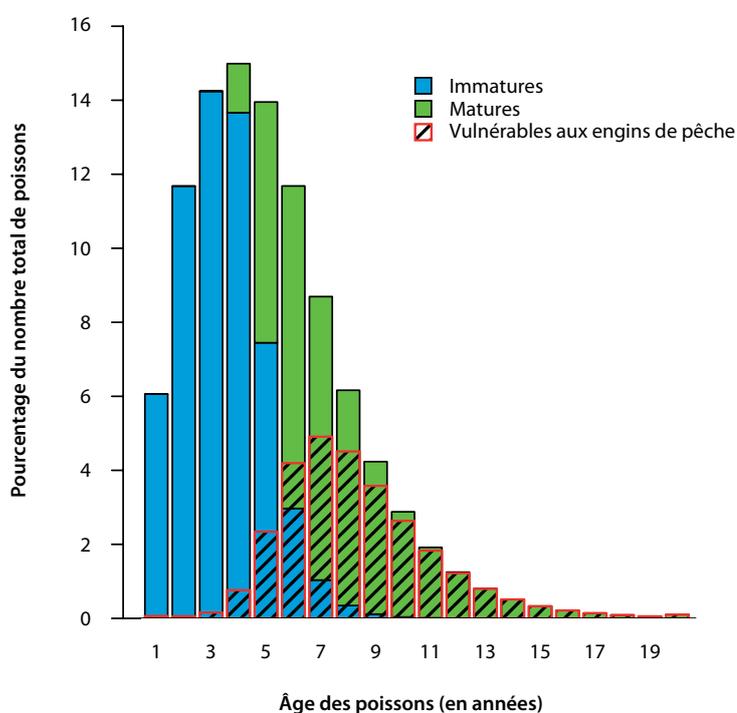


Figure 2. Pourcentage de germans vulnérables aux engins des palangriers en fonction de l'âge, comparé au pourcentage de poissons matures et immatures.

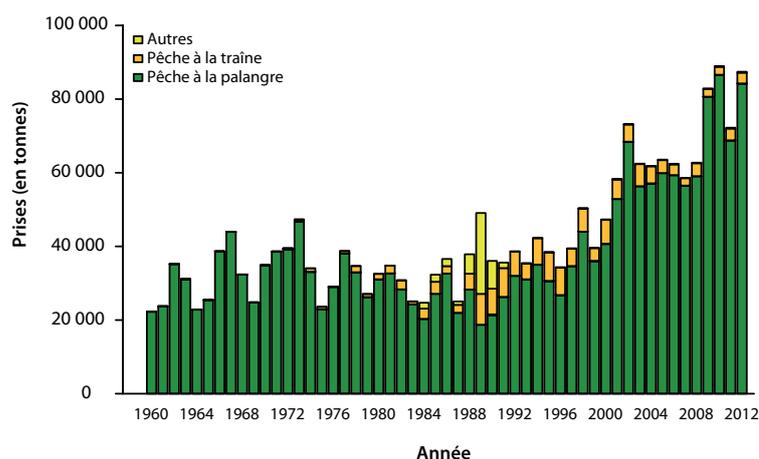


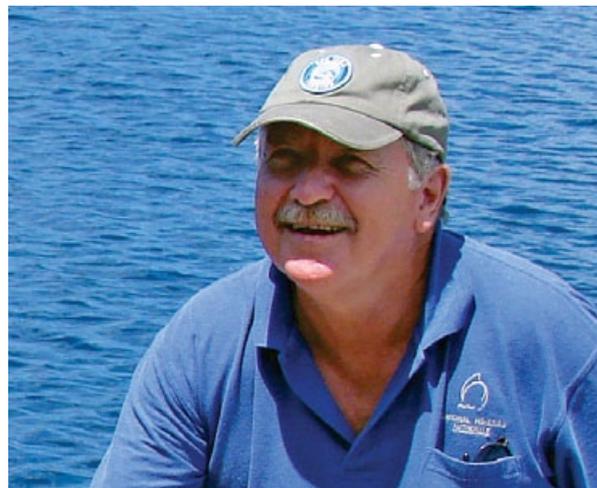
Figure 3. Prises de germans dans l'océan Pacifique occidental et central depuis 1960.

### Marquage des thonidés : 100 000 marques et un record du monde pour Antony Lewis

*Les campagnes de marquage des thonidés menées par le Programme pêche hauturière de la CPS figurent parmi les plus vastes au monde et sont reconnues comme telles. Un nouvel exploit est à présent à mettre à l'actif du Programme.*

Après quarante années de travail dans le secteur de la pêche thonière du Pacifique, Antony Lewis a franchi la barre des 100 000 marques posées sur des thons, record qui n'est pas prêt d'être battu à nouveau. Cet événement s'est déroulé dans les eaux de Papouasie-Nouvelle-Guinée lors d'une opération de marquage réalisée dans le cadre du projet de marquage des thonidés dans le Pacifique, mené en collaboration avec le service national des pêches du pays. M. Lewis a participé à ses premières opérations de marquage au début des années 70, mais c'est à la fin de la décennie, dans le cadre du Programme d'étude et d'évaluation des stocks de bonites, que les choses se sont accélérées. À la fin des années 80 et au début des années 90, M. Lewis, alors Directeur du Programme pêche hauturière, supervisait le projet régional de marquage des thonidés. Plus récemment, il a été recruté comme conseiller technique pour le projet de marquage des thonidés dans le Pacifique, qui a débuté en 2006.

Les thons sont des grands migrateurs. Il est donc d'autant plus difficile d'évaluer et de surveiller la santé des stocks. Environ 60 % des thons consommés dans le monde sont capturés dans l'océan Pacifique occidental et central, dont une grande partie dans les eaux des États et Territoires membres de la CPS. Les campagnes expérimentales de marquage sont considérées comme le seul moyen fiable d'obtenir certaines des informations essentielles (notamment sur les déplacements et la croissance des thons) pour produire des évaluations des stocks thoniers. Depuis près de quarante ans, la CPS sillonne les eaux du Pacifique pour conduire de très vastes opérations de marquage.



*Antony Lewis*

#### Pour plus d'information :

**Bruno Leroy**  
Chargé de recherche halieutique, CPS  
[BrunoL@spc.int](mailto:BrunoL@spc.int)

*D'un geste agile, Antony Lewis remet prestement à l'eau un jeune thon jaune qu'il vient de marquer.*



## Nouvelle espèce de vivaneau identifiée à partir de la forme de ses otolithes

Partout dans le Pacifique, le vivaneau rubis fait partie, depuis de nombreuses décennies, de ces poissons trophés très recherchés des pêcheurs ciblant les vivaneaux profonds. Or, nous avons découvert récemment qu'il existe en fait deux espèces distinctes de vivaneau rubis : le vivaneau rubis (*Etelis carbunculus*), et le vivaneau rubis pygmée (*Etelis marshi*). La Section suivie de l'écosystème du Programme pêche hauturière de la CPS s'est employée, de concert avec des chercheurs du service des pêches de l'Australie occidentale, à mettre au point une technique fiable d'identification des deux espèces à partir de la forme de leurs otolithes (concrétion calcaire de l'oreille interne). Les résultats de ces travaux ont été publiés en ligne dans le dernier numéro de la revue *Fisheries Research*<sup>1</sup>.

Une espèce peut en cacher une autre : c'est ce que laissent deviner les écarts observés entre les tailles maximales des vivaneaux rubis évoluant dans différentes régions du Pacifique. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons procédé à l'analyse génétique de coupes de nageoires prélevées sur un grand nombre de vivaneaux rubis dans tout le Pacifique. Les généticiens de l'Université d'Hawaii ont ainsi confirmé que nous avons affaire à deux espèces distinctes.

La répartition des deux espèces suit un schéma similaire dans le Pacifique, si ce n'est que seul le vivaneau rubis pygmée serait présent à Hawaii, aucune observation de vivaneau rubis n'ayant été confirmée à ce jour. Dans de nombreuses autres régions du Pacifique, les deux espèces évoluent dans les mêmes lieux de pêche. Il est donc important que les pêcheurs puissent les distinguer dans leurs prises.

Le vivaneau rubis pygmée n'avait pas été identifié jusqu'ici, car il ressemble quasiment trait pour trait au vivaneau rubis. Alors, comment différencier les deux espèces sans recourir à des analyses génétiques coûteuses ?

Nous savons que la taille peut être un facteur de différenciation. Ainsi, le vivaneau rubis peut atteindre au moins 120 cm et 25 kg, tandis que les plus grands vivaneaux rubis pygmées ne font que 62 cm et moins de 5 kg. Nous pouvons donc raisonnablement affirmer que tout vivaneau rubis de plus de 70 cm appartient à l'espèce *carbunculus*. Mais que faire lorsque les prises sont plus petites ?

D'après des recherches préliminaires, deux signes extérieurs permettent de différencier les deux espèces : a) on observe une petite marge noire sur le lobe supérieur de la nageoire caudale du vivaneau rubis, absente chez le rubis pygmée, et b) le vivaneau rubis pygmée présente une épine beaucoup plus pointue au niveau de l'opercule (voir figure 1)<sup>2</sup>.



Figure 1. Le vivaneau rubis (photo du haut) présente une tache noire dans la partie supérieure de sa nageoire caudale (a), qu'on ne retrouve pas chez le rubis pygmée (photo du bas) ; le vivaneau rubis pygmée possède une épine beaucoup plus pointue au niveau de l'opercule (b).

<sup>1</sup> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165783613002385>

<sup>2</sup> Voir article sur le même sujet dans le numéro 138 de la *Lettre d'information sur les pêches* :

[[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/InfoBull/FishNews\\_VF/138/FishNews138\\_04\\_Williams\\_VF.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/InfoBull/FishNews_VF/138/FishNews138_04_Williams_VF.pdf)]



Figure 2. Otolithes vues du dessus et de côté : vivaneau rubis (gauche) et vivaneau rubis pygmée (droite) (photos : Mélanie Bunel, CPS).

Néanmoins, ces deux signes distinctifs peuvent être interprétés de façon subjective et ne sont d'aucune utilité si la queue et l'épine operculaire ont été abîmées au moment de la capture, du transbordement ou de la congélation. De toute évidence, une méthode plus objective de différenciation s'impose.

Nous avons examiné les otolithes des deux espèces afin de déceler d'éventuelles caractéristiques spécifiques. Nous avons ainsi étudié la forme et mesuré la longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids des otolithes prélevés sur chaque espèce. Nous avons découvert que, pour des poissons de taille égale, les otolithes des rubis pygmées étaient sensiblement plus larges, épais et lourds que ceux du vivaneau rubis. Nous avons démontré que ces mesures combinées permettent de prédire avec 100 % de certitude l'identité de l'espèce, lorsque celle-ci est inconnue.

Cette découverte nous livre une méthode fiable d'identification de deux espèces importantes de vivaneau, le vivaneau rubis et le vivaneau rubis pygmée, qui consiste à prélever des otolithes sur les spécimens pour lesquels une identification morphologique est exclue.

### Pour plus d'information :

Ashley Williams  
Spécialiste du vivaneau profond, CPS  
AshleyW@spc.int



Ce numéro de la Lettre d'information sur les pêches de la CPS a été produit avec le soutien financier de l'Union européenne.

Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles de l'Union européenne.

## Normalisation des inventaires de la ressource en holothuries en Océanie

Face aux difficultés d'évaluation et de gestion de leurs ressources en holothuries, de nombreux États et Territoires insulaires océaniques ont demandé à la CPS de dispenser des formations aux méthodes d'inventaire de la ressource, de leur fournir des conseils sur les mesures de gestion et les stratégies d'exploitation à mettre en œuvre, et de les accompagner dans l'élaboration de plans nationaux de gestion halieutique et de mesures réglementaires associées. Les mesures de gestion en vigueur ont leurs limites, et c'est là tout le problème auquel sont confrontés nombre des responsables océaniques de la gestion des pêcheries d'holothuries. Par ailleurs, il est souvent difficile de prendre la bonne décision quand les informations sont inexistantes ou insuffisantes pour comprendre véritablement la ressource. Fort heureusement, cette réalité est en train de changer, depuis que les pays ont introduit des méthodes améliorées de collecte des données et que ces renseignements sont utilisés pour proposer des solutions.

### Inventaires des ressources et compte-rendu

Les formations dispensées dans les États et Territoires insulaires océaniques ces trois dernières années commencent à porter leurs fruits. Dix pays océaniques (Îles Cook, États fédérés de Micronésie [Pohnpei], Fidji, Îles Marshall, Palau, Samoa, Îles Salomon, Tokelau, Tonga et Vanuatu) ont adopté le protocole renforcé d'inventaire des ressources en invertébrés proposé par la CPS et l'utilisent pour améliorer la collecte et l'exploitation des données sur les ressources marines. Ce protocole, combinant inventaires le long de transects peu profonds (0–3 m) (figure 1a) et observations par un plongeur tracté dans des zones lagonaires peu profondes (2–10 m) (figure 1b), a fait la preuve de son efficacité dans l'évaluation des invertébrés.

Simple et bon marché, ces méthodes sont particulièrement utiles aux services des pêches peu dotés et aux organisations non gouvernementales (ONG) partenaires présentes en Océanie. Ces méthodes d'échantillonnage sont détaillées dans un manuel à paraître sur les invertébrés (CPS, sous presse).

Divers agents des pêches ont été conviés à poursuivre leur formation à Nouméa, ce qui leur a permis de se consacrer pendant deux à trois semaines à l'écriture de leur rapport d'inventaire (figure 2). À ce jour, plus d'une vingtaine de fonctionnaires des pêches et deux employés d'ONG partenaires ont pris part à un stage en détachement, tandis que 88 personnes ont été formées dans les pays. À Nouméa, les stagiaires apprennent à travailler sur la base de données intégrée sur les ressources récifales (RFID) pour traiter leurs données



Figure 1. a: Comptages réalisés le long de transects sur le récif (en haut) et b: comptages par la méthode du plongeur tracté (en bas) (illustrations de Youngmi Choi, photos de Kalo Pakoa, CPS).

et générer des synthèses utiles à l'élaboration de leurs rapports et de leurs recommandations techniques. Cette base de données a été mise à la disposition des services des pêches du Pacifique et permet de traiter les nouvelles données issues des inventaires. Au cours de leur stage, les agents détachés ont parfait leurs connaissances sur la diversité des espèces, leur densité et la structure des peuplements pour chaque zone donnée, et appris à déterminer l'état de santé des ressources à partir des densités de référence calculées pour la ressource (CPS, sous presse) et les tailles moyennes des espèces présentes dans la région (Purcell et al. 2008). Lorsqu'elles sont disponibles, les données concernant les prises et les exportations sont comparées aux informations recueillies sur les ressources, ce qui permet d'obtenir un instantané plus précis du comportement des ressources face à la pression de pêche et aux mesures de gestion.

Si l'estimation des stocks demeure le but ultime des inventaires, il est beaucoup plus intéressant d'obtenir ces informations lorsque les stocks sont en bonne santé (forte abondance spécifique et proportion élevée de spécimens matures exploitables). Les résultats définitifs des inventaires et les préconisations de gestion sont présentés dans les rapports nationaux sur l'état de la ressource en holothuries. Cinq rapports nationaux sont à présent achevés (Îles Cook, Fidji, Samoa, Tokelau et Tonga), et peuvent être téléchargés sur le site Web de la CPS (<http://www.spc.int/fame/en/projects/scicofish/activities/202-the-status-of-sea-cucumber-resources-in-cook-islands-fiji-and-samoa>). Le rapport relatif aux stocks de Vanuatu sera publié prochainement sur cette même page Web, tandis que les rapports relatifs aux Îles Salomon, à Palau et à l'État de Pohnpei devraient être dévoilés au deuxième trimestre 2014.

Les protocoles renforcés d'inventaire des holothuries sont de plus en plus utilisés. Entre août 2010 et décembre 2013, de nouveaux inventaires ont été réalisés dans 10 États et Territoires insulaires océaniques, couvrant un total de 42 îles, 63 sites (tableau 1) et plus de 1 727 stations d'échantillonnage. La plupart de ces inventaires (76 %) ont été menés par les pays eux-mêmes et financés sur leurs fonds propres. Pour sa part, la CPS a assuré un rôle de coordination des inventaires *in situ* et a dégagé des financements pour les évaluations sous-marines, effectuées dans le cadre des formations de terrain dispensées dans les pays. Le tableau 1 fait la synthèse des évaluations entreprises et des mesures de gestion proposées.

### Perspectives d'avenir

Les progrès accomplis dans la surveillance des ressources en holothuries en Océanie ont été mis en avant lors de la huitième Conférence des directeurs des pêches, tenue à Nouméa, en 2013. À cette occasion, les directeurs des pêches des pays océaniques ont prié la CPS de poursuivre son programme d'assistance au profit des pays de la région, tout en mettant l'accent sur l'utilisation de méthodes normalisées d'inventaire en vue de la collecte de données adaptées et sur la définition de points de référence biologiques relatifs à la densité spécifique. Bien qu'il existe plusieurs protocoles d'évaluation sous-marine des invertébrés, les États et Territoires insulaires océaniques n'ont pas encore eu la possibilité de joindre leurs efforts et de bénéficier des expériences de chacun. Cette mutualisation permettrait pourtant aux pays océaniques membres d'améliorer leurs capacités internes d'inventaire et de tirer parti des avancées réalisées dans l'acquisition d'informations sur les ressources ces dix dernières années.

La mobilisation des partenaires aux Fidji (Wildlife Conservation Society, Université du Pacifique Sud et Partners in Community Development Fiji), aux Îles Salomon (The Nature Conservancy), dans l'État de Pohnpei, aux États fédérés de Micronésie (Pohnpei Conservation Society) et à Palau (Palau Coral Reef Centre) ouvre la voie à une coopération plus étroite entre les pouvoirs publics, les ONG et la CPS en vue d'une surveillance efficace des ressources récifales.

Les décideurs du Pacifique comprennent désormais mieux les ressources en holothuries et leur importance économique et vivrière. Plusieurs pays de la région ont entrepris d'adopter des mesures afin de garantir la pêche durable des holothuries et d'éviter l'effondrement de la ressource. Mais il reste beaucoup de chemin à parcourir, d'autant que la plupart des pays océaniques n'ont pas encore concrétisé les informations recueillies en véritables mesures de gestion. Dans tous ces domaines, la CPS continuera de prêter assistance aux pays océaniques en 2014 et au-delà. Les pays et partenaires désireux de recourir aux protocoles d'inventaire susmentionnés et de participer à l'effort régional d'évaluation sont invités à prendre contact avec la Section science et gestion halieutiques côtières de la CPS pour tout complément d'information, ou à naviguer sur le site Web de la CPS pour consulter les rapports déjà publiés. Ces travaux sont menés au titre du Projet SciCOFish, financé par l'Union européenne.



Figure 2.  
Stagiaires de Palau en  
détachement à Nouméa.

## ACTIVITÉS DE LA CPS

Tableau 1. Synthèse des évaluations entreprises et des mesures de gestion proposées

Pays	Sites inventoriés	Rapports et avis	Mesures de gestion
Îles Cook	Aitutaki, Palmerston, Rarotonga, Mangaia	Résultats préliminaires présentés au ministère des ressources marines. Rapport préliminaire fourni, rapport national sur l'état des stocks d'holothuries achevé (Raumea et al. 2013).	La pêche commerciale reste interdite, le temps que le ministère arrête les nouvelles réglementations régissant l'exploitation de la ressource et le régime de gestion associé.
Fidji	Kubulau, Bua, Naweni, Wailevu, Dakuibeqa, Muani, Ravitaki, Batiki, Oneata, Yako, et 10 sites dans la province de Lau	Résultats présentés au secrétaire permanent du ministère des Pêches, 2012. Rapport consultatif remis au directeur du service des pêches des Fidji, janvier 2013. Rapport sur l'état des stocks d'holothuries dans la province de Lau achevé (Jupiter et al. 2013). Rapport national sur l'état des stocks d'holothuries (Pakoa et al. 2013).	Le conseil des ministres doit à présent statuer sur l'utilisation des appareils respiratoires de plongée pour la pêche d'holothuries. Le projet de plan de gestion de la pêche d'holothuries a été remis au service fidjien des pêches en vue de consultations.
États fédérés de Micronésie	Pohnpei, atoll de Pingelap, précédents inventaires menés à Yap	Résultats préliminaires présentés aux parties prenantes en 2013. Rapport final sur l'état des stocks d'holothuries achevé (sous presse). Précédents inventaires menés à Yap (Tardy and Pakoa 2009).	La pêche des holothuries reste interdite à Pohnpei. De nouveaux inventaires sur l'atoll de Pingelap sont requis, de même que des formations complémentaires.
Îles Marshall	Atoll de Majuro est et ouest (Laura)	Conseils fournis en 2011.	Le plan de gestion de la ressource est achevé et la nouvelle réglementation applicable aux holothuries est prête pour adoption.
Palau	État de Ngarchelong, État de Ngatpang, État de Ngardmau, État de Peleliu	Résultats préliminaires présentés aux parties prenantes, rapport consultatif remis au bureau des ressources marines. Achèvement du rapport final prévu dans le courant du deuxième trimestre 2014.	La pêche reste interdite. Un projet de plan de gestion a été remis au bureau des ressources marines en vue de consultations nationales.
Samoa	Vaisala, Salelavalu, Faala, Manono, Aleipata, Faleula, Falealili	Rapport préliminaire remis au service des pêches du Samoa en 2012. Rapport national sur l'état des stocks d'holothuries (Sapatu and Pakoa 2013).	Il est aujourd'hui question de protéger la ressource à des fins de sécurité alimentaire.
Îles Salomon	7 provinces (2 sites par province), plus un site dans la province de Malaita. Marau, Guadalcanal Ouest, Sandfly, île Russell, Malaita centre, Taru, Tapazaka, Kia, Tatamba, Star Harbour, Ugi, Reef Island, Santa Cruz, Rarumana, Chupikopi	Résultats et conseils présentés au ministère des pêches et des ressources marines en 2012. Rapport national sur l'état des stocks d'holothuries (Pakoa et al., en préparation).	Face à la pression de pêche, il demeure difficile de contrôler effectivement le respect de l'interdiction de pêche. La pêche a été ouverte pour 4 mois en 2013, et est actuellement interdite. Un projet de plan de gestion de la pêche d'holothuries a été remis au ministère. Les consultations nationales sont en cours.
Tokelau	Nukunonu, Atafu, Fakaofu	Conseils préliminaires remis au service des pêches de Tokelau. Rapport sur l'état des stocks d'holothuries achevé (Pasilio et al. 2013).	La pêche reste interdite à Nukunonu. À Atafu et à Fakaofu, il est proposé d'ouvrir la pêche dans les communautés intéressées.
Tonga	Archipel des Vava'u, Tongatapu	Résultats préliminaires et conseils fournis en 2011. Rapport national sur l'état des stocks d'holothuries (Pakoa et al. 2013).	Les conseils fournis ont été présentés au conseil des ministres. Les quotas ont été réduits de moitié (de 200 à 100 tonnes) en 2011. La pêche a été fermée en 2012, dans l'attente de nouveaux inventaires.
Vanuatu	Îles Maskelyne, Paunangisu	Conseils préliminaires fournis en 2012. Rapport national sur l'état des stocks d'holothuries (Pakoa et al., en préparation).	Le moratoire de 5 ans a été prolongé en décembre 2012. Il a été révoqué en septembre 2013 et remplacé par une nouvelle règle d'exploitation. Aucune activité de pêche n'est à signaler pour le moment.

## Bibliographie

- Jupiter S.D., Saladrau W. and Vave R. 2013. Assessment of sea cucumber fisheries through targeted surveys of Lau Province, Fiji. Wildlife Conservation Society/University of the South Pacific/Fiji Department of Fisheries/Khaled bin Sultan Living Oceans Foundation, Suva, Fiji. 22 p.
- Pakoa K., Saladrau W., Lalavanua W., Valotu D., Tuinasavusavu I., Sharp M. and Bertram I. 2013. The status of sea cucumber resources and fisheries management in Fiji. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. 49 p. [[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Pakoa\\_13\\_Fiji\\_Sea\\_Cucumbers.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Pakoa_13_Fiji_Sea_Cucumbers.pdf)]
- Pakoa K.M., Ngaluafé P.V., Lotoahea T., Matoto S.V. and Bertram I. 2013. The status of Tonga's sea cucumber fishery, including an update on Vava'u and Tongatapu. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. 46 p. [[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Pakoa\\_13\\_Tonga\\_Sea\\_Cucumbers.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Pakoa_13_Tonga_Sea_Cucumbers.pdf)]
- Pasilio T., Pereira F., Rikim K., Pakoa K. and Bertram I. 2013. The status of reef invertebrate resources and recommendations for management at Tokelau. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. 32 p. [[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Pasilio\\_13\\_Tokelau\\_Invertebrate\\_Resources.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Pasilio_13_Tokelau_Invertebrate_Resources.pdf)]
- Purcell S.W., Tardy E., Desurmont A. and Friedman K.J. 2008. Holothurians d'intérêt commercial du Pacifique tropical [Poster]. Nouméa, Nouvelle-Calédonie: Secrétariat général de la Communauté du Pacifique. [<http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Posters/Holothurians.pdf>]
- Raumea K., George N., Pakoa K., Bertram I. and Sharp M. 2013. The status of sea cucumber resources at Aitutaki, Mangaia, Palmerston and Rarotonga, Cook Islands: June 2013. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. 32 p. [[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Raumea\\_13\\_Cooks\\_Sea\\_Cucumbers.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Raumea_13_Cooks_Sea_Cucumbers.pdf)]
- Sapatu M.F. and Pakoa K. 2013. The status of sea cucumber resources and recommendations for management in Samoa. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. 23 p. [[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Sapatu\\_13\\_Samoa\\_Sea\\_Cucumbers.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Sapatu_13_Samoa_Sea_Cucumbers.pdf)]
- Secretariat of the Pacific Community. (in press). Assessing tropical marine invertebrates: a manual for Pacific Islands resources managers. Noumea, New Caledonia: Coastal Fisheries Science and Management Section, Secretariat of the Pacific Community.
- Tardy E. and Pakoa K. 2009. The status of sea cucumbers in Yap State, Federated States of Micronesia. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community (SPC). 68 p. [[http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Tardy\\_09\\_Yap\\_Sea\\_cucumber\\_Survey.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Reports/Tardy_09_Yap_Sea_cucumber_Survey.pdf)]

### Pour plus d'information :

**Kalo Pakoa**  
Chargé de recherche halieutique (invertébrés), CPS  
[KaloP@spc.int](mailto:KaloP@spc.int)



### Approche écosystémique et communautaire de la gestion halieutique et adaptation au changement climatique dans l'État de Yap (États fédérés de Micronésie)



Consultations populaires dans l'État de Yap.

#### État des ressources marines aux États fédérés de Micronésie

Des études menées récemment aux États fédérés de Micronésie mettent en évidence une baisse des prises de poissons et de coquillages dans les lagons et les récifs côtiers. Les causes de ce phénomène sont les suivantes :

- surexploitation due à la croissance démographique ;
- recours à des méthodes et à des engins de pêche excessivement efficaces, voire destructeurs ;
- autres activités terrestres ayant une incidence sur les habitats marins : développement de l'infrastructure à proximité du littoral par exemple ; et
- incidence du changement climatique, qui devrait amplifier les menaces d'origine locale pesant actuellement sur les mangroves, les récifs coralliens, les herbiers et les platiers intertidaux, avec pour résultat une réduction de la qualité et de la superficie de tous les habitats associés.

D'après les projections, on devrait assister à un déclin progressif de la productivité de toutes les catégories de ressources halieutiques côtières. Pour remédier à ce problème, les autorités fédérales nationales, les différents États, les municipalités et les populations des îles ont mis en œuvre un programme axé sur une approche écosystémique et communautaire de la gestion halieutique, avec l'assistance technique du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) et en partenariat avec des organisations non gouvernementales.

L'approche écosystémique et communautaire de la gestion halieutique associe trois composantes :

- la gestion des ressources halieutiques,
- la gestion de l'écosystème, et
- la gestion communautaire.

Ce programme repose donc sur la gestion des ressources halieutiques par les communautés locales, en tenant compte de l'écosystème et avec l'appui des pouvoirs publics et d'autres partenaires.

#### Soutien apporté par le Programme CPS/GIZ *Faire face au changement climatique en Océanie*

Depuis la mi-2012, le Programme CPS/GIZ<sup>1</sup> *Faire face au changement climatique en Océanie* promeut l'approche écosystémique et communautaire de la gestion halieutique, avec pour objectif de mieux sensibiliser les populations aux retombées du changement climatique et de les aider à tirer le meilleur parti des solutions d'adaptation aux effets socioéconomique et écologiques de ce phénomène. Ce travail permettra de renforcer la capacité des populations locales à prendre en charge les effets du changement climatique, dans une logique de gestion, de conservation et d'adaptation intégrées des ressources côtières. La résilience des écosystèmes marins et la situation économique des individus qui en dépendent en seront améliorées d'autant.

<sup>1</sup> La GIZ est une entité fédérale chargée d'accompagner les actions de coopération internationale pour le développement de l'Allemagne. Depuis plus de 30 ans, la GIZ œuvre aux côtés de ses partenaires océaniques au renforcement des capacités des individus et des institutions, afin d'améliorer la vie des générations actuelles et futures. Organisme d'exécution la GIZ mène des actions de coopération technique fondées sur un juste équilibre entre les intérêts socioéconomiques et écologiques, instauré grâce au dialogue, à la participation et à la collaboration de parties prenantes multiples.

Sous la supervision des autorités nationales des États fédérés de Micronésie, l'État de Yap a été choisi pour le lancement du projet. Trois sites pilotes y ont été sélectionnés : Riken/Wanyan, la partie occidentale de Fanif et l'île de Rumung.

## Activités

### 1. Gestion des ressources halieutiques côtières

À l'issue de consultations populaires, des plans de gestion halieutique communautaire ont été élaborés. Les activités de gestion se déclinent comme suit :

- renforcement des aires marines protégées ;
- lutte contre les méthodes et les engins de pêche destructeurs ;
- contrôle des activités terrestres ayant une incidence sur l'environnement marin ;
- réhabilitation des habitats essentiels ;
- renforcement de la surveillance et du contrôle de l'application des règles par les populations ;
- mise en évidence et promotion de moyens de subsistance de substitution (mouillage de dispositifs de concentration du poisson (DCP) et valorisation des produits de la pêche) afin de déplacer la pression de pêche des zones côtières vers le large, et de faciliter l'adaptation au changement climatique ; et
- renforcement de la capacité d'impulsion et de gouvernance des populations locales.

### 2. Moyens de subsistance de substitution et adaptation

#### Dispositifs de concentration du poisson (DCP)

Alors que la production des récifs coralliens décline sous l'effet du changement climatique, les DCP facilitent l'accès des habitants pratiquant une pêche vivrière ou artisanale à la bonite, au thon jaune et à d'autres espèces de poissons pélagiques. Les DCP peuvent constituer un outil de gestion de la ressource puisqu'ils atténuent la pression de pêche dans les zones côtières en facilitant l'accès aux ressources halieutiques hauturières. Ils offrent en outre de nouveaux moyens de subsistance aux populations locales. Les activités correspondantes sont les suivantes :

- formation des populations à la construction, à la gestion, au mouillage et à l'entretien des DCP ;
- collecte systématique de données et activités de suivi visant à évaluer les retombées socioéconomiques des DCP ;
- formation des populations au maniement des engins et des techniques de pêche employés sur les DCP ;
- stockage de matériel destiné à la réparation, à l'entretien et au mouillage des DCP.



Formation des habitants de Yap au montage, à la construction, à l'entretien et au mouillage des DCP.

### 3. Renforcement des capacités

Le renforcement des capacités passe par le détachement, au siège de la CPS, de fonctionnaires de l'État de Yap, pour qu'ils puissent se former aux processus de planification et de suivi de la gestion des ressources.

## Étapes suivantes du programme de gestion écosystémique et communautaire des ressources halieutiques et d'adaptation au changement climatique

- Campagnes d'information et journées portes ouvertes sur le changement climatique organisées sur tout le territoire de l'État.
- Présentation officielle du programme par les autorités fédérales et de l'État, les partenaires et les populations.
- Formation des chercheurs des États fédérés de Micronésie aux activités de suivi de la ressource et d'observation scientifique dans tous les États du pays.
- Étude des solutions de valorisation et de conservation afin d'augmenter la valeur ajoutée des prises et d'en prolonger la durée de conservation.
- Évaluation de la vulnérabilité et des mesures d'adaptation nécessaires dans plusieurs localités.

#### Pour plus d'information :

##### Fenno Brunken

Conseiller en changement climatique, GIZ  
Fenno.Brunken@giz.de

##### Etuati Ropeti

Chargé de la gestion de la pêche côtière, CPS  
EtuatiR@spc.int

### Organisation par la CPS et le service des pêches des Fidji d'une formation pratique à la production de micro-algues fourrage pour l'aquaculture marine

*Les micro-algues sont des plantes microscopiques que l'on trouve dans tous les océans du monde, tout comme dans d'autres milieux aquatiques. Elles affichent le taux de croissance le plus rapide de tout le règne végétal, puisque leur biomasse peut être multipliée par deux en l'espace d'une seule journée. Elles fournissent une part essentielle des besoins nutritifs des animaux aquatiques : acides gras oméga-3 et autres lipides, protéines et hydrates de carbone. La plupart des écloseries marines cultivent un éventail d'espèces de micro-algues correspondant aux différents besoins du cycle de production.*

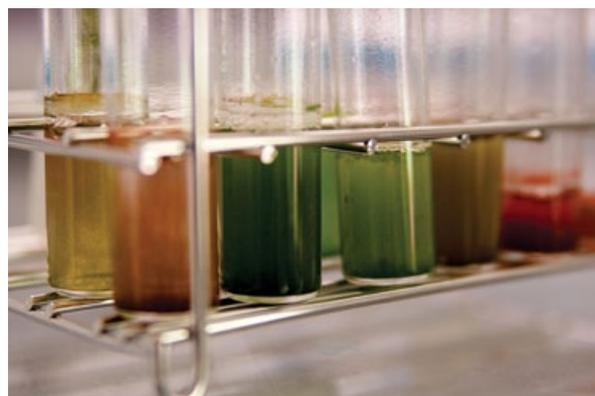
Dans une écloserie, la culture des micro-algues constitue l'opération la plus coûteuse et la plus exigeante sur le plan technique. On estime que le coût de production des micro-algues fourrage oscille entre 100 et 400 dollars É.-U. par kilogramme de matière sèche.

Du 26 au 29 novembre 2013, un atelier de formation consacré aux micro-algues a été organisé dans l'écloserie de Galoa aux Fidji, avec des séances pratiques consacrées à la sélection des espèces, à la maintenance des stocks, aux stratégies de culture, à la préparation du milieu de culture, aux protocoles d'hygiène et aux régimes alimentaires. Ce sont au total 14 agents issus de plusieurs centres du service des pêches des Fidji (Savusavu, Lami, Kadavu, etc.) qui ont participé à cette formation pratique.

Aux Fidji, la production performante de micro-algues est fondamentale pour l'aquaculture : ces dernières constituent en effet un élément essentiel de l'alimentation des larves de crevettes, dont deux espèces sont actuellement produites dans le pays : *Penaeus monodon* et *P. vannamei*. Les micro-algues jouent également un rôle fondamental dans le programme national d'élevage d'holothuries de sable (*Holothuria scabra*), lancé en 2013 dans l'écloserie de Galoa afin de produire des juvéniles pour le repeuplement des récifs.



Ruth Garcia Gomez (au centre), Shalendra Singh (à droite) et quelques-uns des 14 agents du service des pêches fidjien ayant participé à la formation (photo : CPS).



Exemple de la diversité des micro-algues (photo : © Microphyt).

Shalendra Singh, actuellement responsable du département de l'aquaculture au sein du service des pêches des Fidji, a affirmé à la fin de l'atelier : « Globalement, cette formation nous a été très utile, à l'aube d'une année 2014 qui s'annonce cruciale, puisque nous avons prévu de nombreuses activités ciblant nos écloseries de crevettes et d'holothuries dans lesquelles les micro-algues joueront un rôle très important. Nous espérons qu'à l'avenir d'autres formations de ce type seront proposées à nos agents, tant sur notre territoire qu'à l'étranger, afin de leur permettre d'améliorer leurs compétences ».

#### Pour plus d'information :

##### **Shalendra Singh**

Responsable du département de l'aquaculture, service des pêches des Fidji  
gonegalili@yahoo.com

##### **Anand Prasad**

Directeur de l'écloserie de Galoa, service des pêches des Fidji  
PrasadAnand09@yahoo.com

##### **Ruth Garcia Gomez**

Chargée de l'aquaculture, CPS  
RuthGG@spc.int

### Participation de Kiribati au système international de déclaration des maladies animales

*Alors qu'à Kiribati, les activités de préparation au changement climatique et aux risques de catastrophe battent leur plein, il est plus que jamais nécessaire de mettre en avant toute l'importance de la notification des pathologies des animaux terrestres et aquatiques. C'est le message qui est ressorti clairement d'un atelier de cinq jours organisé pour les fonctionnaires du ministère de l'environnement, des terres et de l'agriculture et du ministère des pêches et de la valorisation des ressources marines de Kiribati.*

Organisée à Tarawa Sud du 23 au 27 septembre 2013, cette formation a également vu la participation de pisciculteurs et d'exportateurs d'organismes aquatiques vivants. Kiribati fait partie du peloton de tête des États et Territoires membres de la CPS exportateurs de produits d'aquariophilie, mais le secteur est menacé par l'insuffisance des connaissances sur l'état sanitaire des animaux aquatiques.

Kiribati n'est pas membre de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), le pays fait en revanche partie de la CPS, qui a signé avec l'OIE un protocole d'accord établissant des directives et des obligations relatives à l'échange de données et d'informations entre les deux organisations. Les données communiquées à l'OIE alimentent le Système mondial d'information zoosanitaire (WAHIS) de l'OIE, système de notification en ligne des maladies. Aux termes du protocole d'accord mentionné plus haut, la CPS doit encourager et faciliter ce processus et permettre aux pays membres de fournir régulièrement des informations actualisées sur leur situation zoosanitaire (pour les animaux terrestres et aquatiques) via le système WAHIS. La CPS a également conclu un accord avec l'Union européenne permettant aux pays non membres de l'OIE d'y exporter des organismes d'aquariophilie, à condition qu'ils mettent régulièrement à jour leur situation zoosanitaire (concernant les animaux aquatiques) sur le système WAHIS.

Comme le rappelle Temwanoku Ioakim, agent de santé animale et correspondant du système WAHIS de l'OIE au sein du ministère de l'Environnement, des Terres et de l'Agriculture : « Kiribati est exempt des principales maladies exotiques affectant les animaux d'élevage. Il n'existe aucun élément clinique indiquant la présence, sur notre territoire, des maladies répertoriées dans le manuel de l'OIE. »

Dans le cadre de cette formation de cinq jours, Ruth Garcia Gomez (Chargée de l'aquaculture marine à la CPS) et Anju Mangal (Chargée de la gestion de l'information et des connaissances, Division ressources terrestres, CPS) ont présenté le système WAHIS et son utilité pour la région et ont expliqué en quoi il était important de déclarer les maladies animales par le biais de ce système.

WAHIS est un système d'alerte précoce destiné à informer la communauté internationale sur des événements épidémiologiques pertinents survenus dans les pays membres de l'OIE, par le biais de « messages d'alerte » et d'informations sur l'état sanitaire des pays. Il s'agit également d'un système de surveillance des maladies de la Liste de l'OIE (présence ou absence). Les agents compétents au sein des ministères ont reçu des explications sur les informations précises à fournir en cas de



*Taere Ratieta (agent du Service des pêches) et Tooreka Teemari (agent de santé animale) se familiarisent avec le logiciel WAHIS (photo : Ruth Garcia Gomez, CPS).*

notification de maladies : notifications épidémiologiques et informations sur les organismes aquatiques et terrestres.

Un exercice pratique a permis aux correspondants officiels de l'OIE de simuler l'envoi d'une notification relative à la survenue d'une flambée épidémique. Conformément au plan de préparation aux catastrophes en vigueur dans le pays, les délégués et correspondants de l'OIE sur place sont tenus d'informer immédiatement l'Organisation de toute épidémie importante touchant les animaux terrestres ou aquatiques, en utilisant le système WAHIS.

Dans le cadre de leur formation, les correspondants ont présenté leurs rapports semestriels et annuels officiels pour 2012 et 2013.

#### Pour plus d'information :

**Ruth Garcia Gomez**  
Chargée de l'aquaculture marine, CPS  
[ruthgg@spc.int](mailto:ruthgg@spc.int)

**Anju Mangal**  
Chargée de la gestion de l'information et des connaissances,  
Division ressources terrestres, CPS  
[anjum@spc.int](mailto:anjum@spc.int)

### Formation aux bonnes pratiques de chasse sous-marine au Timor-Leste



Des femmes du village d'Adara prêtes à s'essayer aux « techniques modernes » de chasse sous-marine (photo : Michel Blanc, CPS).

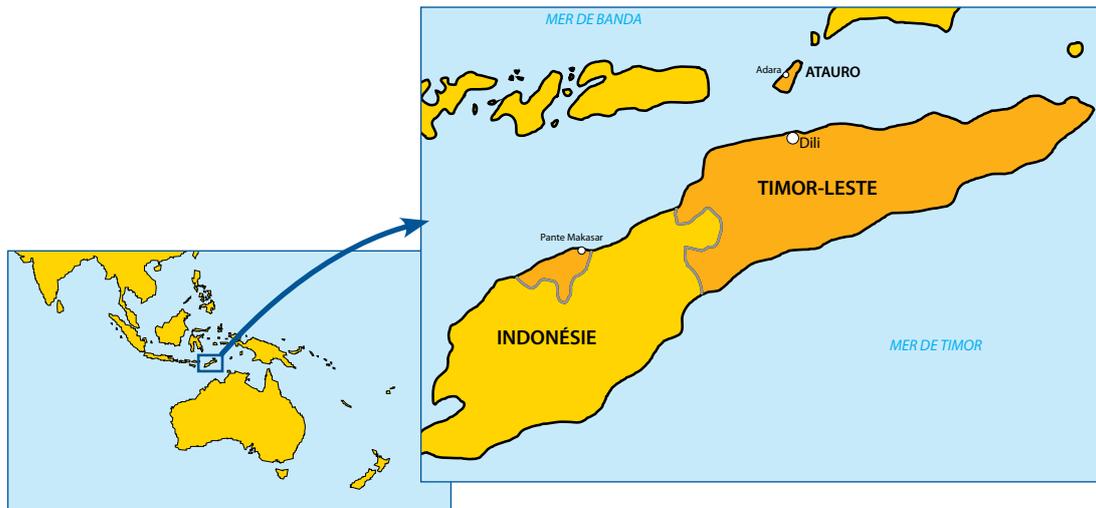
*Bien qu'il n'en soit pas encore officiellement membre, le Timor-Leste, l'une des plus jeunes nations du monde, reçoit une assistance technique grandissante du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), par le biais de la Division pêche, aquaculture et écosystèmes marins. Depuis que des responsables du service timorais des pêches ont participé aux Conférences des directeurs des pêches, et que des agents de la Division ont réalisé deux visites de cadrage au Timor-Leste, les Programmes pêche hauturière et pêche côtière de la CPS ont intégré le Timor-Leste à leurs plans d'activités.*

Imaginez un enfant qui ouvre un cadeau de Noël et découvre le jouet dont il rêve depuis des mois ; ou un randonneur auquel on tend une bière bien fraîche après une journée de marche dans le Grand désert de Victoria... Voilà ce que j'ai ressenti quand Mike Batty, ancien directeur de la Division pêche, aquaculture et écosystèmes marins de la CPS, est venu me voir à son retour du Timor-Leste et m'a demandé de dispenser une formation à des chasseurs sous-marins de l'île d'Atauro, au Timor-Leste ! Après avoir consacré plus de 20 ans à toutes sortes de projets de formation à la pêche dans les pays membres de la CPS, et passé des centaines d'heures à plonger et à chasser pour le plaisir, je ne m'attendais pas à une proposition aussi alléchante !

L'île d'Atauro, qui compte quelque 8 000 habitants, est un endroit exceptionnel. Située à 40 km au nord de Dili, la capitale du pays, elle possède une très riche tradition de pêche, contrairement à la partie orientale de la grande île de Timor, et le mode de vie local rappelle à de nombreux égards celui des populations des pays membres de la CPS, la pêche (au filet et

au fusil principalement) et la consommation de poisson faisant partie intégrante de la vie quotidienne. Dans la partie orientale de Timor, on ne pêche que rarement, du fait notamment de la présence de nombreux crocodiles, inconnus à Atauro, qui rendent la pêche à pied et en pirogue extrêmement dangereuse. Selon une étude récente de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les attaques de crocodiles seraient à l'origine de plus de la moitié des accidents en mer recensés chaque année au Timor-Leste.

La dépendance d'Atauro à l'égard de la pêche et de la consommation de poisson présente cependant un inconvénient majeur : les stocks de poissons côtiers sont aujourd'hui en recul, du fait de l'introduction récente de filets maillants en nylon et de l'impact de l'intensification de l'effort de pêche sur les platiers intertidaux et les récifs peu étendus de l'île. De plus, à Atauro, tout le monde ou presque pratique la chasse sous-marine, de jour comme de nuit, y compris les femmes du célèbre village d'Adara. Les pêcheurs utilisent des équipements



*Timor-Leste et l'île d'Atauro, située au nord de Dili, la capitale.*

rudimentaires (fusils-harpons de fabrication artisanale et masques de plongée, mais pas de palmes) ; ils pêchent dans des zones peu profondes, et tirent avec une précision étonnante, attrapant ainsi presque tout ce qui bouge. Demoiselles, petits chirurgiens, poissons-papillons et poissons-soldats constituent l'essentiel des prises. Les perroquets et les loches de grande taille ont malheureusement disparu depuis longtemps des zones récifales peu profondes.

La formation dispensée par la CPS avait pour principaux objectifs de sensibiliser les habitants aux bonnes pratiques de chasse sous-marine et de leur donner des conseils sur la préservation des ressources halieutiques côtières. Il s'agissait aussi de leur enseigner les règles de sécurité à observer. En effet, bien que les zones de pêche soient peu profondes, plusieurs accidents se sont déjà produits, notamment des syncopes à l'origine de noyades. Les barotraumatismes de l'oreille, qui peuvent dans certains cas entraîner une surdité, sont fréquents, car, curieusement, les pêcheurs ignorent qu'il faut de temps à autre « compenser » en se pinçant le nez et en soufflant la bouche fermée

pour équilibrer les pressions dans les oreilles. Dans certains villages, les gens pensent que les saignements de l'oreille sont le signe qu'ils ont franchi un seuil de progression, et qu'une fois rétablis, ils pourront plonger à des profondeurs encore plus grandes. En m'aidant d'illustrations de l'oreille interne et d'outils rudimentaires, j'ai expliqué aux stagiaires quelles étaient les causes des douleurs ressenties dans les oreilles lors des plongées, et les ai mis en garde contre les risques de déchirure du tympan. Je leur ai surtout montré comment équilibrer les pressions, et les stagiaires ont pu se familiariser avec cette manœuvre lors d'exercices pratiques.

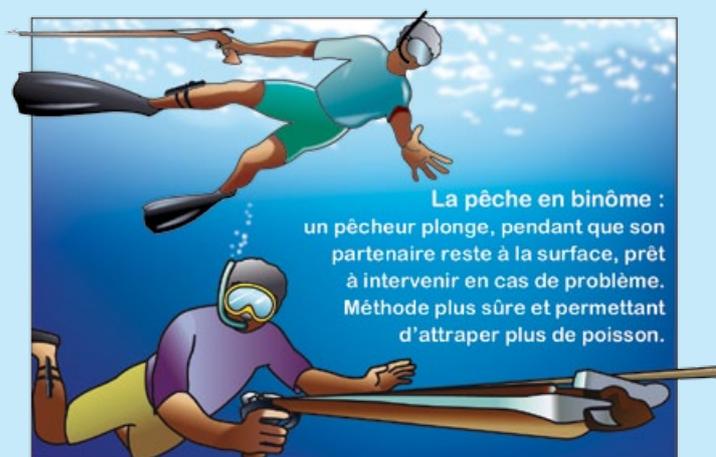
Je leur ai également expliqué comment limiter l'impact négatif de la chasse, notamment en évitant de pêcher la nuit à la torche sous-marine ou en aménageant des réserves dans lesquelles les poissons peuvent grossir et se reproduire en paix. Enfin, j'ai souligné que les pêcheurs locaux pouvaient très bien cibler les poissons de plus grande taille qui évoluent dans des eaux un peu plus profondes (entre 5 et 15 mètres), à condition d'observer les règles de sécurité, d'effectuer la manœuvre d'équilibrage



*De jeunes chasseurs sous-marins et leurs prises (photo : Michel Blanc).*

### La pêche en binôme

La chasse sous-marine est une activité dangereuse qui fait chaque année des centaines de victimes parmi les chasseurs amateurs ou professionnels. En règle générale, les accidents sont dus à des syncopes et surviennent lors de la remontée, le plus souvent à proximité de la surface (on parle de « rendez-vous syncopal des 7 mètres »). La syncope est un réflexe cérébral provoqué par le manque d'oxygène : le cerveau se « met en veille » afin d'économiser le peu d'oxygène qui subsiste dans l'organisme à la fin d'une plongée prolongée. Le pêcheur en proie à une syncope perd conscience et reste étendu sur le ventre à la surface, la tête dans l'eau, sans respirer. Au bout d'un très court laps de temps (de moins d'une minute), un réflexe respiratoire se déclenche, et le pêcheur prend une inspiration profonde. Il avale aussitôt de l'eau et, s'il est seul, il se noie. La syncope peut frapper n'importe qui, y compris les pêcheurs les plus expérimentés et en bonne forme physique.



La principale règle de sécurité à observer est de toujours chasser en binôme, autrement dit avec un partenaire : lorsqu'un pêcheur plonge, son partenaire reste à la surface et l'observe jusqu'à ce qu'il remonte et prenne plusieurs inspirations. Le pêcheur resté à la surface doit alors s'assurer que le plongeur ne présente aucun signe de fatigue ou de syncope imminente. Il peut ensuite pêcher à son tour sous la surveillance du premier plongeur, qui met à profit ce temps de repos pour récupérer et se préparer à sa prochaine plongée. Cette technique est garante de la sécurité des deux pêcheurs, et elle est de surcroît très productive, puisque deux plongeurs habitués à chasser ensemble capturent plus de poissons que lorsqu'ils pêchent séparément : ils se sentent en sécurité, et sont donc plus détendus, ce qui contribue à améliorer leurs performances. De plus, si un poisson blessé s'échappe du harpon ou se cache sous un rocher, le pêcheur resté à la surface peut plonger rapidement, armé de son fusil, pour le rattraper, et accroître ainsi les chances d'une bonne pêche.

En cas de syncope, le pêcheur resté à la surface peut prodiguer les premiers secours à son partenaire : il doit le saisir le plus rapidement possible, lui maintenir la tête hors de l'eau, lui ôter son masque et lui souffler vigoureusement dans les narines. Ces quelques gestes suffisent normalement à réveiller le plongeur inconscient ... et à lui sauver la vie.

La CPS a élaboré un code de conduite pour une pratique responsable de la chasse sous-marine. Il est constitué de deux fiches, une sur la sécurité et une autre sur les bonnes pratiques de chasse sous-marine, qui peuvent être téléchargées depuis le site Web de la CPS:

1. [http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Brochures/Anon\\_12\\_SpearfishingGuidelines\\_01\\_VF.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Brochures/Anon_12_SpearfishingGuidelines_01_VF.pdf)
2. [http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Brochures/Anon\\_12\\_SpearfishingGuidelines\\_02\\_VF.pdf](http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Brochures/Anon_12_SpearfishingGuidelines_02_VF.pdf)

des pressions, de se munir de palmes et de pêcher en binôme. On ne trouve pas encore de palmes à Atauro, mais un petit nombre de commerces de Dili en vendent, et je m'en suis donc procuré plusieurs paires avant d'arriver sur l'île, en prévision des ateliers de formation.

Au total, 244 personnes, dont 20 % de femmes, ont participé aux ateliers de formation théorique et pratique d'une journée que nous avons organisés dans dix villages côtiers d'Atauro au cours du mois de septembre. Enrique Alonso, consultant, Mario Gomes, premier diplômé d'université d'Atauro, et Elias, agent local du service des pêches, m'ont prêté main-forte, et Mario et Elias ont encadré seuls les derniers ateliers. Nous avons distribué aux participants les fiches de la CPS sur la sécurité et les bonnes pratiques de chasse sous-marine, ainsi qu'une brochure sur la sécurité à bord des petites embarcations qui avait été traduite en tetum, la langue locale. Dans le village d'Adara, un DCP côtier fabriqué à partir de matériaux

de récupération a été mouillé à faible profondeur, l'objectif étant de transférer l'effort de pêche des espèces récifales locales vers les petits poissons pélagiques (comètes et fusiliers), très abondants à Atauro.

Les lecteurs qui souhaiteraient en savoir plus sur la pêche sous-marine telle qu'elle se pratique traditionnellement à Atauro trouveront sur Youtube une vidéo décrivant le quotidien des femmes d'Adara qui pêchent au fusil<sup>1</sup>. La vidéo a été réalisée au titre du projet SciCoFish financé par l'Union européenne et mis en œuvre par la CPS.

#### Pour plus d'information :

**Michel Blanc**  
Conseiller en développement de la pêche côtière, CPS  
[MichelBl@spc.int](mailto:MichelBl@spc.int)

<sup>1</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=VErmbIAXF7E&feature=youtu.be>

## Kiribati: vers un développement majeur de la pêche thonière artisanale ?

*Kiribati est un des pays océaniques les plus défavorisés en termes de pauvreté, de malnutrition, de ressources disponibles et d'impacts du changement climatique. La pêche, et particulièrement celle des thonidés, représente la seule opportunité de développement pour ce pays de 100 000 habitants qui possède l'une des plus importantes zones économiques exclusives (ZEE) de la région (3,4 millions de km<sup>2</sup>).*

La pêche à Kiribati est actuellement une pêche de type vivrière dans les îles éloignées de l'atoll principal de Tarawa et, pour celui-ci, une pêche artisanale assurant la sécurité alimentaire et des moyens de subsistance pour une partie importante de la population. Les pêcheurs-artisans de Tarawa ciblent principalement la bonite, pêchée à la traîne à bord de petites embarcations de 4 à 6 m et est vendue, par des femmes, au bord de la route principale de l'atoll, dans des conditions d'hygiène loin d'être idéales. La richesse en thonidés de la ZEE de Kiribati attire les flottes de pêche étrangères qui achètent des licences pour exploiter les thons, principalement à l'aide de thoniers-senneurs mais aussi de palangriers. La vente de ces licences de pêche représente la principale source de revenus du gouvernement (environ 60 % des revenus).

Depuis octobre 2012, une société verticalement intégrée (capture, transformation, exportation) est implantée à Betio (Tarawa ouest) suite à la construction d'une usine de transformation aux normes européennes, d'un coût de 10 millions de dollars australiens. Cette société, Kiribati Fish Limited (KFL), est issue d'un partenariat entre le gouvernement de Kiribati (40 % des capitaux), Golden Ocean — une société fidjienne (40 %), et Shangai Deep Sea Fisheries — une importante société de pêche chinoise (20 %). Elle possède quatre thoniers-palangriers et exporte les produits de sa pêche aux États-Unis, en Australie, en Asie et prochainement en Europe. KFL emploie actuellement une centaine de travailleurs locaux,

principalement des femmes, dans son usine de Betio (figure 1) ainsi qu'une douzaine de marins à bord de ses bateaux. Son potentiel de transformation est de 15 tonnes de thon par jour, mais moins de 5 tonnes par jour sont actuellement exportées. Atteindre ce potentiel générerait la création d'une centaine d'emplois supplémentaires à terre et la capture de ces 10 tonnes de thons supplémentaires par jour impliquerait 300 à 500 pêcheurs-artisans de l'île qui pourraient tirer des bénéfices directs de la vente de leurs captures à KFL.

Consciente du rôle socio-économique majeur joué par la société KFL à Kiribati, et de l'opportunité qu'elle représente pour le développement et l'amélioration des moyens de subsistance des pêcheurs-artisans, la CPS s'est engagée, avec l'aide de bailleurs de fonds internationaux dont NZAID, à collaborer activement avec le secteur de la pêche de Kiribati dans son ensemble (Service de la pêche, secteur privé et communautés de pêcheurs) pour saisir cette opportunité unique de développement.

Grace à l'aide de NZAID, 10 dispositifs de concentration du poisson (DCP) ont été achetés fin 2013 et seront mis à l'eau autour de l'atoll de Tarawa en février 2014. La CPS a également aidé l'école des pêches de Kiribati à mettre en œuvre une formation adaptée aux besoins des pêcheurs-artisans. En novembre 2013, cinq ateliers de formation sur les bonnes pratiques d'hygiène et la manipulation à bord des thons de qualité sashimi ont été effectués (88 pêcheurs formés).



Figure 1. Préparation de blocs de sashimi pour le Japon ; KFL emploie actuellement 100 personnes dans son usine, majoritairement des femmes (photo: Michel Blanc, CPS).



Figure 2. A : Un bateau de 5 mètres utilisé pour la pêche de la bonite à la traîne à Tarawa et B : un des quatre thoniers-palangriers appartenant à la société KFL (photos : Michel Blanc, CPS).

### Un nouveau prototype de palangrier adapté aux besoins des pêcheurs I-Kiribati ?

Le principal obstacle à l'intégration des pêcheurs locaux dans les opérations de KFL est l'inadaptation de leurs embarcations à la pêche autour des DCP. Ces bateaux sont trop petits pour permettre des marées de 2 ou 3 jours et la réfrigération des grosses prises. Un modèle de bateau plus grand, mais d'un prix restant abordable, apparaît donc nécessaire. Dans un contexte économique favorable (NZAID pourrait garantir les emprunts que les pêcheurs locaux souscriraient auprès de la banque ANZ de Tarawa), il apparaît urgent de tester un tel prototype de bateau et d'en évaluer la rentabilité économique avant d'en promouvoir l'achat par les pêcheurs de Tarawa.

Malgré cet obstacle, la présence à Kiribati de la société KFL s'inscrit dans le long terme et représente une chance unique pour le secteur de la pêche artisanale des îles Kiribati. La CPS en est consciente et envisage de fournir une assistance importante à ce secteur en 2014, en étroite collaboration avec KFL et le Service des pêches de Kiribati. Cette aide technique et ces formations (construction et mise à l'eau de DCP, pêche autour des DCP) fera suite aux formations déjà dispensées en 2013 (participation de deux instructeurs de l'école des pêches KFTC à la formation pratique de Santo, ateliers sur l'hygiène et la manipulation des thons à bord). En plus de cette assistance qui est déjà inscrite dans le plan de travail de la Section développement, la CPS recherche activement des financements supplémentaires. Une fois obtenus ces fonds permettront la construction par le chantier naval KiriCraft Central Pacific (KCP) d'un nouveau prototype de bateau de pêche adapté à la fois à la pêche commerciale de thons destinés à l'exportation mais aussi aux contraintes économiques des pêcheurs locaux. Ce bateau, le KIR-25, est un palangrier de 11 m, d'un coût, hors moteur et matériel de pêche, de 40 000 euros. Les plans actuellement en cours de finition sont l'œuvre de l'architecte

naval bien connu dans le Pacifique, Oyvind Gulbrandsen. Le chantier naval KCP, dirigé par Mike Savins, acteur non moins connu de la construction navale océanienne, opère depuis 20 ans à Kiribati, ce qui est le gage d'une parfaite connaissance du contexte socio-économique et des contraintes locales. La société KFL s'est engagée, de son côté, à soutenir financièrement le projet en fournissant le moteur du bateau ainsi que le matériel de pêche et de sécurité.

La CPS coordonnera le projet et fournira une assistance technique pour la mise en œuvre des premières opérations de pêche et la formation d'un premier équipage local. Le bateau sera ensuite confié à KFL qui en assurera l'exploitation dans le cadre d'une convention avec la CPS, étant entendu que le but du bateau sera de former des équipages locaux à son exploitation, dans un contexte de pêche commerciale autour des DCP. Les équipages garderont les bénéfices de la vente des captures à KFL mais ils couvriront les frais quotidiens d'exploitation du bateau (glace, appât, carburant). L'ensemble des données de captures et la comptabilité du bateau seront gérés par KFL qui fournira ces données à la CPS. Après une année d'exploitation du navire, la CPS analysera les données recueillies par KFL et publiera l'analyse de la rentabilité économique du prototype KIR-25.

Les résultats du projet seront alors disséminés par la CPS, à Kiribati et dans les pays de la région, le KIR-25 présentant des caractéristiques en faisant théoriquement un bateau bien adapté aux besoins des pêcheurs de nombreuses autres îles du Pacifique.

#### Pour plus d'information :

Michel Blanc  
Conseiller en développement de la pêche côtière, CPS  
MichelBl@spc.int

<sup>1</sup> Voir l'article de Mike Savins en page 27 de ce numéro de la *Lettre d'information sur les pêches*.

### Construction d'un petit palangrier thonier à Kiribati

Mike Savins

Directeur général, Kiricraft Central Pacific ([michaelsavins@hotmail.com](mailto:michaelsavins@hotmail.com))

*Avant de se lancer dans la pêche thonière commerciale à la palangre, les pêcheurs océaniques doivent impérativement se procurer des bateaux adaptés, à un prix abordable. La construction de bateaux permettant de réaliser des sorties au large de courte durée pour un coût raisonnable pourrait donc être la clé de la sécurité économique de certaines familles et communautés océaniques. Ces navires doivent être conçus de manière à ce que les pêcheurs puissent travailler en toute sécurité pendant plusieurs heures, et dotés d'installations et de capacités de stockage suffisantes pour que des thons à forte valeur commerciale puissent être conservés à bord dans des conditions optimales.*

Oyvind Gulbrandsen, célèbre architecte naval, a pour ambition de concevoir des bateaux de taille intermédiaire, à mi-chemin entre les grands navires des flottilles industrielles internationales et les petites embarcations utilisées dans la plupart des îles par les artisans pêcheurs. À Kiribati, comme dans la majorité des pays insulaires océaniques, les pêcheurs locaux ne peuvent tirer profit des ressources thonières de grande valeur de la région que s'ils disposent d'engins de pêche adaptés, et notamment de navires de taille adéquate.

Entre 1998 et 2005, Oyvind Gulbrandsen a conçu et testé à Kiribati deux prototypes d'un nouveau modèle de palangrier multicoque. Des essais de pêche ont été réalisés à bord de ces deux bateaux avec le concours de maîtres de pêche du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) : William Sokimi a testé le premier prototype, et Steve Beverly le second, auquel avaient été apportées des modifications à la lumière des essais effectués sur le premier. Les tests ont démontré que les deux prototypes étaient bien adaptés à la pêche thonière palangrière, et que leur exploitation était économiquement rentable.

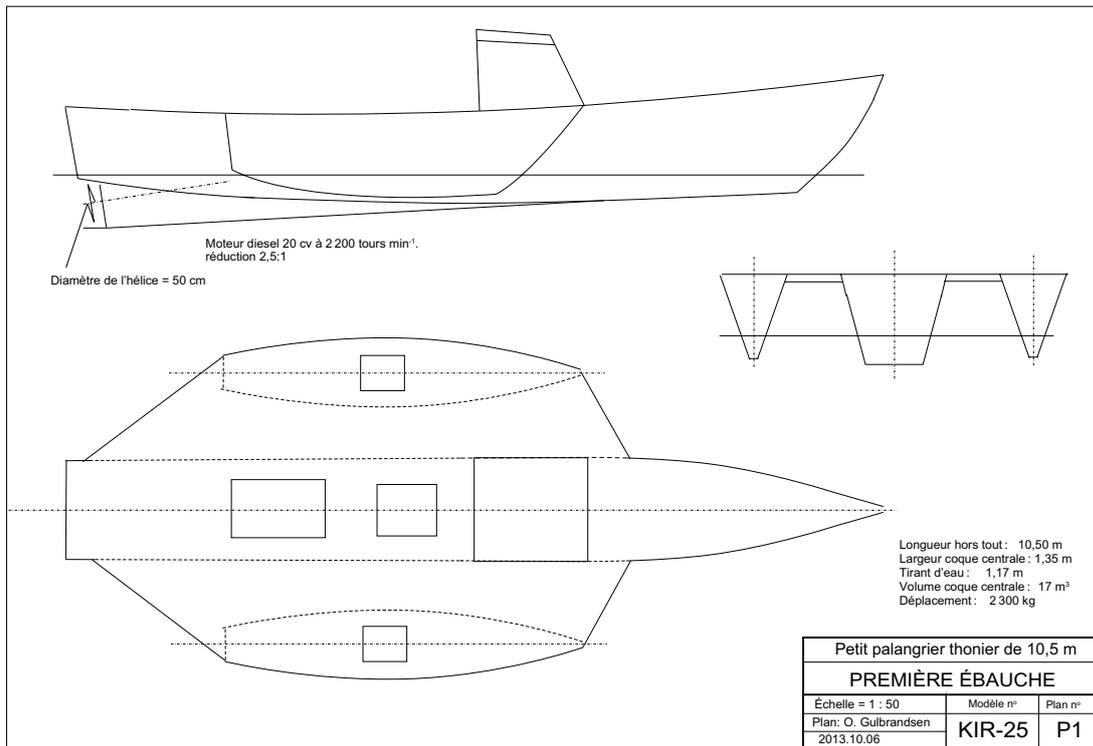
Ils ont aussi mis en évidence un certain nombre de défauts, notamment en ce qui concerne la capacité de la cale frigorifique, qui s'est révélée insuffisante, et l'aménagement de la salle des machines, qu'il fallait revoir. Toutefois, le principal problème tenait aux aspects logistiques de l'exploitation d'un palangrier de ce type dans le contexte qui prévalait alors à Kiribati.

En 2013, la direction de la co-entreprise Kiribati Fish Ltd, qui venait d'être créée<sup>1</sup>, a décidé de lancer la construction de deux petits palangriers thoniers dont la conception novatrice était directement inspirée des enseignements tirés de la construction des deux premiers prototypes. Le premier bateau, le KIR-24, est un catamaran de 11,9 m équipé de deux moteurs diesel embarqués de 24 cv, de deux cales frigorifiques d'une capacité de 2,5 tonnes — une cale dans chaque coque — et d'une glacière de 1,5 tonne installée sur le pont. Le catamaran est également muni d'un enrouleur de palangre Lingred-Pitman de 70 x 90 cm capable de mouiller jusqu'à 32 km de ligne-mère monofilament de 3 mm, et directement relié à une pompe hydraulique alimentée par un moteur diesel de 10 cv.



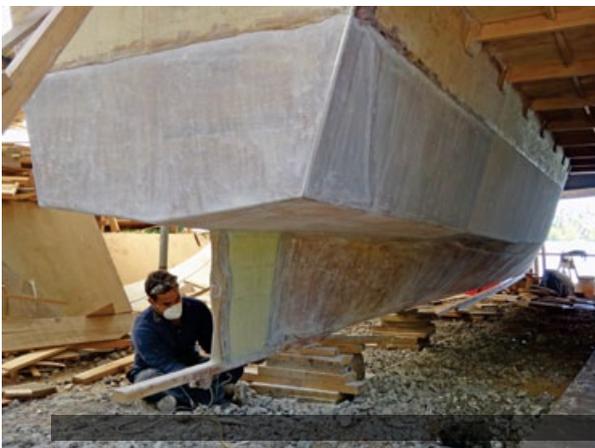
Le KIR-24 le jour de sa mise à l'eau ; les travaux d'aménagement n'étaient pas encore tout à fait achevés (photo : Mike Savins).

<sup>1</sup> Voir l'article de Michel Blanc en page 25 de ce numéro de la *Lettre d'information sur les pêches*.



*Le KIR-25, dessiné par Oyvind Gulbrandsen.*

Compte tenu du caractère particulier des opérations de pêche à la palangre, le vaste pont aménagé au catamaran un réel avantage par rapport aux monocoques de même longueur. La partie immergée de la coque du KIR-24 a globalement la même forme que celle d'une pirogue, et le fond plat de l'arrière de la coque permet d'éviter que la poupe ne s'enfonce dans l'eau sous l'effet de l'accélération. Le bateau peut ainsi atteindre une vitesse suffisante sans qu'il soit nécessaire de pousser le moteur.



*La coque centrale du KIR-25 en cours de construction  
(photo : Mike Savins).*

Le choix du type de moteur et de la puissance est une considération primordiale qui influe davantage sur les coûts d'exploitation que le choix du matériau de la coque. Le prix du carburant est actuellement très élevé, et l'installation de moteurs surpuissants, largement utilisés dans le passé lorsque le carburant était beaucoup plus abordable, est donc à exclure. Les deux moteurs jumelés de 24 cv s'avèrent tout à fait économiques lorsqu'ils fonctionnent à 70 % de leur puissance maximale, et sont de surcroît un gage de sécurité supplémentaire, puisqu'ils peuvent se substituer l'un à l'autre en cas de panne.

Les prototypes ont été construits avec des panneaux de contreplaqué marin importés des Fidji, assemblés à la colle époxy et fixés avec des attaches en bronze au silicium à l'ossature en dakua (kaori des Fidji). La paroi extérieure de la coque a été recouverte de dynel et enduite de résine époxy pour réduire les coûts d'entretien. Le contreplaqué est une solution peu coûteuse qui se prête bien à la construction de prototypes. Une fois que le KIR-24 aura fait ses preuves, on pourra envisager de mouler une coque en fibre de verre.

Au final, ce catamaran de 11,9 m en contreplaqué entièrement équipé pour la pêche aura coûté quelque 160 000 dollars des États-Unis.

Un second prototype de plus petite taille, le KIR-25, est en cours de construction. Ce trimaran de 10,5 m de long sera équipé d'un moteur diesel marin embarqué de 20 cv, d'un virelignes hydraulique et d'une ligne-mère en kuralon de 4 mm de diamètre longue de 15 km, qui sera stockée dans les cales aménagées dans les deux balanciers. Le coût du bateau, engins de pêche compris, devrait être de l'ordre de 67 000 dollars.

### Pêche du germon du sud à la palangre : une occasion manquée qui laisse le secteur national de la pêche sur le carreau

Source : Communiqué de presse de l'Association du secteur thonier océanique (PITIA), 29 janvier 2014.

*Incapables de faire face à la concurrence, les flottilles palangrières nationales ciblant le germon du sud jettent l'éponge. Les membres de l'Association du secteur thonier océanique (PITIA) opérant dans ce secteur n'ont désormais d'autre choix que de laisser leurs bateaux au port et de renvoyer leurs employés chez eux.*

Voilà pourtant des années que les scientifiques tirent la sonnette d'alarme et prédisent que l'augmentation des captures finira par avoir raison de la viabilité économique du secteur<sup>1</sup>. Les acteurs de la filière, de leur côté, appellent depuis longtemps à l'adoption de mesures de gestion plus rigoureuses de nature à atténuer l'impact de l'afflux de navires subventionnés. Jusqu'à présent, les enjeux politiques qui ont amené les gouvernements des pays insulaires à privilégier d'autres considérations l'ont emporté, et c'est précisément ce qui a entraîné l'effondrement d'un secteur d'activité pourtant trentenaire.

Si le bilan de l'évaluation des stocks reste relativement satisfaisant, les observations effectuées en mer révèlent une situation bien différente. Les tendances relevées récemment mettent en évidence un recul des captures par unité d'effort (CPUE), mais aussi une diminution de la taille des prises, tandis que la réalité du terrain révèle qu'indépendamment de l'état global apparent du stock, les ressources locales se sont rapidement épuisées.

#### Faut-il attendre que les ressources soient surexploitées pour se préoccuper de leur gestion ?

Les Samoa américaines, pourtant fortes du soutien des États-Unis, nation riche et influente, se sont récemment résignées à vendre leur flottille. Plus de la moitié des palangriers battant pavillon fidjien sont désormais en rade. Aux Tonga, un seul des 26 navires que comptait la flottille nationale a survécu à la crise. La situation est la même au Samoa, et les heures de gloire de la flottille palangrière de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, jadis très active, ne sont plus qu'un lointain souvenir.

Lors de la dixième session de la Commission des pêches du Pacifique occidental et central (WCPFC) tenue en décembre 2013, le délégué de la Chine a annoncé que son pays entendait fixer à 400 le nombre de navires sous pavillon chinois opérant dans la région. On peut donc s'attendre à ce que quelque 150 bateaux de pêche hautement performants et fortement subventionnés viennent prochainement grossir les rangs d'une pêcherie par ailleurs désertée par les navires nationaux, qui restent désormais au port, obligeant leurs équipages à trouver d'autres sources de revenus. Les navires subventionnés sont aussi de plus en plus nombreux à rester à quai, comme on peut le constater dans le port de Suva.

Dans le même temps, certains pays insulaires océaniques se disent prêts à envisager l'octroi de nouvelles licences de pêche. Décidément, quelque chose ne tourne pas rond...

Comme l'a rappelé M. Aqorau, du Bureau des Parties à l'Accord de Nauru, dans une interview accordée récemment à la chaîne australienne ABC, « la solution à la crise du germon du sud est entre les mains des États du Pacifique Sud ». La PITIA a déjà appelé à de nombreuses reprises les pays concernés à mettre en place des mesures de contrôle de la pêche du germon. De fait, c'est d'eux que dépend le devenir du secteur, puisque près de 70 % des captures de germon sont réalisées dans leurs zones économiques exclusives (ZEE).

L'idée serait donc d'utiliser les recettes tirées de l'octroi de licences de pêche pour pallier l'effondrement de la filière. Mais cette théorie a-t-elle été sérieusement évaluée ? Ou bien s'agit-il simplement de privilégier les gains à court terme au détriment d'une stratégie de développement rationnelle et durable ?

Plusieurs États de la région se sont récemment élevés contre cette politique. S'il y a tout lieu de s'en féliciter, tout porte à croire que les jeux sont déjà faits. En corrigeant le tir dès maintenant, les pays océaniques parviendront éventuellement à préserver leurs investissements futurs, mais il sera déjà trop tard pour les acteurs de la filière qui font actuellement les frais de cette situation.

La PITIA a toujours plaidé en faveur de la bonne gestion des stocks de germon du sud. Force est de constater qu'aujourd'hui, seules les flottilles subventionnées battant pavillon chinois tirent un « rendement économique maximal » de leurs opérations. Ce n'est sûrement pas le cas des autorités nationales chargées de la délivrance des licences de pêche, et encore moins des navires nationaux non subventionnés ou des pêcheurs qui ont perdu leur emploi.

Paradoxalement, les pêcheries nationales ciblant le germon du sud étaient très rentables avant la création de la WCPFC. Malgré les mesures de conservation et de gestion adoptées (en 2003 et en 2005) pour limiter la capacité de pêche, le nombre de navires fortement subventionnés opérant dans la région a augmenté de manière exponentielle.

Voilà qui remet sérieusement en cause l'efficacité des mesures de « gestion des pêches ».

<sup>1</sup> Voir l'article de Graham Pilling, consacré à cette question, en page 9 de ce numéro de la *Lettre d'information sur les pêches*.

### Le mystère des anguilles d'eau douce du Pacifique Sud bientôt levé ?

Tim Pickering

Chargé de l'aquaculture, Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (timp@spc.int)

Les recherches visant à percer définitivement le mystère des anguilles d'eau douce du Pacifique tropical ont été au cœur d'un colloque d'une semaine tenu à Moorea (Polynésie française) en décembre 2013. La réunion, organisée par Pierre Sasal, spécialiste des parasites des poissons, a eu lieu au Centre de recherches insulaires et Observatoire de l'environnement (CNRS-CRIOBE), situé au fond de la baie d'Opunohu, et a rassemblé d'éminents experts internationaux des anguilles venus de France, du Japon et de Nouvelle-Zélande, des experts locaux et régionaux et des représentants de la société civile de Polynésie française. Le Fonds Pacifique et l'Institut des récifs coralliens du Pacifique (IRCP) ont pris en charge les frais de participation des intervenants invités.

Les exposés présentés ont porté à la fois sur la biologie et sur l'importance culturelle des anguilles d'eau douce, et ont mis en évidence la dimension emblématique de l'anguille dans les communautés océaniques. Ainsi, en Polynésie française, l'anguille est très étroitement liée à l'homme dans la mythologie et le folklore, au point d'être considérée non pas comme une ressource alimentaire, mais bien comme un trésor culturel.

Alors qu'on a beaucoup appris ces dix dernières années sur le comportement migratoire et la reproduction en eau profonde des anguilles du Pacifique Nord, le cycle de vie des trois principales espèces d'anguilles du Pacifique Sud — *Anguilla marmorata*, *A. obscura* et *A. megastoma* — reste un mystère. Les informations indispensables à la conservation et à la gestion de la pêcherie, et notamment les connaissances sur les sites et les saisons de reproduction, le nombre de stocks de reproducteurs distincts, la durée de vie des anguilles avant la maturité sexuelle et la capacité des nouvelles recrues à reconstituer les stocks exploités ou menacés, demeurent extrêmement limitées.

#### Avancées des recherches sur les anguilles du Pacifique Nord

Les recherches océanographiques approfondies menées ces dernières années par des spécialistes comme le professeur Katsumi Tsukamoto, Jun Aoyama et Shun Watanabe (entre autres) ont permis de localiser les aires de reproduction de l'anguille japonaise sur un mont sous-marin situé à l'extrémité sud de la fosse des Mariannes. Cette zone est d'une importance primordiale pour la reproduction de l'espèce. En effet, les exercices de modélisation des courants océaniques ont montré que, si les anguilles libéraient leurs œufs plus au nord, au sud, à l'est ou à l'ouest de cette zone, les larves leptocéphales ne pourraient pas rejoindre le courant de Kuroshio qui les ramène vers les côtes japonaises à l'issue d'un périple de 300 jours, et disparaîtraient dans les profondeurs de l'océan.

Lors du colloque, le professeur Tsukamoto a annoncé que les premiers essais de reproduction et d'élevage de l'anguille japonaise en captivité avaient donné d'excellents résultats. Les larves issues du stock initial de géniteurs élevés dans de grands bassins de conditionnement spécialement conçus à cette fin ont atteint la taille de reproduction et pondus à leur tour, ce qui porte à trois le nombre de générations d'anguilles entièrement élevées en captivité. L'aquaculture de l'anguille permet

désormais de produire des civelles<sup>1</sup> (que les éleveurs d'anguilles du monde entier s'arrachent) à raison de 10 000 yens japonais (100 dollars des États-Unis) par individu. Si l'on parvient à améliorer le processus de reproduction et d'élevage de manière à ramener le coût unitaire de la production de civelles à 100 yens (soit un dollar), l'aquaculture de l'anguille deviendra une activité tout à fait rentable. Dans l'intervalle, les éleveurs d'anguilles vont continuer de se livrer une concurrence féroce et de payer des prix exorbitants pour se procurer des civelles pêchées en milieu naturel, alors que le volume des captures ne cesse de diminuer et que la ressource est exposée à des menaces grandissantes, non seulement du fait de la surpêche, mais aussi de la dégradation des habitats, de la pollution et des obstacles physiques aux déplacements des anguilles dans les bassins versants.

#### Des connaissances très incomplètes sur les anguilles du Pacifique Sud

Les recherches sur les anguilles tropicales sont d'ampleur très modeste au regard des travaux menés à ce jour par les dizaines de chercheurs qui travaillent sur les anguilles du Pacifique Nord et qui disposent de budgets de plusieurs millions de dollars. Don Jellyman, un chercheur néo-zélandais (aujourd'hui à la retraite et présent lors du colloque), a étudié pendant de nombreuses années les espèces tempérées d'anguilles de Nouvelle-Zélande et d'Australie, *A. australis*, *A. dieffenbachii* et *A. reinhardtii*, et a tenté de répondre aux mêmes questions que ses confrères de l'hémisphère Nord. En faisant un usage limité (en raison de contraintes budgétaires) de marques de type « pop-up » dont il a équipé plusieurs anguilles argentées capturées dans des cours d'eau néo-zélandais, et après avoir modélisé les courants océaniques en s'appuyant sur l'âge estimé de civelles en âge d'être recrutées, il est parvenu à la conclusion que les anguilles qui quittent les cours d'eau néo-zélandais se dirigent vraisemblablement vers une zone de fraie située dans le bassin sud-fidjien, entre les Fidji et Vanuatu.

En revanche, les trois espèces d'anguilles tropicales du Pacifique Sud, *A. marmorata*, *A. obscura* et *A. megastoma*, n'ont pratiquement jamais été étudiées de manière continue et systématique, si l'on fait abstraction des trois années pendant lesquelles Pierre Sasal a effectué des prélèvements quotidiens de civelles dans l'embouchure de la rivière Opunohu à Moorea, et de l'étude similaire mais incomplète menée pendant trois

<sup>1</sup> Le terme « civelle » désigne l'alevin d'anguille dont la peau est encore transparente.

mois à Nabua (Fidji) en 2006 par Chintaka Hewavitrarane, qui préparait un mémoire de maîtrise à l'Université du Pacifique Sud. On suppose, sans en avoir la preuve, que les anguilles tropicales, à l'instar des espèces des zones tempérées, se reproduisent dans le bassin sud-fidjien, qui n'est peut-être pas leur seule aire de reproduction.

### Des espèces de grande valeur pourtant menacées

Les anguilles jouissent d'une grande considération dans les États et Territoires membres de la CPS : elles sont vénérées dans les mythologies locales et constituent un mets très apprécié des communautés éloignées du littoral, qui ont toujours manqué de poisson frais.

Dans le même temps, les entrepreneurs asiatiques sont de plus en plus nombreux à s'intéresser aux anguilles du Pacifique Sud. Leur objectif est de capturer des civelles pour les exporter vers des fermes aquacoles chinoises ou coréennes ou de les acheminer vivantes par avion jusqu'aux marchés. À l'échelle locale, l'impact des aménagements réalisés dans les bassins versants (déboisement, pollution, construction de barrages et de déversoirs, notamment) commence déjà à se faire sentir.

Pourtant, pour nombre de communautés océaniques, la disparition des anguilles d'eau douce poserait un sérieux problème, comme en témoigne le dicton tahitien selon lequel « une rivière sans anguille est une rivière morte ».



*Le colloque sur les anguilles tropicales organisé à Moorea reposait sur une approche pédagogique « rafraîchissante » et pour le moins inhabituelle puisque c'est l'instructeur Pierre Sasal du CRILOBE (à gauche) qui s'est jeté à l'eau, tandis que les stagiaires (à droite) venus s'initier au mouillage des filets à civelles sont restés au sec (photo : Tim Pickering, CPS).*

On comprend donc mieux l'importance des efforts déployés actuellement pour recueillir des informations biologiques essentielles à la préservation et à la gestion des anguilles du Pacifique Sud.

### Objectifs du nouveau réseau de recherche sur les anguilles du Pacifique Sud

Les participants à la réunion ont décidé de hiérarchiser et de coordonner les recherches sur les anguilles du Pacifique Sud de manière à répondre aux besoins des pays de la région, tout en mettant à profit les initiatives dotées de financements substantiels qui sont actuellement en cours dans le monde. Il s'agira en un premier temps d'entreprendre des travaux de recherche fondamentale, que viendront compléter des études sur les dimensions économiques et culturelles des anguilles et des travaux de recherche appliquée (axés notamment sur la pêche et l'aquaculture). Les savoirs traditionnels et culturels relatifs aux anguilles constitueront également un volet d'étude important dans la mesure où ils peuvent révéler des aspects inconnus de la biologie des anguilles.

Les informations indispensables à la préservation et à la bonne gestion des anguilles du Pacifique Sud concernent les aspects suivants :

- la reproduction des anguilles en haute mer et le recrutement des civelles dans les populations adultes des cours d'eau de la région ; et
- l'échappement des anguilles (argentees) matures vers les aires océaniques de frai pour la reproduction.

Il importe aussi d'améliorer les connaissances sur les sites de ponte des anguilles afin d'en assurer la préservation, la



*Timiri Hopu'u, du Service de la culture et du patrimoine de la Polynésie française, tient un spécimen vivant d'Anguilla marmorata capturé à l'aide d'un dispositif de pêche électrique lors d'un exercice de démonstration des méthodes de recherche sur les populations d'anguilles d'eau douce du Pacifique insulaire (photo : Tim Pickering, CPS).*

protection et le suivi, de mieux cerner les conditions qu'on y observe et de prévoir les schémas de recrutement. Les connaissances relatives au recrutement des juvéniles peuvent aussi servir à l'élaboration de mesures efficaces de gestion de la ressource et d'adaptation au changement climatique. Il faut notamment en savoir plus sur la vulnérabilité des pêcheries locales aux interruptions du processus de recrutement, en particulier si elles s'avèrent très éloignées des zones de frai.

Il est également primordial de développer nos connaissances sur l'âge des anguilles argentées et les conditions de leur migration si l'on veut prévenir l'extinction de l'espèce. Pour autant, de multiples questions demeurent quant aux moyens qui permettraient d'assurer l'échappement des anguilles argentées vers les zones de haute mer. En effet, les Océaniens sont nombreux à penser que les anguilles se reproduisent là où elles vivent et se nourrissent, et beaucoup ignorent que les anguilles entreprennent de longues migrations pour pondre en haute mer, et que les plus grosses doivent pouvoir s'échapper et rejoindre la haute mer pour se reproduire. Par ailleurs, on voit se développer une nouvelle stratégie pour éviter l'extinction de l'anguille japonaise, à savoir créer des sanctuaires dans lesquels la pêche de l'anguille est strictement interdite. En Nouvelle-Zélande, il est désormais interdit de capturer des anguilles de plus de 4 kg.

Des recherches semblables à celles qui ont permis de découvrir les zones de frai de l'anguille japonaise seront peut-être entreprises en 2015. En effet, le navire océanographique Hakuho-Maru, de l'Université de Tokyo, devrait effectuer une campagne de recherche dans le Pacifique Sud. Le bâtiment est équipé de chaluts à mailles très fines qui peuvent être mouillés en pleine eau et permettent de recueillir des larves

leptocéphales d'anguilles fraîchement écloses, voire des œufs d'anguilles en suspension dans le plancton.

Mais il faudra d'abord délimiter avec précision l'aire probable de reproduction des anguilles du Pacifique Sud. Ces connaissances pourront être obtenues dès 2014, si des recherches concertées sont organisées dans au moins quatre pays insulaires océaniques afin de prélever des civelles à l'aide de filets dans les embouchures des cours d'eau. Cette campagne coordonnée fera intervenir plusieurs équipes de chercheurs qui procéderont à des prélèvements simultanés de civelles dans les quatre pays retenus. L'analyse des otolithes permettra de déterminer l'âge des civelles, et des outils génétiques serviront à estimer la probabilité que les individus prélevés soient issus d'une même concentration de reproducteurs. On pourra ainsi remonter la piste des civelles à l'aide de données sur les courants océaniques, jusqu'à la zone où elles ont vraisemblablement vu le jour.

Les données actuellement disponibles indiquent que les sites qui se prêtent le mieux au prélèvement de civelles sont les cours d'eau des Fidji, de Vanuatu, de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie française. Le réseau de recherche sur les anguilles du Pacifique Sud, de création récente, va prendre contact avec les services des pêches et les universités de la région afin que cette campagne de prélèvement puisse s'effectuer de manière coordonnée courant 2014. À terme, ces travaux contribueront peut-être à résoudre l'une des plus vieilles énigmes scientifiques du Pacifique Sud et à répondre à cette question jamais élucidée : Où les anguilles tropicales se reproduisent-elles ?



*Pierre Sasal et Herehia Helme, doctorante de Polynésie française, montrent aux stagiaires comment marquer et relâcher des anguilles capturées à l'aide d'un dispositif de pêche électrique utilisé pour les engourdir. L'objectif de ces recherches est de recueillir des informations sur les populations d'anguilles (photo : Tim Pickering, CPS).*

# Atelier international sur les différentes méthodes d'estimation des stocks de poissons coralliens, notamment les méthodes reposant sur l'utilisation de caméras sous-marines

Campus de Honiara, Université du Pacifique Sud, Îles Salomon (10–13 septembre 2013)

*Responsable de la formation : David LECCHINI*

*Institut des Récifs Coralliens du Pacifique, CRIOBE, Moorea, Polynésie française*

En septembre 2013, des représentants du campus de Honiara de l'Université du Pacifique Sud (USP), du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) et de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) en Nouvelle-Calédonie, ainsi que de l'Institut des Récifs Coralliens du Pacifique (IRCP) situé à Moorea, en Polynésie française, ont animé un atelier de formation aux différentes méthodes d'estimation des stocks de poissons coralliens, et notamment aux méthodes reposant sur l'utilisation de caméras sous-marines. Cet atelier, financé par l'ambassade de France (Fonds Pacifique), avait deux objectifs principaux : permettre aux huit étudiants de l'USP participants d'apprendre les différentes techniques de suivi des poissons, et accroître les capacités du personnel de l'USP, des gouvernements et des ONG (20 personnes) déjà en charge d'un tel suivi, en particulier sur le plan des techniques de vidéo sous-marine et des outils d'analyse des données récemment apparus. Pour atteindre ces objectifs, l'atelier était divisé en deux parties :

### Séminaires

Les séminaires ont eu lieu sur le campus de l'USP le premier jour. Ils ont fourni aux participants des informations de fond sur l'écologie des poissons coralliens ainsi que sur certaines des méthodes d'évaluation en plongée actuellement utilisées pour inventorier les stocks de poissons en Océanie. Les différents réseaux de suivi dans la région, à savoir l'IRCP, l'IFREMER, l'UICN, la CPS et Worldfish, ont tous été présentés.

### Formation sur le terrain

Les deuxième et troisième jours ont été consacrés à des travaux pratiques à Naro, et le quatrième à l'analyse, sur le campus de l'USP, des données recueillies sur le terrain. Les deux jours sur site visaient à permettre aux participants d'expérimenter quatre méthodes d'inventaire des poissons de récif.

La première repose sur la technique appliquée par le Réseau mondial de surveillance des récifs coralliens (GCRMN), et actuellement utilisée par des acteurs locaux des Îles Salomon. Elle consiste à compter certaines espèces importantes sur le plan écologique et économique lors d'un seul passage dans un couloir à largeur fixe de 25 m de long sur 5 m de large.

La deuxième méthode est une variante de la méthode « classique » du GCRMN, utilisant le même couloir à largeur fixe, mais prévoyant 3 passages pour le comptage. Largement utilisée par l'IRCP, cette technique vise à simplifier le processus en ne comptant que certains groupes d'espèces à chaque fois. Dans le cadre des travaux pratiques de Naro, les participants ont compté les poissons mobiles (par exemple les vivaneaux ou les poissons perroquets) au premier passage, les espèces plus « sédentaires » (mérus, demoiselles et chirurgiens) au deuxième et les espèces cryptiques (poissons soldats, scorpions, faucons, gobies et blennies) au troisième passage. La troisième méthode, actuellement employée par la CPS, est un comptage visuel en plongée avec échantillonnage à distance. Les enquêteurs comptent les individus de l'espèce étudiée le long d'un transect, et estiment leur longueur ainsi que la distance à la perpendiculaire de la ligne du transect, mais sans limite de largeur pour le comptage des poissons. La quatrième méthode fait appel à la vidéographie, en particulier à un système rotatif sur un point fixe élaboré par l'IFREMER. Ce système se compose de deux boîtiers étanches reliés par un axe. Le boîtier inférieur renferme un moteur électrique alimenté par des accumulateurs de 2,4 V, qui fait tourner l'axe relié au boîtier supérieur abritant une caméra à haute définition (HD). En l'occurrence, il s'agissait d'un modèle Sony HDR-SR11 doté d'un disque dur intégré de 30 Go, autorisant un maximum de 4 heures de vidéo HD. L'ensemble a été déposé sur les fonds du récif de Naro (à 3 emplacements), et la rotation s'opérait à un angle et un intervalle de temps prédéfinis (60° toutes les 30 secondes).



*David Lecchini (IRC – CRIOBE, Moorea), Robson Lasimae et Lawrence Lugitau (étudiants de l'USP) près du village de Naro.*

## NOUVELLES DE LA RÉGION ET D'AILLEURS

Tableau 1 : Comparaison de la valeur des différents critères qualitatifs dans les quatre méthodes de suivi.

Critères d'évaluation	Méthode du GCRMN	Méthode de l'IRCP	Méthode de la CPS	Méthode vidéo (IFREMER)
Niveau taxinomique d'identification des poissons	+	++	++	++
Niveau de compétence et de formation nécessaire	+	++	++	+
Temps passé sur le terrain	+	++	++	-
Temps passé en laboratoire	-	-	-	++
Personnel nécessaire	2 plongeurs	2 plongeurs	2 plongeurs	1 spécialiste des poissons + 1 technicien pour contrôler le matériel*
Coûts	-	-	-	++

- : faible; + : modéré; ++ : haut.

\* 2 plongeurs sont nécessaires pour installer le matériel sous l'eau.

Le quatrième jour, les données recueillies sur le terrain à Naro ont été analysées sur le campus de l'USP à Honiara par tous les participants, qui ont comparé les écarts entre les indicateurs d'abondance fournis par les quatre techniques (GCRMN, IFREMER, CPS et IRCP). Chacun a ensuite pu s'exprimer sur les avantages et les inconvénients de ces différentes méthodes (tableau 1).

### Pour plus d'information :

David Lecchini

IRCP-CRIOBE (site Web : [www.ircp.pf](http://www.ircp.pf))

[lecchini@univ-perp.fr](mailto:lecchini@univ-perp.fr)



Le système de vidéo sous-marine mis au point par l'IFREMER.



Des participants heureux pendant les deux jours de travaux pratiques au village de Naro.

## La mangrove n'est pas indispensable pour les juvéniles des poissons récifaux à Mayotte

Rakamaly Madi Moussa<sup>a</sup> et René Galzin<sup>b</sup>

<sup>a</sup> USR 3278 CNRS-EPHE, CRIOBE et CBETM de l'Université de Perpignan, Laboratoire d'excellence « CORAIL » (rakamalymadimoussa@gmail.com);

<sup>b</sup> USR 3278 CNRS-EPHE, CRIOBE, BP 1013 Moorea, Polynésie française, Laboratoire d'excellence « CORAIL » (galzin@univ-perp.fr)



Image: Rakamaly Madi Moussa

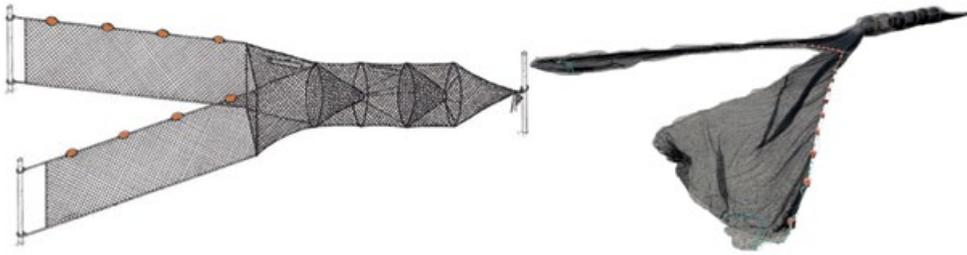
*Contrairement aux études menées dans les Caraïbes où la mangrove joue un rôle important de nurserie pour les juvéniles des poissons de récifs coralliens, la plupart des recherches réalisées dans l'Indo-Pacifique démontrent le cas contraire. Seulement quelques espèces de la famille des Carangidae, des Sphyraenidae, des Mullidae et des Lutjanidae fréquentent la mangrove au stade juvénile à Mayotte. La disparition de la mangrove entraînera une augmentation de l'érosion des côtes, de la turbidité des eaux lagunaires et la disparition des récifs coralliens adjacents.*

Dans les Caraïbes, les mangroves sont caractérisées par la présence de fortes densités de juvéniles de plusieurs espèces de récifs coralliens qui vont ensuite migrer vers le récif en arrivant au stade sub-adultes. Ces zones sont alors considérées comme un habitat de nurserie important pour les poissons juvéniles. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer la forte abondance de juvéniles de poissons dans les mangroves: les juvéniles sont attirés par l'hétérogénéité structurale des mangroves, le risque de prédation est faible, la disponibilité en nourriture est plus importante, etc.

Sur l'île de Mayotte, la mangrove représente 29% du linéaire côtier et se développe sur environ 740 ha principalement en fond de baie. Malheureusement, ce biotope subit des multiples agressions d'origines anthropiques tels que les défrichements, les activités de pâturage, les remblais et autres aménagements côtiers. Il est essentiel de comprendre aujourd'hui sur cette île le rôle joué par la mangrove pour les poissons récifaux afin d'évaluer le risque en cas de perte de l'habitat due aux perturbations anthropiques ou aux événements climatiques.

L'échantillonnage a été effectué durant la saison humide (de février à mars 2013) sur quatre sites en front de mangrove dont deux sur embouchures de rivière. Les pêches ont été réalisées au moyen d'une capéchade, engin de pêche passif très efficace dans les milieux lagunaires. Quand les conditions le permettaient (c'est-à-dire une visibilité correcte) un comptage visuel est associé à la méthode de prélèvement à proximité du filet. Le filet est posé et levé au rythme de la marée, soit quatre poses à marée montante et descendante par site. L'île possède un fort marnage avec une amplitude de 4 m et à marée basse la zone de pêche est complètement exposée.

L'engin de pêche fonctionne correctement puisque plus de 4 129 individus pour une biomasse de 41 460 g appartenant à 43 espèces et 28 familles ont été recensées sur le front de mangrove. Cependant, la richesse spécifique varie d'un site à l'autre mais sans montrer une différence significative. En regardant le nombre d'espèces par rapport à la proximité du récif corallien, celle-ci a peu d'influence sur la variation de la richesse spécifique. En revanche la présence d'une rivière



Engin de capture (capéchade) utilisé pour l'échantillonnage en front de mangrove.

semble influencer le nombre d'espèces présentes ( $r^2 = 0,92$ ). D'une manière générale, l'espèce côtière *Atherinomorus lacunosus* domine le peuplement ichthyologique avec environ 74 % de l'effectif total. Cette abondance est suivie par deux espèces de la famille des Leiognathidae (*Leiognathus dussumieri* 4,3 % ; *Leiognathus equulus* 4,1 %), puis par les Apogonidae (*Apogon amboinensis* 3,6 %), les Carangidae (*Caranx heberi* 2,7 %), les Sillaginidae, *Sillago sihama* avec 2,6 % de l'effectif total. La biomasse présente des fluctuations avec le rythme de la marée. Cette différence est en faveur de la marée montante où s'observe les plus fortes valeurs de la biomasse. La forte amplitude de marée dans les mangroves, avec des eaux relativement profondes à marée haute augmente la prédation des carnivores sur des poissons de petites tailles. Des espèces telles que *Lethrinus harak*, *Sphyræna barracuda*, *Lutjanus monostigma*, *Platax orbicularis* et *Lutjanus argentimaculatus* effectuent des migrations trophiques à marée montante. Ces espèces peuvent être

considérées comme ubiquistes car elles fréquentent à la fois les mangroves et les récifs coralliens. Cependant, la fonction de la mangrove pour la faune ichthyologique récifale de Mayotte est limitée et le rôle de nurserie au stade juvénile n'a pas été démontré par cette étude.

En l'absence d'interactions majeures, la perte de cet habitat n'aura très certainement pas de répercussions directes sur le peuplement de poissons de récif corallien. Dans le cas de Mayotte la perte de la mangrove devrait avoir pour conséquence une forte érosion de la côte, une augmentation de la turbidité de l'eau et des apports terrigènes dans le milieu lagunaire et à long terme une modification du peuplement associé au récif corallien. Pour toutes ces raisons et face aux menaces de destruction de la mangrove, il serait intéressant de tenir compte de la préservation de cet habitat dans les programmes de gestion côtière.



Exemple de diverses espèces capturées en front de mangrove sur l'île de Mayotte (photos: Rakamaly Madi Moussa).

## Optimiser les exploitations perlicoles aux Fidji

*Damian Hine<sup>a</sup> et Bill Johnston<sup>b</sup>*

<sup>a</sup> Professeur associé en innovation et commercialisation, UQ Business School, Université du Queensland (Australie)

<sup>b</sup> Économiste agricole principal, ministère de l'agriculture, de la pêche et des forêts, Queensland (Australie)

*En novembre dernier, deux ateliers ont été organisés aux Fidji afin de donner aux perliculteurs locaux les moyens de mieux planifier leur activité. Leur point de départ : un modèle économique reposant sur une représentation systémique de l'exploitation et générant des informations sur le secteur pour optimiser le développement et la viabilité de l'industrie perlicole dans le pays.*

Le premier de ces ateliers, qui s'est déroulé à Rakiraki, s'adressait aux petits exploitants fidjiens qui cherchent à étendre leur activité au-delà d'un modèle centré sur les marchés locaux, et à toucher les marchés internationaux plus rémunérateurs. Le second a eu lieu à Savusavu, et visait avant tout un groupe d'exploitations implantées de façon plus stable, désigné sous le nom générique de *Northern Alliance* (alliance du Nord). Son objectif consistait à adopter une vision plus large des enjeux et des possibilités du secteur, et à élaborer des stratégies pour les exploiter. Les formateurs faisaient partie de l'équipe d'un projet commun de l'Université du Queensland et du ministère de l'agriculture, de la pêche et des forêts de cet État. Ce projet a bénéficié d'un financement coopératif de l'Union européenne, dans le cadre du Projet Accroissement du commerce de produits agricoles (IACT), du Centre australien pour la recherche agricole internationale (ACIAR) et de l'Université James Cook.

D'une manière générale, ce projet a pour but de promouvoir la croissance durable du secteur en proposant aux exploitations perlicoles fidjiennes un modèle économique reposant sur l'approche systémique de l'exploitation, et toute la gamme de mesures associées, notamment :

- l'amélioration du cadre de prise de décisions ;
- l'analyse des risques de prix et des risques de production, avec les stratégies de réduction de ces risques ;
- la définition d'une taille minimale pour que l'exploitation soit viable ;
- l'amélioration de l'accès aux capitaux et au soutien financier ;
- le recueil de données de référence pour assurer un suivi en continu de la santé du secteur ;
- la mise au jour des obstacles et des possibilités pour le secteur ; et
- l'amélioration des services locaux de soutien et de vulgarisation au moyen de formations de formateurs.

Le projet aidera les perliculteurs locaux à mieux comprendre leur activité, à prendre des décisions plus judicieuses et à se doter des outils nécessaires pour développer leur exploitation de façon plus durable, à l'aide d'informations plus justes sur leurs finances et leur production. Le processus de modélisation de l'exploitation tout entière permet au secteur de gagner en crédibilité lors des négociations avec les établissements financiers, car il permet aux perliculteurs de prévoir les bénéfices à venir ainsi que les risques possibles. Afin de garantir l'obtention des fonds nécessaires, les informations obtenues à l'aide

de ce modèle seront présentées aux banques locales dans le cadre d'un plan d'activités plus large, élaboré en faisant appel aux compétences acquises lors des ateliers. De fait, la question de l'accès au crédit est l'un des grands problèmes actuels qui freinent le développement du secteur des perles de culture aux Fidji. La présence d'un représentant de la banque WestPac Pacific à l'atelier de Rakiraki a permis d'enrichir le débat sur cette question.



*Ouvrier greffant des huîtres aux Fidji.*

Les ateliers ont également mis en évidence plusieurs obstacles importants pour le secteur dans les circonstances actuelles. En voici quelques-uns :

- manque de normes applicables à tout le secteur en matière d'évaluation de la qualité et de fixation de prix ;
- coûts de production élevés ;
- titres de propriété : concessions maritimes et sécurité d'occupation ;
- manque de disponibilité des huîtres.

L'absence de normes professionnelles d'évaluation des perles et de fixation des tarifs est considérée comme un problème majeur pour le développement des exportations. La consolidation de la position du secteur perlier fidjien sur la scène internationale nécessite la mise en place de normes communes de classification des perles, accompagnée d'une formation des exploitants et des bijoutiers.

En ce qui concerne les concessions maritimes et la sécurité d'occupation, le gouvernement fidjien s'apprête à publier un décret sur l'aquaculture, qui lui donnera le pouvoir de mettre en place un système de concessions ainsi que de délimiter un mécanisme de valorisation des sites océaniques. Les participants à l'atelier ont souligné la nécessité pour le secteur perlicole de prendre une part plus active dans ce processus, ainsi que dans le dialogue engagé entre les pouvoirs publics et la filière aquacole, afin de mieux protéger le bien-être et les intérêts des perliculteurs.

Le secteur est également handicapé par des coûts de production trop élevés, en particulier les coûts engendrés par l'embauche de techniciens de greffe étrangers, qui freinent le développement des activités ainsi que la croissance de la production et des bénéfices. En raison de la pénurie de personnel qualifié dans la région, les perliculteurs doivent faire appel à

des techniciens de l'extérieur, en premier lieu du Japon. En outre, ce sont ces techniciens qui déterminent la qualité des nucléus employés pour greffer les huîtres ; les petits exploitants ne peuvent donc la contrôler.

Au cours des ateliers, une enquête a été menée afin de déterminer les principales difficultés du secteur. L'une des réponses les plus fréquemment apportées était que le développement du secteur était considérablement freiné par le manque de naissain. Le secteur a en effet une capacité de greffe bien supérieure au nombre de nacres effectivement disponibles. Cette situation présente néanmoins un avantage : les communautés fidjiennes ont aujourd'hui la possibilité, aidées par les partenaires du projet et le ministère de la Pêche et des Forêts, de mettre en place des structures de captage de naissain dans les villages et de diversifier leurs sources de revenus. Cette mesure permettrait non seulement de soutenir le développement du secteur perlicole existant, mais aussi de constituer une porte d'entrée pour les nouveaux acteurs.

La plupart des difficultés abordées lors des ateliers sont liées à des questions de taille. De fait, une grande partie des coûts majeurs supportés par les exploitants fidjiens pourraient représenter une charge moins lourde si les exploitations gagnaient en taille et en puissance industrielle.

Le recueil de données de référence constitue une autre des grandes mesures du projet. Les partenaires estiment en effet que, à mesure que le projet avancera, le profil établi grâce aux données offrira aux exploitants de précieux renseignements sur la filière et permettra à ceux qui souhaitent voir le secteur prospérer et croître de mieux le comprendre. Grâce à cette nouvelle plate-forme, tous les acteurs du secteur, ainsi que les chercheurs qui ont animé les ateliers, seront mieux armés pour poursuivre le développement, résoudre les problèmes et exploiter les possibilités du secteur perlicole aux Fidji.

# Feuille de route pour la gestion et le développement durable de la pêche côtière 2014–2023

Secrétariat du Groupe du fer de lance mélanésien  
Secrétariat général de la Communauté du Pacifique

*La Mélanésie : notre maison, notre poisson, notre richesse et notre avenir*

## Historique

Lors de leur sommet de mars 2012, les dirigeants du Groupe du fer de lance mélanésien (GFLM), qui réunit les Fidji, la Nouvelle-Calédonie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Îles Salomon et Vanuatu, sont convenus d'élaborer un cadre de gestion pour la protection des ressources halieutiques côtières. Le présent document expose les grandes lignes de la feuille de route sous-régionale pour la gestion et le développement durable de la pêche côtière, telle qu'elle a été établie par le Secrétariat du GFLM, en coopération avec les responsables des services des pêches de ses pays membres, et avec l'assistance technique du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS).

La première version de la feuille de route a été rédigée par le Groupe de travail sur la pêche côtière à Port-Vila en octobre 2013. Cet exercice, entrepris avec le concours de la CPS, s'est appuyé sur les conclusions d'une évaluation stratégique globale des politiques et stratégies relatives à la pêche côtière en Mélanésie, qui avait été commanditée et pilotée par la CPS. La feuille de route vise à renforcer la composante « gestion de la pêche côtière » du Protocole d'accord de coopération technique pour le développement de la pêche côtière et de l'aquaculture entre les membres du Groupe du fer de lance mélanésien, conclu en 2012.

La feuille de route définit des orientations générales à l'intention des membres du GFLM et dresse la liste des mesures qu'ils entendent prendre pour assurer la bonne gestion de la pêche côtière en Mélanésie.

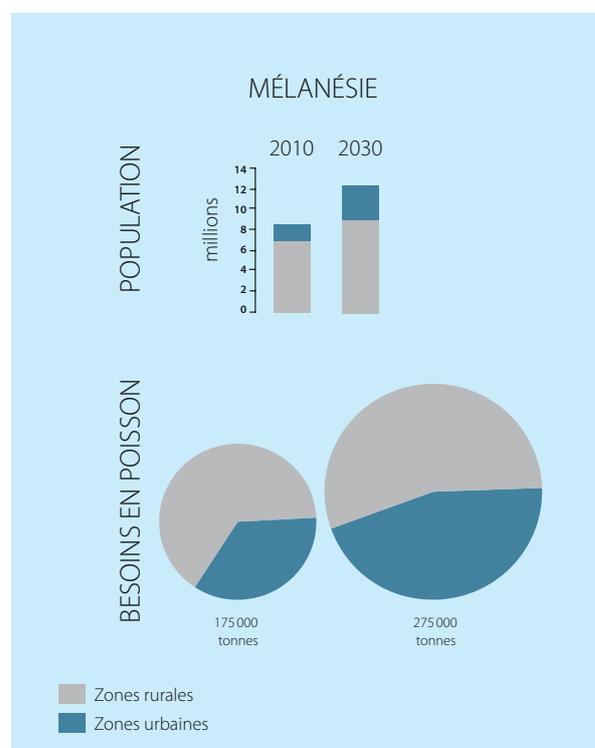
## Contexte

**Une crise imminente :** Les ressources halieutiques côtières, dont dépendent la plupart des communautés mélanésiennes installées en zone littorale, sont aujourd'hui pleinement exploitées, voire, dans certains cas, surexploitées. L'accroissement démographique et l'augmentation de la demande conduiront inévitablement à l'effondrement de nombre des stocks de poissons de la région si rien n'est fait pour en assurer une gestion durable.

**Une situation qui menace des millions d'individus :** Pour subvenir à leurs besoins, les Mélanésiens, dans leur grande majorité, n'ont d'autre choix que d'exploiter les ressources halieutiques côtières, qui jouent de surcroît un rôle essentiel dans les économies locales. Le nombre limité de moyens d'existence autres que la pêche et les pressions extérieures grandissantes qui s'exercent sur les ressources et qui ont déjà entraîné les pêcheries les plus prospères, notamment celles ciblant les

holothuries, dans un cycle fatal d'expansion-récession, ne font qu'aggraver les risques liés à cette dépendance extrême à l'égard de la pêche côtière. Le changement climatique va par ailleurs fragiliser les milieux côtiers, et des stratégies adaptées de gestion s'imposent de toute urgence si l'on veut renforcer la résilience et la capacité d'adaptation des zones littorales.

**Des avantages économiques potentiels considérables :** Jusqu'à présent, les efforts de gestion et l'attention des responsables politiques se sont portés principalement sur les ressources thonières de grande valeur commerciale, lors même que la pêche côtière, pratiquée pour l'essentiel à des fins vivrières, représente entre 30 et 95 % de la part de la pêche dans le PIB des pays mélanésiens, toutes pêcheries confondues. En outre, on estime que la gestion durable de la pêche



*Projections de la croissance démographique dans les zones rurales et urbaines de Mélanésie jusqu'en 2030, et des volumes de poisson requis pour assurer la sécurité alimentaire (Bell 2009).*

des holothuries permettrait de multiplier par deux la valeur de la production, qui passerait à plus de 35 millions de dollars des États-Unis par an. L'essentiel de ces ressources pourrait alors être redistribué sous forme de revenus monétaires aux populations côtières, qui en ont grand besoin. Les avantages qui découleraient, à l'échelle des économies nationales, de mesures renforcées de gestion des ressources halieutiques côtières suffiraient à compenser le coût de ces mesures.

**Une situation qui appelle une approche stratégique axée sur la gestion des pêches et la création de moyens de subsistance :** Les services des pêches des pays mélanésiens ont déployé des efforts considérables pour pérenniser ou accroître la production halieutique, notamment grâce à l'aquaculture ou aux dispositifs de concentration du poisson (DCP). Malgré ces efforts, la santé des ressources halieutiques côtières reste extrêmement préoccupante. Si les démarches fondées sur la gestion communautaire des ressources font l'unanimité, elles ne seront pleinement efficaces que si leur mise en œuvre s'améliore et s'accompagne de mesures de soutien plus adaptées. Pour autant, les enseignements tirés des expériences tant positives que négatives menées à ce jour devraient déjà permettre de dégager des solutions stratégiques qui constitueront le socle de politiques efficaces de cogestion de la pêche côtière. Les initiatives engagées en ce sens devront s'appuyer sur un solide partenariat entre les populations côtières et les différents échelons de l'administration publique. Il faudra surtout veiller à ce que la diversification des moyens d'existence ne fasse pas oublier les avantages immédiats et bien réels qui pourraient découler d'une meilleure gestion des ressources.

**Volonté politique et leadership restent de mise :** Le sens de l'initiative et la détermination dont ont fait preuve les dirigeants du GFLM en plaidant en faveur de l'élaboration de la feuille de route vont devoir s'exprimer à nouveau si l'on veut assurer sa mise en œuvre, et même être renforcés pour que le potentiel que présente la pêche côtière puisse se concrétiser pleinement et contribuer au développement durable et à la préservation des moyens de subsistance des communautés mélanésiennes.

**Gérer les communautés plutôt que les ressources halieutiques :** Les régimes de gestion communautaire des ressources ne peuvent être efficaces que s'ils s'appuient sur une parfaite connaissance des populations locales et de leur situation socio-économique. Si les membres des communautés

ne s'investissent pas dans les initiatives de gestion des zones côtières ou ne les appuient pas, il y a très peu de chances qu'elles portent leurs fruits. À l'évidence, les populations locales s'intéressent davantage aux possibilités de développement, et le défi va consister à maintenir un juste équilibre entre les exigences du développement et la bonne gestion des ressources halieutiques, généralement perçue comme un ensemble d'interdits imposés aux pêcheurs. Dans la pratique, la gestion rationnelle des ressources permet au contraire aux pêcheurs de continuer à tirer durablement profit des ressources marines locales.

**Un défi de taille :** Les pays membres du GFLM abritent des zones côtières très étendues, où vivent des communautés isolées réparties sur une multitude d'îles. Les politiques de gestion du littoral menées jusqu'à présent n'ont pas toujours tenu compte de cette réalité et ont surtout consisté à mettre en œuvre des activités intensives de portée géographique très limitée, qui ne peuvent pas s'inscrire dans la durée et sont difficilement transposables à l'échelle nationale.

**Un environnement marin utilisé par de multiples acteurs :** L'environnement marin n'est pas exploité uniquement pour les ressources halieutiques qu'il abrite. Il constitue aussi pour certains le lieu idéal pour se débarrasser de polluants, déversés directement dans l'océan ou charriés par les cours d'eau. L'aménagement des zones côtières à des fins touristiques peut entraîner la disparition de précieuses mangroves, et les méthodes de pêche destructrices ne sont pas sans incidence sur l'état des stocks. Si le bon état de santé des écosystèmes marins n'est pas durablement préservé, et si l'environnement marin est exploité de manière inconsidérée, les ressources halieutiques côtières n'ont aucune chance de survie.

## Principes directeurs

La mise en œuvre de la feuille de route obéira globalement aux principes directeurs suivants :

- Il faut œuvrer à la pérennisation des ressources, qui est porteuse d'avantages économiques, sociaux et écologiques durables et garante de la sécurité alimentaire à long terme des populations.
- Les administrations nationales et locales, les organisations régionales et les autres parties prenantes non gouvernementales doivent aider les populations côtières à se doter



L'aquaculture et les DCP peuvent être utilisés pour soutenir ou renforcer les productions aquacoles (photos: Antoine Teitelbaum et William Sokimi).

des moyens nécessaires à la mise en œuvre de stratégies de gestion communautaire des ressources, dans l'intérêt de nos nations.

- Une approche ascendante exigeant des pouvoirs publics qu'ils viennent en aide aux populations locales et s'appuyant sur les administrations provinciales/locales et d'autres mécanismes de collaboration doit être mise en œuvre à l'échelle communautaire ou au plus près des communautés.
- Les stratégies adoptées doivent être réalistes, concrètement envisageables, progressives et mesurables, et viser en un premier temps à promouvoir une utilisation plus rationnelle des ressources humaines et financières existantes, afin de renforcer durablement la sécurité alimentaire des populations côtières et de leur garantir des moyens d'existence pérennes.
- Les pressions liées au développement ne doivent pas faire perdre de vue les avantages bien réels et immédiats de mesures de gestion renforcées axées sur la pérennisation des ressources.

- L'approche retenue doit s'appuyer sur un partenariat mélanésien mettant à profit la diversité des situations et tenant compte des différences entre les pays membres du GFLM, notamment du point de vue des espèces ciblées et de l'état des stocks.
- Le changement climatique aura des incidences négatives sur les ressources halieutiques côtières et les écosystèmes dont elles dépendent. En conséquence, les investissements en faveur de l'amélioration des régimes de gestion doivent mettre l'accent sur la gestion écosystémique des pêches. Ils contribueront ainsi à renforcer la résilience et la capacité d'adaptation des zones côtières et viendront compléter les mesures prises au titre de la Déclaration du GFLM sur l'environnement et le changement climatique.
- La feuille de route doit être un instrument de nature à faciliter la réalisation des objectifs nationaux existants relatifs à la pêche côtière ; la charge administrative supplémentaire qu'elle représente doit être aussi limitée que possible.

## Vision

*Des ressources halieutiques côtières pérennes gérées de manière rationnelle, conformément à des approches communautaires porteuses d'avantages économiques, sociaux et écologiques durables et garantes de la sécurité alimentaire à long terme de nos communautés*

## Objectifs

1. Élaboration d'un cadre réglementaire et juridique efficace de gestion des ressources côtières conforme aux accords internationaux pertinents et visant à donner aux communautés côtières les moyens de gérer leurs ressources marines.
2. Actions d'éducation, de sensibilisation et d'information sur l'importance et la gestion des ressources halieutiques côtières.
3. Renforcement des capacités nécessaires à la valorisation et à la gestion durables des ressources côtières, au regard du contexte propre à chaque des pays membres du GFLM.
4. Mise à disposition de ressources suffisantes à l'appui de la gestion des ressources halieutiques côtières et de la collecte d'informations scientifiques aussi fiables que possible.
5. Acquis économiques et sociaux durables pour les communautés locales, grâce à l'utilisation rationnelle des ressources côtières.
6. Mise en place de mécanismes efficaces de collaboration avec les parties prenantes et les partenaires concernés.
7. Reconstitution et préservation des stocks d'holothuries afin d'optimiser durablement le bénéfice économique que les communautés côtières tirent de cette ressource.

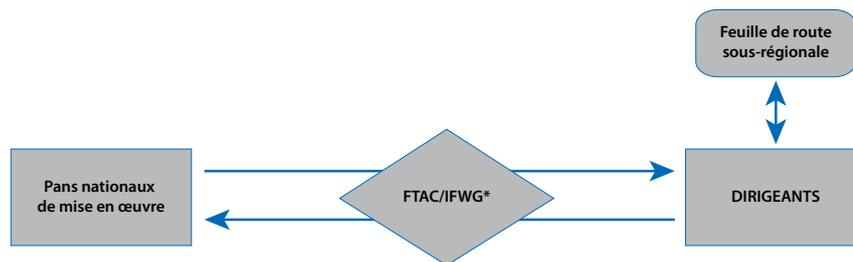
## Calendrier et actions prioritaires

La mise en œuvre de la feuille de route s'étalera sur 10 ans, de 2014 à 2023. Le calendrier dont la feuille de route est assortie définit dans leurs grandes lignes les objectifs et les étapes à atteindre tout au long de ce processus. Certains objectifs prioritaires ou nécessitant des interventions sans grande complexité pourront cependant se concrétiser à plus court terme, à savoir ceux visant à :

- optimiser l'utilisation des ressources humaines et financières existantes ;
- promouvoir la gestion des ressources halieutiques côtières et mettre en lumière les exemples de réussite ; et
- obtenir des bailleurs de fonds et des pouvoirs publics un soutien supplémentaire à l'appui d'actions à plus long terme exigeant davantage de ressources.

## Mise en œuvre de la feuille de route à l'échelon national

La feuille de route sous-régionale énonce des orientations générales à l'intention des pays membres du GFLM et dresse la liste des mesures qu'ils sont convenus de prendre aux fins de la gestion des ressources halieutiques côtières de Mélanésie. Les membres se sont par ailleurs engagés, à titre individuel, à



\* FTAC: Comité consultatif technique sur la pêche  
IFWG: Groupe de travail sur la pêche côtière

*Processus de suivi et d'évaluation.*

se doter de plans nationaux de mise en œuvre qui permettront de donner effet à la feuille de route à l'échelle nationale, étant entendu que plusieurs des interventions de portée régionale visées dans la feuille de route sont déjà en cours ou prévues au titre des dispositifs nationaux existants. Les membres du GFLM ont réalisé des avancées majeures dans l'élaboration de leurs plans nationaux de mise en œuvre lors de la réunion du Groupe de travail sur la pêche côtière tenue en octobre 2013.

### Suivi et évaluation

Pour assurer la bonne mise en œuvre de la feuille de route, il faudra impérativement en suivre les progrès, recenser les carences qui se feront jour et y apporter sans délai les palliatifs nécessaires. Le schéma ci-dessus décrit la marche à suivre à cette fin et indique les rôles respectifs des différents acteurs concernés.

### Rôle du Secrétariat du GFLM

Le Secrétariat du GFLM aidera les membres à s'acquitter de leurs obligations redditionnelles. Pour cela, il transmettra toutes les informations requises au Comité consultatif technique sur la pêche (FTAC) à chacune de ses sessions annuelles, de sorte que les dirigeants du GFLM soient également tenus informés de l'avancement du processus lors de leurs sommets bisannuels. Le Secrétariat se chargera aussi de coordonner et d'harmoniser les mesures que les organismes régionaux et les partenaires du développement prendront pour aider les membres du GFLM à mettre en œuvre la feuille de route à l'échelle nationale, conformément aux instructions reçues de ces derniers.

### Rôle des administrations nationales

Le projet de feuille de route sous-régionale est assorti de plans nationaux de mise en œuvre élaborés par les membres du GFLM. Ces derniers s'engagent à :

- réaliser des autoévaluations nationales des progrès accomplis ;
- soumettre, par le biais de leurs services nationaux des pêches, des rapports dans lesquels il sera notamment question des activités mises en œuvre par des organismes partenaires ou d'autres ministères ;
- s'efforcer de confier la réalisation d'une évaluation indépendante à un comité ou à un réseau national existant ou créé à cette fin et comptant parmi ses membres des représentants de la société civile et des populations locales ; et
- pallier les insuffisances constatées dans la mise en œuvre de la feuille de route.

### Fréquence et forme des rapports et évaluations

- Les services nationaux des pêches établiront des rapports annuels.
- Les rapports seront soumis aux dirigeants lors de leurs sommets bisannuels (par le biais du FTAC).
- La feuille de route sera réévaluée tous les trois ans.

### Mesure des résultats

- Des indicateurs de résultat spécifiques seront définis, au besoin, dans les plans nationaux de mise en œuvre. Les services nationaux des pêches rendront compte dans leurs rapports annuels des résultats obtenus au regard de ces indicateurs.

### Processus d'approbation

- Le Groupe de travail sur la pêche côtière a examiné et validé le projet de feuille de route lors de sa dernière réunion, tenue du 2 au 8 octobre 2013. Le document sera présenté au FTAC à sa session d'avril 2014 avant d'être soumis pour approbation définitive aux dirigeants du GFLM réunis à l'occasion de la Réunion des responsables du commerce et de l'économie, de la Réunion des hauts responsables et de la Réunion des ministres des Affaires étrangères du GFLM.

### Référence bibliographique

Bell J.D., Kronen M., Vunisea A., Nash W.J., Keeble G., Demmke A., Pontifex S. and Andréfouët S. 2009. Planning the use of fish for food security in the Pacific. *Marine Policy* 33: 64–76.

#### Pour plus d'information :

**Laisiana Tugaga**  
Chargée des affaires économiques, Secrétariat du GFLM  
[l.tugaga@msg.int](mailto:l.tugaga@msg.int)

**Ian Bertram**  
Conseiller en science et gestion de la pêche côtière, CPS  
[ianb@spc.int](mailto:ianb@spc.int)

# Étude des effets de l'acidification des océans sur le thon tropical

Don Bromhead, Vernon Scholey, Daniel Margulies, Simon Nicol,  
John Wexler, Maria Santiago, Simon Hoyle, Cleridy Lennert-Cody, John Havenhand,  
Jane E. Williamson, Tatiana Ilyina et Patrick Lehodey<sup>1</sup>

## Introduction

La hausse de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (IPCC 2007) provoque progressivement le réchauffement et l'acidification des océans (Barnett et al. 2005 ; Caldeira and Wickett 2003 ; Feely et al. 2004). Ces phénomènes sont susceptibles d'affecter les dynamiques de distribution et de peuplement de nombreux organismes marins (IPCC 2007 ; Raven et al. 2005 ; Fabry et al. 2008). Cette dernière décennie, les avancées considérables réalisées dans le domaine du savoir ont permis de mieux comprendre comment l'acidification des océans se répercutera sur les écosystèmes côtiers et coralliens (Fabry et al. 2008). Toutefois, notre compréhension des effets de l'acidification sur les écosystèmes pélagiques reste rudimentaire. Il est essentiel d'améliorer nos connaissances de ces effets, car les populations de thons du Pacifique figurent parmi les plus vastes pêcheries au monde et les plus intéressantes sur le plan économique (Williams and Terawasi 2009).

Les revenus générés par la pêche thonière apportent une contribution notable à l'économie de la plupart des États et Territoires insulaires du Pacifique (Gillett 2009). Pour continuer à produire de tels avantages économiques grâce à la gestion durable de cette pêche, il est indispensable de comprendre, d'une part, l'impact pour les pêcheries et, d'autre part, l'influence d'autres facteurs sur la biomasse et la structure des peuplements au fil du temps. Alors que les halieutes s'attachent actuellement à prévoir les effets du réchauffement des océans sur les populations de thonidés du Pacifique (Lehodey et al. 2010, 2013), aucun d'eux ne s'est encore penché sur les conséquences éventuelles de leur acidification sur ces espèces et les pêcheries associées.

Une étude pilote a été entreprise au laboratoire d'Achotines (Panama) de la Commission interaméricaine du thon tropical (CIATT), afin d'approfondir les connaissances dont nous disposons sur les effets de l'acidification des océans (AO) sur les populations et les ressources de thons. Les objectifs de cette étude étaient de mettre au point des protocoles expérimentaux et de les tester pour étudier les effets éventuels de l'AO sur la fécondation du thon jaune (*Thunnus albacares*), le développement des œufs et des larves, leur croissance et leur survie, ainsi que sur la sélection rapide des génotypes résistants. L'article suivant fournit une présentation générale du projet, une description des essais réalisés et un résumé des résultats. Une description complète de l'étude et de ses résultats a été soumise à la revue *Deep Sea Research Part II* en vue de leur publication.

## Les changements prévus dans l'acidité des océans

Les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'océan ( $p\text{CO}_2$ ) et dans l'atmosphère tendent à l'équilibre. On estime que les océans ont absorbé entre 30 et 50 % des émissions dues à l'activité anthropique depuis le début de la révolution industrielle, ce qui a entraîné une baisse du pH moyen des eaux de surface de 0,1 unité (c.-à-d. une acidification et une diminution de l'alcalinité des océans) (Feely et al. 2004 ; Sabine et al. 2004 ; Orr et al. 2005). L'absorption de CO<sub>2</sub> atmosphérique par les océans devrait réduire le pH des eaux de surface de 0,3–0,4 unité d'ici 2100 et de 0,7 unité d'ici 2300 (Caldeira and Wickett 2003, 2005).

La concentration en pH montre une certaine hétérogénéité spatiale entre les régions océaniques (eaux de surface) et tout le long de la colonne d'eau. Actuellement, le pH des eaux de surface atteint le niveau le plus bas dans les hautes latitudes et dans les zones où les remontées d'eau peuvent faire remonter à la surface les eaux de subsurface dont le pH est moins élevé. Même si, d'après les prévisions le pH moyen des mers diminuera au niveau mondial, ce changement devrait être plus prononcé dans les hautes latitudes et moins marqué dans les eaux tropicales et subtropicales (Ilyina et al. 2013 ; Bopp et al. 2013). L'ampleur du changement dépendra également des futures émissions de CO<sub>2</sub> d'origine anthropique : la question est de savoir si elles seront plus ou moins élevées que les prévisions du GIEC<sup>1</sup> dans des conditions stables et si elles peuvent être influencées par d'autres effets prévus du changement climatique, tels qu'une modification de la dynamique de la circulation océanique (IPCC 2011).

Dans l'océan Pacifique, on constate d'importantes variations saisonnières et spatiales (verticales/horizontales) du pH et de la  $p\text{CO}_2$ . Dans l'océan Pacifique tropical Est, le pH des eaux de surface est en moyenne moins élevé que dans le Pacifique tropical Ouest. De même, le pH à 50 mètres de profondeur (dans le Pacifique Est) est inférieur de 0,54 unité au pH à la surface. Dans la zone d'habitat de frai du thon, le pH moyen des eaux de surface devrait diminuer de 0,26 à 0,49 unité de pH d'ici 2100 (d'après le scénario de concentration élevée de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère prévu par le GIEC<sup>1</sup>) (Ilyina et al. 2013). On prévoit une diminution du pH des eaux de surface de 0,32 unité (de 8,05 à 7,73) dans l'océan Pacifique Est, contre 0,40 unité dans l'océan Pacifique Ouest (avec une diminution maximale prévue de 0,46) (Ilyina et al. 2013).

\* Les affiliations des auteurs sont données à la fin de l'article.

<sup>1</sup> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

## Les répercussions sur les poissons

Notre revue de littérature semble indiquer que les poissons aux premiers stades du cycle de vie peuvent être plus vulnérables aux effets directs de l'AO que les poissons adultes, étant donné que leurs modes de respiration et d'échanges ioniques sont différents (Jonz and Nurse 2006 ; Pelster 2008). En règle générale, les poissons adultes parviennent à mieux compenser une exposition prolongée à une  $p\text{CO}_2$  élevée. En effet, ils peuvent contrôler l'équilibre acido-basique en stockant du bicarbonate dans leurs branchies et dans une moindre mesure, dans les reins (Brauner and Baker 2009 ; Esbaugh et al. 2012). Inversement, on a constaté qu'une exposition à une  $p\text{CO}_2$  élevée nuisait gravement au développement embryonnaire (Tseng et al. 2013), à la croissance larvaire et juvénile (Baumann et al. 2011), à la santé des tissus et des organes (Frommel et al. 2011), ainsi qu'à la survie (Baumann et al. 2011). Cependant, ces répercussions semblent spécifiques à certaines espèces, puisque les nombreuses études menées n'ont pas permis d'établir de liens directs entre des niveaux élevés de  $p\text{CO}_2$  « dans un futur proche » et l'embryogenèse (Franke and Clemmessen 2011), l'éclosion (Frommel et al. 2012), la croissance et le développement (Bignami et al. 2013a ; Hurst et al. 2012, 2013 ; Munday et al. 2011a ; Frommel et al. 2011, 2012), la capacité de nage (Bignami et al. 2013a ; Munday et al. 2009a) ou la survie (Frommel et al. 2012 ; Munday et al. 2011a). D'autres études ont produit des résultats similaires pour la croissance des otolithes, montrant notamment une augmentation de la taille et/ou de la densité observée pour certaines espèces (Checkley et al. 2009 ; Munday et al. 2011b ; Hurst et al. 2012 ; Bignami et al. 2013a, 2013b), mais pas pour d'autres (Frommel et al. 2012 ; Franke and Clemmessen 2011 ; Munday et al. 2011a).

Ce sont les effets sublétaux de l'AO qui sont les plus alarmants pour les individus et les populations de nombreuses espèces (Briffa et al. 2012). Les effets somatiques, tels que le ralentissement de la croissance et la taille réduite en fonction de l'âge, ont été associés à une hausse de la mortalité dans les populations naturelles de poissons, car celles-ci sont plus exposées aux risques de prédation et trouvent moins facilement leur nourriture (entre autres Houde 1989 ; Leggett and Deblois 1994). Les otolithes jouent un rôle important dans la détection des sons, l'accélération et la position des poissons (Bignami et al. 2013b). Par conséquent, leur malformation peut induire une modification du comportement face à la prédation et une diminution de l'efficacité de la recherche alimentaire. Des répercussions neurologiques et comportementales liées à une concentration élevée de  $\text{CO}_2$  ont également été observées chez les poissons de récif (Briffa et al. 2012). Parmi ces répercussions, on peut citer une perturbation de la propension à l'accouplement (Sundin et al. 2013), une détérioration de la capacité à choisir un lieu de fixation (Munday et al. 2009b), une modification de la période de fixation (Devine et al. 2012), un affaiblissement de la réaction aux signaux olfactifs émis par les prédateurs et les proies (Allen et al. 2013 ; Cripps et al. 2011 ; Dixon et al. 2010 ; Nilsson et al. 2012), une diminution des distances de fuite (Allen et al. 2013), une modification des réactions aux menaces visuelles (Ferrari et al. 2012a) et aux signaux auditifs (Simpson et al. 2011), une latéralisation comportementale (Domenici et al. 2012 ; Nilsson et al. 2012) et une diminution de la capacité d'apprentissage (Ferrari et al. 2012b). Pour certaines espèces de récif, ces changements comportementaux

ont récemment été attribués à l'effet d'une  $p\text{CO}_2$  élevée sur un neurotransmetteur clé du cerveau, le GABA-A (Nilsson et al. 2012). Cela peut avoir des répercussions sur d'autres espèces étant donné le caractère hautement conservé du GABA-A dans les différentes espèces.

## Vulnérabilité potentielle des thonidés

Alors que de nombreuses études originales réalisées dans ce domaine portaient sur les espèces récifales, plusieurs études récentes ont élargi leur champ d'application aux autres espèces (entre autres Bignami et al. 2013a, 2013b ; Frommel et al. 2010, 2011, 2012 ; Sundin et al. 2013 ; Tseng et al. 2013), à l'exception des thonidés. La seule expérience ayant inclus une espèce de thon (thonine orientale) a testé des niveaux de  $p\text{CO}_2$  qui dépassaient largement les niveaux projetés dans les scénarios du GIEC (Kikkawa et al. 2003). En général, on considère que les espèces pélagiques évoluent dans un environnement dont le pH est relativement plus stable que celui des espèces côtières et récifales. De plus, on peut supposer que les poissons pélagiques présentent de faibles niveaux de  $p\text{CO}_2$  dans le sang en raison de leurs taux élevés d'échange gazeux, ce qui les rend plus vulnérables aux variations de  $p\text{CO}_2$  et de pH dans les océans (entre autres Nilsson et al. 2012).

Le thon tropical vit et pond dans les eaux équatoriales et subtropicales situées entre l'extrême ouest et l'extrême est de l'océan Pacifique, tant dans les eaux littorales que dans les régions océaniques (Schaefer 2001). On ne sait pas si le niveau historique de variabilité de l'AO dans le Pacifique tropical a permis au thon tropical de développer une résistance aux niveaux futurs d'AO prévus.

Si les effets probables de l'AO sur les populations de thons n'ont pas encore été étudiés, il est aujourd'hui indispensable de démarrer des travaux de recherche. En effet, les décideurs ont besoin d'un avis scientifique approprié et actualisé pour assurer la gestion actuelle et future des pêches thonières, et planifier les mesures d'adaptation à l'échelle mondiale. En octobre 2010, conscient de ce besoin, le programme de recherche sur les pêcheries pélagiques (PFRP) a financé une étude concertée relative à l'impact de l'AO sur les premiers stades de développement du thon jaune du Pacifique. Cette étude, dirigée par le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique et la CIATT, traite de l'effet de l'AO sur le développement embryonnaire, les taux d'éclosion, l'état des larves de thon jaune, leur développement, leur croissance et leur survie avant et après le premier stade de l'alimentation. Cette collaboration réunit des scientifiques de l'Institut Max Planck de météorologie (Allemagne), de Collecte Localisation Satellites (France), de l'université de Göteborg (Suède) et de l'université Macquarie (Australie). Étant donné qu'une tolérance à l'AO variable a été constatée au niveau individuel dans d'autres espèces, le projet doit également permettre de déterminer si les génotypes (composition génétique) des larves de thon jaune varient en fonction des concentrations de  $\text{CO}_2$ . Il s'agira au final d'élucider l'effet de l'AO sur la sélection génétique des génotypes résistants de cette espèce. Les analyses visant à estimer les effets de l'AO sur le développement aux différents stades du cycle de vie et les taux de malformation, la formation des otolithes et la génétique, sont en cours et n'ont pas encore été présentées.

## Les installations du laboratoire d'Achotines

Des essais expérimentaux ont été menés au laboratoire d'Achotines de la CIATT (Panama) en octobre et novembre 2011. Inauguré en 1985, ce laboratoire est l'un des rares au monde à offrir la situation, les équipements et l'expertise nécessaires pour effectuer ce type de recherches. La baie d'Achotines est située sur une partie du littoral (figure 1) où le plateau continental se termine en pente abrupte et où les eaux océaniques profondes sont proches du littoral. Cette situation permet aux chercheurs d'avoir facilement accès aux populations locales de thons pour étudier les premiers stades de développement sur le terrain ou constituer un stock de thons jaunes reproducteurs en captivité. Le laboratoire possède un bac en béton enterré, dans lequel il stocke une population de thons jaunes reproducteurs qui pondent presque quotidiennement depuis octobre 1996. Par conséquent, il dispose d'une source permanente d'œufs et de larves pour mener ses études sur les premiers stades de développement.

## Essais expérimentaux

Les essais expérimentaux ont été scindés en trois catégories : les essais portant sur la laitance et la fécondation, les essais sur les œufs et les larves, et les analyses génétiques. Les essais sur les œufs et les larves ont été réalisés en octobre et reproduits en novembre.

## Installation des bacs et contrôle du pH

L'installation expérimentale pour les essais menés sur les œufs fécondés et les larves était constituée de 15 bacs expérimentaux. Chaque bac d'une capacité de 840 litres (l) a été placé dans un bac de 1 100 litres rempli d'eau de mer, afin de constituer une zone tampon/isolante pour stabiliser la température de l'eau du bac plus petit pendant les essais. Le débit de l'eau, la luminosité, l'aération et les niveaux de turbidité ont été uniformisés au maximum dans tous les bacs.

Quatre niveaux de pH (6,9 ; 7,3 ; 7,7 et 8,1) ont été appliqués pour chaque essai, avec trois bacs témoins par niveau (figure 2). Pour déterminer ces niveaux, on s'est basé sur les résultats obtenus pour les modèles de cycle du carbone océanique suivant le scénario IS92a du GIEC (notamment le modèle de Hambourg du cycle du carbone océanique) (Ilyina et al. 2009), et sur les études publiées sur les niveaux prévus de pH (Ilyina et al. 2013 ; Caldeira and Wickett 2003). On a également tenu compte de la variation spatiale des baisses prévues, en plus des baisses moyennes prévues au niveau mondial. Les niveaux de pH visés, allant de 6,9 à 8,1, reprennent les niveaux de pH moyens potentiels estimés pour les océans actuels et les niveaux prévus pour les océans dans un futur proche (jusqu'en 2300). Un cinquième traitement avec un pH de 6,5 (valeur nettement inférieure au pH le plus faible prévu pour la période allant jusqu'à 2300) a également été appliqué pour effectuer un test comparatif, dans le but de vérifier si des valeurs extrêmes du pH peuvent être mortelles.

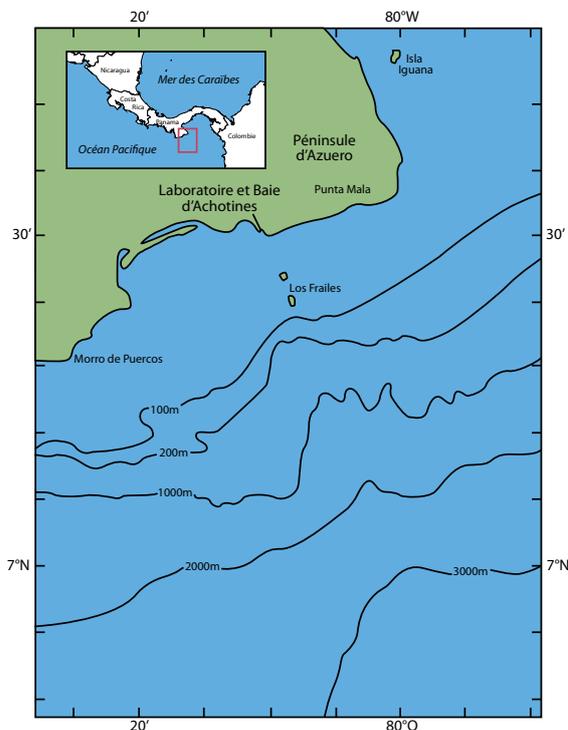


Figure 1. Situation du laboratoire d'Achotines sur la baie d'Achotines (au milieu de la photo).



Figure 2. Bacs expérimentaux accueillant des incubateurs utilisés lors des 1<sup>ère</sup> et 2<sup>e</sup> expériences de l'étude pilote.

Le pH des eaux côtières locales qui approvisionnent le système d'eau de mer du laboratoire d'Achotines était très proche d'un pH de 8,2 pendant la période d'essai. Par conséquent, on a utilisé de l'eau de mer ambiante pour le niveau de pH élevé. Les quatre niveaux de traitement inférieurs ont été régulés par injection d'un mélange d'air comprimé et de CO<sub>2</sub> dans chaque bac, à l'aide d'un diffuseur (bulleuse). L'utilisation de CO<sub>2</sub> était essentielle pour simuler la modification des propriétés chimiques de l'eau (augmentation de l'acide carbonique et du H<sup>+</sup>, diminution du pH) provoquée par l'acidification des océans.

Durant tous les essais, les paramètres liés à la qualité de l'eau (pH, température, salinité, oxygène dissous, CO<sub>2</sub>, alcalinité) ont été mesurés dans chaque bac, à intervalles réguliers. Le contrôle du pH dans les systèmes d'étude de l'acidification des océans est très complexe (Riebesell et al. 2010). Pour les besoins des expériences décrites ici, des régulateurs électroniques de pointe pour le débit de gaz ont été utilisés pour mesurer avec précision le mélange d'air et de CO<sub>2</sub> injecté dans les bacs de chaque module. Lors de la première expérience, le pH moyen obtenu dans chaque niveau de traitement a atteint le pH cible, à moins de 0,15 unité près (généralement plus proche). Durant la seconde expérience, les niveaux de pH moyens dans chaque module s'écartaient parfois de plusieurs unités du pH cible.

### Essais sur les œufs fécondés et les larves

Les effets de l'AO sur la mortalité, la croissance et le développement des œufs et des larves de thon jaune ont été testés grâce à l'élevage de larves, du stade de l'œuf au premier stade de l'alimentation, dans 15 bacs représentant les cinq niveaux de traitement (pH). Les essais ont été effectués en continu,

mais scindés en trois phases : la phase de l'œuf, la phase d'alimentation endogène (larves vésiculées) et la phase de première alimentation, avec des régimes d'échantillonnage différents à chaque phase.

Pour commencer l'expérience, des œufs fécondés ont été prélevés dans le frai produit quotidiennement dans le bac de reproducteurs du laboratoire d'Achotines. Ils ont ensuite été stockés de manière aléatoire dans les 15 incubateurs cylindriques (en forme de filet) installés dans les bacs expérimentaux (figure 3), avec une densité de 177 œufs l<sup>-1</sup>. Les œufs ont été pesés et mesurés (à l'état frais) juste après leur prélèvement. D'autres échantillons d'œufs ont été récoltés pendant la période d'incubation et stabilisés en vue d'un examen histologique ultérieur du développement des tissus et des organes.

Les larves vésiculées ont alors été retirées des incubateurs et réparties dans leurs bacs expérimentaux respectifs, une heure (h) après l'éclosion. Chez le thon jaune, le sac vitellin ne se résorbe que 50 à 70 heures après l'éclosion, en fonction de la température de l'eau. Les larves vésiculées et les larves démarquant l'alimentation exogène sont restées dans les mêmes bacs expérimentaux jusqu'au début du septième jour d'alimentation (environ 8,5 jours après l'éclosion ; 9,38 jours au total depuis le transfert de l'œuf), lorsque les expériences ont pris fin.

Les larves ont été nourries de *Brachionus plicatilis* de culture (rotifères), avec des densités de 3–5 ml<sup>-1</sup>. D'épaisses efflorescences d'algues unicellulaires (500 000–750 000 cellules ml<sup>-1</sup>) ont été conservées dans chaque bac pour favoriser l'élevage (Margulies et al. 2007).

À chaque stade (œuf, sac vitellin et première alimentation), 15 à 17 échantillons frais ont été prélevés dans chaque bac à

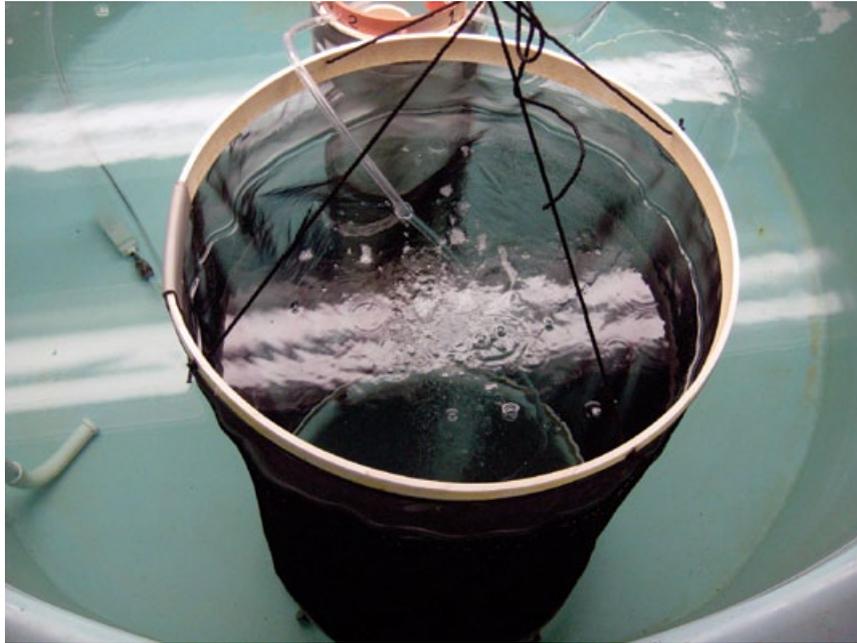


Figure 3. Incubateurs cylindres (filets) utilisés pour l'étude pilote. Un incubateur a été placé dans chaque bac expérimental.

intervalles variables, afin d'être mesurés (longueur totale, longueur de la notocorde, épaisseur du corps au niveau de la nageoire pectorale, épaisseur du corps au niveau de l'orifice uro-génital) et traités pour déterminer leur poids sec. Plusieurs échantillons prélevés à chaque phase de développement ont également été stabilisés et stockés pour effectuer ultérieurement des analyses sur l'histologie des tissus, ainsi que sur le développement des organes, l'efficacité alimentaire, la variabilité génétique et le développement des otolithes.

Au terme de l'expérience, chaque bac a été vidé progressivement afin de recueillir les larves survivantes dans un vase à bec et de les compter. Le pourcentage de survie prévu (corrigé en fonction des prélèvements d'échantillons) a été estimé pour chaque bac.

## Résultats et discussion

Dans notre étude, nous avons testé l'effet d'une gamme de pH (~ 6,9–8,2) et de  $p\text{CO}_2$  (330–10 467 microatmosphères [ $\mu\text{atm}$ ]) sur les œufs et les larves de thon jaune. Cette gamme est assez étendue pour prendre en considération la variabilité spatiale actuelle et future (jusqu'en 2300) des propriétés chimiques de l'eau dans toute la zone d'habitat de frai du thon jaune dans le Pacifique. Les bacs d'une  $p\text{CO}_2$  moyenne inférieure à 2 500  $\mu\text{atm}$  offraient les conditions idéales pour évaluer les effets sur le thon jaune « dans un futur proche » (soit en 2100). Passé ce délai (jusqu'en 2300) ou en cas d'augmentations plus importantes des émissions de  $\text{CO}_2$ , la hausse de la  $p\text{CO}_2$  et la baisse du pH (de 0,7 unité de pH d'après Caldeira and Wickert [2003]) peuvent être plus prononcées. Dans ce cas, les conditions expérimentales correspondant à une  $p\text{CO}_2$  moyenne située entre 2 500 et 5 000  $\mu\text{atm}$  présentent un intérêt pour la

recherche.

C'est dans les niveaux de  $p\text{CO}_2$  les plus élevés (> 8 500  $\mu\text{atm}$ ; tableau 1) que les effets les plus réguliers ont été observés pour tous les stades du cycle de vie des larves de thon jaune. Ces niveaux sont supérieurs aux niveaux prévus pour les 300 prochaines années. Toutefois, on a constaté une diminution significative de la survie à des niveaux moyens de  $p\text{CO}_2$  supérieurs ou égaux à 4 700  $\mu\text{atm}$  (expérience 1), ainsi qu'une diminution significative de la taille des larves (expérience 1) et un prolongement de la période d'éclosion des œufs (expérience 2) pour des niveaux moyens de  $p\text{CO}_2$  supérieurs ou égaux à 2 200  $\mu\text{atm}$ . Ces résultats sont pertinents au regard des niveaux prévus dans un futur proche (tableau 1). Néanmoins, les deux essais n'ont pas permis de prévoir des effets significatifs pour des niveaux de  $p\text{CO}_2$  dans un futur proche.

Nous avons observé une baisse de la survie des larves de thon jaune après 7 jours d'alimentation dans le premier essai, liée à l'augmentation de la  $p\text{CO}_2$  moyenne. Le taux de survie moyen pour le niveau témoin (pH = 8,23 ;  $p\text{CO}_2$  = 368) ne présentait pas de différence significative avec le taux de survie à un pH de 7,56 ( $p\text{CO}_2$  ~2 108), mais était considérablement plus élevé qu'à un pH de 7,35 ( $p\text{CO}_2$  ~4 732) et de 6,90 ( $p\text{CO}_2$  ~8 847). Dans le second essai, la relation entre la survie et le niveau moyen de  $p\text{CO}_2$  n'a pas été établie clairement et n'est pas significative sur le plan statistique, essentiellement en raison de l'importante variabilité du taux de survie pour un même traitement. On a constaté un épisode de mortalité massive et soudaine dans le bac 15 (pH de 8,1) au cours de la dernière nuit du deuxième essai. Lié dans ce cas à une densité très élevée de larves durant tout l'essai dans le même bac, ce type d'épisode rare avait déjà été observé à Achotines dans les bacs contenant une densité

Tableau 1. Résultats expérimentaux de l'étude pilote portant sur les effets potentiels de l'acidification des océans sur le thon jaune. Les différences significatives sur le plan statistique entre les niveaux de contrôle (niveaux de  $p\text{CO}_2$  actuels) et de traitement sont représentées par des carrés rouges. Les carrés verts indiquent les éléments pour lesquels aucun effet significatif sur le plan statistique n'a été observé durant les expériences 1 et 2. Le pH moyen et la  $p\text{CO}_2$  moyenne pour les bacs témoins durant les expériences 1 et 2 étaient respectivement de 8,2/368 et 8,1/464.

	Expérience 1			Expérience 2		
	Gamme de pH Gamme de $p\text{CO}_2$			Gamme de pH Gamme de $p\text{CO}_2$		
	7,6 2 108	7,4 3 820	6,9 9 824	7,6 1 719	7,2 4 733	7,0 8 847
Durée du stade embryonnaire						
Survie						
Accroissement du poids sec						
Accroissement de la longueur standard						

importante de larves après 4 à 5 jours d'alimentation. Si le taux de survie dans ce bac avait été pris en compte dans l'analyse, on aurait constaté une baisse générale de la survie à mesure que la  $p\text{CO}_2$  augmente durant le deuxième essai.

Les résultats pour le stade embryonnaire et la croissance observés dans les deux essais étaient plus cohérents. En procédant à des comparaisons par paires pour les deux expériences, on a constaté une différence significative entre les poids secs des larves élevées dans le traitement témoin ( $p\text{CO}_2$  moyenne ~368 dans l'essai 1 et ~464 dans l'essai 2) et de celles élevées dans les traitements où la  $p\text{CO}_2$  était la plus élevée ( $p\text{CO}_2$  moyenne ~9 824 dans l'essai 1 et ~8 847 dans l'essai 2). Cette différence n'était pas significative entre les larves élevées dans les niveaux témoins et dans les niveaux intermédiaires. Toutefois, dans ces niveaux intermédiaires de  $p\text{CO}_2$ , on a détecté une différence pour la longueur standard. Les comparaisons par paires pour l'expérience 1 ont révélé que les larves élevées dans les bacs de traitement correspondant à une  $p\text{CO}_2$  moyenne d'environ 2 108 et 4 732 étaient significativement plus petites que les larves élevées dans le traitement témoin ( $p\text{CO}_2$  ~368). La croissance larvaire plus lente au cours de la première semaine d'alimentation peut avoir des répercussions par la suite sur la survie, puisqu'elle a une incidence sur la prospection alimentaire et prolonge les stades de développement. De plus, les larves plus petites sont aussi plus vulnérables à la prédation (voir revue dans Leggett and Deblois 1994).

Les deux expériences ont permis de dégager une relation positive significative entre la  $p\text{CO}_2$  moyenne et le nombre d'heures précédant l'éclosion complète. Les durées d'éclosion pour une  $p\text{CO}_2$  moyenne inférieure à environ 2 200 étaient très similaires dans l'expérience 1. La tendance significative à la hausse constatée pour la durée d'éclosion durant cette expérience correspond à une augmentation de la durée d'éclosion

moyenne pour une  $p\text{CO}_2$  moyenne supérieure à environ 8 800 (pH cible de 6,9) par rapport aux durées d'éclosion moyennes pour des niveaux de  $p\text{CO}_2$  inférieurs. Dans l'expérience 2, la durée d'éclosion moyenne pour un pH de 8,1 était significativement plus courte que pour un pH de 7,3, de 7,7 et de 6,9. De même, la durée d'éclosion moyenne était significativement plus courte pour un pH de 7,3 que pour un pH de 6,9. La différence de durée d'éclosion entre les conditions actuelles et une  $p\text{CO}_2$  moyenne supérieure à environ 8 800 était d'une heure. De tels retards d'éclosion ont également été observés dans des conditions physiques défavorables, c'est-à-dire avec un niveau d'oxygène dissous très bas et une température de l'eau extrêmement élevée (Wexler et al. 2011).

L'objectif de l'étude pilote était de tester des techniques permettant de mettre en place des essais expérimentaux plus approfondis. Les analyses de puissance de la variabilité de la survie dans les bacs/traitements et entre ceux-ci ont montré qu'il est indispensable d'augmenter le nombre de bacs par traitement pour accroître la valeur statistique et la sensibilité des expériences, afin de pouvoir identifier et décrire la forme fonctionnelle des relations caractérisant la survie. Le nombre limité de bacs était moins problématique pour les analyses de croissance, puisque les échantillons étaient plus nombreux. Pour les expériences futures, il faudra également veiller à appliquer des concentrations élevées de  $p\text{CO}_2$  au stock parental. Une étude récente a montré que l'exposition des reproducteurs à des niveaux élevés de  $p\text{CO}_2$  avant la ponte peut réduire ou éliminer les conséquences négatives sur le comportement des larves provenant des frais suivants (Miller et al. 2012).

À l'avenir, les essais expérimentaux devraient inclure un traitement de  $p\text{CO}_2$  inférieur (~1 000  $\mu\text{atm}$ ) afin de tester les réactions des larves de thon jaune à des niveaux de  $p\text{CO}_2$  moins élevés « dans un avenir proche ». Il serait également intéressant

de prendre en compte les effets interactifs de la température et de l'oxygène, qui varieront également en fonction de l'évolution future du climat (Gruber 2011). Il a déjà été démontré que l'acidification des océans et d'autres paramètres, tels que la température, produisent des effets combinés sur certaines espèces (Nowicki et al. 2012 ; Munday et al. 2009a ; Enzor et al. 2013). À l'avenir, les zones hypoxiques présentes dans l'océan peuvent être multipliées par les changements de température liés au climat et le mélange des eaux océaniques profondes (Hofman and Schellhuber 2009). Au début de la période d'alimentation, la survie des larves de thon jaune est considérablement affectée par des déficits en oxygène à court terme pour une température de l'eau supérieure ou égale à 26 °C (Wexler et al. 2011). Des expériences futures doivent permettre de vérifier si la sensibilité des larves au transport d'oxygène (TO<sub>2</sub>) augmente quand le taux de pCO<sub>2</sub> est élevé.

Le taux de fécondité particulièrement élevé et le temps de génération relativement court du thon jaune lui permettent de s'adapter plus rapidement que les espèces à longue vie moins fécondes. Il faudra déterminer dans quelle mesure la variation interindividuelle influence les réactions sélectives (Schlegel et al. 2012). Les analyses génétiques des échantillons prélevés pendant les essais en cours ont démarré pour déterminer si certains génotypes sont plus résistants aux variations de pCO<sub>2</sub>. Les résultats de ces analyses devraient permettre de mettre au point les plans expérimentaux nécessaires pour étudier ce point important. Les résultats de notre échantillonnage complémentaire sur les modes d'alimentation, la morphologie des otolithes et l'état histologique des tissus internes des larves nous permettront également de poursuivre nos recherches sur les effets de l'acidification sur les premiers stades du cycle de vie. Grâce aux échantillons prélevés parmi les larves vésiculées et les larves au premier stade d'alimentation, nous pourrions savoir à quel moment du développement apparaissent les premiers effets sur la croissance.

L'objectif ultime de cette étude est de fournir des informations qui permettront de paramétrer des modèles tels que le modèle SEAPODYM (modèle spatial de simulation de l'écosystème et de la dynamique des populations), afin d'y inclure les effets de l'acidification. Ce faisant, les scientifiques et les responsables de la pêche thonière pourront mieux comprendre comment ces modifications de la chimie des océans influenceront la distribution et l'abondance des thons jaunes. Le modèle SEAPODYM utilise des données environnementales pour caractériser fonctionnellement l'habitat de la population en fonction de ses préférences thermiques, biogéochimiques et alimentaires (Lehodey et al. 2008, 2010). À cette fin, il sera indispensable d'effectuer d'autres essais empiriques en vue d'identifier plus clairement la forme fonctionnelle de la relation entre le pH (ou la pCO<sub>2</sub>) et la survie des larves, ainsi que les interactions entre le pH (ou la pCO<sub>2</sub>) et d'autres facteurs essentiels de l'océanographie physique, tels que la température et l'oxygène. Les importantes informations ainsi obtenues permettront d'adapter l'indice d'habitat de frai du modèle SEAPODYM en conséquence. Grâce aux prévisions des effets de l'acidification de l'océan sur la population, les organisations régionales de gestion des pêches pourront prendre des décisions plus éclairées sur la gestion des ressources extrêmement précieuses de thons tropicaux, en particulier en ce qui concerne la réalisation des principaux objectifs de durabilité (Bell et al. 2013).

## Bibliographie

- Allen B., Domenici P., McCormick M.I., Watson S. and Munday P. 2013. Elevated CO<sub>2</sub> affects predator-prey interactions through altered performance. *PLoS ONE* 8: e58520. DOI:10.1371/journal.pone.0058520
- Barnett T.P., Pierce D.W., Achuta Rao K.M., Gleckler P.J., Santer B.D., Gregory J.M. and Washington W.M. 2005. Penetration of human-induced warming into the world's oceans. *Science* 309: 284–7.
- Baumann, H., Talmage S.C., and Gobler C.J. 2011. Reduced early life growth and survival in a fish in direct response to increased carbon dioxide. *Nature Climate Change*. DOI:10.1038/NCLIMATE1291
- Bell J.D., Ganachaud A., Gehrke P.C., Griffiths S.P., Hobday A.J., Hoegh-Guldberg O., Johnson J.E., Le Borgne R., Lehodey P., Lough J.M., Matear R.J., Pickering T.D., Pratchett M.S., Sen Gupta A., Senina I. and Waycott M. 2013. Tropical Pacific fisheries and aquaculture will respond differently to climate change. *Nature Climate Change* 3: 591–599.
- Bignami S., Sponaugle S. and Cowen R.K. 2013a. Response to ocean acidification in larvae of a large tropical marine fish, *Rachycentron canadum*. *Global Change Biology* 19: 996–1006.
- Bignami S., Enochs I.C., Manzello D.P., Sponaugle S. and Cowen R.C. 2013b. Ocean acidification alters the otoliths of a pantropical fish species with implications for sensory function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI 10.1073/pnas.1301365110.
- Bopp L., Resplandy L., Orr J.C., Doney S.C., Dunne J.P., Gehlen M., Halloran P., Heinze C., Ilyina T., Seferian R., Tjiputra J. and Vichi M. 2013. Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21<sup>st</sup> century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10: 6225–6245. www.biogeosciences.net/10/6225/2013/doi:10.5194/bg-10-6225-2013
- Brauner C.J. and Baker D.W. 2009. Patterns of acid-base regulation during exposure to hypercarbia in fishes. p. 43–63. In: M.L. Glass and S.C. Woods (eds). *Cardiorespiratory control in vertebrates*.
- Briffa M., de la Haye K. and Munday P.L. 2012. High CO<sub>2</sub> and marine animal behaviour: Potential mechanisms and ecological consequences. *Marine Pollution Bulletin* 64: 1519–1528.
- Caldeira K. and Wickett M.E. 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425: 365.
- Caldeira K. and Wickett M.E. 2005. Ocean model predictions of chemistry changes from carbon dioxide emissions to the atmosphere and ocean. *Journal of Geophysical Research*. 110:n.p.

- Checkley D.M., Dickson A.G., Takahashi M., Radich J.A., Eisenkolf N. and Asch R. 2009. Elevated CO<sub>2</sub> enhances otolith growth in young fish. *Science* 324:1683.
- Cripps I.C., Munday P.L. and McCormick M.I. 2011. Ocean acidification affects prey detection by a predatory reef fish. *PLoS ONE* 7: e22736. doi:10.1371/journal.pone.0022736
- Devine B.M., Munday P.L. and Jones G.P. 2012. Rising CO<sub>2</sub> concentrations affect settlement behaviour of larval damselfishes. *Coral Reefs* 31(1): 229–38.
- Devine B.M., Munday P.L. and Jones G.P. 2010. Ocean acidification disrupts the innate ability of fish to detect predator olfactory cues. *Ecology Letters* 13:68–75.
- Domenici P., Allan B., McCormick M.I. and Munday P.L. 2012. Elevated CO<sub>2</sub> affects behavioral lateralization in a coral reef fish. *Biology Letters* doi:10.1098/rsbl.2011.0591.
- Enzor L., Zippay M.L. and Place S.P. 2013. High latitude fish in a high CO<sub>2</sub> world: Synergistic effects of elevated temperature and carbon dioxide on the metabolic rates of Antarctic notothenioids. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 164: 154–161.
- Esbaugh A.J., Heuer R. and Grosell M. 2012. Impacts of ocean acidification on respiratory gas exchange and acid-base balance in a marine teleost, Opsanus beta. *Journal of Comparative Physiology Part B* 182: 921–934.
- Fabry V.J., Seibel B.A., Feely R.A., and Orr J.C. 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes—ICES. *Journal of Marine Sciences* 65: 414–32.
- Feely R.A., Sabine C.L., Lee K., Berelson W., Kleypas J., Fabry V.J. and Millero F.J. 2004. Impact of anthropogenic CO<sub>2</sub> on the CaCO<sub>3</sub> System in the oceans. *Science* 305: 362–6.
- Ferrari M.C.O., McCormick M.I., Munday P.L., Meekan M.G., Dixon D.L., Lonnstedt O. and Chivers D.P. 2012a. Effects of ocean acidification on visual risk assessment in coral reef fishes. *Functional Ecology* 26: 553–558; DOI: 10.1111/j.1365-2435.2011.01951.x
- Ferrari M.C.O., Manassa R., Dixon D.L., Munday P.L., McCormick M.I., Meekan M.G., Sih A. and Chivers D.P. 2012b. Effects of ocean acidification on learning in coral reef fishes. *PLoS ONE* 7: e31478. doi:10.1371/journal.pone.0031478
- Franke A. and Clemmesen C. 2011. Effect of ocean acidification on early life stages of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). *Biogeosciences Discuss* 8: 7097–7126.
- Frommel A.Y., Stiebens V., Clemmesen C. and Havenhand J. 2010. Effect of ocean acidification on marine fish sperm (Baltic cod: *Gadus morhua*). *Biogeosciences*, 7: 3915–3919.
- Frommel A.Y., Maneja R., Lowe D., Malzahn A.M., Geffen A.J., Folkvord A., Piatkowski U., Reusch T.B.H. and Clemmesen C. 2011. Severe tissue damage in Atlantic cod larvae under increasing ocean acidification. *Nature Climate Change*, 2: 42–46. DOI: 10.1038/NCLIMATE1324
- Frommel A.Y., Schubert A., Piatkowski U. and Clemmesen C. 2012. Egg and early larval stages of Baltic cod, *Gadus morhua*, are robust to high levels of ocean acidification. *Marine Biology* DOI 10.1007/s00227-011-1876-3
- Gillett R. 2009. Fisheries in the economies of Pacific Island countries and territories. Pacific Studies Series, Asian Development Bank, Manila, Philippines.
- Gruber N. 2011. Warming up, turning sour, losing breath: ocean biogeochemistry under global change. *Philosophical Transactions of the Royal Society a-Mathematical Physical and Engineering Sciences* 369: 1980-1996 doi 10.1098/rsta.2011.0003
- Hofman M. and Shellhuber H. 2009. Oceanic acidification affects marine carbon pump and triggers extended marine oxygen holes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 3017-3022; www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0813384106
- Houde E. 1989. Subtleties and episodes in the early life of fishes. *Journal of Fish Biology* 35: 29–38.
- Hurst T.P., Fernandez E.R., Mathis J.T., Miller J.A., Stinson C.M. and Ahgeak E. F. 2012. Resiliency of juvenile walleye pollock to projected levels of ocean acidification. *Aquatic Biology* 17: 247–259.
- Hurst T.P., Fernandez E.R. and Mathis J.T. 2013. Effects of ocean acidification on hatch size and larval growth of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *ICES Journal of Marine Science* 70: 812-822. doi: 10.1093/icesjms/fst053
- Ilyina T., Zeebe R.E., Maier-Reimer E. and Heinze C. 2009. Early detection of ocean acidification effects on marine calcification. *Global Biogeochemical Cycles* 23: GB1008. doi:10.1029/2008GB003278.
- Ilyina T., Six K.D., Segschneider J., Maier-Reimer E., Li H. and Núñez-Riboni I. 2013. The global ocean biogeochemistry model HAMOCC: Model architecture and performance as component of the MPI-Earth System Model in different CMIP5 experimental realizations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, doi: 10.1002/jame.20017, 2013.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team: Pachauri, R.K. and A. Reisinger, eds.] Geneva, Switzerland: IPCC.

- IPCC. 2011. Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Impacts of Ocean Acidification on Marine Biology and Ecosystems [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, K.J. Mach, G.-K. Plattner, M.D. Mastrandrea, M. Tignor and K.L. Ebi (eds.)]. IPCC Working Group II Technical Support Unit, Carnegie Institution, Stanford, California, United States of America. 164 p.
- Jonz M.G. and Nurse C.A. 2006. Ontogenesis of oxygen chemoreception in aquatic vertebrates. *Respiratory Physiology and Neurobiology* 154: 139–152.
- Leggett W.C. and Deblois E. 1994. Recruitment in marine fishes - is it regulated by starvation and predation in the egg and larval stages. *Netherlands Journal of Sea Research* 32: 119–134.
- Kikkawa T., Ishimatsu A. and Kita J. 2003. Acute CO<sub>2</sub> tolerance during the early developmental stages of four marine teleosts. *Environmental Toxicology* 18: 375–382.
- Lehodey P., Senina I. and Murtugudde R. 2008. A spatial ecosystem and populations dynamics model (SEAPO-DYM) modelling of tuna and tuna-like populations. *Progress in Oceanography* 78: 304–18.
- Lehodey P., Senina I., Sibert J., Bopp L., Calmettes B., Hampton J. and Murtugudde R. 2010. Preliminary forecasts of population trends for Pacific bigeye tuna under the A2 IPCC Scenario. *Progress in Oceanography* DOI:10.1016/j.pocean.2010.04.021.
- Lehodey P., Senina I., Calmettes B., Hampton J. and Nicol S. 2013. Modelling the impact of climate change on Pacific skipjack tuna population and fisheries. *Climatic Change* 119: 95–109. DOI 10.1007/s10584-012-0595-1,
- Margulies D., Suter J.M., Hunt S.L., Olson R.J., Scholey V.P., Wexler J.B. and Nakazawa A. 2007. Spawning and early development of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Fisheries Bulletin* 105: 249–65.
- Miller G.M., Watson S.A., Donelson J.M., McCormick M.I. and Munday P.L. 2012a. Parental environment mediates impacts of increased carbon dioxide on a coral reef fish. *Nature Climate Change*. DOI: 10.1038/NCLIMATE1599
- Munday P.L., Donelson J.M., Dixon D.L. and Endo G.G.K. 2009a. Effects of ocean acidification on the early life history of a tropical marine fish. *Proceedings of the Royal Society London B* 276: 3275–83.
- Munday P.L., Dixon D.L., Donelson J.M., Jones G.P., Pratchett M.S., Devitsina G.V. and Døving K.B. 2009b. Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish. *Proceeding of the National Academy of Sciences* 106: 1848–1852.
- Munday P.L., Crawley N. and Nilsson G.E. 2009c. Interacting effects of elevated temperature and ocean acidification on the aerobic performance of coral reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 388: 235–242.
- Munday P.L., Gagliano M., Donelson J.M., Dixon D.L. and Thorrold S. 2011a. Ocean acidification does not affect the early life history development of a tropical marine fish. *Marine Ecology Progress Series* 423: 211–221. DOI: 10.3354/meps08990
- Munday P.L., Hernaman V., Dixon D.L. and Thorrold S.R. 2011b. Effect of ocean acidification on otolith development in larvae of a tropical marine fish. *Biogeosciences* 8: 1631–1641; DOI:10.5194/bg-8-1631-2011
- Nilsson G., Dixon D.L., Domenici P., McCormick M.I., Sorensen C., Watson S. and Munday P.L. 2012. Near future carbon dioxide levels alter fish behaviour by interfering with neurotransmitter function. *Nature Climate Change*. DOI:10.1038/NCLIMATE1352.
- Nowicki J.P., Miller G.M. and Munday P.L. 2012. Interactive effects of elevated temperature and CO<sub>2</sub> on foraging behavior of juvenile coral reef fish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 412: 46–51. DOI: org/10.1016/j.jembe.2011.10.020
- Orr J.C., Fabry V.J., Aumont O., Bopp L., Doney S.C., Feely R.A., Gnanadesikan A. et al. 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437: 681–6.
- Pelster B. 2008. Gas exchange. p. 102–103. In: Finn R.N. and Kapoor B.G. (Eds.), *Fish Larval Physiology, Part 2, Respiration & Homeostasis*. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, United States of America.
- Raven J., Caldeira K., Elderfield H., Hoegh-Guldberg O., Liss P., Riebesell U., Shepherd J., Turley C. and Watson A. 2005. Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. Policy Document 12/05. London: Royal Society London.
- Riebesell U., Fabry V.J., Hansson L. and Gattuso J.-P. (eds.). 2010. Guide to best practices for ocean acidification research and data reporting. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Sabine C.L., Feely R.A., Gruber N., Key R.M., Lee K., Bullister J.L. et al. 2004. The oceanic sink for CO<sub>2</sub>. *Science* 305:367–71.
- Schaefer K.M. 2001. Reproductive biology of tunas. p. 225–270. In: B. A. Block and E. D. Stevens (eds). *Fish physiology, Vol. 19, Tuna: physiology, ecology, and evolution*. Academic Press, San Diego, California, United States of America.

Schlegel P., Havenhand J.N., Gillings M.R. and Williamson J.E. 2012. Individual variability in reproductive success determines winners and losers under ocean acidification: A case study with sea urchins. *PLoS ONE* 7:e53118

Simpson S.D., Munday P.L., Wittenrich M.L., Manassa R., Dixon, D.L., Gagliano M. and Yan, H.Y. 2011. Ocean acidification erodes crucial auditory behaviour in a marine fish, *Biology Letters* 7: 917–920, DOI:10.1098/rsbl.2011.0293

Sundin J., Rosenqvist G. and Berglund A. 2013. Altered oceanic pH impairs mating propensity in a pipefish. *Ethology* 119: 86–93.

Tseng Y-C., Yu M.H., Stumpp M., Yin L-Y., Melzner F. and Hwang P-P. 2013. CO<sub>2</sub>-driven seawater acidification differentially affects development and molecular plasticity along life history of fish (*Oryzias latipes*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 165: 119–130.

Wexler J.B., Margulies D., and Scholey V.P. 2011. Temperature and dissolved oxygen requirements for survival of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 404: 63–72.

Williams P. and Terawasi P. 2009. Overview of tuna fisheries in the Western and Central Pacific Ocean, including economic conditions—2008. WCPFC-SC5-2009-GN-WP-01. Western and Central Pacific Fisheries Commission Scientific Committee Fifth Regular Session, 10–21 August 2009, Port Vila, Vanuatu.

## Affiliations des auteurs

1. Vernon Scholey est le Directeur du Laboratoire d'Achotines (Commission interaméricaine du thon tropical), Las Tablas, Los Santos, Panama.

2. Don Bromhead, Simon Hoyle et Simon Nicol sont Chargés de recherche halieutique au sein du Programme pêche hauturière du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, BP D5, 98848 Nouméa CEDEX, Nouvelle-Calédonie.

3. Daniel Margulies, Jeanne Wexler, Maria Santiago et Cleidy Lennert-Cody sont halieutes à la Commission interaméricaine du thon tropical, 8604 La Jolla Shores Drive, La Jolla, Californie, 92037, USA.

4. Jane E. Williamson est Maître de conférence en Biologie et dirige Groupe d'écologie marine à l'Université de Macquarie, NSW, 2109, Australie.

5. Jon Havenhand est un spécialiste de l'écologie des larves qui travaille sur l'acidification des océans au Laboratoire de biologie marine Tjärnö, Université de Gothenburg, 45296 Strömstad, Suède.

6. Tatiana Ilyina dirige le Groupe de biogéochimie des océans à l'Institut Max Planck de météorologie, Bundesstrasse 53, 20146 Hamburg, Allemagne.

7. Patrick Lehodey dirige le Département écosystèmes marins de la Direction océanographie spatiale, CLS, France, 8-10 rue Hermes, 31520, Ramonville St Agne, France.

---

© Copyright Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 2014

Tous droits réservés de reproduction ou de traduction à des fins commerciales/lucratives, sous quelque forme que ce soit. Le Secrétariat général de 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.

Texte original : anglais