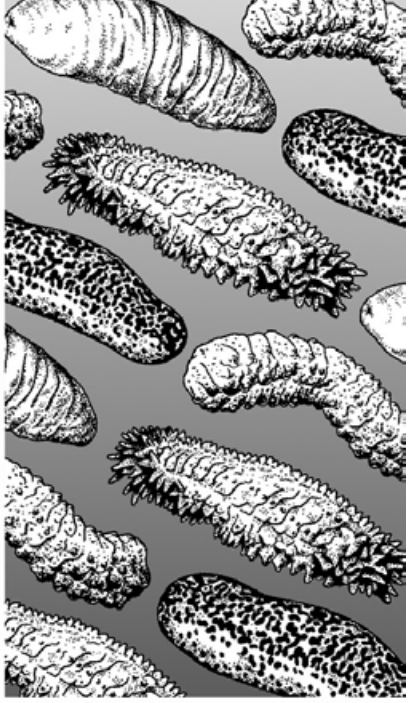

Pacific Community
Communauté du Pacifique

ISSN 1025-4943

Numéro 36 – Octobre 2016

LA BÊCHE-DE-MER
bulletin d'information

Sommaire

Les systèmes de zonage par rotation dans les pêcheries d'holothuries plurispécifiques
S.W. Purcell et al. p. 3

Observations *in situ* d'holothuries dans l'atoll d'Ari et comparaison avec deux atolls proches (Îles Maldives)
F. Ducarme p. 9

Distribution des holothuries dans les lagons de deux réserves marines de l'île Maurice
C. Conand et al. p. 15

La faune des holothuries du Pakistan accueille trois nouvelles espèces : *Holothuria verrucosa*, *Holothuria cinerascens* et *Ohshimella ehrenbergii*
Q. Ahmed et al. p. 20

Catalogue des holothuries de l'Extrême-Orient russe
V.G. Stepanov et E.G. Panina p. 24

Découverte et description d'une nourricerie de juvéniles de *Stichopus herrmanni* à Heron Reef (Grande barrière de corail)
L. Palazzo et al. p. 36

Nouvelles observations de juvéniles d'holothuries sur les récifs de La Réunion
P. Bourjon et E. Morcel p. 41

Éditeur
Igor Eeckhaut
Biologie des organismes marins et biomimétisme
6, Av. Champ de Mars
Université de Mons
27000 Mons Belgique
Courriel : Igor.Eeckhaut@umons.ac.be

Production
Section information halieutique
CPS, BP D5, 98848 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie
Fax : +687 263818
Courriel : cfpinfo@spc.int
www.spc.int/coastfish
Imprimé avec le concours financier de l'Australie, de l'Union européenne, de la France et du Programme d'aide néo-zélandais.

Éditorial

Ce 36e numéro du bulletin d'information *La Bêche-de-mer* comprend 13 articles originaux sur la biodiversité des holothuries dans différentes régions de l'Indo-Pacifique occidental, certains aspects de leur biologie et les méthodes à mettre en place pour mieux étudier la ressource et maîtriser les cycles d'élevage.

Pour ouvrir ce numéro, Steven Purcell et ses co-auteurs s'interrogent sur la possibilité d'appliquer des systèmes de rotation de la pêche pour la gestion des pêcheries d'holothuries plurispécifiques. Ces systèmes, qui donnent des résultats contrastés dans les pêcheries monospécifiques des pays développés, n'ont pas été testés sur des pêcheries à petite échelle en Océanie ou dans d'autres régions en développement.

Les quatre articles suivants braquent le projecteur sur la biodiversité. Le premier, signé Frédéric Ducarme, présente les résultats d'une étude menée dans le cadre d'une mission de l'Union internationale pour la conservation de la nature sur les récifs coralliens situés près de l'atoll d'Ari aux Maldives. Cette étude porte le nombre d'espèces d'holothuries enregistrées aux Maldives à 28. Chantal Conand et ses collaborateurs détaillent quant à eux la répartition des holothuries dans les petits fonds lagonaires de deux réserves marines de la République de Maurice et la comparent aux données d'études menées précédemment. Ahmed Quratulan et son équipe nous apportent de nouveaux éclaircissements sur les holothuries du Pakistan. Enfin, Vadim Stepanov et Elena Panina dressent un catalogue des holothuries de l'Extrême-Orient russe.

Nous vous proposons ensuite deux articles sur les juvéniles et les nourriceries en milieu naturel. Luca Palazzo et ses co-auteurs font état de la découverte et de l'identification de nourriceries de *Stichopus herrmanni* à Heron Reef (Grande barrière de corail, Australie), tandis que Philippe Bourjon et Elisabeth Morcel décrivent 70 observations d'holothuries juvéniles, réalisées en 2014 et 2015 sur les récifs de la Réunion.

Les 9e et 10e articles de ce numéro reviennent sur des aspects particuliers de la biologie des holothuries. Philippe Bourjon et Sébastien Vasquez décrivent avec brio (et proposent un lien vers un film remarquable) la prédation de *Actinopyga echinites* par le gastropode *Tonna perdix*. De leur côté, Kier Mitchel Pitogo et ses collègues ont étudié la distribution par taille d'une population d'*Holothuria scabra* pendant les phases de pleine lune et de nouvelle lune pendant quatre mois afin d'évaluer la population intertidale de cette espèce aux Philippines. D'après leurs résultats, les phases lunaires auraient une incidence sur la distribution par taille de *H. scabra*, ce qui expliquerait pourquoi des individus de plus grande taille sont prélevés par les pêcheurs à pied pendant la nouvelle lune.

Les quatre derniers articles proposés dans ce bulletin portent sur les méthodes d'aquaculture, la valorisation des bêches-de-mer et une méthode de marquage des holothuries. Andrea Taylor décrit la modification apportée à la méthode de marquage signée Purcell *et al.* afin d'améliorer l'efficacité du marquage et de réduire les risques de perte d'échantillons et de contaminations croisées. Steven Purcell et ses co-auteurs proposent ensuite une analyse comparative des méthodes de transformation des holothuries employées par les pêcheurs et les producteurs de bêche-de-mer aux Fidji, à Kiribati et aux Tonga. Devarajen Vaintiligon et ses collaborateurs s'intéressent pour leur part à la production de spécimens de *H. scabra*

Prédation de l'holothurie *Actinopyga echinites* (Echinodermata : Holothuroidea) par le gastéropode *Tonna perdix* (Gastropoda : Tonnoidea) sur un récif de La Réunion
P. Bourjon et S. Vasquez p. 45

Effet des phases lunaires sur la répartition des d'*Holothuria scabra* dans les zones intertidales de la Baie de Sarangani (Philippines)
K.M.E. Pitogo et al. p. 48

Méthode de marquage des spicules d'holothuries par fluorescence
A. Taylor p. 54

Variation du traitement post-capture des holothuries : différences de méthodes entre les pêcheurs et les producteurs de trois pays insulaires océaniens
S.W. Purcell et al. p. 58

Production de juvéniles d'holothuries en écloserie en Malaisie : la recherche et le développement au service d'un projet pilote de production d'holothuries de sable *Holothuria scabra*
D. Vaitilingon et al. p. 67

Essais d'optimisation de la croissance des juvéniles d'*Holothuria scabra* pendant la phase de pré-grossissement
F. Rakotonjanahary et al. p. 76

Des « holothuries noires à mamelles » juvéniles observées aux Maldives
M. Sweet et al. p. 82

Observations de juvéniles des espèces *Actinopyga echinites* et *Actinopyga mauritiana (*Echinodermata : Holothuroidea) à proximité de la crête récifale dans un récif de La Réunion
P. Bourjon et E. Morcel p. 84

Reproduction de plusieurs espèces d'holothuries sur l'île de Limellon (province de Nouvelle-Irlande, Papouasie-Nouvelle-Guinée)
C. Hair et al. p. 87

Observations de *Carapus bermudensis* (Carapidae) à l'intérieur de spécimens *Isostichopus badionotus* (Stichopodidae) de la baie de Taganga, en Colombie
W. Vergara et al. p. 90

COMMUNICATIONS p. 92

dans une écloserie de Malaisie, établie dans le cadre d'une collaboration réussie entre le gouvernement malaisien et une société privée australienne. Enfin, Fidèle Rakotonjanahary et ses collaborateurs font état des résultats d'expérimentations destinées à optimiser la croissance des juvéniles dans les bassins de pré-grossissement.

Vous trouverez également dans ce numéro un compte rendu d'observations de juvéniles d'holothurie noire à mamelles aux Maldives (Michael Sweet *et al.*) et de juvéniles *Actinopyga* à la Réunion (Bourjon et Morcel). Cathy Hair et son équipe ont observé la ponte de plusieurs espèces d'holothuries en Papouasie-Nouvelle-Guinée, tandis que Wensy Vergana et d'autres chercheurs décrivent le méconnu *Carapus bermudensis* qui infeste *Isostichopus badionotus* dans les eaux caribéennes de la Colombie.

La dernière partie du bulletin regroupe diverses communications relatives aux ateliers et conférences tenus en 2015 et à d'autres événements prévus en 2016. Par ailleurs, Choo Poh-Sze et ses collègues nous révèlent la recette du *kerabu*, une salade à base d'holothurie crue (*beronok*), très prisée sur l'île de Langkawi en Malaisie. Igor Eeckhaut et Nathan Puozzo présentent un nouveau logiciel didactique sur les plans d'organisation des métazoaires, notamment des holothuries. Quant à Hal Koike, il rapporte plusieurs incidents de surpêche probable à Hawaii et de graves actes de braconnage d'*Apostichopus japonicus* au Japon. Nous refermons ce 36e numéro sur une requête présentée par Chantal Conand en vue de voir paraître entre ces lignes des informations sur la pêche illicite d'holothuries.

Nous adressons nos félicitations à Mélanie Demeuldre qui vient de soutenir sa thèse de doctorat intitulée : « Defence mechanisms in sea cucumbers: Morphology, biochemistry and mechanics of Cuvierian tubules in two species from the genus *Holothuria* ». Enfin, dernier point mais non des moindres, je tiens à remercier notre extraordinaire et infatigable Chantal Conand, sans qui ce numéro n'aurait pu voir le jour.

Igor Eeckhaut

P.S. Dans le droit fil des efforts engagés dans le monde entier pour limiter l'impact des publications papier sur l'environnement, la CPS a décidé d'interrompre la production et la distribution des versions papier de ses bulletins d'information. Les bulletins restent disponibles au format électronique et peuvent être consultés depuis : www.spc.int/coastfish/en/publications/bulletins/beche-de-mer.html

Le SIRMIP est un projet mené conjointement par quatre organisations internationales intervenant dans la mise en valeur des ressources halieutiques et marines en Océanie. Sa mise en œuvre est assurée par la Communauté du Pacifique (CPS), l'Agence des pêches du Forum des Îles du Pacifique (FFA), l'Université du Pacifique Sud (USP), et le Programme régional océanien de l'environnement (PROE). Ce bulletin est produit par la CPS dans le cadre de ses engagements envers le SIRMIP. Ce projet vise à mettre l'information sur les ressources marines à la portée des utilisateurs de la région, afin de contribuer à la mise en valeur et à la gestion rationnelles de ces dernières. Parmi les activités entreprises dans le cadre du SIRMIP, on peut citer la collecte, le catalogage et l'archivage de documents techniques, notamment des « éphémères » (littérature grise), l'évaluation, la remise en forme et la diffusion d'information, la réalisation de recherches documentaires, un service de questions-réponses et de soutien bibliographique, et l'aide à l'élaboration de fonds documentaires et de bases de données nationaux sur les ressources marines.

PIMRIS
Système d'information sur les ressources marines des îles du Pacifique

Les systèmes de zonage par rotation dans les pêcheries d'holothuries plurispécifiques

Steven W. Purcell[1,], Hampus Eriksson[2,3] et Maria Byrne[4]*

Résumé

Le système de zonage par rotation est un outil de gestion spatialisée de la pêche utilisé dans les pays développés. Les zones de pêche sont divisées en plusieurs secteurs et exploitées de manière cyclique. Ce type de gestion spatialisée se distingue des mesures plus courantes dans les tropiques, telles que les fermetures périodiques ou les aires marines protégées. Nos résultats montrent que les conditions biologiques préalables à la rotation des zones de pêche ne sont pas réunies pour bon nombre d'espèces récifales tropicales, et qu'une telle méthode risquerait de mettre encore plus en péril les stocks d'espèces menacées. Pour qu'un système de zonage par rotation porte ses fruits, il faut avoir accès à suffisamment d'informations sur la biologie et l'écologie des espèces ciblées, il faut prévoir des cycles de rotation assez longs afin de laisser aux populations le temps de se reconstituer, et il faut disposer des capacités techniques nécessaires pour préparer, mettre en œuvre et faire respecter les mesures de gestion. Cependant, un système de zonage par rotation ne fonctionnera très probablement pas dans le contexte de la pêche à petite échelle pratiquée en Océanie et dans les pays à bas revenu, et ce, pour un ensemble de raisons : manque de capacités techniques pour la planification et la surveillance, application laxiste de la réglementation, complexité des droits d'accès aux zones de pêche, et nombre important de pêcheurs.

Introduction

Ce n'est qu'assez récemment que le système de zonage par rotation a été adopté comme outil de gestion de l'holothurie. Ce dispositif est désigné sous différents noms dans la littérature (« rotational zoning systems » [système de zonage par rotation] dans Lowden 2005, « rotational harvest closures » [fermeture de secteurs de pêche par rotation] dans Purcell 2010 et « rotational zone strategies » [stratégie de zonage par roulement] dans Plagányi *et al.*).

Le principe est le suivant : découper une zone de pêche en secteurs et n'autoriser la pêche dans certains de ces secteurs qu'une année donnée, en l'interdisant le reste

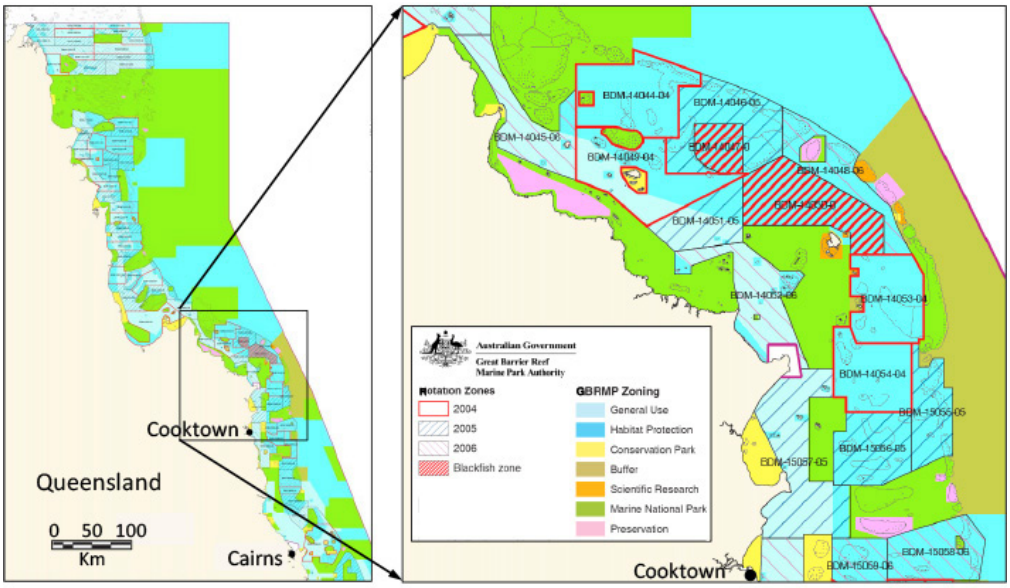

Figure 1. À gauche : partie septentrionale de la Grande barrière de corail ; à droite : agrandissement montrant les zones de rotation dans la pêcherie d'holothuries du littoral est de la région de Cooktown. Au moins 15 espèces peuvent être prélevées dans les parcelles tous les trois ans, conformément au cycle de rotation. Carte (modifiée) reproduite avec l'aimable autorisation de l'Autorité du Parc marin de la Grande barrière de corail.

[1] National Marine Science Centre, Southern Cross University, Coffs Harbour, NSW 2450, Australie
[2] WorldFish, Penang, Malaisie
[3] Australian National Centre for Ocean Resources and Security (ANCORS), University of Wollongong, NSW 2522, Australie
[4] Schools of Medical Sciences and Biological Sciences, University of Sydney, NSW 2006, Australie
* Auteur à contacter : steven.w.purcell@gmail.com

du temps, et ce, de manière cyclique. Par exemple, le premier tiers de la zone est exploité la première année, le deuxième tiers la deuxième année, et le dernier tiers la troisième année, et ainsi de suite. Aucun prélèvement n'est donc effectué dans les stocks de chacun des trois secteurs pendant deux ans après leur exploitation. Un dispositif de ce type est appliqué depuis 2004 sur la Grande barrière de corail, où une partie des zones de pêche ont été scindées en 156 secteurs (Lowden 2005) (figure 1). Ces derniers présentent une grande variété de formes et de tailles.

Le Canada a introduit, en 1993, le principe de la rotation pour la pêche de l'holothurie le long de son littoral Pacifique, puis est passé à un système annualisé en 1997 (ministère canadien des Pêches et des Océans [MPO] 2014) (figure 2). Après évaluation, un régime de pêche par rotation triennale a de nouveau été mis en place, en 2011, dans la pêcherie Pacifique. Comme sur la Grande barrière

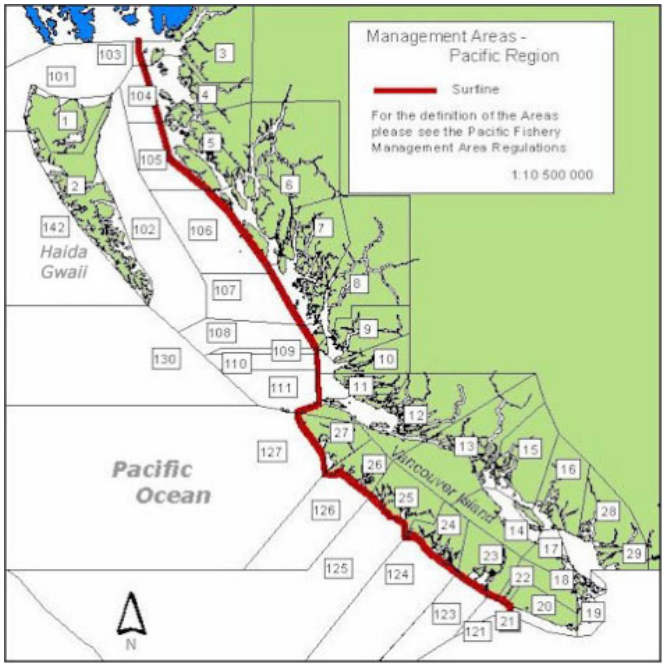

Figure 2. Zones de rotation dans la pêcherie d'holothuries monospécifique de la Colombie-Britannique (Canada). *Parastichopus californicus* est pêchée sur une base triennale, conformément au cycle de rotation. Carte reproduite avec l'aimable autorisation du ministère canadien des Pêches et des Océans. Remarque : La carte n'indique pas les zones fermées à la pêche ni les nouvelles zones récemment ouvertes à la pêche.

de corail, certaines parties du littoral sont interdites à la pêche. De plus, des évaluations des stocks y ont été réalisées par le service des pêches en collaboration avec les pêcheurs, afin de fixer un taux de capture triennal d'environ 10 % pour chaque secteur, ce qui correspond à un taux annuel de 3,3 %. Dans le plan de gestion, il est indiqué que le système de zonage par rotation permet aux pêcheurs de réduire leurs frais de déplacement vers les sites de pêche, ainsi que les coûts liés à la mobilisation de personnel dans plusieurs ports de débarquement (MPO 2014). Cette caractéristique de la pêche industrielle ne vaut toutefois pas pour les pêcheries artisanales des tropiques, où les pêcheurs ne se rendent que dans des zones avoisinantes.

En Alaska, la pêcherie d'holothuries est intégralement régie par un système de zonage par rotation, un tiers des 46 secteurs de pêche étant ouvert chaque année

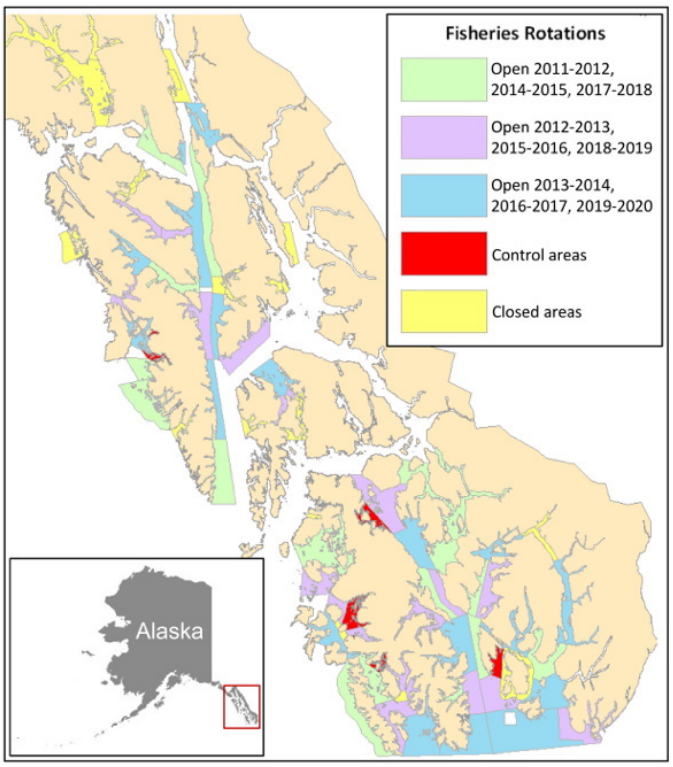

Figure 3. Zones de rotation dans la pêcherie d'holothuries (monospécifique) de l'Alaska. *Parastichopus californicus* est pêchée sur une base triennale, conformément au cycle de rotation. Carte (modifiée) reproduite avec l'aimable autorisation du Service des pêches et de la chasse de l'Alaska.

(figure 3). Les secteurs en question font l'objet d'études sur la biomasse indépendantes de la pêche. L'autorité de gestion explique que la rotation triennale constitue une solution pour réduire les coûts associés aux études et à la gestion, et non une méthode de reconstitution des stocks entre deux récoltes (Service des pêches et de la chasse de l'Alaska [ADFG] 2016). Les pêcheurs ont dit craindre que les zones de prédilection ne puissent se reconstituer durant les deux années de pause, bien que ce ne soit peut-être pas le cas dans l'ensemble de la pêcherie (ADFG 2016).

Dans les pêcheries plurispécifiques, telles que celles de la région Indo-Pacifique, le système de rotation doit être envisagé avec prudence, car cette approche implique une reconstitution rapide des stocks d'holothuries, ce qui n'est pas forcément le cas de nombreuses espèces cibles (Lincoln-Smith *et al.* 2006 ; Purcell 2010 ; Friedman *et al.* 2011). Par exemple, après la réduction des importations chinoises de produits dérivés de l'holothurie suite à la Révolution culturelle, les populations des zones jusqu'alors exploitées se sont lentement repeuplées pendant 50 ans (Conand and Byrne 1993). Or, des délais similaires sont jugés nécessaires pour la reconstitution totale des stocks d'holothuries noires à mamelles pêchées sur la Grande barrière (Uthicke *et al.* 2004). De plus, l'instauration d'un

système de zonage par rotation suppose d'importants investissements dans la planification et la surveillance, ce qui risque d'être difficile pour la plupart des pays à faible revenu de la région Indo-Pacifique (Purcell 2010).

Sur la Grande barrière, l'intérêt du zonage dans la partie de la pêcherie d'holothuries concernée par ce dispositif a été récemment évalué à l'aide de modèles informatiques établis à partir de diverses données biologiques (Plagányi *et al.* 2015). Pour les pêcheries océaniennes et celles des pays à bas revenu, cette stratégie de gestion est jugée inadaptée (Purcell *et al.* 2015). Dans le présent article, nous examinons plusieurs hypothèses et données relatives aux caractéristiques biologiques qui étayent l'établissement de systèmes de zonage par rotation, et nous abordons les difficultés associées à l'application d'une telle stratégie dans les pêcheries d'holothuries plurispécifiques de la région Indo-Pacifique.

Analyse

Des similitudes avec la rotation culturale ?

Technique agronomique à l'origine, le système de rotation a été repris dans des pêcheries d'holothuries plurispécifiques en Australie (Lowden 2005), dans des pêcheries monospécifiques de l'Alaska (ADFG 2016), dans l'État de Washington (Hamel and Mercier 2008) et sur la côte ouest du Canada (MPO 2014). Dans le cadre de l'agriculture, différentes espèces de plantes sont cultivées par alternance d'une année sur l'autre, afin de préserver la qualité des sols. Les parcelles peuvent également être laissées en jachère pendant une année ou plus, afin de permettre aux sols de se régénérer naturellement.

Les principes de la « rotation culturale » ne sont pas directement applicables aux écosystèmes marins naturels, car les animaux marins ne sont pas ensemencés comme le sont les cultures agricoles, et parce que, contrairement aux végétaux, leur temps de production n'est pas prévisible, ce qui fait que l'on ne peut se fier à un cycle de rotation périodique (Purcell *et al.* 2015). Par ailleurs, il n'est pas possible de contrôler les conditions de développement des animaux en milieu naturel. Les stocks sont, au contraire, soumis aux limites naturelles de la reproduction et à la variabilité interannuelle du recrutement. Dans le secteur agricole, on peut directement évaluer la qualité d'un habitat, vérifier si certaines variétés commerciales peuvent y être cultivées et utiliser des engrais afin d'augmenter la productivité des sols – autant d'actions impossibles en mer. C'est pourquoi il est difficilement envisageable d'appliquer les méthodes de rotation culturale dans des pêcheries d'espèces benthiques relativement sédentaires, telles que l'holothurie. Le système de zonage par rotation en mer n'est donc pas comparable à la rotation culturale en agriculture.

Piliers biologiques du système de zonage par rotation

Ce système repose sur le postulat suivant : les populations en milieu naturel sont exploitées, puis interdites à la pêche pendant plusieurs années, durant lesquelles les individus de petite taille grandissent et atteignent la taille minimale de capture, et les stocks se reconstituent grâce au recrutement naturel. Néanmoins, pour bon nombre d'espèces marines, le recrutement naturel est bien souvent imprévisible et irrégulier (Uthicke 2004 ; Friedman *et al.* 2011), en raison des variations annuelles des conditions climatiques et hydrologiques qui favorisent ou défavorisent la reproduction, l'approvisionnement en larves et la fixation de larves planctotrophes. Si l'on veut que la fermeture par rotation porte ses fruits, il est important de déterminer si les espèces commerciales présentes dans la pêcherie affichent des taux de croissance rapides, présentent un recrutement annuel régulier (Purcell 2010) et ne sont pas sensibles à l'effet Allee. Or, en cas de faible densité de géniteurs, les holothuries sont particulièrement exposées à l'effet Allee (Bell *et al.* 2008).

Bien que des études réalisées à l'aide de modèles de croissance fondés sur la taille (et mis au point pour les poissons) aient conclu à des taux de croissance relativement rapides pour certaines espèces d'holothuries tropicales (Conand 1989), des travaux plus récents reposant sur des méthodes plus élaborées suggèrent une croissance nettement plus lente pour certaines espèces (Uthicke and Benzie 2002 ; Uthicke *et al.* 2004). Les modèles employés afin d'estimer les résultats de la pêche par roulement sur la Grande barrière sont alimentés par des données de croissance manquant de fiabilité, et risquent donc de prévoir des cycles de rotation trop courts. Par exemple, pour l'holothurie noire à mamelles *H. whitmaei*, Plagányi *et al.* (2015) se sont basés sur l'âge de 5 à 10 ans pour la longueur maximale, et sur l'âge de 4 ans pour la première maturité. Cela signifie que les animaux deviennent matures à 4 ans, âge auquel ils mesurent environ 26 cm, puis qu'ils peuvent atteindre leur longueur maximale de 56 cm dès l'année suivante. En milieu naturel, une croissance aussi rapide est impossible, et en contradiction avec les études empiriques qui montrent une croissance bien plus lente pour cette espère (Uthicke and Benzie 2002 ; Uthicke *et al.* 2004). Il va sans dire que des données plus rudentes devraient être utilisées dans ce type de modèles, en particulier pour les espèces d'holothuries à mamelles (*H. whitmaei*, *H. fuscogilva* et *H. nobilis*), qui sont menacées dans le monde entier (Conand *et al.* 2014). En revanche, il est possible que certaines espèces de plus petite taille appartenant à la famille des Stichopodidae, telles que *Stichopus chloronotus*, aient des taux de croissance rapides en comparaison (Conand 1988). Outre la biologie des espèces, les paramètres associés à leur habitat et la productivité environnementale influent sur leur abondance et leur croissance (Conand 1989 ; Lee *et al.* 2008 ; Bellchambers *et al.* 2011). Si l'on considère tous ces facteurs, on s'aperçoit qu'il est risqué d'adopter une méthode de gestion « prête à l'emploi » pour des pêcheries d'holothuries plurispécifiques recouvrant des environnements hétérogènes, où l'abondance, les caractéristiques du cycle biologique et les trajectoires de croissance varient très sensiblement selon les espèces.

Le second pilier biologique est le suivant : les espèces présentent un recrutement régulier, ce qui fait que les stocks exploités se reconstituent les années où la pêche est interdite. Les cycles de rotation étant généralement de trois ans, le repeuplement est donc censé s'effectuer sur deux années. Skewes *et al.* (2010) ont montré que les populations d'holothuries noires à mamelles *H. whitmaei* approchaient « des densités quasiment naturelles (non pêchées) » après sept années de fermeture à la pêche dans le détroit de Torres. Cependant, l'irrégularité

du recrutement pourrait entraîner un repeuplement beaucoup plus lent dans d'autres endroits, comme sur la Grande barrière de corail (Uthicke 2004) et aux Tonga (Friedman *et al.* 2011). En outre, il est possible que le recrutement et la reconstitution des stocks au bout de 3 à 10 ans de fermeture de la pêche se produisent pour certaines holothuries des récifs coralliens, mais pas pour d'autres (Lincoln-Smith *et al.* 2006 ; Friedman *et al.* 2011). Le recrutement varie donc sur le plan spatial et taxonomique, probablement d'une espèce à l'autre, et, au vu des données disponibles pour les espèces des récifs coralliens, une rotation triennale ne semble pas adaptée aux pêcheries plurispécifiques, à moins que l'exploitation n'y soit extrêmement modérée. Cette méthode diffère de l'instauration de périodes d'ouverture de la pêche, conjuguée à d'autres mesures de gestion, car la fermeture par roulement engendre une intensification de la pêche dans les zones ouvertes en compensation de la fermeture des autres secteurs.

Il convient de faire preuve d'une grande prudence lors de l'adoption de stratégies de gestion relatives à des espèces menacées. Les cycles de capture établis pour les espèces menacées d'extinction mondiale d'après l'Union internationale pour la conservation de la nature, telles que *Holothuria fuscogilva*, *Stichopus herrmanni* et *Thelenota ananas*, devraient être plus longs (7 à 10 ans, par exemple) que ceux instaurés pour les espèces moins vulnérables. D'après le modèle informatique produit pour la partie de la Grande barrière concernée par le système de zonage par rotation (Plagányi *et al.* 2015), le risque d'épuisement des stocks d'holothuries noires à mamelles (*Holothuria whitmaei*) est de 1 sur 10 avec un tel dispositif. Ce niveau de risque est inacceptable pour une espèce menacée, qui devrait faire l'objet d'une gestion beaucoup plus avisée.

Viabilité des systèmes de zonage par rotation dans les pêcheries d'holothuries

Des systèmes de zonage par rotation sont en place depuis 11 ans dans une partie des pêcheries plurispécifiques de la Grande barrière de corail, ainsi que dans l'ensemble des pêcheries monospécifiques de l'Alaska et de la Colombie-Britannique depuis respectivement 25 et 4 ans. Il s'agit d'un outil de gestion viable si les taux de capture se maintiennent pour les espèces à valeur commerciale et si les pêcheurs n'ont pas besoin de se tourner vers d'autres espèces (Friedman *et al.* 2008).

Sur la Grande barrière, les prises de deux espèces à forte valeur marchande, l'holothurie blanche à mamelles (*Holothuria fuscogilva*) et l'holothurie ananas (*Thelenota ananas*), ont diminué dans les zones ouvertes par roulement. Selon le dernier rapport disponible, les prises d'holothuries blanches à mamelles sont, depuis quelques années, inférieures de près de moitié à leur niveau antérieur à 2003-2004, et une baisse « d'environ 3,5 t » est à noter pour chacune des deux dernières années examinées (Service de l'agriculture et des pêches du Queensland [DAFFQ] 2012). Toujours d'après ce rapport, les captures d'holothuries ananas ont encore diminué, passant d'approximativement 42 t en 2008-2009 à 21 t en 2009-2010, puis à 17 t en 2010-2011, ce qui correspond à une chute de plus de 50 % des prises. Ce déclin serait dû au ciblage accru de l'holothurie curry par les pêcheurs, et le rapport soutient que l'holothurie ananas aurait une valeur marchande inférieure à d'autres espèces exploitables (DAFFQ 2012), alors que des données tirées d'enquêtes sur les marchés montrent le contraire (Purcell 2014). De plus, les pêcheurs se sont tournés vers d'autres espèces et opèrent en outre dans des zones non soumises au système de zonage par rotation (Eriksson and Byrne 2015). Il s'agit là de signes de surexploitation des espèces à forte valeur marchande plus accessibles des eaux peu profondes (Friedman *et al.* 2008 ; Eriksson and Byrne 2015). Si les espèces lucratives demeuraient abondantes, les pêcheurs n'auraient pas à s'intéresser à la mise au point de méthodes de transformation pour des espèces moins rentables. Il convient de réaliser davantage d'enquêtes en situation à des fins d'évaluation, afin de véritablement analyser l'incidence des systèmes de zonage par rotation, au-delà des impressions et des données dont on dispose généralement.

Au Canada, des enquêtes par questionnaire ont montré que la majorité des pêcheurs avaient le sentiment que l'abondance et les taux de capture avaient diminué, et que la surexploitation constituait le plus sérieux problème de la pêcherie (O'Regan 2015). Dans cette pêcherie composée de zones ouvertes par roulement, pour les pêcheurs, la surpêche résultait des quotas trop élevés, des délais insuffisants pour la reconstitution des stocks et de la surestimation de la biomasse dans les zones soumises à quotas (O'Regan 2015). Les impressions des pêcheurs donnent donc à penser que, pour diverses raisons, la

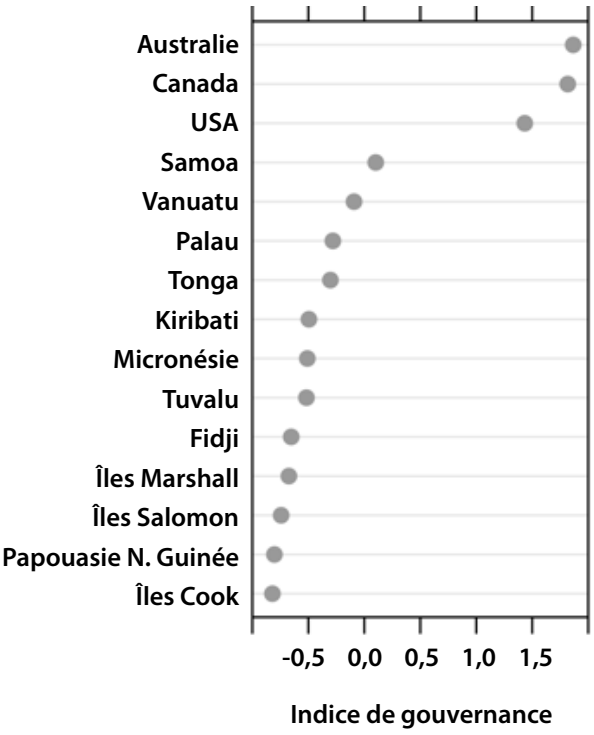

Figure 4. Indice de gouvernance composite pour l'année 2011, établi à partir de paramètres indicatifs de « l'efficacité de la gouvernance », de « la qualité de la réglementation », de « l'État de droit » et de « la lutte contre la corruption » à l'échelon national tirés de travaux de Kaufmann *et al.* sur les indicateurs de gouvernance dans le monde (2010).

stratégie de pêche par rotation dans l'ouest du Canada n'a pas permis de préserver l'abondance des stocks.

Applicabilité en Océanie et dans les pays à bas revenu

Les systèmes de zonage par rotation ont uniquement été appliqués dans des pays développés, dotés de capacités de gouvernance nettement supérieures à celles des pays insulaires océaniens, par exemple (figure 4). Bien évidemment, une gouvernance déficiente influe sur la gestion globale d'une pêcherie, mais c'est surtout qu'il est impossible de reproduire à l'identique de telles mesures au vu de la différence de moyens. Les stratégies de gestion halieutique doivent être élaborées au cas par cas, en tenant compte des facteurs contextuels, notamment des capacités.

Dans les trois pêcheries soumises à un régime de zonage par rotation, on relève trois facteurs cruciaux que l'on ne retrouve pas dans la plupart des pêcheries d'holothuries de la région Indo-Pacifique tropicale et des Caraïbes. Premièrement, ces trois pêcheries sont gérées par des services aux capacités techniques appréciables leur permettant de planifier et de mettre en œuvre des mesures de gestion pointues. Deuxièmement, les services en question disposent d'importants moyens de surveillance et d'application de la réglementation, tels que les systèmes de surveillance par satellite des navires utilisés sur la Grande barrière. Troisièmement, les pêcheurs y sont très peu nombreux. En Australie, seules deux sociétés pêchent l'holothurie au niveau de la Grande barrière de corail. En Colombie-Britannique (Canada), 85 licences sont délivrées pour la pêche de l'holothurie, et l'on compte en règle générale deux plongeurs par navire (MPO 2014). En Alaska, au cours de la saison 2015, 276 licences ont été accordées pour la pêcherie du sud-est, et 30 pour celle de l'île Kodiak (M. Donnellan, comm. pers.). Quant aux pêcheries de la région Indo-Pacifique, elles manquent, pour la plupart, de capacités en matière de planification des mesures de gestion et d'application de la réglementation (FAO 2013 ; Purcell *et al.* 2014), et comptent des centaines, des milliers, voire des centaines de milliers de pêcheurs (Purcell *et al.* 2013).

Planifier un système de zonage par rotation suppose de disposer de beaucoup d'informations et de capacités techniques pour la cartographie des zones. Si l'on veut que cette stratégie porte ses fruits, il faut que les gestionnaires des pêches aient accès à une foule de données sociales et géographiques sur le lieu d'implantation potentiel et sur l'étendue recommandée des zones. Par conséquent, il nous semble difficilement envisageable de reproduire les systèmes de zonage par rotation dans les pêcheries océaniennes, ni dans la plupart des autres pêcheries de style artisanal du bassin Indo-Pacifique. Outre le manque de moyens techniques pour la planification et la surveillance des zones, il est peu probable que ce dispositif soit compatible avec les valeurs sociales, ou qu'il soit accepté et compris par les milliers de petits pêcheurs vivant dans les pays côtiers et insulaires. Dans la plupart des pays mélanésiens par exemple, en raison des régimes de propriété de l'espace maritime, les pêcheurs n'ont accès qu'à certaines zones, ce qui signifie qu'il faudrait segmenter chacune de ces zones et y établir un roulement pour l'exploitation des ressources afin que les pêcheurs puissent gagner leur vie année après année. À moins qu'un modèle de co-gestion ne puisse être élaboré, un dispositif de zonage centralisé risque en outre d'exclure les propriétaires coutumiers, alors même que la ligne de conduite en matière de pêches côtières dans le Pacifique est actuellement de favoriser une participation accrue des communautés dans la gestion halieutique (SPC 2015). Par ailleurs, le système de zonage par rotation pourrait empêcher les pêcheurs d'accéder à des zones de pêche proches de chez eux les années où les secteurs en question seront fermés à la pêche. Enfin, à l'instauration d'un tel système dans l'État de Washington, des tribus amérindiennes ont porté devant la justice la question des droits d'accès, ce qui a conduit à l'abandon du dispositif (Bradbury 1994).

Conclusion

L'établissement de zones fermées à la pêche sur une base cyclique n'est envisageable que dans les pays développés qui disposent de capacités techniques suffisantes pour planifier la rotation et légiférer en conséquence, ainsi que de moyens de surveillance perfectionnés et d'un faible nombre de pêcheurs. Cela étant, même dans les pays développés, la fermeture de secteurs de pêche par rotation entraîne son lot d'incertitudes biologiques et de problèmes en termes d'accès. Les cycles de rotation doivent être suffisamment longs, afin de permettre la reconstitution des stocks d'espèces présentant une croissance lente et un recrutement irrégulier avant qu'ils ne soient de nouveau exploités ; pour certaines espèces, ces cycles devraient très vraisemblablement être supérieurs à cinq années en fonction de l'effort de pêche. Dans le cas d'espèces menacées d'extinction, il convient d'agir avec la plus grande prudence.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'autorité du Parc marin de la Grande barrière de corail, Pauline Ridings du ministère canadien des Pêches et des Océans, et Mike Donnellan du Service des pêches et de la chasse de l'Alaska, pour les informations et les cartes qu'ils nous ont communiquées.

Bibliographie

ADFG 2016. Commercial sea cucumber dive fisheries. http://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=CommercialByFisheryDive.seacucumber

Bell J.D., Purcell S.W. and Nash W.J. 2008. Restoring small-scale fisheries for tropical sea cucumbers. Ocean and Coastal Management 51:589-593.

Bellchambers L.M., Meeuwig J.J., Evans S.N. and Legendre P. 2011. Modelling habitat associations of 14 species of holothurians from an unfished coral atoll: implications for fisheries management. Aquatic Biology 14:57-66.

Bradbury A. 1994. Récolte en plongée du concombre de mer dans l'Etat de Washington : mise à jour des informations. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 6:15-16.

Conand C. 1988. Comparison between estimations of growth and mortality of two stichopodid holothurians: *Thelenota ananas* and *Stichopus chloronotus* (Echinodermata: Holothuroidea). Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium.

Conand C. 1989. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, écologie et exploitation. PhD Thesis, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France.

Conand C. and Byrne M. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. Marine Fisheries Review 55:1-13.

Conand C., Polidoro B., Mercier A., Gamboa R., Hamel J.-F. and Purcell S. 2014. L'évaluation des holothuries aspidochirotes pour la Liste rouge de l'UICN et ses implications. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 34:3-7.

DAFFQ 2012. East Coast Bêche-de-mer Fishery: 2010-11 fishing year report. Brisbane, Australia: Department of Agriculture, Fisheries and Forestry Queensland.

DFO 2014. Pacific Region integrated fisheries management plan: sea cucumber by dive 2014/2015. Department of Fisheries and Oceans, Canada.

Eriksson H. and Byrne M. 2015. The sea cucumber fishery in Australia's Great Barrier Reef Marine Park follows global patterns of serial exploitation. Fish and Fisheries 16:329-341.

FAO 2013. Report on the FAO workshop on sea cucumber fisheries: an ecosystem approach to management in the Indian Ocean (SCEAM Indian Ocean), Mazizini, Zanzibar, the United Republic of Tanzania, 12-16 November 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1038. Rome: FAO.

Friedman K., Eriksson H., Tardy E. and Pakoa K. 2011. Management of sea cucumber stocks: Patterns of vulnerability and recovery of sea cucumber stocks impacted by fishing. Fish and Fisheries 12:75-93.

Friedman K., Purcell S., Bell J. and Hair C. 2008. Sea cucumber fisheries: A manager's toolbox. ACIAR Monograph Series 135. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.

Hamel J.-F. and Mercier A. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in temperate areas of the northern hemisphere. In: Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds) Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries & Aquaculture Technical Paper No. 516. Rome: FAO.

Kaufmann D., Kraay A. and Mastruzzi M. 2010. The Worldwide Governance Indicators: methodology and analytical issues. World Bank Policy Research Working Paper No. 5430. Washington, DC: World Bank.

Lee J., Byrne M. and Uthicke S. 2008. The influence of population density on fission and growth of Holothuria atra in natural meso- cosms. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 365:126-135.

Lincoln-Smith M.P., Pitt K.A., Bell J.D. and Mapstone B.D. 2006. Using impact assessment methods to determine the effects of a marine reserve on abundances and sizes of valuable tropical invertebrates. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63:1251-1266.

Lowden R. 2005. Gestion des stocks d'holothuries au Queensland par le zonage d'aires réservées en alternance. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 22:47.

O'Regan S.M. 2015. Harvesters' perspectives on the management of British Columbia's giant red sea cucumber fishery. Marine Policy 51:103-110.

Plagányi É.E., Skewes T., Murphy N., Pascual R. and Fischer M. 2015. Crop rotations in the sea: Increasing returns and reducing risk of collapse in sea cucumber fisheries. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 112:6760-6765.

Purcell S.W. 2010. Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 520. Rome: FAO.

Purcell S.W. 2014. Value, market preferences and trade of beche-de-mer from Pacific Island sea cucumbers. PLOS ONE 9.

Purcell S.W., Lovatelli A. and Pakoa K. 2014. Constraints and solutions for managing Pacific Island sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. Marine Policy 45:240-250.

Purcell S.W., Mercier A., Conand C., Hamel J.F., Toral-Granda M.V., Lovatelli A. and Uthicke S. 2013. Sea cucumber fisheries: Global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries 14:34-59.

Purcell S.W., Uthicke S., Byrne M. and Eriksson H. 2015. Rotational harvesting is a risky strategy for vulnerable marine animals. Proceedings of the National Academy of Science USA 112:E6263.

Skewes T.D., Murphy N.E., McLeod I., Dovers E., Burridge C. and Rochester W. 2010. Torres Strait Hand Collectables, 2009 survey: Sea cucumber. Cleveland: CSIRO.

SPC. 2015. Une nouvelle partition pour les pêches côtières – les trajectoires de changement: La Stratégie de Nouméa. Lettre d'Information sur les Pêches de la CPS n°146 P. 37

Uthicke S. 2004. Over fishing of sea cucumbers: lessons from the Great Barrier Reef. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. (eds) Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: FAO.

Uthicke S. and Benzie J.A.H. 2002. A genetic fingerprint recapture technique for measuring growth in 'unmarkable' invertebrates: Negative growth in commercially fished holothurians (*Holothuria nobilis*). Marine Ecology Progress Series 241:221-226.

Uthicke S., Welch D. and Benzie J.A.H. 2004. Slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. Conservation Biology 18:1395-1404.

Observations *in situ* d'holothuries dans l'atoll d'Ari et comparaison avec deux atolls proches (Îles Maldives)

Frédéric Ducarme[1]

Résumé

Le présent article expose les résultats d'un inventaire des holothuries présentes sur les récifs coralliens de l'atoll d'Ari Nord, dressé sur une période de trois semaines en avril et mai 2015 par une mission de l'Union internationale pour la conservation de la nature. Comme l'ont indiqué d'autres études menées récemment dans le pays, le principal constat réside dans la faiblesse extrême des populations d'holothuries d'intérêt commercial de l'atoll d'Ari Nord. L'assemblage était principalement dominé par deux espèces de la famille Holothuriidae, *Holothuria edulis* et *Pearsonothuria graeffei*, dans des proportions extrêmement différentes de celles des atolls voisins de Malé et Baa. Cette étude porte le nombre d'espèces d'holothuries enregistrées aux Maldives à 28, dont 10 pour l'atoll d'Ari et trois nouvelles pour le pays.

Introduction

La République des Maldives a connu une surexploitation massive de l'holothurie depuis 1985 (Joseph 1992), qui s'est traduite par un effondrement des populations de la plupart des espèces à forte valeur marchande dès 1990 (James and Manikfan 1994). Cela a entraîné une contraction des exportations dans un contexte caractérisé par une réglementation insuffisante (FAO 2013). À l'heure actuelle, l'holothurie est toujours surexploitée (Purcell *et al.* 2013) et les stocks locaux sont jugés « épuisés » (Naeem 2013). Il existe très peu de données sur les populations d'holothuries aux Maldives, bien que certaines études récentes aient apporté de nouveaux éclairages sur cette région (Muthiga 2008 ; Ducarme 2015). La géographie des Maldives, caractérisée par de grands atolls séparés par des passes profondes, implique une variabilité potentielle des assemblages entre les régions, qui est difficilement prévisible.

L'atoll d'Ari est un grand atoll situé au centre-ouest des Maldives, au sud-ouest de la capitale Malé. Il compte près de 14 000 habitants résidant sur 36 grandes îles habitées (auxquelles s'ajoutent 26 îles de villégiature) et plus de 268 récifs coralliens, ce qui est le nombre le plus élevé de tous les atolls des Maldives (Naseer 2006). L'atoll d'Ari est divisé en deux secteurs administratifs : Ari Nord et Ari Sud.

Le présent document décrit les résultats de la mission de l'Union internationale pour la conservation de la nature, intitulée « Regenerate » et financée par l'Agence américaine pour le développement international. Cette mission a été réalisée sur les récifs coralliens d'Ari Nord en avril et en mai 2015. Outre son importance géographique et économique, l'atoll d'Ari Nord a été choisi comme site d'étude parce qu'il est représentatif des Maldives sur le plan écologique et socioéconomique et compte une grande diversité d'habitats récifaux, 12 îles de villégiature, 8 îles occupées par des communautés et 7 grandes îles inhabitées. La faune d'échinodermes de l'atoll d'Ari n'avait jamais été étudiée auparavant et l'assemblage d'holothuries a été comparé à celui des atolls voisins de Baa (Ducarme 2015) et Malé (Muthiga 2008) inventoriés récemment.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Les 12 îles étudiées dans l'atoll d'Ari Nord (Alifu alifu) sont soumises à des degrés d'activité humaine divers et connaissent des modes de gestion différents (quatre îles de villégiature, quatre îles occupées par des communautés et quatre îles inhabitées). La situation géographique des 12 îles est représentée dans la figure 1.

Méthode d'inventaire

Pour chaque récif, trois sites ont été étudiés aux points cardinaux les plus proches de l'île. Sur chaque site, trois transects répliqués de 50 mètres ont été tirés le long de la pente récifale, avec un minimum de 3 mètres entre les transects. Les holothuries ont été recensées et quantifiées dans un transect couloir de 50 mètres sur 2 mètres, par des plongeurs autonomes à une profondeur de 10 mètres. Sur 7 des 12 sites, ce protocole a été reproduit à des profondeurs de 7 mètres, 5 mètres et 1 mètre le long de transects parallèles. De grands spécimens observés à l'extérieur des transects (jusqu'à 25 mètres de profondeur) ont également été enregistrés séparément. D'autres observations nocturnes non linéaires ont été effectuées à faible profondeur sur la plupart des sites afin de repérer d'éventuelles espèces nocturnes. Toutes les observations consistaient à examiner le benthos, à explorer les roches et anfractuosités du récif et à répertorier toutes les holothuries repérées. Aux fins de confirmation des identifications, chaque nouvelle espèce rencontrée a été photographiée, étant donné que l'échantillonnage

[1] Centre d'écologie et des Sciences de la Conservation, UMR 7204, Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)
Courriel : Frederic.Ducarme@ENS-lyon.fr

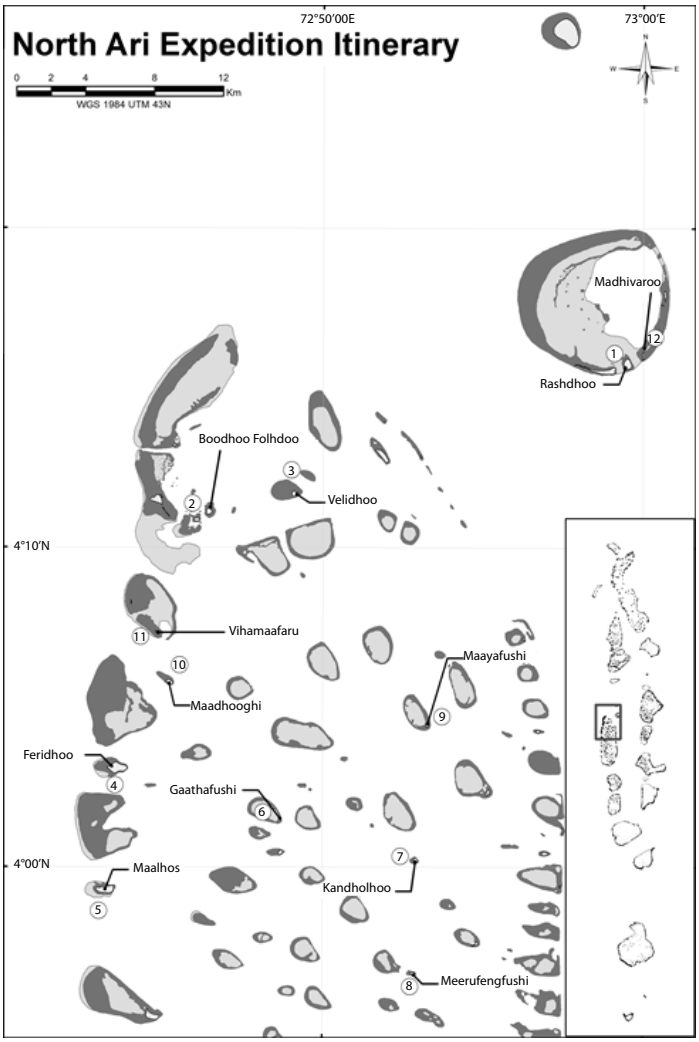

Figure 1. Emplacement des stations d'échantillonnage (atoll d'Ari Nord) ; l'encart précise la position de l'atoll d'Ari Nord au sein des Maldives. (Source : UICN Maldives)

des individus n'était pas autorisé dans le cadre de cette mission. Le benthos a été observé séparément, sur des transects de 10 mètres de profondeur, en utilisant une méthode similaire. Les résultats de ces observations feront l'objet d'une publication distincte.

Résultats

Description du site d'étude

La plupart des îles sont de petite taille et sont entourées par d'étroits platiers récifaux. Les pentes externes du récif, souvent très abruptes, plongent plus ou moins directement à une profondeur d'une trentaine de mètres. Ces pentes sont recouvertes d'une couverture corallienne variée, allant d'une forte densité de coraux à des substrats détritiques consistués essentiellement de sable. Le courant peut être relativement fort, ce qui limite la complexité du substrat sur certains sites. Il est apparu que la complexité structurelle était faible, les résultats étant assez homogènes sur les sites d'étude situés à 10 mètres de profondeur. La couverture corallienne était souvent très importante au niveau de la crête récifale (jusqu'à 90 %, généralement dominée par de grandes tables d'*Acropora*) et diminuait avec la profondeur. La couverture benthique à 10 mètres de profondeur était constituée d'environ 18 à 27 % de coraux, 1 % de macroalgues, 20 à 30 % d'algues filamenteuses et 5 à 8 % d'algues coralliennes croûteuses, le reste étant composé de sable et de débris coralliens. Aucun herbier ou mangrove n'a été observé, et les algues charnues étaient également très rares. La rugosité, la richesse de l'habitat et l'hydrodynamisme étaient fortement hétérogènes, d'où une grande diversité de niches écologiques.

Abondance et diversité des holothuries

Au total, 14 espèces d'holothuries ont été observées durant l'étude (tableaux 1 et 2), dont une probablement inconnue et trois nouvelles pour les Maldives. Entre une et six espèces ont été observées sur chaque site. Sur les 14 espèces, trois étaient des stichopodidés, neuf des holothuridés et deux des synaptides. Aucune des espèces recensées lors de cette étude n'avait de valeur marchande élevée et trois seulement étaient exploitées commercialement aux Maldives (*Stichopus chloronotus*, *Holothuria atra* et *Thelenota anax*) (Joseph 1992), bien que pratiquement toutes les espèces aspidochirotes observées soient réputées comestibles et exploitées dans certaines régions (Purcell *et al.* 2012). L'espèce *Bohadschia marmorata* est également

Tableau 1. Abondance des espèces d'holothuries dans les sept sites étudiés à plusieurs reprises sur l'atoll d'Ari. Les espèces recensées uniquement à l'extérieur des transects linéaires (observations latérales, contrôle en plongée de nuit ou autres observations non normalisées) sont indiquées dans la catégorie « autres recensements ».

	Espèces															
Site d'étude	*Actinopyga lecanora*	*Actinopyga cf. miliaris*	*Bohadschia atra*	*Bohadschia koelliker*i	*Bohadschia vitiensis*	*Holothuria atra*	*Holothuria edulis*	*Holothuria insignis*	*Pearsonothuria graeffei*	*Stichopus chloronotus*	*Stichopus* sp.	*Thelenota anax*	*Opheodesoma* sp.	*Synaptula* sp.	Nombre total d'observations	Diversité des espèces
Gaathafushi						8	9		22				4		43	4
Kandholhoo							8		33			1	2		44	4
Meerufengfushi						1	19		39						59	3
Maayafushi			2			297	26		64	1					390	5
Maadhooghi			1			2	32	2	43	5					85	6
Vihaamafushi							6		9						15	2
Madhivaroo						2	35		19						56	3
Autres recensements	1	1		1	1						1			1		+6
Total	1	1	3	1	1	310	135	2	229	6	1	1	6	1	692	13

Tableau 2. Abondance de chaque espèce d'holothurie à 10 mètres de profondeur sur les 13 sites d'étude de l'atoll d'Ari[2].

	Espèces								
Site d'étude	*A. lecanora*	*B. atra*	*H. atra*	*H. edulis*	*P. graeffei*	*Thelenota anax*	*Opheodesoma* sp.	Nombre total d'observations	Diversité des espèces
Rashdhoo	1		1	18	13		1	34	5
Boodhoo Folhdoo				8	13			21	2
Velidhoo			1	7	10	1		19	4
Vihamaafaru	1			7	8			16	3
Feridhoo					5			5	1
Maalhos					1			1	1
Gaathafushi				8	11		1	20	3
Kandholhoo				7	10	1	2	20	4
Meerufengfushi				14	10			24	2
Maayafushi		1	4	6	10			21	4
Maadhooghi		1		9	7			17	3
Vihaamafushi				4	1			5	2
Madhivaroo			2	11	4			17	3
Total	2	2	8	99	103	2	4	220	7

[2] Vihaamafushi et Vihaamafaru sont deux sites d'étude adjacents situés sur la même île (« fushi » signifie « récif immergé » et « faru » veut dire « banc de sable »). Les douze îles examinées représentent au total 13 sites d'étude.

exportée et souvent confondue avec une espèce observée pendant l'étude : *Bohadschia koellikeri* (observée pour la première fois, elle a peut-être été confondue par le passé).

Au total, 692 holothuries ont été recensées sur l'ensemble des sites, au cours de 83 échantillonnages normalisés. La densité globale était de 8,3 individus transect^{-1}, ce qui équivaut à 0,16 individu m^{-2}. La densité des holothuries était la plus élevée à Maayafushi avec 390 spécimens, tandis que la deuxième plus grande densité était de seulement 85 spécimens à Maadhooghi.

L'abondance des holothuries était très variable et s'échelonnait de 1 à 390 individus par île (de 0 à 225 par transect). Tandis que *Holothuria atra* était l'espèce la plus observée, 94 % des *H. atra* ont été repérées sur le même site et cette espèce n'a été observée que 13 fois ailleurs. *Pearsonothuria graeffei* constituait la deuxième espèce la plus abondante, avec 279 observations (35 % de toutes les observations, ou 56 % en éliminant la zone riche en *H. atra*). Elle était présente sur toutes les îles et sur 80 % des transects. Venait ensuite *Holothuria edulis* (22 %). Les sites peu profonds caractérisés par une forte couverture de corail vivant (et un relief important) comptaient de vastes populations de *P. graeffei*, tandis que *H. edulis* a été principalement observée entre 5 et 10 mètres, dans un paysage corallien plus pentu et moins complexe. *H. atra* a principalement été repérée sur les fonds sablonneux des sommets récifaux (bien souvent, en association avec *S. chloronotus*), mais aussi sur des bancs de sable plus profonds présentant une abondance de matériaux détritiques (y compris sous des canalisations d'eaux usées en service). Les deux observations d'*Actinopyga lecanora* ont été réalisées à une profondeur d'environ 10 mètres dans des systèmes coralliens complexes. *T. anax*, *Bohadschia atra* et *Actinopyga* cf. *miliaris* ont été rarement observées, généralement en profondeur sur les fonds sablonneux. En revanche, *Bohadschia vitiensis* n'a été observée qu'à une seule reprise sur un banc de sable à faible profondeur, tout comme *B. koellikeri* et *Stichopus* sp. repérées la nuit sur des platiers récifaux peu profonds. Cette dernière espèce ressemblait à une espèce inconnue du genre *Stichopus* signalée dans des travaux antérieurs et qui est actuellement en cours d'analyse phylogénétique et de détermination (Ducarme 2015). *Opheodesoma* sp. a été observée à sept reprises et n'avait jamais été recensée aux Maldives auparavant. Cette espèce présentait un corps brun-gris extrêmement long (jusqu'à >1,30 m), uniformément rigide, avec 15 tentacules pennés d'un blanc intense. Tous les spécimens ont été repérés alors qu'ils étaient enfouis dans des colonies denses d'*Acropora muricata*.

Discussion

Diversité globale des holothuries

Étonnamment, l'assemblage observé sur l'atoll d'Ari, bien que relativement varié comparativement à l'atoll de Baa (Ducarme 2015), ne comportait pas d'espèces à forte valeur marchande. Même pendant les relevés non normalisés, nous n'avons jamais été en mesure de repérer les espèces *Actinopyga echinites*, *A. mauritiana*, *Holothuria fuscogilva*, *H. fuscopunctata*, *H. nobilis*, *Thelenota ananas*, soit la moitié des 12 espèces répertoriées par Joseph (1992) comme étant exploitées localement. De plus, aucune des autres espèces n'a été observée en abondance (à l'exception de *H. atra* dans certains sites particuliers). Des biologistes marins en poste dans l'atoll de Baa n'ont repéré qu'un seul spécimen de *T. ananas* en un an et demi de recherches quotidiennes sur de nombreux sites (communication personnelle), et aucune holothurie à mamelles (sous-genre *Holothuria (Microthele)*). Cela peut s'expliquer par la surpêche, comme le suggère Naeem (2013), bien que les variations spatiales puissent également entrer en ligne de compte.

Comparaison avec les résultats des atolls voisins

L'assemblage d'holothuries s'est révélé très différent de ceux qui ont été observés lors d'études antérieures menées dans d'autres atolls (tableau 3) (les méthodes et les saisons étaient similaires), alors que le type de récif et les assemblages des populations de poissons étaient vraisemblablement similaires. Trois espèces ont été observées pour la première fois aux Maldives. L'une d'elles est relativement fréquente et prévisible (*Opheodesoma* sp.), mais il se peut qu'elle ait été confondue avec d'autres espèces similaires lors de précédents travaux (en particulier *Synapta* ou *Synaptula*). Il arrive aussi

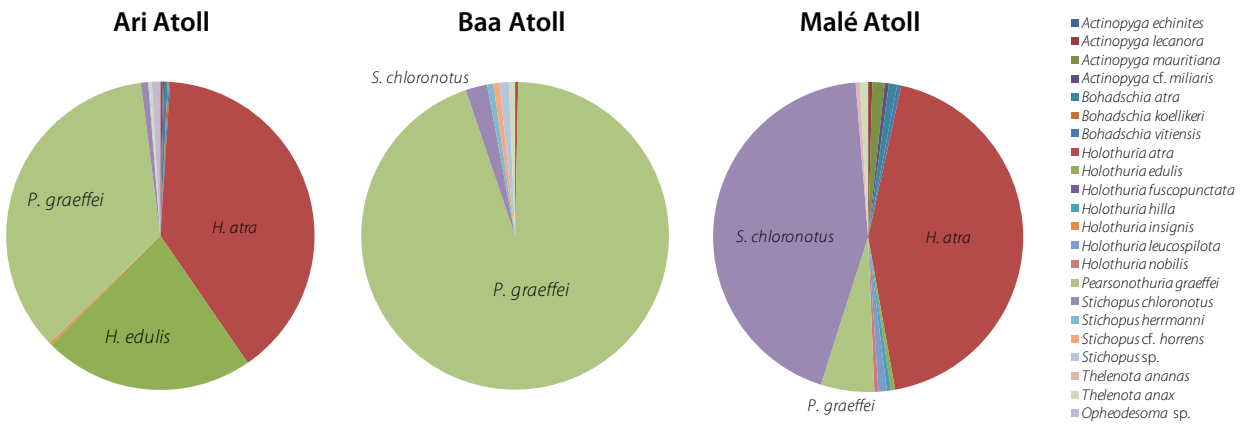

Figure 2. Comparaison de l'assemblage entre les trois atolls, d'après les résultats de la présente étude pour Ari, Ducarme (2015) pour Baa et Muthiga (2008) pour Malé.

Tableau 3. Comparaison des résultats décrits ici et des précédents recensements. Les étoiles indiquent la fréquence. Les doubles étoiles représentent les premiers signalements et le signe « ? » indique les spécimens qui n'ont pas pu être identifiés avec certitude. La mention « Signalée » indique que l'espèce a été signalée dans l'étude, mais n'a pas été observée directement par les scientifiques. Les espèces ciblées à l'échelle locale sont en gras.

	Recensements actuels et antérieurs						
Espèces	Présente étude (atoll d'Ari)	Ducarme (2015) (atoll Baa)	Andréfouët (2012) (atoll Baa)	Muthiga (2008) (atoll Malé)	Reichenbach (1999) (atolls Malé et Laamu)	James et Manikfan (1994) (Maldives)	Joseph (1992) (Maldives)
Actinopyga caerulea		Signalée					
Actinopyga echinites					*	*	
Actinopyga lecanora	*	Signalée	*	*		*	*
Actinopyga mauritiana			*	*	*	*	*
Actinopyga miliaris	?	Signalée		*	*	*	
Actinopyga sp.							*
Bohadschia argus (incertain)			*				
Bohadschia atra	*			*			
Bohadschia koellikeri	**						
Bohadschia marmorata			*			*	*
Bohadschia vitiensis	*			*			
Holothuria atra	*	*	*	*		*	*
Holothuria edulis	*	Signalée	*	*	*		
Holothuria fuscogilva			*		*		
Holothuria fusccopunctata		Signalée			*	*	*
Holothuria hilla				*			
Holothuria insignis	**						
Holothuria leucospilota				*			*
Holothuria nobilis				*		Signalée	*
Pearsonothuria graeffei	*	*	*	*			
Stichopus chloronotus	*	*		*		Signalée	*
Stichopus herrmanni		*			*		
Stichopus cf. horrens		*					
Thelenota ananas		Signalée	*	*	*	*	
Thelenota anax	*	*	*	*	*	*	
Stichopodidé non identifié	?	*					
Opheodesoma sp.	**						
Synaptula sp.	?	Signalée	*				
Synapta maculata						Signalée	*

fréquemment de confondre *B. koellikeri* avec *B. vitiensis* ou *B. marmorata* (Kim *et al.* 2013), qui ont toutes deux été rapportées lors d'observations antérieures ; *B. vitiensis* a aussi été observée individuellement dans la présente étude. *Bohadschia argus* n'est probablement pas présente dans la région (Conand 2008) et ce nom a été donné à *B. atra* dans l'océan Indien avant sa description (Massin *et al.* 1999). *H. insignis* est une espèce cryptique de petite taille, qui passe facilement inaperçu.

L'abondance relative des espèces observées s'écarte notablement des résultats obtenus dans le cadre d'études quantitatives effectuées au préalable dans les atolls voisins de Malé et de Baa (figure 2). On a constaté que l'assemblage de l'atoll d'Ari était dominé par *P. graeffei*, *H. edulis* et *H. atra*, alors que l'atoll de Baa comprend une majorité de *P. graeffei*, suivie par *S. chloronotus* et *T. anax* (Ducarme 2015). L'atoll de Malé était, quant à lui, prédominé par les espèces *S. chloronotus* et *H. atra*, suivies par *P. graeffei* (Muthiga 2008). De telles variations avaient été présumées par Joseph (1992) et pourraient être encore plus marquées dans les atolls plus éloignés.

Dans tous les atolls, on a rarement pu observer d'espèces à forte valeur marchande (*T. ananas*, *H. nobilis*, *A. echinites* et *H. fuscogilva*) : *A. echinites* n'a pas été recensée lors d'études scientifiques depuis 1999 et *H. nobilis* depuis 2008 (bien qu'il existe un risque élevé de confusion avec *H. fuscogilva*). L'importance écologique des holothuries pour les écosystèmes tropicaux étant de mieux en mieux comprise, il est urgent de réglementer les activités de pêche aux Maldives (Purcell *et al.* 2013), d'autant que l'ensemble du pays dépend du bon état écologique de ses récifs. Il s'avère essentiel d'améliorer la gouvernance pour garantir d'une part, la viabilité de la pêche et d'autre part, le bon état de l'écosystème (Eriksson *et al.* 2015).

Outre l'absence d'espèces d'intérêt commercial, cette diversité étonnante des assemblages peut indiquer qu'il existe des différences écologiques encore méconnues entre les atolls, qui ne concernent pas les poissons, mais ont une incidence sur les invertébrés benthiques. Des études comparatives avec d'autres organismes (tels que les coraux ou les gastropodes) pourraient confirmer cette hypothèse et renforcer l'utilisation des holothuries comme des espèces indicatrices facilement recensables.

Cette étude porte le nombre d'espèces d'holothuries enregistrées aux Maldives à 28, exception faite de *B. argus*, mais le nombre définitif dépend de la détermination d'observations ambiguës.

Remerciements

La présente étude a été menée dans le cadre du programme de l'Union internationale pour la conservation de la nature, intitulé « Regenerate » et financé par l'Agence américaine pour le développement international. Nos remerciements vont à Chiara Pisapia qui a mis en place et dirigé la mission, à Ameer Abdulla, directeur de l'UICN aux Maldives, à toute l'équipe de la mission et à Gabriel Grimsditch pour son aide lors de la rédaction du présent document. La supervision scientifique de cette étude par Chantal Conand a été déterminante. De même, l'assistance de Gustav Paulay pour la détermination des espèces a également été très appréciée.

Bibliographie

Andréfouët S. (ed). 2012. Biodiversity, resources, and conservation of Baa atoll (Republic of Maldives): a UNESCO Man and Biosphere Reserve. Atoll Research Bulletin 590. doi:10.5479/si.00775630.590.1

Conand C. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and Indian ocean. p. 153-205. In: Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds) Sea cucumbers. A global review on fishery and trade. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome: FAO. 319 p.

Ducarme F. 2015. Observations *in situ* d'holothuries dans le nord de l'atoll de Baa (Îles Maldives).La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 35:26-31.

Eriksson H., Conand C., Lovatelli A., Muthiga N. and Purcell S.W. 2015. Governance structures and sustainability in Indian Ocean sea cucumber fisheries. Marine Policy 56:16-22. doi:10.1016/j.marpol.2015.02.005

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. Report on the FAO workshop on sea cucumber fisheries: an ecosystem approach to management in the Indian Ocean (SCEAM Indian Ocean), Mazizini, Zanzibar, the United Republic of Tanzania, 12-16 November 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Report 1038.

James D.B.B. and Manikfan M.A. 1994. Some remarks on the present status of beche-de-mer industry of Maldives and its lesson for the Lakshadweep. Bulletin of the Center for Marine Fishery Resources Institute 46:101-105.

Joseph L. 1992. Review of the bêche-de-mer (sea cucumber) fishery in the Maldives. Bay of Bengal Programme (Bay of Ben., Vol. 79). Mandras, India: FAO.

Kim S.W., Kerr A.M. and Paulay G. 2013. Colour, confusion, and crossing: resolution of species problems in Bohadschia (Echinodermata: Holothuroidea). Zoological Journal of the Linnean Society 168(1):81-97. doi:10.1111/zoj.12026

Massin C., Rasolofonirina R., Conand C. and Samyn Y. 1999 A new species of Bohadschia (Echinodermata, Holothuroidea) from the Western Indian Ocean with a redescription of *Bohadschia subrubra*. Bulletin de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique 69:151-160.

Muthiga N. 2008. Observations *in situ* d'holothuries au large de l'atoll de Malé Nord (République des Maldives) La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 27:33-37.

Distribution des holothuries dans les lagons peu profonds de deux réserves marines de l'île Maurice

Chantal Conand[1], Yoshi Basant Rai, Mira Davi Hurbungs, Meera Koonjul, Chiranjiwa Naidoo Paupiah, Ravi Deendayalsing Chooreshwar Mohit et Jean-Pierre Quod

Résumé

Plusieurs études ont été réalisées récemment sur l'abondance et la diversité des holothuries dans les lagons peu profonds de l'île Maurice. Cet article présente les données recueillies sur les holothuries lors de deux inventaires de biodiversité effectués dans deux réserves marines, à savoir Balaclava (en 2009) et Blue Bay (en 2012). Dix-sept espèces ont été observées ou photographiées dans la réserve marine de Blue Bay, la plus fréquente et la plus abondante étant *Holothuria atra*. Dans la réserve marine de Balaclava, les habitats étaient moins variés et seules dix espèces ont été recensées, principalement sur les pentes et les platiers des récifs. Les données recueillies dans les deux réserves marines ont été associées à celles d'une étude antérieure, qui avait permis d'observer vingt espèces, afin de présenter une vue d'ensemble de la distribution des holothuries sur l'île principale de la République de Maurice. Nous présentons également les premières observations sur l'île Maurice des quatre espèces suivantes : *Holothuria flavomaculata, H. impatiens, H. notabilis* et, étonnamment, *Thelenota ananas*.

Introduction

Le secteur de l'holothurie, particulièrement menacé de surexploitation, est confronté à des pressions sur l'île Maurice depuis que la pêche des holothuries a commencé, au milieu des années 2000. Dès 2009, le ministère des Pêches a donc imposé un moratoire d'une durée initiale de deux ans sur la récolte d'holothuries, qui a été prolongé de quatre années supplémentaires (2012-2016) afin d'éviter l'effondrement des stocks.

D'autres études antérieures sur les holothuries de l'île Maurice comprennent des inventaires ou des études écologiques menées sur différents sites par Müller (1998), Luchmun *et al.* (2001), Mrowicki (2006), et Rowe et Richmond (2004) pour l'île Rodrigues. Les travaux les plus récents sur l'abondance et la diversité des holothuries de l'île Maurice ont été réalisés par Lampe (2013) et Lampe-Ramdoo *et al.* (2014) sur plusieurs sites situés dans les lagons peu profonds des côtes sud et ouest d'une part, et des côtes nord et est d'autre part. De brèves synthèses ont également été présentées dans d'autres documents par Conand (2008), Conand *et al.* (2013), la FAO (2013), Mohit (2013) et Eriksson *et al.* (2015).

La réserve marine de Balaclava, située au nord-ouest de l'île Maurice, couvre une superficie de 485 hectares (figure 1). Des biologistes marins de l'ARVAM-Pareto (Réunion) ont été recrutés en 2009 pour réaliser un inventaire biologique de la réserve marine dans le cadre du projet intitulé « Réseau des aires marines protégées des pays de la Commission de l'Océan Indien ». Ce projet a pour but de promouvoir l'utilisation durable et le partage équitable des avantages résultant des aires marines protégées de la République de Maurice, avec la participation de toutes les parties prenantes (Nicet *et al.* 2009).

La réserve marine de Blue Bay, créée en 1997, est située au sud-est de l'île, sur une superficie de 353 hectares (figure 1). Le règlement des pêches et des ressources marines (aires marines protégées) a été amendé en 2007 afin de créer un système de zonage permettant de contrôler les activités autorisées dans la réserve marine. En janvier 2008, la

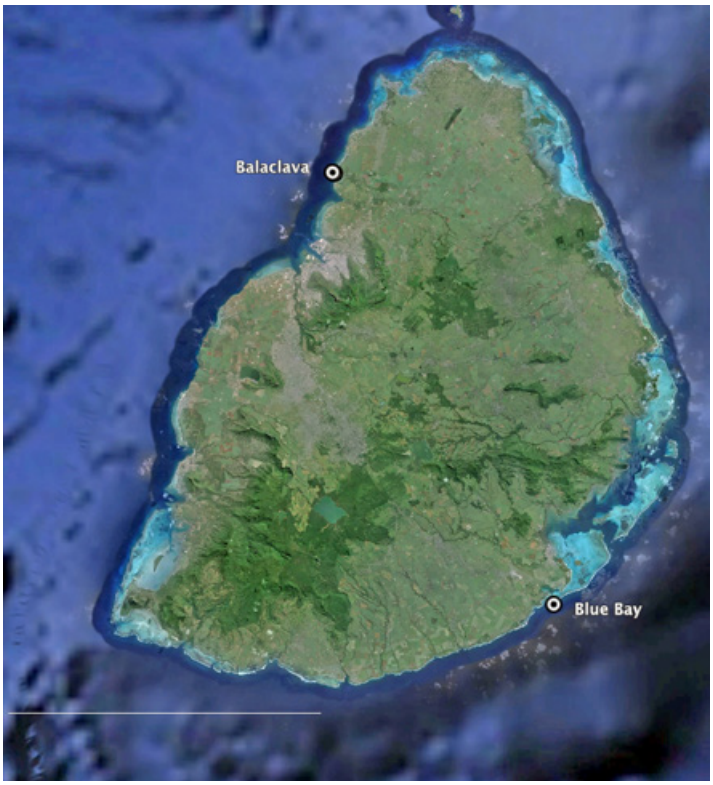

Figure 1. L'île principale de la République de Maurice, avec l'emplacement des réserves marines de Blue Bay et de Balaclava. Source : Google Earth 7.1.5.1557 (consulté le 20/05/2015), île Maurice (http://www.earth.google.com).

[1] Auteur à contacter : chantal.conand@univ-reunion.fr

réserve marine de Blue Bay a été officiellement désignée comme étant le deuxième site RAMSAR (zones humides d'importance internationale) de l'île Maurice. Elle a été étudiée en 2012 par des biologistes marins venus de la Réunion, en collaboration avec leurs homologues du Centre de recherche halieutique d'Albion, dans le cadre du projet financé par le Programme des Nations Unies pour le développement, le Fonds pour l'environnement mondial et le gouvernement de la République de Maurice, intitulé « Partnerships for marine protected areas in Mauritius and Rodrigues » (Simian *et al.* 2012).

Les travaux menés en 2009 (réserve marine de Balaclava) et en 2012 (réserve marine de Blue Bay) avaient pour objectif plus précis d'étudier la biodiversité des sites afin de définir des mesures de gestion efficaces dans ces aires protégées. Les holothuries (Echinodermata) font partie des groupes taxonomiques recensés. Ce document s'appuie sur les données relatives aux holothuries obtenues pendant les études.

Matériel et méthodes

Les données sur les espèces ciblées ont été recueillies *in situ* grâce à un protocole d'évaluation rapide (McKenna and Allen 2005). Chaque étude s'est étalée sur sept jours. Un échantillonnage sous-marin a été réalisé en plongée autonome ou en plongée libre, suivant la profondeur de la station. Les sites ont été regroupés en catégories d'habitat générales : six pour Blue Bay (figure 2) et quatre pour Balaclava (figure 3). L'échantillonnage a été normalisé (une heure dans chaque site) afin d'obtenir un effort d'échantillonnage uniforme.

Les données sur les holothuries comprennnent des notes et des photographies, qui ont été utilisées pour l'identification préliminaire des familles, des genres et des espèces, dans la mesure du possible.

Résultats

Réserve marine de Blue Bay

La réserve marine de Blue Bay présente une grande diversité d'habitats (figure 2), qui ont été regroupés comme suit (Simian *et al.* 2012) : pentes externes (récifs frangeants et récifs barrières) : A) ; lagon (terrasses peu profondes et profondes : B) ; passe C) ; baie (D) ; platier de récif barrière (E) ; et platier de récif frangeant (F). Cette zone est exposée à des menaces d'origine locale (comme les effets de l'exploitation agricole et des activités touristiques) et mondiale (par exemple le changement climatique). En général, la richesse spécifique des taxons échantillonnés était importante au vu de la petite taille du site (Simian *et al.* 2012).

La diversité des holothuries est présentée par habitat dans le tableau 1. Dix-sept espèces ont été observées ou photographiées. L'espèce la plus fréquente et abondante dans plusieurs habitats est *Holothuria atra.* Les terrasses du lagon abritent différentes espèces, parmi lesquelles l'holothurie à mamelles d'intérêt commercial *H. nobilis*, plusieurs espèces du genre *Bohadschia* et *Pearsonothuria graeffei.* La plus grande diversité d'holothuries a été observée sur le platier du récif barrière, tandis que le platier du récif frangeant n'abrite que deux espèces courantes : *H. atra* et *Stichopus chloronotus.*

Figure 2. Sites d'échantillonnage de la réserve marine de Blue Bay. A : pente externe ; B : lagon ; C : passe ; D : baie ; E : platier de récif barrière ; F : platier de récif frangeant.
Source : Google Earth.

Figure 3. Sites d'échantillonnage de la réserve marine de Balaclava. A : pente externe ; B : lagon ; C : passe ; D : baie.
Source : Google Earth.

Réserve marine de Balaclava

Les habitats de la réserve marine de Balaclava sont moins variés puisqu'elle est ceinturée par des récifs frangeants (figure 3). Ces habitats ont été regroupés comme suit (Nicet *et al*. 2009) : pente récifale externe, qui couvre une grande partie de la réserve (A) ; platiers récifaux et lagon (B) ; passe (C) ; baie (D). L'étude a révélé une grande richesse spécifique pour les coraux scléractiniaires, les poissons et les mollusques.

La diversité des holothuries est présentée par habitat dans le tableau 1. Seules dix espèces ont été recensées, principalement sur les pentes et les platiers des récifs coralliens. *Thelenota ananas* a été recensée sur la pente de la passe. La plupart des espèces sont relativement courantes dans la partie occidentale de l'océan Indien.

Discussion

Les présents inventaires reposent essentiellement sur des observations de terrain et des photographies prises pendant les études menées dans les réserves marines au nord et au sud de l'île principale de la République de Maurice. Aucun spécimen n'a été prélevé en vue d'effectuer un examen des spicules ou une analyse génétique permettant une identification précise (Purcell *et al.* 2012).

Tableau 1. Holothuries observées dans les réserves marines de Blue Bay et de Balaclava, par habitat.

			Réserve marine de Blue Bay[2]						Réserve marine de Balaclava[3]			
Famille	**Genre**	**Espèce**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**A**	**B**	**C**	**D**
Holothuriidae	*Actinopyga*	*echinites*					x		x	x		
	Actinopyga	*capillata*										
	Actinopyga	*mauritiana*										
	Bohadschia	*atra*										
	Bohadschia	*marmorata*		x			x					
	Bohadschia	*subrubra*		x			x					x
	Bohadschia	*vitiensis*		x		x						x
	Holothuria	*arenicola*										
	Holothuria	*atra*		x		x		x		x		
	Holothuria	*cinarescens*										
	Holothuria	*flavomaculata*	x									
	Holothuria	*fuscocinerea*										
	Holothuria	*impatiens*					x					
	Holothuria	*hilla*					x			x		
	Holothuria	*leucospilota*		x								
	Holothuria	*nobilis*					x					
	Holothuria	*notabilis*					x					
	Holothuria	*pervicax*				x	x		x		x	
	Holothuria	*scabra*										
	Pearsonothuria	*graeffei*		x								
Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*		x		x		x	x	x	x	
	Stichopus	*herrmanni*		x			x		x			
	Stichopus	*monotuberculatus*				x						
	Thelenota	*ananas*									x	
Synaptidae	*Synapta*	*maculata*		x					x	x		

[2] A = pentes externes (récifs frangeants et récifs barrières) ; B = lagon (terrasses peu profondes et profondes) ; C = passe ; D = baie ; E = platier de récif barrière ; et F = platier de récif frangeant.

[3] A = pente récifale externe (qui couvre une grande partie de la réserve) ; B = platiers récifaux et lagon ; C = passe ; D = baie.

Par conséquent, il n'existe pas de collection de référence à des fins de vérification.

La grande diversité d'habitats dans la réserve marine de Blue Bay, malgré sa relative petite taille, explique la diversité des holothuries. Quelques espèces d'intérêt commercial ont été observées (*H. nobilis*, *T. ananas*, *Actinopyga* spp., *Bohadschia* spp.). Celles-ci devraient faire l'objet de mesures de protection étant donné que les captures illégales sont monnaie courante dans la plupart des aires protégées du monde (Conand *et al.* 2015).

Les échinodermes n'ont pas été examinés en détail lors de l'étude de la réserve marine de Balaclava, ni dans le rapport de cette étude. Par conséquent, les résultats ont pu être faussés, ce qui expliquerait pourquoi la diversité des échinodermes a été jugée faible.

Le tableau 2 reprend une synthèse de la distribution des holothuries sur l'île principale de la République de Maurice, d'après les deux études actuelles et Lampe-Ramdoo *et al.* (2014). L'étude la plus approfondie était celle de Lampe-Ramdoo *et al.* (2014), avec 20 espèces identifiées. Il est intéressant de noter que la présente étude, qui s'appuie sur des observations relativement courtes dans des zones limitées, a permis d'étoffer l'inventaire des holothuries pour l'île Maurice, qui compte à présent 25 espèces au total. Ce nombre demeure faible comparativement à La Réunion, une île plus jeune et moins diversifiée, où 37 espèces ont été recensées (Conand *et al.* 2010).

À l'île Maurice, certaines espèces d'holothuries ont été observées il y a longtemps, comme le genre *A. mauritiana* décrit par Quoy et Gaimard en 1833. Lampe-Ramdoo *et al.* (2014) ont relevé la première observation des espèces suivantes : *H. arenicola*, *A. capillata*, *H. scabra* et *H. fuscocinerea*. Dans ce document, nous présentons la première observation à l'île Maurice des quatre espèces suivantes : *H. flavomaculata*, *H. impatiens*, *H. notabilis* et, étonnamment, *Thelenota ananas*, que l'on trouve couramment dans l'archipel des Mascareignes et dans la région indopacifique tropicale (Purcell *et al.* 2012).

D'autres études sont nécessaires pour compléter l'inventaire. Une collection de référence est également importante pour confirmer l'évolution de ce groupe, qui comporte des espèces d'intérêt commercial.

Tableau 2. Synthèse des espèces d'holothuries présentes sur l'île principale de la République de Maurice.

			Réserve marine de Blue Bay	**Réserve marine de Balaclava**	**Étude de Lampe-Ramdoo et al. (2014)**
			17 esp.	10 esp.	20 esp.
Famille	**Genre**	**Espèce**			
Holothuriidae	*Actinopyga*	*echinites*	x	x	x
	Actinopyga	*capillata*			x
	Actinopyga	*mauritiana*			x
	Bohadschia	*atra*			x
	Bohadschia	*marmorata*	x		x
	Bohadschia	*subrubra*	x	x	x
	Bohadschia	*vitiensis*	x	x	x
	Holothuria	*arenicola*			x
	Holothuria	*atra*	x	x	x
	Holothuria	*cinarescens*			x
	Holothuria	*flavomaculata*	x		
	Holothuria	*fuscocinerea*			x
	Holothuria	*impatiens*	x		
	Holothuria	*hilla*	x	x	x
	Holothuria	*leucospilota*	x		x
	Holothuria	*nobilis*	x		x
	Holothuria	*notabilis*	x		
	Holothuria	*pervicax*	x	x	x
	Holothuria	*scabra*			x
	Pearsonothuria	*graeffei*	x		
Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*	x	x	x
	Stichopus	*herrmanni*	x	x	x
	Stichopus	*monotuberculatus*	x		x
	Thelenota	*ananas*		x	
Synaptidae	*Synapta*	*maculata*	x	x	x

Remerciements

Les auteurs remercient le ministère mauricien de l'Économie océanique, des Ressources marines, de la Pêche et des îles extérieures, le Programme des Nations Unies pour le développement, le Fonds pour l'environnement mondial, la Commission de l'Océan Indien, le Fonds mondial pour la nature et le Fonds français pour l'environnement mondial pour l'aide qu'ils ont apportée dans le cadre de cette étude.

Bibliographie

Conand C. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean. p. 153-205. In: Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds) Sea cucumbers. A global review on fishery and trade. FAO Fisheries Technical Paper 516. Rome: FAO.

Conand C., Eriksson H., Lovatelli A., Muthiga N. and Purcell S. 2013. Sea cucumber fisheries: an ecosystem approach to management in the Indian Ocean (SCEAM Indian Ocean). FAO Workshop on Sea Cucumber Fisheries. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1038. 92 p.

Conand C., Eriksson H., Muthiga N., Leopold M., Prescott J., Purcell S.W. and Toral-Granda M.V. 2015. Management of sea cucumber fisheries: the problem of illegal captures. WIOMSA 9th International Scientific Symposium (abstract).

Conand C., Michonneau F., Paulay G. and Bruggemann H. 2010. Diversity of the holothuroid fauna (Echinodermata) in La Réunion (Western Indian Ocean). Western Indian Ocean Journal of Marine Science (2):145-151.

Eriksson H., Conand C , Lovatelli A , Muthiga N. and Purcell S. 2015. Governance structures and sustainability in Indian Ocean sea cucumber fisheries. Marine Policy 56:16-22.

FAO 2013. Report on the FAO workshop on sea cucumber fisheries: an ecosystem approach to management in the Indian Ocean (SCEAM Indian Ocean), Mazizini, Zanzibar, the United Republic of Tanzania, 12-16 November 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1038. Rome: FAO. 92 p.

Lampe K. 2013. Densité, répartition et diversité des holothuries : comparaison de sites exploités à différents degrés dans les lagons peu profonds de l'île Maurice. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 33:23-29.

Lampe-Ramdoo K., Moothien Pillay R. and Conand C. 2014. Évaluation de la diversité, de l'abondance et de la répartition des holothuries dans les lagons peu profonds de l'île Maurice. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 34:17-24

Luchmun J.P., Mangar V., Mosaheb J.I., Terashima H. and Yamamoto M. 2001. Holothurian distribution in the lagoon at La Preneuse and Baie du Cap, Mauritius, Indian Ocean. Report of Marine Ecology Research Institute 3:13-25

McKenna S. and Allen G.R. 2005 A rapid marine biodiversity assessment of northwest Madagascar. Bulletin of the Rapid Assessment Program 31. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International. 124 p.

Mohit R. 2013. SCEAM Indian Ocean country report – Mauritius. In: Report on the FAO workshop on sea cucumber fisheries: an ecosystem approach to management in the Indian Ocean (SCEAM Indian Ocean), Mazizini, Zanzibar, the United Republic of Tanzania, 12-16 November 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1038. Rome: FAO.

Mrowicki 2006. The Abundance and distribution of holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) in the shallow coastal lagoon of Rodrigues, Mauritius. M.Sc. Thesis, University of Wales, Bangor. 94 p.

Müller C.V. 1998. The role and distribution of holothurians in a shallow coastal lagoon, Mauritius. MSc Thesis. University of Wales, Bangor. 100 p.

Nicet J.B., Barrere A., Faure G., Jamon A. and Quod J-P. 2009. Évaluation environnementale. Rapport PARETO/ARVAM pour le compte WWF/Albion Fisheries Research Centre. 63 p.

Purcell S.W., Samyn Y. and Conand C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 6. Rome: FAO. 150 p.

Rowe F.W.E. and Richmond M.D. 2004. A preliminary account of the shallow water echinoderms of Rodrigues, Mauritius, western Indian Ocean. Journal of Natural History 35:3273-3314.

Simian G., Nicet J.B., Jamon A., Cadinouche A., Barrere, A., Zubia M. and Quod JP. 2012. Habitat mapping and biodiversity inventory of Blue Bay Marine Park, April 2012. Consultancy services for UNDP/ the Ministry of Fisheries and Rodrigues (AFRC). PARETO. 74 p.

La faune des holothuries du Pakistan accueille trois nouvelles espèces : *Holothuria verrucosa, Holothuria cinerascens* et *Ohshimella ehrenbergii*

Quratulan Ahmed[1,], Qadeer Mohammad Ali[1] et Chantal Conand[2]*

Extrait

À l'occasion des relevés de surveillance effectués entre janvier et décembre 2014 sur les plages de Buleji et Sunehri le long de la côte de Karachi, au Pakistan, 234 spécimens d'holothuries ont été prélevés sur l'estran. Les spécimens se trouvent dans la banque de prélèvements du Marine Reference Collection and Resource Centre, de l'Université de Karachi. *Holothuria* (*Lessonothuria*) *verrucosa* (Selenka, 1867) et *Holothuria* (*Semperothuria*) *cinerascens* (Brandt, 1835) n'avaient jamais été observées sur le littoral pakistanais, tandis que *Ohshimella ehrenbergii* (Selenka, 1868) refait surface après 43 ans d'absence (sa présence avait été relevée par Clark et Rowe en 1971). Le présent article propose une caractérisation morphologique des spécimens prélevés ainsi qu'une description des habitats occupés.

Introduction

Entre janvier et décembre 2014, différents spécimens d'holothuries ont été prélevés sur les plages de Buleji et Sunehri, le long de la côte de Karachi, au Pakistan (nord de la mer d'Arabie) (figure 1). Sur les 234 spécimens recueillis, deux espèces d'Holothuriidae – *Holothuria* (*Lessonothuria*) *verrucosa* (Selenka 1867) et *H.* (*Semperothuria*) *cinerascens* (Brandt 1835) – sont observées pour la première fois sur le littoral pakistanais, tandis qu'une espèce de Sclerodactylidae – *Ohshimella ehrenbergii* (Selenka 1868) – a été « redécouverte » après 43 ans d'absence, les derniers relevés que l'on doit à Clarke et Rowe remontant à 1971. La famille des Holothuriidae comprend 5 genres et 185 espèces (Kerr *et al.* 2005), la plus grande diversité étant concentrée par le genre *Holothuria*. La famille des Sclerodactylidae regroupe 27 genres et 139 espèces. Une description détaillée des spécimens de *H. verrucosa*, *H. cinerascens* et *O. ehrenbergii* et de leur habitat est livrée entre ces lignes.

Matériel et méthodes

Les spécimens d'holothuries ont été prélevés sur l'estran à marée basse. Après un temps de repos, les individus ont été fixés dans du formol neutre à 5 %, puis transférés dans de l'éthanol à 70 %. Pour les besoins de l'étude taxonomique et de l'identification, on a procédé à l'étude des caractères morphologiques et à l'examen de coupes histologiques. Les spicules ont été extraits en trois points (tégument

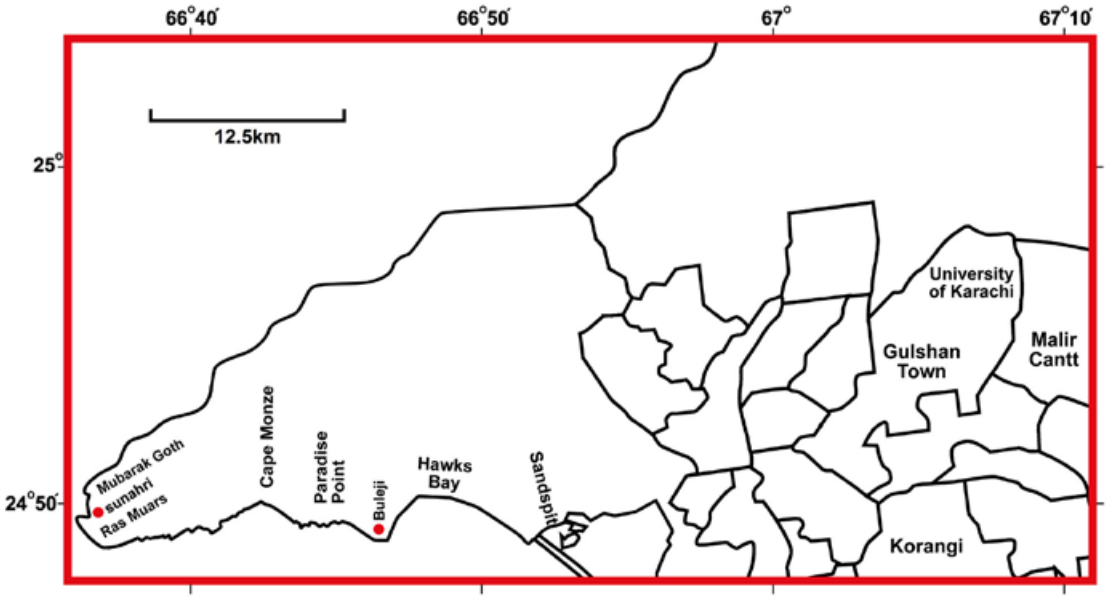

Figure 1. Les deux zones couvertes par l'étude (points rouges).

[1] The Marine Reference Collection and Resource Centre, Université of Karachi, Karachi, Pakistan
[2] Université de la Réunion, Entropie, et MNHN, Paris, France
[*] Auteur à contacter : quratulanahmed_ku@yahoo.com

dorsal, tégument ventral et tentacules). Pour obtenir une préparation à l'état frais, des petits fragments de tissu cutané ont été déposés sur des lames, avec adjonction de quelques gouttes de javel à 3,5 %. Les lames ont ensuite été rincées avec quelques gouttes d'eau distillée, puis examinées au microscope avec grossissement 10 x 10. Des microphotographies ont aussi été prises avec un appareil photo numérique (Fujifilm 16 MP).

Résultats et discussion

Holothuria verrucosa

Ordre : Aspidochirotida ; famille : Holothuriidae ;
genre : *Holothuria* (*Lessonothuria*) ; espèce : *verrucosa.*

Cette espèce benthique détritivore vit dans la frange littorale. Cryptique, elle s'enfouit dans le sable, les herbiers et les habitats détritiques. Lorsque l'individu est enfoui, le cloaque et une partie de la surface supérieure de l'animal restent apparents.

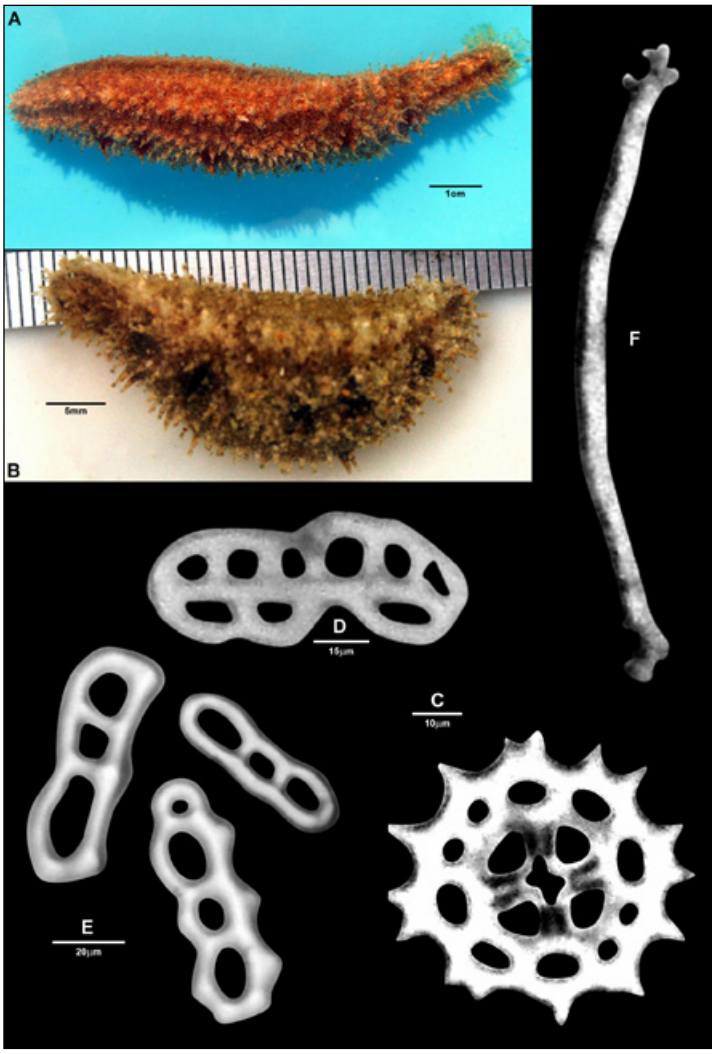

Figure 2. *Holothuria verrucosa.* A : coupe dorsale, B : coupe ventrale, C : tourelle du tégument dorsoventral, D : boutons du tégument dorsal, E : pseudo-boutons des podia ; F : bâtonnets des tentacules.

Spécimens étudiés

Deux spécimens de *H. verrucosa* ont été prélevés à Buleji (24,8389° N, 66,8253° E) le 19 mai 2014 et sur la plage de Sunehri (24,8797° N, 66,6858° E) le 18 juin 2014. Les animaux ont été débusqués sur l'estran à marée basse, dans des anfractuosités du littoral rocheux. La longueur des individus oscillait entre 80 et 130 mm, pour un poids de 13 à 18 g. Les spécimens frais étaient terre de sienne brûlée (figure 2A), avec des papilles marron clair (figure 2B). Ils présentaient un corps plus ou moins cylindrique, fuselé vers l'extrémité postérieure et évasé à l'extrémité antérieure. Le tégument épais de la bouche ventrale comprenait 28 tentacules ressemblant à des boucliers. Les tubes ambulacraires formaient des rangées bien nettes sur la face ventrale. Les spicules dorsoventraux se présentaient sous forme de table, bouton et bâtonnet, avec un disque épineux et des boutons irréguliers (figures 2 C, D et E). Les spicules des tentacules étaient en forme de bâtonnet (figure 2 F).

Remarques

Les spécimens conservés dans les collections du Centre et ceux décrits par Qaseem Tahera et Quddusi B. Kazmi (2005) ont tous été prélevés sur l'estran. Les individus sont quasiment identiques au spécimen décrit par Samyn *et al.* (2006) : cylindrique, 45 cm, coloration marron. Les spécimens décrits ici étaient terre de sienne brûlée, de forme plus ou moins cylindrique fuselée vers l'extrémité postérieure. *H. verrucosa* est une espèce nouvelle pour la faune côtière pakistanaise. Les spécimens sont conservés dans la banque du Marine Reference Collection and Resource Centre, à l'Université de Karachi (cat. n° Holo. 13 et 14).

Holothuria cinerascens

Ordre : Aspidochirotida ; famille : Holothuriidae ;
genre : *Holothuria* (*Semperothuria*) ; espèce : *cinerascens*.

Cette espèce benthique détritivore vit dans la frange littorale (Rowe and Gates 1995). On la trouve dans les anfractuosités rocheuses des fonds marins balayés par la houle, où elle filtre des particules organiques en suspension dans la colonne d'eau (Purcell *et al.* 2012).

Spécimens étudiés

Un spécimen de *H. cinerascens* a été prélevé sur la plage de Sunehri (24,8797° N, 66,6858° E) le 23 octobre 2014. Il a été débusqué dans une anfractuosité rocheuse sur l'estran à marée basse.

Il mesurait 280 mm et pesait 248 g. L'animal vivant était de couleur rouille, avec des papilles orangées (figure 3 A). Le corps de forme cylindrique présentait des podia assez longs sur la face ventrale (figure 3 B). La peau dorsoventrale était fine. La bouche terminale était entourée de 20 tentacules dendro-peltés rétractiles. De grands podia bien nets étaient présents sur la face ventrale. L'anus terminal comportait trois petites papilles. Les spicules dorsoventraux se présentaient sous forme de table et de bâtonnet (figure 3 C, D et F). Les tables étaient plus nombreuses sur la face dorsale que sur le tégument ventral. Au niveau des tentacules, on observait des spicules en bâtonnet (figure 3 E).

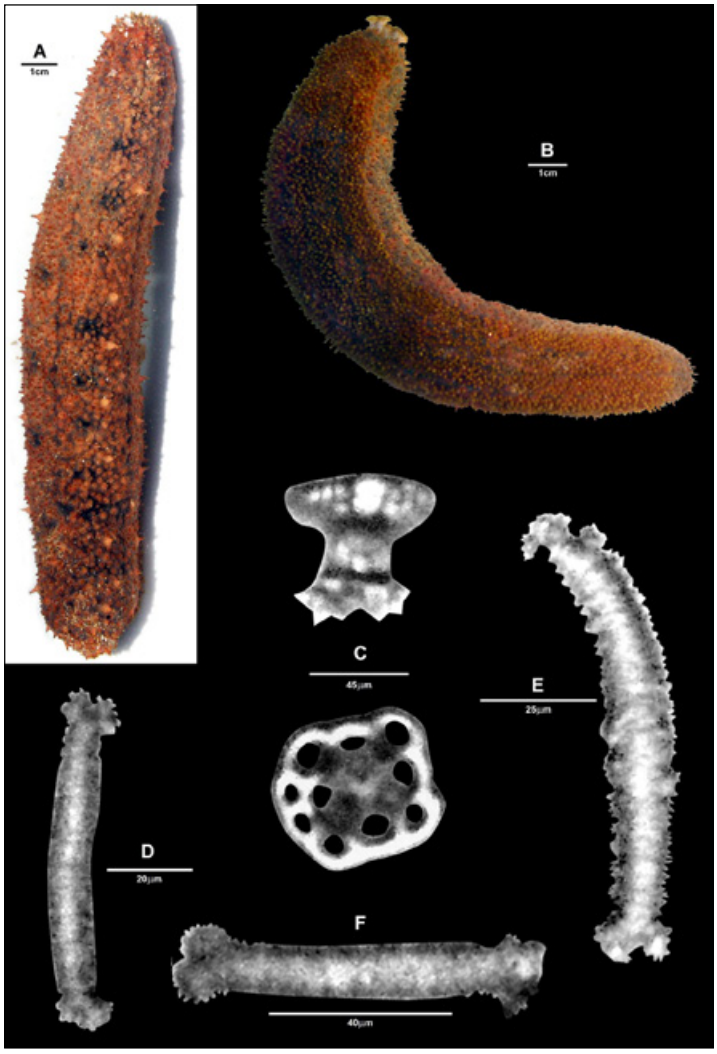

Figure 3. *Holothuria cinerascens*.
A : coupe dorsale, B : coupe ventrale, C : tables du tégument dorsal, D : bâtonnets du tégument dorsal, E : bâtonnets des tentacules, F : bâtonnets des podia.

Remarques

Cette espèce est communément appelée holothurie cendrée. Le spécimen observé ressemble aux individus décrits par Samyn *et al.* (2006) et Purcell *et al.* (2012).

H. cinerascens est une espèce nouvelle pour la faune côtière pakistanaise. Le spécimen est conservé dans la banque du Marine Reference Collection and Resource Centre, à l'Université de Karachi (cat. n° Holo. 15).

Ohshimella ehrenbergii

Ordre : Dendrochirotida Grube, 1840 ;
famille : Sclerodactylidae Panning, 1949 ; sous-famille : Cladolabinae Heding & Panning, 1954 ;
genre : *Ohshimella* Heding & Panning, 1954 ;
espèce : *ehrenbergii* Selenka, 1868.

Spécimens étudiés

Quatre spécimens de *O. ehrenbergii* ont été prélevés sur la plage de Sunehri (24,8797 °N, 66,6858 °E), un le 24 avril 2014, un deuxième le 22 mai 2014 et deux autres le 8 septembre 2014. Tous ont été prélevés dans des anfractuosités rocheuses sur l'estran à marée basse.

Ils mesuraient entre 40 et 100 mm, pour un poids de 6 à 19 g. Les faces dorsale et ventrale des spécimens frais étaient couleur orange foncé et présentaient des papilles de couleur marron (figure 4 A et B). Le corps, de forme cylindrique, était légèrement fuselé ou s'effilait de la bouche à l'anus. La peau était mince. La bouche ventrale comportait 12 tentacules branchus. On apercevait de nombreux podia sur la face ventrale. L'anus était terminal. Le tégument dorsal comportait des spicules en

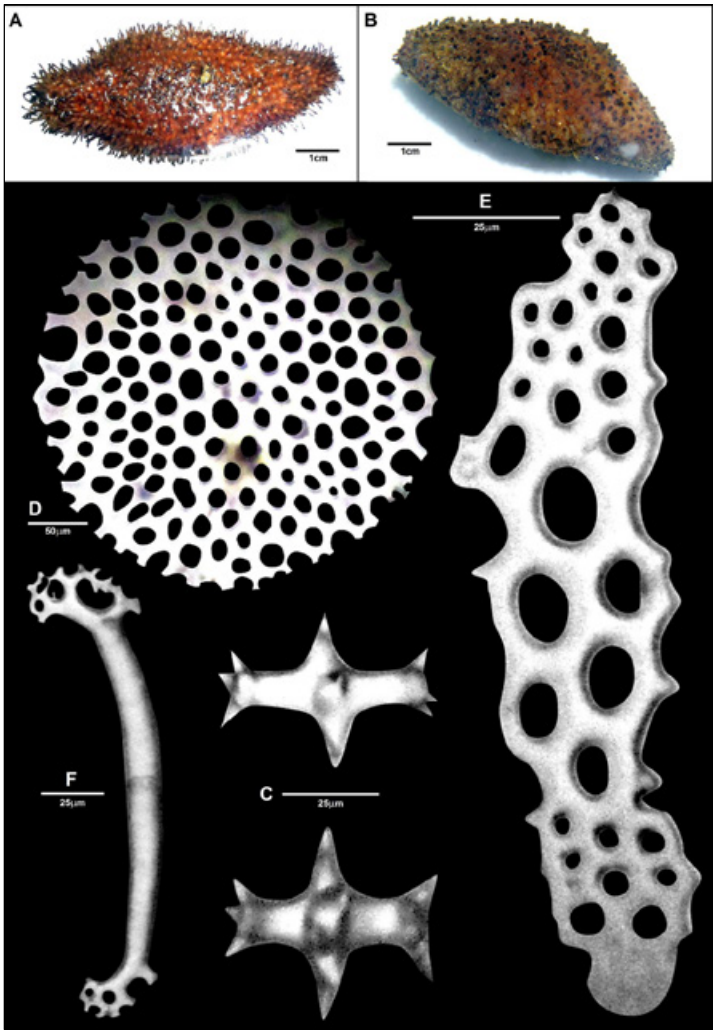

Figure 4. *Ohshimella ehrenbergii*.
A : coupe dorsale, B : coupe ventrale, C : baguettes des téguments, D : plaques des podia ventraux, E : plaque terminale des podia ventraux, F : bâtonnets des tentacules.

bâtonnet cruciforme, garnis d'épines bien développées (figure 4 C). Les spicules des podia terminaux et ventraux se présentaient sous forme de plaques (figure 4 D et E), tandis le tégument ventral était hérissé de baguettes et de plaques et que les tentacules affichaient des bâtonnets (figure 4 F).

Remarques

Les spécimens observés en 2014 sont identiques à ceux décrits par Massin (1999) et Samyn *et al.* (2006) : coloration orange foncé, corps cylindrique fuselé aux deux extrémités. Aucun des spécimens observés en 2014 et décrits par Samyn *et al.* (2006) ne présentait de rosettes, contrairement aux animaux décrits par Massin (1999).

O. ehrenbergii a été redécouverte au Pakistan 43 années après sa première observation par Clark et Rowe (1971). Les spécimens sont conservés dans la banque de prélèvements du Marine Reference Collection and Resource Centre, de l'Université de Karachi (cat. n° Holo. 16, 17 et 18).

Remerciements

Les auteurs remercient la Commission de l'enseignement supérieur du Pakistan pour son soutien financier. Ils saluent l'assistance fournie par feu Maqsood Zafar et M. Aslam, qui ont facilité les travaux de terrain pour le compte du Marine Reference Collection and Resource Centre.

Bibliographie

Brandt J.F. 1835. Echinodermata ordo Holothurina. p. 2-62. In: Prodromus Descriptionis Animalium ab H. Mertensio in Orbis Terrarum Circumnavigatione Observatorum Fasc. 1:1-75.

Clark A.M. and Rowe F.W.E. 1971. Monograph of shallow-water Indo-West Pacific echinoderms. London: Trustees of the British Museum (Natural History). 238 p. Grube A.E. 1840. Actinien, Echinodermen und Würmer des Adriatischen- und Mittelmeers, nach eigenen Sammlungen beschrieben. p. 1-92. J.H. Bon. Königsberg (available online at http://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/10133).

Heding S.G. and Panning A. 1954. Phyllophoridae. Eine Bearbeitung der polytentaculaten dendrochiroten Holothurien des Zoologischen Museums in Kopenhagen. Spolia zool. Mus. Hauniens. 13:209.

Kerr A.M., Janies D.A., Clouse R.M., Samyn Y., Kuszak J. and Kim J. 2005. Molecular phylogeny of coral-reef sea cucumbers (Holothuriidae: Aspidochirotida) based on 16S mitochondrial ribosomal DNA sequence. Marine Biotechnology 7(1):53-60.

Massin C. 1999. Reef dwelling holothurians (Echinodermata) of the Spermonde Archipelago (South-West Sulawesi, Indonesia). Zoologische Verhand, Leiden 329:1-144.

Panning, A. 1949 . Versuch einer Neuordnung der Familie Cucumariidae (Holothurioidea, Dendrochirotida). Centr. (Zool.) Jb., Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 78(4):404-470.

Purcell S.W., Samyn Y. and Conand C. 2012 Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 6. Rome: FAO. 150 p.

Qaseem Tahera and Quddusi B. Kazmi. 2005. Marine fauna of Pakistan, Series No. IV. University of Karachi, Pakistan: Marine Reference Collection and Resource Centre.

Rowe F.W.E. and Gates J. 1995. Echinodermata. In: Wells A. (ed). Zoological catalogue of Australia, Vol. 33. Melbourne, Australia: CSIRO. 510 p.

Samyn Y., VandenSpiegel D. and Massin C. 2006.Taxonomie des holothuries des Comores. Abc Taxa 1:130. Selenka E. 1867. Beiträge zur Anatomis un Systematik der Holothurien. Ztschr. fl. wissensch. Zool. 17:291-374.

Selenka, E. 1868 . Nachtrage zu den Beiträgen zur Anatomie und Systematik der Holothurien. Z. Wiss. Zool. 18:109-119, pl. 8.

Catalogue des holothuries de l'Extrême-Orient russe

Vadim G. Stepanov[1,2] et Elena G. Panina[1,3]

Introduction

Au total, 638 références bibliographiques ont été consultées pour dresser un état des lieux de la répartition des holothuries dans les mers de l'Extrême-Orient russe. À partir de la littérature, un catalogue de 92 espèces a été établi. Les informations suivantes ont été compilées pour chaque espèce enregistrée dans le catalogue : 1) sa distribution géographique dans les mers de l'Extrême-Orient russe ; et 2) sa répartition en profondeur dans l'ensemble de son aire de répartition connue.

Catalogue des 92 espèces observées en Extrême-Orient russe

Sous-classe Synaptacea Cuénot 1891
[nom. transl. pro subclassis Al. Smirnov 2007 (ex Synaptida Cuénot 1891, pro classis)]
Ordre : Synaptida Cuénot 1891
- Sous-ordre : Myriotrochina Al. Smirnov 1998
  - Famille : Myriotrochidae Théel 1877
    - Genre : *Myriotrochus* Steenstrup 1851
      - 1. *Myriotrochus longissimus* Belyaev 1970
      - 2. *Myriotrochus mitsukurii* Ohshima 1915
      - 3. *Myriotrochus rinkii* Steenstrup 1851
    - Genre : *Prototrochus* Belyaev et Mironov 1982
      - 4. *Prototrochus kurilensis* (Belyaev 1970)
      - 5. *Prototrochus minutus* (Östergren 1905)
      - 6. *Prototrochus zenkevitchi* (Belyaev 1970)
    - Genre : *Siniotrochus* Pawson 1971
      - 7. *Siniotrochus spiculifer* Belyaev et Mironov 1981
- Sous-ordre : Synaptina Al. Smirnov 1998
  - Famille : Chiridotidae Östergren 1898a
    - Sous-famille : Chiridotinae Östergren 1898a, sensu Al. Smirnov 1998
      - Genre : *Chiridota* Eschscholtz 1829
        - 8. *Chiridota albatrossii* Edwards 1907
        - 9. *Chiridota discolor* Eschscholtz 1829
        - 10. *Chiridota ochotensis* Saveljeva 1941
        - 11. *Chiridota orientalis* Al. Smirnov 1981
        - 12. *Chiridota pellucida* Vahl 1806
        - 13. *Chiridota tauiensis* Saveljeva 1941
    - Sous-famille : Taeniogyrinae Al. Smirnov 1998
      - Genre : *Scoliorhapis* H.L. Clark 1946
        - 14. *Scoliorhapis lindbergi* (Djakonov dans Djakonov, Baranova et Saveljeva 1958)
      - Genre : *Taeniogyrus* Semper 1868
        - 15. *Taeniogyrus inexpectatus* (Smirnov 1989b)
  - Famille : Synaptidae (Burmeister 1837), sensu Östergren 1898a
    - Sous-famille : Rynkatorpinae Al. Smirnov 1989a
      - Genre : *Rynkatorpa* Rowe et Pawson 1967
        - 16. *Rynkatorpa duodactyla* (H.L. Clark 1907)
    - Sous-famille : Leptosynaptinae Al. Smirnov 1989a
      - Genre : *Anapta* Semper 1868
        - 17. *Anapta amurensis* Britten 1906
        - 18. *Anapta ludwigi* Britten 1906
      - Genre : *Labidoplax* Östergren 1898a, sensu Heding 1931a
        - 19. *Labidoplax variabilis* (Théel 1886)

[1] Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russie, 683000
[2] Courriel : vgstepanov@inbox.ru
[3] Courriel : panina1968@mail.ru

Sous-classe : Elpidiacea Al. Smirnov 2012
Ordre : Elasipodida Théel 1882
Famille : Laetmogonidae Ekman 1926
Genre : *Pannychia* Théel 1882
20. *Pannychia moseleyi virgulifera* Théel 1882
Famille : Elpidiidae Théel 1882
Sous-famille : Peniagoninae Ekman 1926
Genre : *Peniagone* Théel 1882
21. *Peniagone dubia* (Djakonov et Saveljeva dans Djakonov, Baranova et Saveljeva 1958)
22. *Peniagone incerta* (Théel 1882)
23. *Peniagone purpurea* (Théel 1882)
Genre : *Psychroplanes* Gebruk 1988
24. *Psychroplanes rigida* (Théel 1882)
Sous-famille : Elpidiinae Théel 1882, sensu Ekman 1926
Genre : *Amperima* Pawson 1965
25. *Amperima naresi* (Théel 1882)
Genre : *Ellipinion* Hérouard 1923
26. *Ellipinion papillosum* (Théel 1879)
Genre : *Elpidia* Théel 1876
27. *Elpidia birsteini* Belyaev 1971
28. *Elpidia hanseni* Belyaev 1971
29. *Elpidia kurilensis* Baranova et Belyaev dans Belyaev 1971
30. *Elpidia longicirrata* Belyaev 1971
31. *Elpidia minutissima* Belyaev 1971
Genre : *Kolga* Danielssen et Koren 1879
32. *Kolga kamchatica* Rogacheva 2012
Genre : *Scotoplanes* Théel 1882
33. *Scotoplanes hanseni* Gebruk 1983
34. *Scotoplanes kurilensis* Gebruk 1983
35. *Scotoplanes theeli* Ohshima 1915
Famille : Psychropotidae Théel 1882
Genre : *Benthodytes* Théel 1882
36. *Benthodytes incerta* Ludwig 1894
Genre : *Psychropotes* Théel 1882
37. *Psychropotes longicauda* Théel 1882
Sous-classe Holothuriacea Al. Smirnov 2012
Ordre : Aspidochirotida Grube 1840
Famille : Mesothuriidae Al. Smirnov 2012
Genre : *Zygothuria* Perrier 1898
38. *Zygothuria thomsoni* (Théel 1886)
Famille : Synallactidae Ludwig 1894
Genre : *Bathyplotes* Östergren 1896
39. *Bathyplotes moseleyi* (Théel 1886)
Genre : *Paelopatides* Théel 1886
40. *Paelopatides solea* Baranova 1955
Genre : *Pseudostichopus* Théel 1886
41. *Pseudostichopus mollis* Théel 1886
42. *Pseudostichopus papillatus* (Djakonov 1952)
43. *Pseudostichopus profundi* Djakonov 1952
Genre : *Synallactes* Ludwig 1894
44. *Synallactes chuni* Augustin 1908
45. *Synallactes nozawai* Mitsukuri 1912
Famille : Stichopodidae Haeckel 1896
Genre : *Apostichopus* Liao 1980
46. *Apostichopus japonicus* Selenka 1867

Ordre : Dendrochirotida Grube 1840 [nom. transl. Pawson et Fell 1965 (ex. Dendrochiroten Grube, 1840)]
- Famille : Sclerodactylidae Panning 1949, sensu Smirnov 2012
  - Genre : *Eupentacta* Deichmann 1938
    - 47. *Eupentacta fraudatrix* (Djakonov et Baranova dans Djakonov, Baranova et Saveljeva 1958)
    - 48. *Eupentacta pseudoquinquesemita* Deichmann 1938
  - Genre : *Havelockia* Pearson 1903
    - 49. *Havelockia obunca* (Lampert 1885)
- Famille : Thyonidae Panning 1949, sensu Smirnov 2012
  - Sous-famille : Thyoninae Panning 1949
    - Genre : *Allothyone* Panning 1949
      - 50. *Allothyone longicauda* (Öestergren 1898b)
    - Genre : *Pentamera* Ayres 1852
      - 51. *Pentamera calcigera* (Stimpson 1851)
    - Genre : *Thyone* Jaeger 1833
      - 52. *Thyone bicornis* Ohshima 1915
  - Sous-famille : Semperiellinae Heding et Panning 1954
    - Genre : *Phyrella* Heding et Panning 1954
      - 53. *Phyrella fragilis* (Mitsukuri et Ohshima dans Ohshima 1912)
- Famille : Cucumariidae Ludwig 1894
  - Sous-famille : Cucumariinae Ludwig 1894, sensu Panning 1949
    - Genre : *Apseudocnus* Levin 2006
      - 54. *Apseudocnus albus* Levin 2006
    - Genre : *Cucumaria* de Blainville 1834 emended Panning 1949
      - 55. *Cucumaria anivaensis* Levin 2004
      - 56. *Cucumaria conicospermium* Levin et Stepanov 2002
      - 57. *Cucumaria diligens* Djakonov et Baranova, dans Djakonov, Baranova et Saveljeva 1958
      - 58. *Cucumaria djakonovi* Baranova 1980
      - 59. *Cucumaria fusiformis* Levin, 2006
      - 60. *Cucumaria insperata* Djakonov et Baranova dans Djakonov, Baranova et Saveljeva 1958
      - 61. *Cucumaria japonica* Semper 1868
      - 62. *Cucumaria levini* Stepanov et Pilganchuk 2002
      - 63. *Cucumaria obscura* Levin 2006
      - 64. *Cucumaria okhotensis* Levin et Stepanov dans Levin 2003
      - 65. *Cucumaria savelijevae* Baranova 1980
      - 66. *Cucumaria vegae* Théel 1886
    - Genre : *Pseudocnus* Panning 1949
      - 67. *Pseudocnus fallax* (Ludwig 1874)
      - 68. *Pseudocnus koraeensis* (Östergren 1898b)
      - 69. *Pseudocnus lamperti* (Ohshima 1915)
      - 70. *Pseudocnus pusillus* (Ludvig 1886)
    - Genre : *Staurocucumis* Ekman 1927
      - 71. *Staurocucumis abyssorum* (Théel 1886)
      - Genre : *Stereoderma* Ayres 1851 emend. Panning 1949
      - 72. *Stereoderma imbricata* (Ohshima 1915)
  - Sous-famille : Colochirinae Panning 1949
    - Genre : *Leptopentacta* H.L. Clark 1938
      - 73. *Leptopentacta sachalinica* (Djakonov 1958)
    - Genre : *Ocnus* Forbes 1841
      - 74. *Ocnus glacialis* (Ljungman 1880)
- Famille : Psolidae Burmeister 1837
  - Genre : *Psolidium* Ludwig 1887
    - 75. *Psolidium djakonovi* Baranova 1977
  - Genre : *Psolus* Oken 1815
    - 76. *Psolus chitonoides* H.L. Clark 1901
    - 77. *Psolus eximius* Saveljeva 1941
    - 78. *Psolus fabricii* (Düben et Koren 1846)
    - 79. *Psolus japonicus* Öestergren 1898b
    - 80. *Psolus peronii* Bell 1882
    - 81. *Psolus phantapus* (Strussenfelt 1765)
    - 82. *Psolus squamatus* (O.F. Müller 1776)
- Famille : Ypsilothuriidae Heding 1942
  - Genre : *Ypsilothuria* Perrier 1886
    - 83. *Ypsilothuria bitentaculata* (Ludwig 1894)
- Famille : Thyonidiidae (Heding et Panning 1954), status Smirnov 2012
  - Genre : *Ekmania* Hansen et McKenzie 1991

84. *Ekmania barthii* (Troschel 1846)
85. *Ekmania cylindricus* (Ohshima 1915)
86. *Ekmania diomedeae* (Ohshima 1915)

Genre : *Thyonidium* Düben et Koren 1845

87. *Thyonidium kurilensis* (Levin 1984)

Ordre : Molpadiida Haeckel 1896

Famille : Molpadiidae J. Müller 1850

Genre : *Molpadia* Risso 1826

88. *Molpadia musculus* Risso 1826
89. *Molpadia orientalis* (Saveljeva 1933)
90. *Molpadia roretzi* (von Marenzeller 1877)

Famille : Caudinidae Heding 1931b

Genre : *Paracaudina* Heding 1932

91. *Paracaudina chilensis* (J. Müller 1850)

Famille : Eupyrgidae Semper 1868

Genre : *Eupyrgus* Lütken 1857

92. *Eupyrgus pacificus* Öestergren 1905

Répartition géographique des 92 espèces recensées en Extrême-Orient russe

L'Extrême-Orient russe a été découpé en 14 zones géographiques (figure 1), répondant aux abréviations suivantes : NWBS – partie nord-ouest de la mer de Béring (du cap Navarin au détroit de Béring) ; MWBS – partie centre-occidentale de la mer de Béring (du cap Olytorsky au cap Navarin) ; SWBS – partie sud-ouest de la mer de Béring (baie de Karaginsky, baie de Korf, baie d'Olytorsky) ; CBS – partie centrale de la mer de Béring ; KI – îles du Commandeur ; SEK – large de la côte sud-est de Kamtchatka (du cap Lopatka au cap d'Afrique) ; KKT – fosse des Kouriles–Kamtchatka ; NKI – îles Kouriles nord (Shumshu, Paramushir, Atlasova) ; MKI – îles Kouriles centre (Makanrushi, Onekotan, Harimkotan, Shiashkotan, Ekarma, Matua, Rasshua, Ushishir, Ketoy, Simushir, Urup) ; SKI – îles Kouriles sud (Iturup, Kunashir, Shikotan, etc.) ; EOS – partie orientale de la mer d'Okhotsk (côte ouest de Kamtchatka) ; WOS – partie occidentale de la mer d'Okhotsk ; SI – littoral de l'île Sakhaline ; et JS – plateau continental de la mer du Japon.

Des informations détaillées sur la répartition des espèces d'holothuries dans ces 14 zones sont présentées dans le tableau 1.

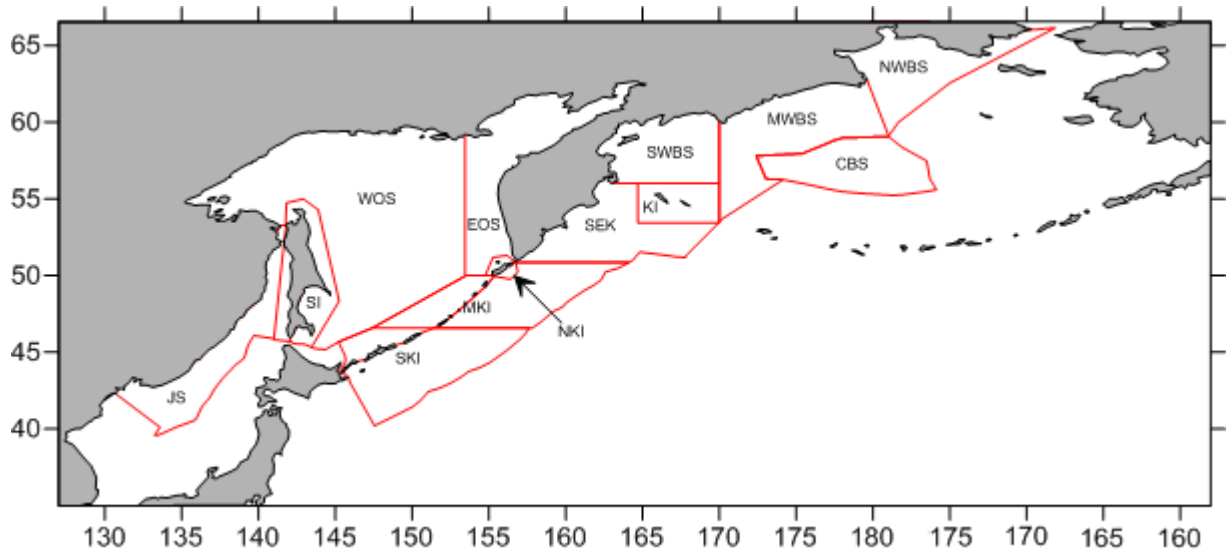

Figure 1. Découpage en 14 zones des mers d'Extrême-Orient russe.
Voir texte ci-dessus pour la légende des abréviations.

Tableau 1. Distribution des 92 espèces d'holothuries recensées dans le catalogue. Les abréviations utilisées dans le tableau sont développées à la page précédente.

	Zone													
Espèce	CBS	NWBS	MWBS	SWBS	KI	SEK	KKT	NKI	MKI	SKI	EOS	WOS	SI	JS
Myriotrochus longissimus							+							
Myriotrochus mitsukurii											+			+
Myriotrochus rinkii		+						+			+		+	
Prototrochus kurilensis							+							
Prototrochus minutus														+
Prototrochus zenkevitchi							+							
Siniotrochus spiculifer							+							
Chiridota albatrossii										+			+	+
Chirodota discolor		+			+	+					+	+		?
Chiridota ochotensis											+	+	+	
Chiridota orientalis				+		+		+					+	
Chiridota pellucida		+								+		+	+	
Chiridota tauiensis												+		
Scoliorhapis lindbergi										+			+	+
Taeniogyrus inexpectatus									+					
Rynkatorpa duodactyla	+		+							+				
Anapta amurensis													+	
Anapta ludwigi													+	
Labidoplax variabilis														+
Pannychia moseleyi virgulifera		+								+			+	
Pannychia moseleyi mollis											+			+
Peniagone dubia												+		
Peniagone incerta				+			+							
Peniagone purpurea							+							
Psychroplanes rigida							+							
Amperima naresi												+		
Ellipinion papillosum												+		
Elpidia birsteini							+							
Elpidia hanseni							+							
Elpidia kurilensis				+			+							
Elpidia longicirrata							+							
Elpidia minutissima				+										
Kolga kamchatica							+							
Scotoplanes hanseni							+							
Scotoplanes kurilensis				+			+							
Scotoplanes theeli										+				
Benthodytes incerta												+		
Psychropotes longicauda							+					+	+	
Zygothuria thomsoni							+				+			
Bathyplotes moseleyi												+	+	
Paelopatides solea			+		+									
Pseudostichopus mollis					+					+			+	+

Espèce	Zone													
	CBS	NWBS	MWBS	SWBS	KI	SEK	KKT	NKI	MKI	SKI	EOS	WOS	SI	JS
Pseudostichopus papillatus				+										
Pseudostichopus profundi				+										
Synallactes chuni			+							+		+	+	+
Synallactes nozawai		+	+	+	+	+			+	+	+		+	+
Apostichopus japonicus										+	?	+	+	+
Eupentacta fraudatrix					+	+		+	+	+			+	+
Eupentacta pseudoquinquesemita									+					
Havelockia obunca													+	
Allothyone longicauda										+			+	+
Pentamera calcigera		+	+	+		+				+	+	+	+	
Thyone bicornis									+	+				+
Phyrella fragilis									+	+				+
Apseudocnus albus													+	+
Cucumaria anivaensis													+	
Cucumaria conicospermium									+	+				+
Cucumaria diligens													+	
Cucumaria djakonovi			+	+	+	+								
Cucumaria fusiformis												+		
Cucumaria insperata													+	
Cucumaria japonica										?			?	+
Cucumaria levini											+			
Cucumaria obscura													+	
Cucumaria okhotensis											+			
Cucumaria savelijevae						+		+			+			
Cucumaria vegae					+	+		+	+	+	+	+	+	?
Pseudocnus fallax					+	+				+			+	
Pseudocnus koraeensis										+			+	+
Pseudocnus lamperti					+									
Pseudocnus pusillus		+			+	+		+			+	+	+	+
Staurocucumis abyssorum			+	+	+	+								
Stereoderma imbricata													+	
Leptopentacta sachalinica									+	+			+	+
Ocnus glacialis		+	+	+						+	+	+	+	+
Psolidium djakonovi			+											
Psolus chitonoides		+	+		+				+	+	+	+	+	
Psolus eximius								+					+	
Psolus fabricii		+	+	+	+	+		+	+			+		+
Psolus japonicus										+			+	
Psolus peronii		+	+	+		+								
Psolus phantapus		+				+					+		+	+
Psolus squamatus										+	+		+	+
Ypsilothuria bitentaculata			+	+	+	+				+				
Ekmania barthii		+											+	
Ekmania cylindricus													+	

→

	Zone													
Espèce	CBS	NWBS	MWBS	SWBS	KI	SEK	KKT	NKI	MKI	SKI	EOS	WOS	SI	JS
Ekmania diomedeae		+											+	
Thyonidium kurilensis									+					
Molpadia musculus													+	
Molpadia orientalis										+			+	+
Molpadia roretzi			+					+			+		+	+
Paracaudina chilensis													+	+
Eupyrgus pacificus														+

Distribution en profondeur des 92 espèces répertoriées en Extrême-Orient russe

La répartition en profondeur des 92 espèces est codifiée par étages :

- 0-350/400 m : sublittoral
- 350/400-3 500 m : bathyal
- 3 500-6 000 m : abyssal
- 6 000-11 000 m : ultra-abyssal

Des informations détaillées sur la répartition en profondeur des 92 espèces d'holothuries recensées dans le catalogue sont présentées dans le tableau 2

Tableau 2. Répartition en profondeur typique des 92 espèces dans l'ensemble de leur aire de répartition géographique connue.

Espèce	Profondeur (m)	Répartition en profondeur typique de l'espèce
Myriotrochus longissimus	5 422-7 370	Abyssal-ultra-abyssal
Myriotrochus mitsukurii	67-1 760	Sublittoral-bathyal
Myriotrochus rinkii	2-790	Sublittoral-bathyal
Prototrochus kurilensis	7 795-8 430	Ultra-abyssal
Prototrochus minutus	60-3 357	Sublittoral-bathyal
Prototrochus zenkevitchi	7 400-8 135	Ultra-abyssal
Siniotrochus spiculifer	4 650-8 430	Abyssal-ultra-abyssal
Chiridota albatrossii	46-1 000	Sublittoral-bathyal
Chirodota discolor	0-1 037	Sublittoral-bathyal
Chiridota ochotensis	591-1 643	Sublittoral-bathyal
Chiridota orientalis	10-382	Sublittoral-bathyal
Chiridota pellucida	32-252	Sublittoral-bathyal
Chiridota tauiensis	0-1	Sublittoral
Scoliorhapis lindbergi	0-65	Sublittoral
Taeniogyrus inexpectatus	10	Sublittoral
Rynkatorpa duodactyla	1 006-2 980	Bathyal
Anapta amurensis	4,2	Sublittoral
Anapta ludwigi	0-53	Sublittoral
Labidoplax variabilis	0-250	Sublittoral
Pannychia moseleyi	212-2 499	Sublittoral-bathyal
Peniagone dubia	2 850	Bathyal
Peniagone incerta	2 293-7 230	Bathya-abyssal-ultra-abyssal
Peniagone purpurea	2 934-5 070	Bathya-abyssal

→

Espèce	Profondeur (m)	Répartition en profondeur typique de l'espèce
Psychroplanes rigida	3 194-5 230	Bathya-abyssal
Amperima naresi	1 889-7 160	Bathya-abyssal-ultra-abyssal
Ellipinion papillosum	700-5 400	Bathya-abyssal
Elpidia birsteini	8 060-9 345	Ultra-abyssal
Elpidia hanseni	8 610-9 735	Ultra-abyssal
Elpidia kurilensis	6 156-8 100	Abyssal-ultra-abyssal
Elpidia longicirrata	8 035-8 345	Ultra-abyssal
Elpidia minutissima	4 100-5 740	Abyssal
Kolga kamchatica	6 225-6 236	Ultra-abyssal
Scotoplanes hanseni	4 650-7 660	Abyssal-ultra-abyssal
Scotoplanes kurilensis	2 300-4 400	Bathyal-abyssal
Scotoplanes theeli	545-2 500	Bathyal
Benthodytes incerta	2 417-3 570 4 087 ?	Bathyal-abyssal
Psychropotes longicauda	2 210-6 420	Bathya-abyssal-ultra-abyssal
Zygothuria thomsoni	565-5 307	Bathya-abyssal
Bathyplotes moseleyi	50-1 730	Sublittoral-bathyal
Paelopatides solea	2 220-2 416	Bathyal
Pseudostichopus mollis	91-1 600	Sublittoral-bathyal
Pseudostichopus papillatus	182-4 200	Sublittoral-bathyal-abyssal
Pseudostichopus profundi	4 100-4 200	Abyssal
Synallactes chuni	75-653 1 000?	Sublittoral-bathyal
Synallactes nozawai	56-1 600	Sublittoral-bathyal
Apostichopus japonicus	0-150	Sublittoral
Eupentacta fraudatrix	0-40	Sublittoral
Eupentacta pseudoquinquesemita	0-200	Sublittoral
Havelockia obunca	0-20	Sublittoral
Allothyone longicauda	15-241	Sublittoral
Pentamera calcigera	0-500	Sublittoral-bathyal
Thyone bicornis	19-635	Sublittoral-bathyal
Phyrella fragilis	0-450	Sublittoral-bathyal
Apseudocnus albus	30.5-74	Sublittoral
Cucumaria anivaensis	29	Sublittoral
Cucumaria conicospermium	34-102	Sublittoral
Cucumaria diligens	47	Sublittoral
Cucumaria djakonovi	5-140	Sublittoral
Cucumaria fusiformis	36	Sublittoral
Cucumaria insperata	36	Sublittoral
Cucumaria japonica	0-300	Sublittoral
Cucumaria levini	60 ?	Sublittoral
Cucumaria obscura	88	Sublittoral
Cucumaria okhotensis	14-131	Sublittoral
Cucumaria savelijevae	36-183	Sublittoral
Cucumaria vegae	0-51	Sublittoral
Pseudocnus fallax	8-180	Sublittoral
Pseudocnus koraeensis	?-68	Sublittoral
Pseudocnus lamperti	79-247	Sublittoral

→

Espèce	Profondeur (m)	Répartition en profondeur typique de l'espèce
Pseudocnus pusillus	0-62	Sublittoral
Staurocucumis abyssorum	385-4 810	Sublittoral-bathyal
Stereoderma imbricata	127-136	Sublittoral
Leptopentacta sachalinica	0-28	Sublittoral
Ocnus glacialis	11-500	Sublittoral-bathyal
Psolidium djakonovi	1 440	Bathyal
Psolus chitonoides	0-624	Sublittoral-bathyal
Psolus eximius	60-128	Sublittoral
Psolus fabricii	0-180	Sublittoral
Psolus japonicus	40-300	Sublittoral
Psolus peronii	7-93	Sublittoral
Psolus phantapus	0-400	Sublittoral-bathyal
Psolus squamatus	7-1 206	Sublittoral-bathyal
Ypsilothuria bitentaculata	100-4 400	Sublittoral-bathyal-abyssal
Ekmania barthii	10-600	Sublittoral-bathyal
Ekmania cylindricus	133	Sublittoral
Ekmania diomedeae	10-300	Sublittoral
Thyonidium kurilensis	10-228	Sublittoral
Molpadia musculus	35-5 205	Sublittoral-bathyal-abyssal
Molpadia orientalis	17-450	Sublittoral-bathyal
Molpadia roretzi	44-620	Sublittoral-bathyal
Paracaudina chilensis	1-990	Sublittoral-bathyal
Eupyrgus pacificus	31-1 475	Sublittoral-bathyal

Principales références bibliographiques consultées pour établir ce catalogue d'espèces et rassembler des informations sur leur biologie

Augustin E. 1908. Uber japanische Seewalzen. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwurde der hohen philosophischen Fakultat der Universitat Leipzig. Munchen: Druck der Akadenrischen Buchdruckerei von F. Straub. 48 s.

Ayres W.O. 1851-54. Observations upon the Holothurioidea of our Coast. Proceedings of the Boston Society of Natural History 4:246 p.

Ayres. W.O. 1852. Description of a new species of Holothuria. Proceedings of the Boston Society of Natural History 4:207-208.

Baranova, Z.I. 1955. New species and subspecies of Echinoderms from the Bering Sea. ZIN Journal, Academy of Sciences, USSR 18:334-342.

Baranova, Z.I. 1977. A new holothurian of the Genre : *Psolidium* from the Bering Sea. Issledovaniya Fauny Morei. Leningrad: Nauka. 21(29):109-113.

Baranova, Z.I. 1980. New species of the holothurians of the Genre : *Cucumaria*. p. 109-120. In: On the progress in taxonomy of marine invertebrates. Leningrad: Zoological Institute of Academy of Sciences of the USSR (Explorations of the fauna of the seas) 25(33)).

Bell F.J. 1882. Studies in the Holothurioidea. I. On the Genre : *Psolus* and the Forms allied thereto. p. 641-650. In: Proceedings of the Zoological Society of London, Vol. 1882.

Belyaev G.M. 1970. Deep water holothurians of the Genre : *Myriotrochus* (Apoda: Myriotrochidae). Fauna of the Kurile Kamchatka Trench. Akademia Nauk SSSR. Trudy Instituta Okeanologie 86:458-488.

Belyaev G.M. 1971. Deep water holothurians of the Genre : *Elpidia*. p. 326-367. In: Bogorov V.G. (ed). Fauna of the Kurile-Kamchatka Trench and its environment. Akademia Nauk SSSR. Trudy Instituta Okeanologie 92.

Belyaev G.M. and Mironov A.N. 1981. Some new deep-sea species of the Myriotrochidae (Holothurioidea) from the northern and the south-western parts of the Pacific Ocean. Akademii Nauk SSSR. Trudy Instituta Okeanologii 115:165-73.

Belyaev G.M. and Mironov A.N. 1982. The holothurians of the Famille : Myriotrochidae (Apoda): Composition, distribution, and origin. Akademia Nauk SSSR. Trudy Instituta Okeanologie 117:81-120.

Blainville M.H.M.D. 1834. Manuel d'actinologie ou de zoophythologie. Strasbourg, France: F.G. Levrault. 695 p.

Britten, M. 1906. Holothurien aus dem Japanischen und Ochotskischen Meere. Bull l'Acad. Imper. Sci. St.-Peterburg 25(5)(1):123-157.

Burmeister H. 1837. Handbuch der Naturgeschichte. p. 369-858. In: Zweite Abt. Zoologie. Berlin: Verlag von Theod. Chr. Friedr. Gnelin.

Clark, H.L. 1901. Echinoderms from Puget Sound: observations made on the echinoderms collected by the parties from Columbia University, in Puget Sound in 1896 and 1897. Proceedings of the Boston Society 29:323-331.

Clark, H.L. 1907. The Apodous Holothurians : A monograph of the Synaptidae and Molpadiidae, including a Report on the representatives of these families in the Collections of the United National Museum. Smithsonian Contributions to Knowledge 35. 231 p.

Clark, H.L. 1938. Echinoderms from Australia. An account of collections made in 1929 and 1932. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard 55:596 p.

Clark, H.L. 1946. Echinoderm fauna of Australia: Its composition and origin. Carnegie Institute Washington Publication 566:567 p.

Cuénot L. Études morphologiques sur les Echinodermes. 1891. Arch. Biol., Paris 11:313-680.

Danielssen D.C. and Koren J. 1879. Fra den norske Nordhavsexpedition. Echinodermer 2. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne 24:229-266.

Deichmann, E. 1938. New holothurians from the western coast of North America and some remarks on the Genre : *Caudina*. Proceedings of the New England Zoological Club 16:103-115.

Djakonov, A.M. 1952. Echinoderms from abyssal depths in the waters around Kamtchatka. Investigations of the Far Eastern Seas of the USSR 3:116-130.

Djakonov, A.M. 1958. On the inshore echinoderm fauna of the south-west Sakhalin Islands based on collections made by the expeditions of the Zoological Institute in 1946. Investigations of the Far Eastern Seas of the USSR 5:260-270.

Djakonov A.M., Baranova Z.I. and Saveleva T.S. 1958. Note on the holothurians from south of Sakhalin and the Kuril Islands. Investigations of the Far Eastern Seas of the USSR 5:358-380.

Düben M.W. and Koren J. 1845. Archiv Skandinavischer Beiträge zur Naturgeschichte 1:436-440.

Düben M.W. and Koren J. 1846. Ofversig af Skandinaviens Echinodermer. p. 229-338. In: Konglinga Svenska Vetenskapsakadmiens Handlingar.

Edwards C.L. 1907. The holothurians of the North Pacific Coast of North America collected by the Albatross in 1903. Proceedings of the United States National Museum 33:49-68.

Ekman S. 1926. Systematisch-phylogenetische Studien über Elasipoden und Aspidochiroten. Zoologische Jahrbucher, Abteilung Algemeine Zoologie Physiologie Tiere 47(4):429-540.

Ekman S. 1927. Holothurien der deutschen Südpolar- Expedition 1901-1903 aus der Ostantarktis und von den Kerguelen. Deutsche Südpolar-Expedition 19:359-419.

Eschscholtz F. 1829. Zoologischer Atlas; enthaltend Abbildungen und Beschreibungen neue Thierarten wahrend der Flottcapitains von Kotzebue zweiter reise um die Welt 1823-26. Berlin: Reimer. 2. 13 p.

Forbes. E. 1841. A history of British star-fishes, and other animals of the class Echinodermata. London: John van Voorst. 267 p.

Gebruk A.V. 1983. Abyssal holothurians of the Genre : *Scotoplanes* (Elasipoda: Elpidiidae). Zoologiskie Zhurnal 62(9):1359-1370.

Gebruk A.V. 1988. New taxa of the deep-sea holothurians from the Famille : Elpidiidae (Elasipoda). Zoologiskie Zhurnal 67(6):914-922.

Grube A.E. 1840. Actinien, echinodermen und würmer des adriatischen und mittlemeers. Königsberg: Verlag von J.H. Bon. 92 p.

Haeckel E. 1896. Systematische phylogenie der wirbellossen thiere (Invertebrata): Zweiter Teil des Entwurfs einer systematischen Stammengeschichte. Berlin: Verlag von Georg Reimer. 720 p.

Hansen B. and McKenzie J.D. 1991. A taxonomic review of northern Atlantic species of Thyonidiinae and Semperiellinae (Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida). Zoological Journal of the Linnean Society 103(2):101-127.

Heding S.G. 1931a. Über die Synaptiden des Zoologischen Museums zu Hamburg. Zoologische Jahrbücher (Syst.) 61:637-696.

Heding S.G. 1931b. On the classification of the Molpadids. Videnskabelige Meddelelser Fra Dansk Naturhistorisk Forening 92:275-284.

Heding S.G. 1932. Paracaudina nom. nov., a correction, together with some remarks concerning the fossil *Pseudocaudina brachyura* Broili. Videnskabelige Meddelelser Fra Dansk Naturhistorisk Forening 92:455-456.

Heding S.G. 1942. Holothurioidea II. Aspidochirota, Elasipoda, Dendrochirota. Danish Ingolf Exped. Copenhagen: Hagerup. 4(13):1-39.

Heding S.G. and Panning A. 1954. Phyllophoridae eine bearbeitung der polytentaculaten dendrochiroten holothurien des Zoologischen Museums. Kopenhagen Spolia Zool. Mus. Haun. 13:1-209.

Jaeger, G.F. 1833). De holothuriis. Dissertatio Inauguralis. 40 p.

Lampert, K. 1885). Die Seewalzen, eine Systematische Monographie mit Bestimmungs und Verbreitungs Tabellen. In: Semper C. (ed). Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter teil. Wissenschaftliche Resultate, Wiesbaden. 4(3): 311 p.

Levin V.S. 1984. *Duasmodactyla kurilensis* (Dendrochirota, Phyllophoridae) - a new species of the dendrochirote holothurlans from Onekotan Isfaud (the Kuril Islands). Biologiya Morya 4:69-72.

Levin V.S. 2003. *Cucumaria okhotensis* (Echinodermata): A new species of holothurians from the Sea of Okhotsk. Biologiya Morya 29(3):202-205.

Levin V.S. 2004. *Cucumaria anivaensis* (Holothuroidea: Dendrochirotida) – a new species of holothurians from coastal waters of Sakhalin. Biologiya Morya 30(1):76-78.

Levin V.S. 2006. An addition to the fauna of holothurians of the Famille : Cucumariidae (Echinodermata: Holothuroidea) from the Sea of Okhotsk. Biologiya Morya 32(2):148-154.

Liao, Y. 1980. The aspidochirote holothurians of China with erection of a new Genre :. p. 115-120. In: Jangoux M. (ed). Echinoderms: Present and past. Rotterdam: A.A. Balkema.

Ljungman A.V. 1880. Forteckning ofver Spetsbergens Holothurider. Often. K. svenska Vetensk Akad. Handl. 21:107-131.

Ludwig, H. 1874 . Beitrage zur Kenntniss der Holothurien. Arb. Zool. Zootom. Inst. Wurzburg 2:1-42.

Ludwig H. 1886. Echinodermen des Beringsmeeres. Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. 275-296.

Ludwig, H. 1887 . Die von G. *Chierchia* auf der Fahrt der Kgl. Ital. Corvette 'Vettor Pisani' gesammelten Holothurien. Zool. Jahrb. Z. Syst. Geogr. Biol. Thiere 2:1-36.

Ludwig H. 1894. The Holothurioidea. Reports on an exploration off the west coasts of Mexico, Central and South America, and off the Galapagos Islands. Charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross" during 1891, Lieut. Commander Z.L. Tanner, U.S.N. commanding. 12. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College 17(3):1-183.

Lütken C. 1857. Oversigt over Gronlands Echinodermata. Vidensk. Meddeles. dansk naturh. Foren. 1-55.

Marenzeller E. 1877. Die Coelenteraten, Echinodermen und Würmer der österr.-ungar // Nordpol-Exped. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. 35:29-32.

Mitsukuri K. 1912. Studies on the actinopodous Holothurioidea. Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo 29(2):284 p.

Müller J. 1850. Anatomische Studien über die Echinodermen. Arch. Anat. J. Plant Physiol. Wiss. Med. P. 117-155, 225-233.

Müller, O.F. 1776 . Zoologiae Danicae Prodromus. Havnia. 274 p.

Ohshima, H. 1912 . On the system of Phyllophorinae with descriptions of the species found in Japan. Annotnes Zool. Jap. 8:53-96.

Ohshima H. 1915. Report on the Holothurians collected by the United States fisheries Steamer "Albatross" in the Northwestern Pacific during the summer of 1906. Proceedings of the United States National Museum 48(2073):213-291.

Oken L. 1815. Lehrbuch der Naturgeschichte. Part 3. Zoologie. Leipzig & Jena. 850 p.

Östergren H. 1896. Zur Kenntnis der Subfamilie Synallactinae unter den Aspidochiroten. Festskrift W. Lilljeborg Tillegnad pa hans attionde fodelsedag af svenska zoologer. Uppsala: J.M. Hulth, Zoologiska Studier. p. 347-361.

Östergren H. 1898a. Das system der Synaptiden. Öfvers Kongelige Vetebskaps-Akademien Förhandlingar. 55(2):111-120.

Östergren H. 1898b. Zur Anatomie der Dendrochiroten nebst Beschreibungen neuer Arten. Zool. Anz. 21:102-110, 133-136.

Östergren H. 1905. Zwei Koreanische Holothurien. p. 192-199. In: Archives de Zoologie Expérimentale et Générale (4) Notes et Revue 3(8). Paris.

Panning, A. 1949. Versuch einer Neuordnung der Familie Cucumariidae (Holothurioidea, Dendrochirota). Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. 78(4):404-470.

Pawson, D.L. 1965. Some Echinozoans from north of New Zealand. Transactions of the Royal Society, New Zealand (Zool.) 5:197-224.

Pawson D.L. and Fell H.B. 1965. A revised classification of the dendrochirote holothurians. Breviora 214:1-7.

Pawson D.L. 1971. *Siniotrochus phoxus* new Genre, new species, a Myriotrochid holothurian new to the United States east coast. Proceedings of the Biological Society of Washington 84(28):231-234.

Pearson J. 1903. Holothurioidea. Report to the Government of Ceylon on the Pearl Oyster Fisheries of the Gulf of Manaar, W.A. Herdman. London (R. Soc). Suppl. rep. 5:181-208.

Perrier E. 1886. Les Explorations sous Marines. Paris: Librairie Hachette. 352 p.

Perrier R. 1898. Sur les Holothuries recueillies par le Travailleuret le Talisman. Paris: Comptes Rendus de l'Academie des Sciences 126:1664-1666.

Risso A. 1826. Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale et particulièrement de celles des environs de Nice et des Alpes maritimes. Paris: F.-G. Levrault 5:289-293.

Rogacheva A.V. 2012. Taxonomy and distribution of the Genre : *Kolga* (Elpidiidae: Holothuroidea: Echinodermata). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 92(5):1183-1193.

Rowe F.W.E. and Pawson D.L. 1967. A new Genre : in the holothurian Famille : Synaptidae, with a new species from Tasmania. Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania 101:31-35.

Saveljeva T.S. 1933. On the holothurian fauna of the Japan and Okhotsk Seas. Explorations Mers Russes 19:37-58.

Saveljeva T.S. 1941. On the holothurian fauna of the Far Eastern Seas of the USSR. Investigations of the Far Eastern Seas of the USSR 1:73-98.

Selenka E. 1867. Beitrage zur Anatomie und Systematik der Holothurien. Zeitschrift Wissenschaftliche Zoologie 17:291-374.

Semper, C. 1868). Reisen im Archipel der Philippinen. 2 Theil. Wissenshaftliche Resultate. Holothurien. 1. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann. 288 p.

Smirnov A.V. 1981. *Chirodota orientalis* (Apoda: Chiridotidae) – A new species of sea cucumber from the far east seas of the USSR. Zoologiskie Zhurnal 60(1):79-83.

Smirnov A.V. 1989a. Coordination of the system of recent and extinct holothurian of the Famille : Synaptidae. p 203-217. In: Kalo D.D., Rozhnov S.V., Solovev A.N., Stukalina G.A. and Khints L. (eds). Fossil and recent echinoderm researches. Acad. Sci. Estonia, Inst. (Géol.)

Smirnov A.V. 1989b. A new species of holothurians *Trochodota inexspectata* (Synaptida, Chiridotidae) from the Simushir Island (Kuril Islands). Zoologicheskii Zhurnal 68(6): 156-160.

Smirnov A.V. 1998. On the classification of the apodid holothurians. p. 517-522. In: Mooi R. and Telford M. (eds). Echinoderms. Proceedings of the Ninth International Echinoderm Conference, San Francisco, California, USA, 5-9 August 1996. Rotterdam: A.A. Balkema.

Smirnov A.V. 2007. The System of the Class Holothuroidea. Byull. Mosk. O-va Ispyt. Prir. Otd. Geol. 82(2):87-88.

Smirnov A.V. 2012. System of the Class Holothuroidea. Paleontological Journal 46(8):793-832.

Steenstrup J. 1851. Myriotrochus rinkii. Videnskabelige Meddelelser Dansk Naturhistorisk Forening, Kjobenhavn. p. 55-60.

Stepanov V.G. and Pilganchuk O.A. 2002. Cucumaria levini (Dendrochirotida, Cucumariidae) is a new species of holothurians from the Sea of Okhotsk. Zoologicheskii Zhurnal 81(11):1392-1397.

Stimpson W. 1851. Description of *Pentacta calcigera.* Proceedings of the Boston Society of Natural History 4: 67.

Strussenfelt A.M. 1765. Beskrifning pa et Sjo-krak, Hats-Spoke kalladt. K. svenska Vetenska-kad. Handl. 26:256-266.

Théel H. 1876. Note sur l'*Elpidia* genre nouveau du groupe des Holothuries. Bihang Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 4:3-7.

Théel H. 1877. Notes sur quelques Holothuries des mers de la Nouvelle Zemble. Nova Acta R. Soc. Scient. Uppsala 17(3):1-18.

Théel H. 1879. Preliminary report on the Holothuridae of the exploring voyage of HMS. Challenger, under Professor Sir C. Wyville Thomson. 1. Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 5(19):1-20.

Théel H. 1882. Report on the Holothurioidea dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876. Part I. p. 140-172. In: Thomson C.W. and Murray J. (eds). Rep. Sci. Res. H.M.S. Challenger during the Years 1873-1876 under the Command of Captain George S. Nares and Captain Frank Tourle Thomson. London, Edinburgh, Dublin: Neill and Co. Zoology 4(13):1-176.

Théel H. 1886. Report on the Holothurioidea dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876. Part II. In: Thomson C.W. and Murray J. (eds). Rep. Sci. Res. H.M.S. Challenger during the Years 1873-1876 under the Command of Captain George S. Nares and Captain Frank Tourle Thomson. London, Edinburgh, Dublin: Neill and Co. Zoology 14(39):1-290.

Troschel F. 1846. Neue Holothurien Gattungen. Archiv Naturgeschischte 12(1):60-66.

Vahl M.O.F. 1806. Müler Zoologia Danica. 4:1-46.

Découverte et description d'une nourricerie de juvéniles de *Stichopus herrmanni* à Heron Reef (Grande barrière de corail)

Luca Palazzo[1], Kennedy Wolfe[1] et Maria Byrne[1]*

Résumé

Une étude sur la biologie des populations d'holothuries curry (*Stichopus herrmanni*) a été réalisée au niveau de l'île Heron Island, dans l'archipel de Capricorn Bunker situé dans la partie méridionale de la Grande barrière de corail, en Australie. Le récif de l'île, Heron Reef, présente un double intérêt : il s'agit à la fois d'une réserve protégée au sein du Parc marin de la Grande barrière et d'un lieu jouxtant des zones où est pratiquée la pêche de cette espèce d'holothurie. Nous avons observé une nourricerie de juvéniles de *S. herrmanni*, espèce encore méconnue. Dans une zone d'environ 3 200 m^2 du côté sous le vent, nous avons constaté une densité de 0,017 ind. m^{-2}. Sur les 53 individus recensés, deux étaient des juvéniles (≤ 100 mm) et près de la moitié (49 %) des adultes n'ayant pas atteint la maturité sexuelle (< 220 mm). La longueur moyenne de *S. herrmanni* sur le site 1 était de 190 mm (± 7,5 mm), tandis que sur le site 2, les spécimens mesuraient en moyenne 294 mm (± 13,3 mm). La taille plus importante des individus sur le site 2 laisse supposer une migration ontogénétique de cette espèce. Cette information utile sur l'habitat des juvéniles de *S. herrmanni* devra être prise en compte dans les stratégies de gestion halieutique si l'on veut mieux comprendre et protéger ce stade délicat du cycle de vie, ainsi qu'éviter une grave diminution de cette importante espèce commerciale sur les récifs.

Introduction

East Coast Bêche-De-Mer Fishery (ECBDMF), la pêcherie d'holothuries du Parc marin de la Grande barrière, cible les espèces à valeur moyenne, notamment l'holothurie curry, *Stichopus herrmanni*, dont le prix de vente à Hong Kong avoisine 197 ± 47 dollars US kg^{-1} (Purcell 2014). De 2007 à 2011, la récolte totale de *S. herrmanni* a augmenté de 200 % en moyenne par an (Eriksson *et al.* ; Eriksson and Byrne 2015). Les prises annuelles moyennes de *S. herrmanni* représentent à présent près de 34 000 individus, ce qui équivaut approximativement à 17,2 tonnes (poids débarqué) (Skewes *et al.* 2014). Compte tenu de la vitesse à laquelle augmentent les prises, il apparaît essentiel de mieux comprendre la biologie et l'écologie de cette espèce, afin de fournir des indications utiles pour la gestion de la pêcherie.

Les holothuries jouent un rôle crucial dans le recyclage des nutriments, car elles contribuent à décomposer les détritus et d'autres matières organiques avant que les bactéries ne poursuivent le processus de dégradation (Uthicke 1999 ; Mangion *et al.* 2004 ; Purcell *et al.* 2013). Sur le plan écologique, les holothuries jouent là encore un rôle clé : les composés organiques riches en azote qu'elles rejettent favorisent la croissance des herbiers et des communautés de micro-algues (Uthicke 2001 ; Wolkenhauer *et al.* 2010). Leurs matières fécales augmentent par ailleurs l'alcalinité totale de l'eau de mer environnante, ce qui pourrait contribuer à la calcification des coraux et potentiellement contrecarrer les effets néfastes de l'acidification des océans (Schneider *et al.* 2011, 2013 ; Friedman *et al.* 2011). À la lumière de ces découvertes, l'épuisement des populations d'holothuries, telles que *S. herrmanni*, dans les zones récifales pourrait à l'évidence gravement nuire à la résilience des écosystèmes coralliens (Schneider *et al.* 2011).

Notre étude a été menée à Heron Reef (sud de la Grande barrière), une réserve exposée à un minimum de perturbations d'origine anthropique et halieutique. Le prélèvement d'organismes vivants, notamment d'holothuries, y est extrêmement réglementé depuis 1843. Le récif est situé à proximité des zones d'exploitation d'ECBDMF dans l'archipel de Capricorn Bunker. Abritant une forte population de *S. herrmanni*, l'archipel est un lieu prisé pour ce type de pêche (Eriksson *et al.* 2010, 2013 ; Skewes *et al.* 2014 ; DAFF 2014).

Heron Reef offre la possibilité d'étudier la conservation et la biologie halieutique de *S. herrmanni*. Nous avons trouvé un peuplement de juvéniles de *S. herrmanni* à l'extrémité sous le vent de Heron Reef, ce qui nous a permis d'évaluer les caractéristiques d'un site de recrutement potentiel pour cette espèce d'intérêt commercial. D'autres études font état d'habitats de juvéniles similaires dans l'archipel de Capricorn Bunker, au niveau de One Tree Island, une île avoisinante (Eriksson *et al.* 2010, 2013 ; Eriksson and Byrne 2015). Sur le récif de One Tree Island, la plus petite *S. herrmanni* signalée mesurait 110 mm de longueur et se trouvait dans un habitat peu profond composé de coraux et de corallinales encroûtantes (Eriksson *et al.* 2010, 2013). Nous nous intéressons donc aux plus petits individus de *S. herrmanni* observés *in situ* dans la partie méridionale de la Grande barrière (Shiell 2004). Conand (1993) signale un juvénile de *S. herrmanni* de 90 mm en Nouvelle-Calédonie.

Hormis sur les premiers stades de vie larvaire planctonique des invertébrés marins, où la mortalité avoisine les 99 % (Gosselin and Qian 1997), on ne

[1] School of Medical and Biological Sciences, Université de Sydney, NSW 2006, Australie
* Auteur à contacter : lpal6292@uni.sydney.edu.au

dispose que de peu d'informations sur le stade juvénile, où la vulnérabilité est considérée très importante (Battaglene *et al.* 1999 ; Shiell 2004 ; Hu *et al.* 2010). Or, le bon déroulement de ce stade est indispensable à l'établissement de populations adultes qui seront ciblées par les activités de pêche. Si l'on veut étayer les stratégies de gestion halieutique, il est essentiel de parvenir à mieux comprendre la structure de la population des holothuries, tout particulièrement la biologie et l'écologie du recrutement et des premières étapes du stade juvénile.

Méthodes

Au mois d'avril 2015, des observations ont été entreprises dans l'ensemble de Heron Reef, par le biais d'une série de recensements sur plusieurs jours. Après identification d'un habitat particulier présentant de petits individus de *S. herrmanni*, deux sites longeant la bordure récifale sous le vent ont été retenus pour la réalisation d'analyses approfondies (figure 1). L'habitat en question se caractérise par des récifs intertidaux denses et par d'épais ensembles de corallinales encroûtantes (figure 2). On observe distinctement une succession d'éperons et de sillons le long de la bordure récifale, avec d'étroits sillons sablonneux entre les structures récifales (figure 2).

La structure de la population de *S. herrmanni* a été étudiée à l'aide de transects ciblés sur la caye de sable. Les transects (40 × 2 m ; n = 20 par site) ont été tirés de manière aléatoire sur le substrat sablonneux, parfois en chevauchant des zones récifales, conformément au protocole de l'Observatoire des pêches récifales de la Communauté du Pacifique (Eriksson *et al.* 2010). L'ensemble des individus *S. herrmanni* se trouvant à l'intérieur de chacun des transects ont été comptabilisés, et leur largeur et longueur mesurées. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un mètre ruban souple, sans

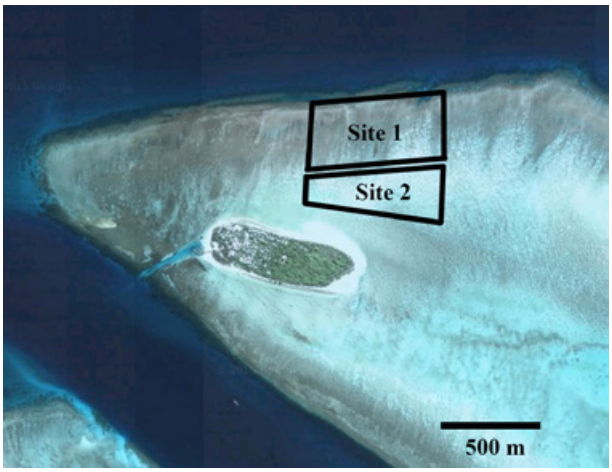

Figure 1. Image satellite montrant Heron Island ainsi que les sites 1 et 2, le long de la bordure récifale sous le vent, où a été observée la nourricerie de juvéniles de l'espèce *Stichopus herrmanni* (crédit photo : Kennedy Wolfe).

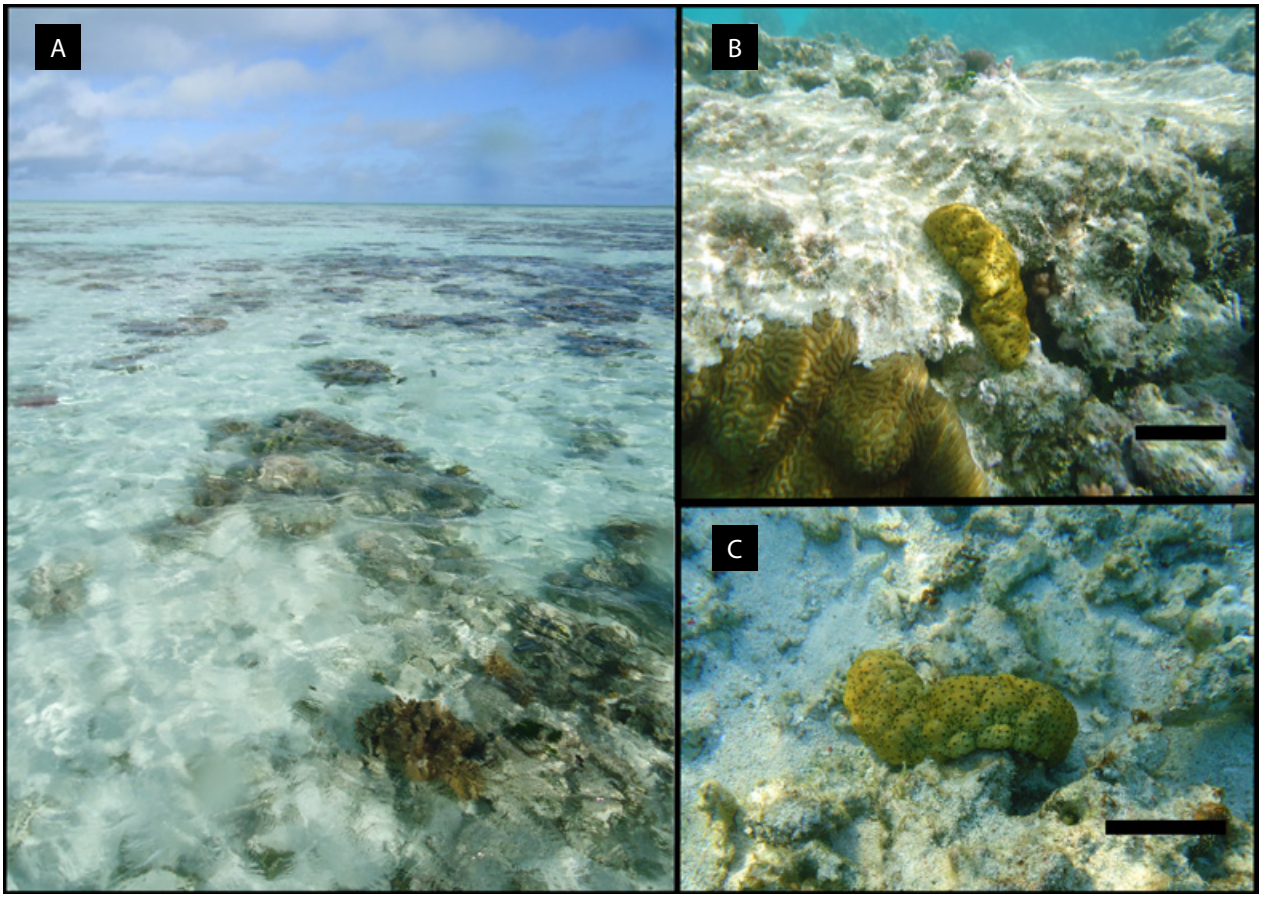

Figure 2. Habitat représentatif du site 1, où ont été observés des juvéniles de *Stichopus herrmanni*. A : patates de corail entourées de zones sablonneuses ; B et C : juvéniles de l'espèce *S. herrmanni* dans la structure récifale (trait noir = 4 cm) (crédit photo : Kennedy Wolfe et Luca Palazzo).

toucher ni perturber les animaux, afin d'éviter qu'ils ne se contractent ou changent de forme.

Résultats

Au total, 53 *S. herrmanni* ont été recensés sur une zone d'environ 3 200 m^2, soit une densité de 0,017 ind. m^{-2}. Sur le site 1, la densité était de 0,0175 ind. m^{-2}, contre 0,016 sur le site 2. Les adultes *S. herrmanni* n'ayant pas atteint la maturité sexuelle, c'est-à-dire mesurant moins de 220 mm de longueur (Eriksson *et al.* 2010), représentaient 75 % du nombre total d'holothuries sur le site 1, contre 20 % sur le site 2. Les individus sur le site 1 mesuraient en moyenne 190 mm de longueur (écart-type 7,5 mm ; n = 28 ; fourchette de tailles 100-260 mm), contre 294 mm sur le site 2 (écart-type 13,3 mm ; n = 25 ; fourchette de tailles 190-400 mm) (figure 3). Deux spécimens mesuraient 100 mm de longueur sur le site 1 (figure 3).

Discussion

Le système lagonaire de Heron Reef abrite une importante population stable de *S. herrmanni*, similaire à celle observée sur l'île avoisinante One Tree Island (située une quinzaine de km plus à l'est) (Eriksson *et al.* 2010, 2013). La découverte d'habitats propices aux nourriceries de juvéniles donne encore plus de valeur à ces systèmes lagonaires, étant donné qu'ils participent à la conservation de cette espèce vulnérable dans l'archipel de Capricorn Bunker. Au vu des données obtenues, il apparaît nécessaire de mener des études plus approfondies sur *S. herrmanni* dans la région, afin de contribuer à une gestion avisée de la pêcherie d'holothuries de l'archipel.

La densité de *S. herrmanni* autour de Heron Island est inférieure à celle observée par Eriksson *et al.* (2010) au niveau de One Tree Island, mais reste élevée par rapport aux données tirées de la littérature (Kinch *et al.* 2008a, 2008b ; Skewes *et al.* 2014). Il est important de garder à l'esprit le fait que la densité de l'holothurie curry semble être conditionnée par le lieu (Eriksson *et al.* 2010, 2013). La population de Heron Reef se compose d'un certain nombre de juvéniles (100 mm) et d'adultes immatures (< 220 mm ; Eriksson *et al.* 2013), tandis que de plus petits individus ont été observés à One Tree Reef (110 mm).

Il est rare de pouvoir observer un groupe d'holothuries juvéniles (Shiell 2004). Étant donné que nous avons étudié une zone relativement restreinte (3 200 m^2), d'autres enquêtes devront être menées si l'on veut mieux comprendre l'étendue de l'habitat de nourricerie/recrutement de *S. herrmanni* à Heron Reef, ainsi qu'approfondir nos connaissances sur son stade juvénile. Des données supplémentaires devront être obtenues afin de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques des nourriceries de juvéniles propres à cette espèce d'holothurie. Sachant que la zone d'étude comprend à la fois des juvéniles et des adultes, Heron Reef constitue le lieu idéal pour poursuivre l'étude de la structure de la population et de la reproduction (par ex. frai et effet Allee) de *S. herrmanni*.

La plupart des individus ont été observés juste à côté de la structure récifale et sur des fonds sablonneux abrités à l'intérieur du récif (figure 2). À l'heure actuelle, on sait que les habitats suivants conviennent à la fixation des larves d'holothuries et à leur métamorphose vers le stade juvénile : herbiers, récifs intertidaux, algues corallinales et films bactériens associés (Shiell 2004 ; Hu *et al.* 2010 ; Skewes *et al.* 2014). Notre étude montre un autre habitat de nourricerie et de juvéniles, le long du côté sous le vent de Heron Reef, une zone moins exposée au vent dominant et au régime des vagues. Notre supposition est que le recrutement se produirait une fois que les larves atteignent la paroi externe sous le vent du récif, et que les juvéniles se développeraient en bordure du tombant, puis, à mesure qu'ils grandissent, qu'ils se déplaceraient progressivement vers l'intérieur du lagon, dans des eaux plus profondes, où les sédiments sont en outre plus riches en nutriments (Larkum *et al.* 1988 ; Eriksson *et al.* 2010). Si l'on compare les deux sites, tous les juvéniles et davantage

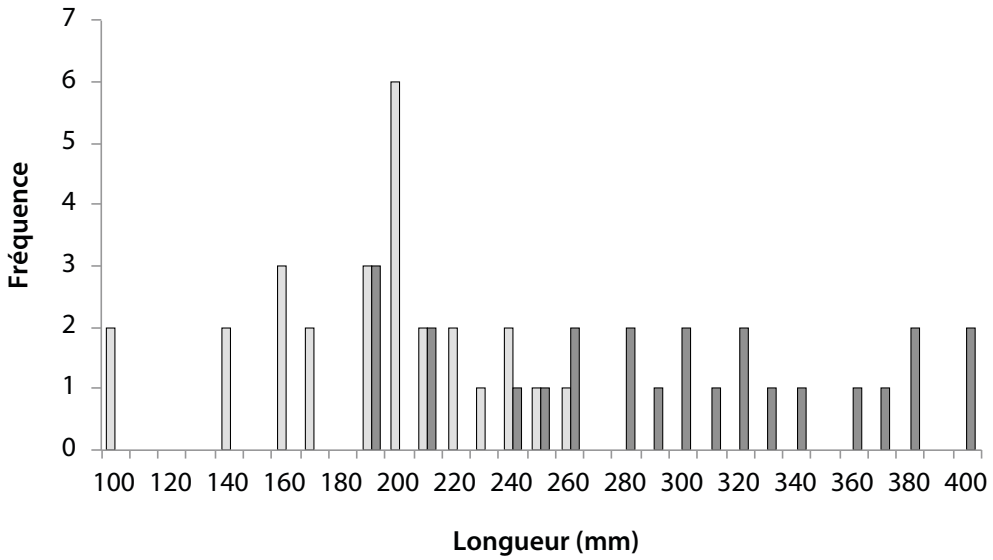

Figure 3. Diagramme des fréquences de taille des individus *Stichopus herrmanni* sur le site 1 (barres de couleur claire) et sur le site 2 (barres de couleur foncée) à Heron Reef (n = 53).

d'individus de petite taille ont été recensés sur le site 1, ce qui étaye l'hypothèse d'une migration ontogénétique vers l'intérieur du lagon (voir également Eriksson *et al.* 2013).

Une fois épuisées sous l'effet de la pêche, les populations d'holothuries mettent généralement beaucoup de temps à se reconstituer. Ainsi, aucun repeuplement n'a été observé pour l'holothurie noire à mamelles (*Holothuria nobilis*) pendant les deux années qui ont suivi la fermeture de la pêcherie (Uthicke *et al.* 2004). La faiblesse du recrutement et du taux de croissance des individus pourrait expliquer cette situation. La reconstitution des populations d'holothuries exposées à la surpêche sur la Grande barrière de corail pourrait prendre plusieurs décennies (Uthicke *et al.* 2004). Par conséquent, il est essentiel que les pêcheries identifient les habitats où se produit le recrutement, afin que les zones en question soient protégées et qu'elles ne soient pas exploitées.

Des incertitudes demeurent quant à la structure des populations des espèces d'holothuries d'intérêt commercial. Par exemple, on ignore encore presque tout de leur longévité (Conand 1993 ; Friedman *et al.* 2011). Pour *S. herrmanni*, de multiples cohortes présentant une large fourchette de tailles ont été observées à One Tree Reef (Eriksson *et al.* 2013), ce qui donne à penser que des individus rejoignent continuellement les populations adultes depuis des habitats de recrutement et de juvéniles. Les conclusions de la présente étude vont également dans ce sens. Il est essentiel que les pêcheries de l'archipel de Capricorn Bunker et d'ailleurs comprennent mieux la structure démographique et le comportement reproducteur des espèces d'intérêt commercial, telles que *S. herrmanni*. Il est surprenant de noter qu'il n'existe aucune donnée dans la littérature sur le cycle de reproduction des populations des principales espèces commerciales présentes dans le Parc marin de la Grande barrière de corail. On manque également de données concernant la reconstitution des stocks sur les récifs après l'interdiction de la pêche. Si l'on veut pouvoir évaluer la viabilité de la pêcherie et la santé du récif en tant que tel, il est essentiel d'assurer un suivi régulier des populations et d'obtenir des données indépendantes de la pêche.

Remerciements

La présente étude a pu être menée grâce aux subventions allouées par le Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund, la Great Barrier Reef Foundation, l'autorité du Parc marin de la Grande barrière de corail, la Paddy Pallin Foundation et le Holsworth Wildlife Research Endowment. Nous tenons également à remercier Hampus Eriksson, l'équipe de la station de recherche de Heron Island et le Coral Reef Ecosystems Laboratory de l'Université du Queensland.

Bibliographie

Battaglene S.C., Seymour J.E. and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. Aquaculture 178(3):293-322.

Conand C. 1993. Ecology and reproductive biology of *Stichopus variegatus* an Indo-Pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). Bulletin of Marine Science 52(3):970-981.

DAFF 2014. Sea Cucumber Fishery (East Coast) 2012-13 fishing year report. Queensland Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. 12 p.

Eriksson H., Fabricius-Dyg J., Lichtenberg M., Perez-Landa V. and Byrne M. 2010. Biologie d'une population à forte densité de *Stichopus herrmanni* à One Tree Reef, sur la Grande barrière de corail (Australie). La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 30:41-45.

Eriksson H., Thorne B.V. and Byrne M. 2013. Population metrics in protected commercial sea cucumber populations (curryfish: *Stichopus herrmanni*) on One Tree Reef, Great Barrier Reef. Marine Ecology Progress Series 473:225-234.

Eriksson H. and Byrne M. 2015. The sea cucumber fishery in Australia's Great Barrier Reef Marine Park follows global patterns of serial exploitation. Fish and Fisheries 16(2):329-341.

Friedman K., Eriksson H., Tardy E. and Pakoa K. 2011. Management of sea cucumber stocks: patterns of vulnerability and recovery of sea cucumber stocks impacted by fishing. Fish and Fisheries 12:75–93.

Gosselin L.A. and Qian P.Y. 1997. Juvenile mortality in benthic marine invertebrates. Marine Ecology Progress Series 146(1):265-282.

Hu C., Xu Y., Wen J., Zhang L., Fan S. and Su T. 2010. Larval development and juvenile growth of the sea cucumber Stichopus sp. (Curry fish). Aquaculture 300(1):73-79.

Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman F. 2008a. Papua New Guinea: A hotspot for sea cucumber fisheries in the western Central Pacific. p. 57-77. In: Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516. Rome: FAO. 317 p.

Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman K. 2008b. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. p. 7-55. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516.

Larkum A.W.D., Kennedy I.R. and Muller W. 1988. Nitrogen fixation on a coral reef. Marine Biology 98(1):143-155.

Mangion P., Taddei D., Frouin P. and Conand C. 2004. Feeding rate and impact of sediment reworking by two deposit feeders Holothuria leucospilota and Holothuria atra on fringing reef (Reunion Island, Indian Ocean). p. 311–317. In: Heinzeller T. (ed). Echinoderms: München. Proceedings of the 11th International Echinoderm Conference, 6–10 October 2003, Munich. London: Taylor and Francis Group.

Purcell S.W., Mercier A., Conand C., Hamel J.-F., Toral-Granda V., Lovatelli A. and Uthicke S. 2013. Sea cucumber fisheries: Global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries 14:34-59.

Purcell S.W. 2014. Value, market preferences and trade of beche-de-mer from Pacific Island sea cucumbers. PloS ONE, 9(4):e95075.

Schneider K., Silverman J., Woolsey E., Eriksson H., Byrne M. and Caldeira K. 2011. Potential influence of aspidochirotid sea cucumbers on coral reef CaCO3 budget: A case study at One Tree Reef. Journal of Geophysical Research 116:G04032. doi: 10.1029/2011JG001755

Schneider K., Silverman J., Kravitz B., Rivlin T., Schneider-Mor A., Barbosa S. and Caldeira K. 2013. Inorganic carbon turnover caused by digestion of carbonate sands and metabolic activity of holothurians. Estuarine, Coastal and Shelf Science 133:217-223.

Shiell G. 2004. Observations *in situ* de juvéniles d'holothuries. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 20:6-11.

Skewes T., Plaganyi E., Murphy N., Pascual R. and Fischer M. 2014. Evaluating rotational harvest strategies for sea cucumber fisheries. FRDC Project No. 2012/200. Fisheries Research and Development Corporation. CSIRO. Brisbane, Australia. 169 p.

Uthicke S. 1999. Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria (Halodeima) atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians, at Lizard Island, Great Barrier Reef. Bulletin of Marine Science 64:129-141.

Uthicke S. 2001. Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 265:153-170.

Uthicke S., Welch D. and Benzie J.A.H. 2004. slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: Evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. Conservation Biology 18(5):1395-1404.

Wolkenhauer S.M., Uthicke S., Burridge C., Skewes T. and Pitcher R. 2010. The ecological role of *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuoroidea) within subtropical seagrass beds. Journal of the Marine Biology Association of the UK 90:215-223.

Nouvelles observations de juvéniles d'holothuries sur les récifs de La Réunion

Philippe Bourjon[1] and Elisabeth Morcel[1]*

Introduction

Le questionnaire publié dans le numéro 19 du SPC Beche-de-mer bulletin (Shiell, 2004a) a permis de réunir de nombreuses informations collectées *in situ* au sujet du recrutement des juvéniles d'holothuries (Shiell, 2004b, 2005, Bourjon et Conand, 2015). Cet article regroupe soixante-trois observations faites en 2014 et 2015 par les auteurs sur des récifs de La Réunion (21°07'S, 55°32'E). Les sept juvéniles observés dans le cadre de l'exploration d'une zone de recrutement des espèces *Actinopyga echinites* et *A. mauritiana* réalisée en octobre et novembre 2015 sont présentés séparément, dans un autre article de ce bulletin (voir p. 88).

Observations et résultats

Les sites d'observation sont les récifs de St Gilles-les-Bains et d'Etang Salé, et la plate-forme récifale de Grand Fond. Quarante-sept des soixante quatre observations présentées ont été faites dans la zone du front récifal succédant immédiatement aux brisants. Quel que soit le site, cette zone est caractérisée par des fonds très exposés d'une profondeur inférieure à 1 m, dans lesquels les débris coralliens sont très nombreux. Quarante cinq juvéniles se trouvaient dissimulés sous des débris érodés en forme de dalle. Dans les autres zones, la majorité des juvéniles étaient eux aussi dissimulés sous des débris de même forme. Tous les juvéniles ont été photographiés, la plupart ont pu être mesurés ou leur longueur estimée. Les lieux d'observation ne sont pas les mêmes d'une sortie à la suivante, évitant ainsi un signalement double.

La taille ou l'âge auxquels a lieu la première reproduction n'étant pas connue pour toutes les espèces (Kohler et al. 2009, Muthiga and Conand 2014), la notion de juvénile n'est pas précise. Cette taille, indicateur indirect de l'âge pour des individus soumis à des conditions globalement similaires, a été appréciée en proportion de la taille des plus grands adultes de même espèce rencontrés dans le même récif. Le regroupement des informations concernant les juvéniles et les jeunes adultes peut-être utile dans la mesure où des migrations sont observées à ces stades chez plusieurs espèces (Shiell, 2004b).

Les observations sont regroupées par familles et espèces dans les Tableaux 1 pour les Holothuriidae, 2 pour les Stichopodidae et 3 pour les Synaptidae. De plus un juvénile de 1,2 cm de *Afrocucumis africana*, famille des Sclerodactylidae, a été observé le 07-10-2015 près des brisants, sous un bloc de corail mort.

Tableau 1. Observations de juvéniles de la famille des Holothuriidae.

Espèce	Longueur (contraction)*	Lieu	Habitat	Date	Heure	Présence d'adultes
Actinopyga echinites	3 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	28/10/15	15:39	non
Actinopyga mauritiana	12 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique à population corallienne éparse, platier, près des brisants. Individu non dissimulé.	8/10/14	10:08	oui
	2.5 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	23/10/15	11:08	oui
	3.2 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	14/11/15	11:06	non
Holothuria arenicola	3 cm (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	13:56	non
Holothuria cinerascens	5 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique à proximité d'un herbier, sous un bloc de corail mort.	27/09/14	11:20	oui
	2 cm (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	21/10/15	11:47	non
	3 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	11/11/15	10:37	oui
Holothuria flavomaculata	7 cm (½C) 20 cm (½C) 22 cm (½C)	Saint Gilles	Trois individus groupés sous un bloc de corail mort, Zone détritique, platier, près des brisants.	25/12/14	10:00	non
	7 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	26/08/15	10:47	non
	2 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	15:51	non

[1] Réseau d'observateurs volontaires "Les Sentinelles du Récif", Réserve Naturelle Marine de La Réunion (GIP-RNMR)
[*] Auteur à contacter : seizhavel@wanadoo.fr

Espèce	Longueur (contraction)*	Lieu	Habitat	Date	Heure	Présence d'adultes
Holothuria hilla	12 cm (NC)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	14/01/15	15:52	non
	11 cm (½C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	8/04/15	11:00	non
Holothuria impatiens (complex)	5 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	22/11/14	11:40	non
	6 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	22/11/14	11:48	non
	12 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	5/12/14	14:56	non
	11 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	4/10/14	10:50	non
	6 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	23/09/15	11:01	non
	4 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	26/09/15	10:57	non
	5.5 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	7/10/15	11:35	non
	4 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	15:40	non
Holothuria leucosplilota	9 cm (½C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc avec deux adultes	1/12/04	11:04	oui
	7 cm (½C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, individu non dissimulé.	23/05/15	10:32	oui
	5 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	23/05/15	10:40	non
Holothuria nobilis	15 (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique à population corallienne éparse	18/11/15	11:08	non
Holothuria pervicax	6 cm (C)	Etang Salé	Zone sablo-détritique à population corallienne éparse	7/05/14	09:56	oui
	6 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, individu non dissimulé.	6/08/14	10:26	non
	9 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	14/01/15	16:32	oui
	4 cm (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	1/07/15	10:54	non
	5 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	3/10/15	11:58	non
	7 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	23/09/15	10:22	non
	6 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	7/10/15	09:37	non
	5 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	7/10/15	10:06	non
	2,5 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	24/10/15	10:09	non
	8 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	14:00	non
	4 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	11/11/15	10:12	non
Holothuria verrucosa	9 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort. Deux individus côte à côte.	6/08/14	11:17	non
	5 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, au bord d'un bloc de corail mort.	26/08/15	10:31	non
Labidodemas sp.	3 cm (NC)	Grand Fond	Plate-forme corallienne, hydrodynamisme soutenu, sous un bloc de corail mort.	22/02/15	15:34	non

* C = contracté, ½ C = semi-contracté, NC = non contracté

Table 2. Observations de juvéniles de la famille des Stichopodidae

Espèce	Longueur (contraction)*	Site	Habitat	Date	Time	Présence d'adultes
Stichopodidae	3 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	21/09/14	10:20	non
Stichopodidae (post-larve)	2 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	3/10/15	11:46	non
	2.5 cm (NC)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	15:04	non
Stichopus chloronotus	4.5 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, entre des blocs de corail mort.	3/10/15	10:56	oui
	6 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, entre des blocs de corail mort.	3/10/15	10:21	non
	5 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, entre des blocs de corail mort.	7/10/15	09:57	non
Stichopus herrmanni	11 cm (½C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	14:40	non
Stichopus monotuberculatus	8 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	5/12/14	14:54	non
	4.5 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	7/10/15	10:32	non
	5 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	7/10/15	10:32	non
	7.5 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	10/10/15	10:35	non
	6.5 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	1/11/15	15:32	non
	11 cm (R)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	25/11/15	10:29	non

* C = contracté, ½ C = semi-contracté, NC = non contracté

Table 3. Observations de juvéniles de la famille des Synaptidae

Espèce	Longueur (contraction)*	Lieu	Habitat	Date	Heure	Présence d'adultes
Euapta godeffroyi	16 cm (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	18/10/14	10:10	non
	18 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	29/08/15	10:40	non
	7 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	3/10/15	10:45	non
	18 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	28/10/15	15:32	non
Synapta maculata	30 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone sableuse	17/05/14	09:47	oui
	20 cm (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique.	30/08/14	11:00	oui
	13 cm (C)	Saint Gilles	Zone sableuse	1/11/14	09:37	oui
	12 cm (C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique.	27/12/14	09:17	oui
	20 cm (½ C)	Saint Gilles	Zone sablo-détritique, sous un bloc de corail mort.	21/03/15	10:22	oui
	5 cm (C)	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	2/09/15	10:47	non
	18 cm (½ C))	Saint Gilles	Zone détritique, platier, près des brisants, sous un bloc de corail mort.	11/11/15	10:53	non

* C = contracté, ½ C = semi-contracté, NC = non contracté

Figure 1. Juvéniles de la famille des Holothuriidae.
A: *Holothuria arenicola*; B: *H. cinerascens*; C: *H. flavomaculata*; D: *H. hilla*; E: *H. impatiens*; F: *H. leucospilota*; G: *H. nobilis*; H: *H. pervicax*; I: *H. verrucosa*; J: *Labidodemas* sp.). (Images: © P. Bourjon)

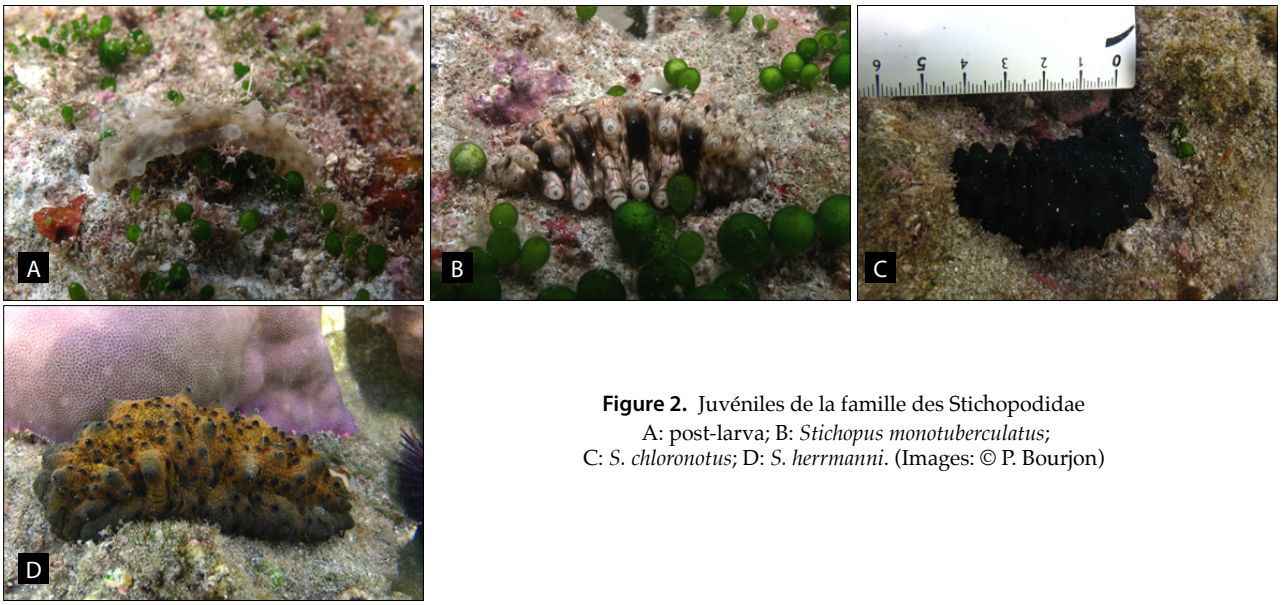

Figure 2. Juvéniles de la famille des Stichopodidae
A: post-larva; B: *Stichopus monotuberculatus*;
C: *S. chloronotus*; D: *S. herrmanni*. (Images: © P. Bourjon)

Figure 3. Juvéniles de la famille des Synaptidae (A: *Euapta godeffroyi*; B: *Synapta maculata)*, and Sclerodactylidae (C: *Afrocucumis africana*). (Images: © P. Bourjon)

Une photo de chaque espèce (sauf *Actinopyga echinites* et *A. mauritiana*, voir p. 84 de ce numéro) est présentée dans les Figures 1, 2 et 3.

La majorité des observations a été faite dans des zones à hydrodynamisme fort où les juvéniles sont très généralement dissimulés sous de petits blocs de corail mort. La multiplication des efforts d'échantillonnage dans des conditions identiques paraît souhaitable et devrait apporter de précieuses informations sur les premiers temps de la vie récifale de nombreuses espèces d'holothuries tropicales.

Remerciements

Nous remercions Chantal Conand et François Michonneau pour leurs encouragements et Chantal Conand pour sa participation à l'élaboration de cette communication.

Références

Bourjon P. and Conand C., 2015. Observation d'une holothurie juvénile d'espèce indéterminée à La Réunion (océan Indien). La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 35: 64.

Bourjon P. et Morcel E. 2016a. Observations de juvéniles des espèces *Actinopyga echinites* et *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata : Holothuroidea) à proximité de la crête récifale dans un récif de La Réunion. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 36 : 21-26.

Kohler S., Gaudron S. &Conand C. 2009. Reproductive biology of *Actinopyga echinites* and other sea cucumbers from Reunion Island (Western Indian Ocean): a contribution for a regional management of the fishery. WIOJMS 8 (1) 97-111.

Muthiga NA, Conand C (ed) 2014. Sea cucumbers, a Poorly Understood but Important Coastal Resource: A Regional Analysis to Improve Management. WIOMSA Book Series No. 14.viii + 74 pp

Shiell G. 2004a. Questionnaire sur l'observation *in situ* de juvéniles de concombre de mer. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 19:43.

Shiell G., 2004b. Observations *in situ* de juvéniles d'holothuries. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 20:6-11.

Shiell G., 2005. Informations sur les juvéniles d'holothuries fournies par D.B. James. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 21: 26-27.

Prédation de l'holothurie *Actinopyga echinites* (Echinodermata : Holothuroidea) par le gastéropode *Tonna perdix* (Gastropoda : Tonnoidea) sur un récif de La Réunion

Philippe Bourjon[1] et Sébastien Vasquez[1]*

Résumé

Les holothuries sont réputées n'avoir que peu de prédateurs, elles subissent cependant une prédation massive de leurs juvéniles. Le gastéropode prosobranche *Tonna perdix* (Linnaeus, 1758), largement répandu dans l'Indo-Pacifique, est un prédateur spécialisé se nourrissant d'holothuries. Les comportements de prédation de Tonnidae sur des holothuries n'ont pu être étudiés qu'en situation expérimentale dans des aquariums. Cet article relate la prédation de *T. perdix* sur *A. echinites in situ* dans le récif frangeant de Saint Pierre, à l'île de La Réunion.

Introduction

Les holothuries sont réputées n'avoir que peu de prédateurs, elles subissent cependant une prédation massive de leurs juvéniles (Dance *et al.*, 2003, Lavitra *et al.*, 2009) ainsi qu'une pression de pêche excessive (Uthicke et Conand, 2005). Francour (1997) a dénombré 76 espèces, mêlant prédateurs spécialisés et occasionnels, les groupes les plus importants étant les étoiles de mer, les poissons et les crustacés. Une synthèse récente ajoute de nouvelles observations sur les espèces d'intérêt commercial (Purcell *et al.* in press). Les holothuries ont développé sept types de défense contre ces prédateurs, chaque espèce utilisant un ou plusieurs d'entre eux : (1) l'épaisseur du tégument et les spicules qu'il contient, (2) un tégument et des organes toxiques, (3) le gonflement et le durcissement du corps, (4) l'éviscération ou l'autotomie (incluant l'émission de tubes de Cuvier), (5) la nage, (6) l'activité nocturne et (7) des comportements cryptiques ou d'enfouissement (Francour, 1997). *Actinopyga echinites* (Jaegger, 1833) développe les quatre premiers types et le dernier. Le quatrième est cependant limité à de rares cas observés d'éviscération (Conand, 1989), et cette espèce possède un organe de Cuvier rudimentaire dont les tubules, incapables de s'étirer et de devenir collants, ne sont jamais expulsés (VandenSpiegel et Jangoux, 1993). Par ailleurs elle ne nage pas (5) et son activité est diurne (6).

Le gastéropode prosobranche *Tonna perdix* (Linnaeus, 1758), largement répandu dans l'Indo-Pacifique, est un prédateur spécialisé se nourrissant d'holothuries (Francour, 1997, Morton, 1991, Vos, 2013). Sa coquille peut atteindre 227 mm[2] . Il possède un proboscis très extensible, dans lequel débouchent deux canaux amenant à proximité de la bouche des sécrétions contenant de l'acide sulfurique produit par deux glandes salivaires de grande taille (Bolis *et al*. 1984). Le pourcentage d'acide sulfurique est de 3 à 5% de la sécrétion, ce qui permet de paralyser la proie (Vos, 2013). A l'instar de certaines espèces d'étoiles de mer *T. perdix* semble immunisé contre les défenses chimiques des holothuries, des saponines regroupées sous le nom d'« holothurine » (Caulier *et al.*, 2011). Il est pourtant sélectif dans son choix d'espèces après expérience (Morton, 1991), et sensible à leur concentration en saponines, attaquant préférentiellement les espèces dont le taux et la nature de ces molécules sont pour la sienne les moins répulsifs (Bondoc *et al.*, 2013). Kropp (1983) observe que *Holothuria atra* n'est pas préférentiellement attaquée par *T. perdix* en situation expérimentale, et Van Dick *et al.* (2010) notent que cette espèce ne contient que des saponines sulfatées, de même que *A. echinites* (voir aussi Bondoc *et al.*, 2013). Il est donc probable que les saponines sulfatées aient un effet dissuasif supérieur à celui des saponines non-sulfatées sur ce gastéropode. Van Dick *et al.* (2010) ont de plus mesuré chez *A. echinites* une plus forte concentration de ces molécules dans les tubes de Cuvier que dans le tégument. Cette concentration dans un moyen de défense apparemment inopérant chez cette espèce pose problème. Les auteurs suggèrent que ce moyen défensif a évolué dans ces espèces d'une fonction agressive basée sur l'adhérence des tubules à l'agresseur vers une stratégie de défense basée sur la toxicité (voir aussi Hamel et Mercier, 1999). D'une part en effet certaines espèces des genres *Actinopyga, Bohadschia* et *Holothuria* exposent leurs tubes de Cuvier sans les émettre, en les rétractant ensuite, d'autre part la majorité des saponines sulfatées trouvées dans les tubes de Cuvier sont hautement solubles dans l'eau et diffusent rapidement dans l'environnement : la seule exposition des tubes de Cuvier peut donc suffire à obtenir l'effet répulsif recherché (Van Dick *et al.*, 2010).

Les comportements de prédation de Tonnidae sur des holothuries ont rarement été observés *in situ* et n'ont pu être étudiés qu'en situation expérimentale dans des

[1] Réseau d'observateurs volontaires "Les Sentinelles du Récif", Réserve Naturelle Marine de La Réunion (GIP-RNMR)

[2] http://www.gastropods.com/9/Shell_1499.shtml
[3] https://www.youtube.com/watch?v=mFftCx6BnUM

[*] Auteur à contacter : seizhavel@wanadoo.fr

aquariums (Kropp, 1982, Morton 1991, Toscano *et al.*, 1992, Heron Island Research Station, 2009 : https://www.youtube.com/watch?v=TbT5_p7W4s8). Morton (1991) a constaté qu'en situation expérimentale *Tonna zonatum* consomme approximativement une holothurie par semaine. La prédation de *T. perdix* sur *A. echinites* n'avait à notre connaissance jamais été observé *in situ* jusqu'à cette observation faite le 03/02/2015 dans le récif frangeant de Saint-Pierre, à l'île de La Réunion (21°07'S, 55°32'E).

Observations et résultats

L'observation (https://www.youtube.com/watch?v=mFftCx6BnUM) a duré de 20h45 à 21h15. Quand l'observateur a surpris la scène le gastéropode commençait à attaquer l'holothurie (fig. 1 A), qui s'était déjà gonflée d'eau et présentait des podia en extension maximale. Plusieurs tentatives infructueuses du prédateur pour l'engouffrer dans son proboscis en la saisissant par les flancs ont été observées (fig. 2 B). L'holothurie a été relâchée trois fois. La tonne a paru chercher à orienter sa proie du bout son proboscis notamment en la retournant sur le bivium, probablement en vue de la saisir plus facilement par son extrémité antérieure. Durant la première tentative l'holothurie a été enveloppée par le proboscis jusqu'au 4/5èmes du corps, puis le proboscis s'est rétracté, la proie étant retenue par sa seule extrémité. Elle ne présentait aucune trace de blessure. Une seconde tentative a produit le même résultat, mais à son issue le tiers antérieur de l'holothurie était contracté alors que le reste du corps était toujours gonflé (fig. 3 C). La zone de séparation entre ces deux parties du corps était très nette, la différence de diamètre étant d'environ 3 centimètres. Le fait que la majorité des podia de la partie contractée étaient rétractés suggère qu'elle était paralysée par l'acide sulfurique contenu dans la sécrétion du gastéropode. Le fait que le prédateur ait repris sa manœuvre à partir de cette partie contractée à la troisième tentative (fig. 4 D) tend à le confirmer, et à suggérer que les manœuvres précédentes étaient destinées à paralyser la proie. Cette dernière tentative a permis l'engouffrement de la totalité du corps de l'holothurie. La tonne ne bougeant dès lors plus, l'observation a été interrompue. Il n'a pas été constaté d'exposition des tubes de Cuvier ni de dilatation du cloaque chez *A. echinites* durant cette demi-heure. Que cette espèce ait été la proie de *T. perdix* malgré sa faible appétence pour ce taxon pourrait être dû soit à une défaillance quantitative ou qualitative dans le développement de saponines par l'organisme de l'individu concerné, soit plus probablement au fait qu'elle était la première rencontrée par un prédateur spécialisé. Les résultats des tests d'appétence effectués expérimentalement peuvent en effet être biaisés par le choix offert au prédateur, qu'il ne peut que rarement rencontrer dans un récif.

Remerciements

Nous remercions Chantal Conand et Igor Eeckaut pour leur participation à l'élaboration de cette communication.

Références

Bolis, L., Zadunaisky, J., Gilles, R., 1984. Toxins, drugs and pollutants in marine animals, Springer Verlag, Berlin, pp. 50 et 51.

Bondoc, K. G., Lee, H., Cruz, L. J., Lebrilla, C. B., Juinio-Meñez, M. A., 2103. Chemical fingerprinting and phylogenetic mapping of saponin congeners from three tropical holothurian sea cucumbers. Comparative Buochemistry and Physiology, Part B 166, 182-193

Caulier, G., Van Dyck, S., Gerbaux, P., Eeckhaut, I., Flammang, P., 2011. Etude sur la diversité des saponines parmi les holothuries de la famille des Holothuroïdes (Holothuriidae). La Bêche-de-Mer, Bulletin d'Information de la CPS n°31 p48

Conand, C., 1989, Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Etudes et Thèses. Editions de l'ORSTOM Paris. 393 pp., 221

Figure 1. L'holothurie *A. echinites* a été en contact avec le prédateur spécialisé *T. perdix* et s'est gonflée d'eau (type de défense (3). (Image: © S. Vasquez)

Figure 2. La tonne tente vainement d'engouffrer l'holothurie dans son proboscis en la saisissant par les flancs. Elle sera relâchée, et attaquée à nouveau. (Image: © S. Vasquez)

Dance, S. K., Lane, I., Bell, J. D, 2003. Variation in short-term survival of cultured sandfish released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands. Aquaculture. 220(1-4): 495-505.

Francour, P., 1997. Predation on holothurians: a literature review. Invertebrate Biology 116(1): 52-60

Hamel, J. F. et Mercier A., 1999. Cuvierian tubules in tropical holothurians: usefulness and efficiency as a defence mechanism. Mar. Fresh. Behav. Physiol., vol. 33, 115-139.

Heron Island Research Station. 2009. www.youtube.com/watch?v=TbT5_p7W4s8

Kropp, R. K., 1982. Responses of five holoithurian species to attacks by a predatory gastropod, *Tonna perdix*. Pacific Science, vol. 36, n°4.

Morton, B., 1991. Aspects of predation by *Tonna zonatum* (Prosobranchia: Tonnoidea) feeding on holothurians in Hong-Kong. J. Mollusc. Stud., 57(1): 11-19.

Purcell, S. W., Conand, C., Uthicke, S., Byrne, M. (in press). Ecological roles of exploited sea cucumbers (in press). Oceanography and Marine Biology: An Annual Review.

Toscano, A., Bentivegna, F., Cirino, P., 1992. Holothurian's responses to attack by the Tonnid *Tonna galea*. Echinoderm Research, 204.

Uthicke, S., Conand, C., 2005. Cas de surexploitation locale de la bêche-de-mer : résumé préliminaire et demande d'information. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 21:9-14

VandenSpiegel, D. & Jangoux, M., 1993. Fine structure and behaviour of the so-called Cuvierian organs in the Holothuroid genus *Actinopyga* (Echinodermata). Acta Zoologica (Stockholm) 74: 43-50.

Van Dick, S, Gerbaux, P., Flammang, P., 2010. Qualitative and quantitative saponin contents in five sea cucumbers from the Indian Ocean. Mar. Drugs, 8, 173-189.

Vos, C., 2013. Overview of the Tonnidae (Mollusca: Gastropoda) in Chinese waters. Gloria Maris 52 (1-2), 22-53.

Figure 3. Après deux engouffrements presque complets de la proie dans le proboscis du prédateur, l'holothurie est maintenue captive avant la tentative suivante. Observez la contraction de la partie antérieure (paralysée au cours des tentatives précédentes ?). La dernière attaque commencera à partir de cette zone contractée. (Image: © S. Vasquez)

Figure 4. La dernière tentative du gastéropode finira par l'engouffrement de la totalité du corps de l'holothurie, ici en cours. Le prédateur restera immobile à la fin de l'opération. (Image: © S. Vasquez)

Effet des phases lunaires sur la répartition des *Holothuria scabra* dans les zones intertidales de la Baie de Sarangani (Philippines)

Kier Mitchel E. Pitogo[1], Jennelyn P. Sumin[1], Ariel T. Ortiz[1]*

Résumé

Peu d'études traitent des holothuries, surtout *Holothuria scabra*, dans la Baie de Sarangani (Philippines) et il y a donc peu d'informations pour orienter les efforts de conservation et de gestion de ces organismes dans la région. Une étude de la répartition par taille de *H. scabra* a été réalisée dans trois zones intertidales de faible profondeur au moyen de transects en bandes pendant deux phases lunaires – pleine lune et nouvelle lune – sur une durée de quatre mois afin d'évaluer la population intertidale de cette espèce. Les résultats mettent en évidence une répartition unimodale de *H. scabra*, les spécimens observés durant la phase de nouvelle lune étant nettement plus gros que ceux rencontrés pendant la période de pleine lune. Le sex-ratio est estimé à 1:1, comme dans la plupart des études sur les holothuries, et n'est pas modifié par les phases de la lune. Sur trois stations d'observation, les densités de population s'échelonnent de 0,17 individu par mètre carré (ind. m^{-2}) pendant les périodes de pleine lune à 0,34 ind. m^{-2} dans les phases de nouvelle lune. Le coefficient allométrique calculé, soit 1,84, indique que, pour une longueur donnée, les spécimens de *H. scabra* sont plus maigres dans cette zone que dans d'autres. En outre, ces résultats laissent à penser que les phases lunaires ont une incidence sur la répartition de *H. scabra*, ce qui explique probablement pourquoi les pêcheurs ramassent de plus gros individus en zone intertidale durant les périodes de nouvelle lune.

Introduction

La surexploitation et la disparition des habitats sont les deux principales causes du déclin des populations d'holothuries aux Philippines. Conjuguées à une poussée de la demande commerciale, ces menaces mettent en péril les populations d'holothuries du pays. Du fait de sa forte valeur, *Holothuria scabra* fait l'objet de prélèvements et d'une exploitation intenses, d'où une grave pression de pêche qui entraîne un épuisement marqué des populations naturelles (Akamine 2005). Bien qu'elle soit considérée aux Philippines comme une espèce de forte valeur marchande (Akamine 2001), il n'existe toujours pas de mesures de gestion visant à garantir sa conservation dans le pays (Bruckner *et al.* 2003).

Peu d'études ont été réalisées sur les holothuries de la Baie de Sarangani, ce qui freine l'élaboration de mesures de conservation et de gestion fondées sur de solides évaluations scientifiques. Les précédents travaux de recherche sur les holothuries, *H. scabra* en particulier, n'ont pas livré de données chiffrées sur la répartition par taille de la population locale et n'ont guère fourni d'informations supplémentaires sur cette espèce économiquement importante. Comme cette holothurie est considérée comme un mets de choix, elle est aussi recherchée par les pêcheurs locaux qui la ramassent sur la zone intertidale à marée basse, surtout à la nouvelle lune où l'on trouve de plus gros animaux. Malheureusement, divers témoignages attestent une réduction de la taille des spécimens de *H. scabra* pêchés dans les zones intertidales de la baie. Une rapide enquête a donc été réalisée pour évaluer la répartition par taille, le sex-ratio et la densité de *H. scabra* dans quelques zones intertidales de la Baie de Sarangani durant deux phases lunaires : la pleine lune et la nouvelle lune.

Matériel et méthodes

La Baie de Sarangani est située au sud-est de l'île de Mindanao (Philippines) entre 5°33'25'' et 6°6'15''de latitude Nord et entre 124°22'45'' et 125°19'45''de longitude Est (figure 1). Trois stations d'observation ont été sélectionnées dans la baie en vue de cette étude. Elles ont été choisies sur la base de témoignages attestant une forte abondance d'holothuries qui attire les pêcheurs dans la zone intertidale. Le premier site est celui de Sitio Linao (circonscription de Barangay Tinoto, municipalité de Maasim) où la communauté Tausug avoisinante pratique la pêche vivrière de l'holothurie ; le second site, Sitio S'nlang, est situé dans la même circonscription et les holothuries y sont très peu pêchées, tandis que le troisième site, Sitio Macatimobol, se trouve dans la circonscription de Barangay Taluya (municipalité de Glan) où ces animaux ont fait l'objet d'une exploitation non durable.

Sur chaque station, six transects en bandes (50 m de long sur 4 m de large) ont été tracés perpendiculairement au littoral à intervalles de 10 mètres. Les recenseurs ont parcouru ces transects à l'étale de basse mer

[1] Department of Marine Biology, College of Fisheries, Mindanao State University-General Santos, General Santos City, Philippines 9500
* Auteur à contacter : pitogo.kiermitchel@gmail.com

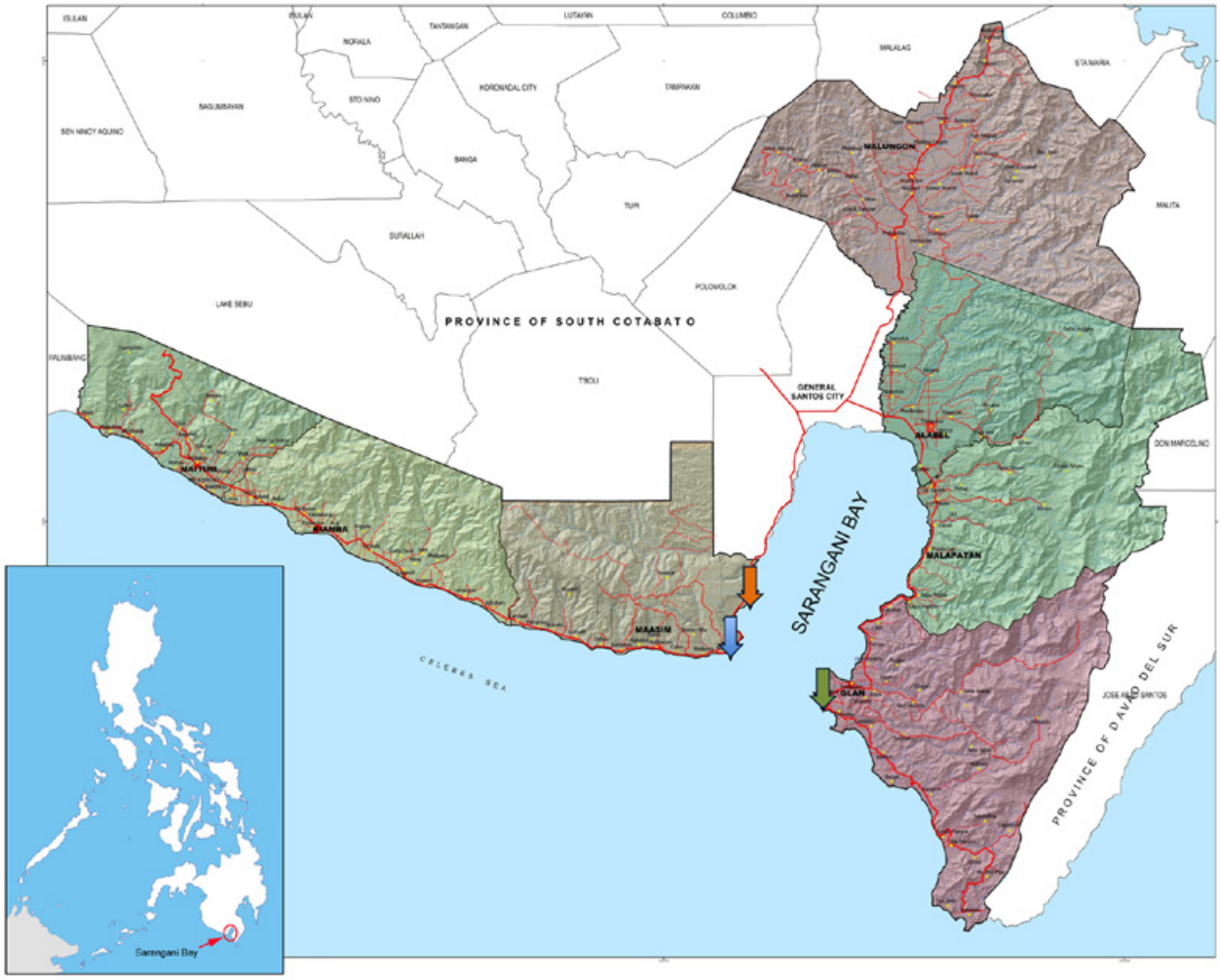

Figure 1. Emplacement de la Baie de Sarangani et des trois stations d'évaluation, indiquées au moyen de flèches descendantes (orange = Sitio Linao ; bleue = Sitio S'nalang ; et verte = Sitio Macatimbol).
Source : Bureau provincial de la planification et du développement de Sarangani.

durant les phases de pleine lune et de nouvelle lune. L'échantillonnage s'est déroulé sur un total de 24 nuits entre octobre 2014 et janvier 2015. Trois agents recenseurs ont ramassé tous les spécimens de *H. scabra* trouvés à l'intérieur des transects de 200 m². Les holothuries ont été remises à l'eau pendant cinq minutes pour évacuer le stress. Leur longueur totale, de la bouche à l'anus, a ensuite été mesurée au moyen d'un mètre ruban au demi-centimètre près (0,5 cm). L'opération a été réalisée rapidement pour que les holothuries ne se vident pas de leurs viscères. Toutes les mesures ont été enregistrées sur des fiches de données préimprimées.

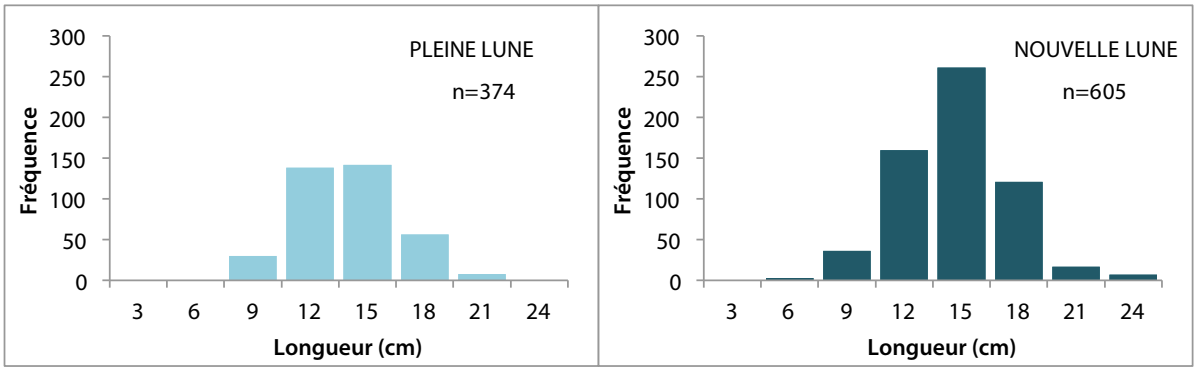

Figure 2. Distribution combinée des fréquences de taille d'*Holothuria scabra* dans la Province de Sarangani pendant les phases de nouvelle lune et de pleine lune d'octobre 2014 à janvier 2015.

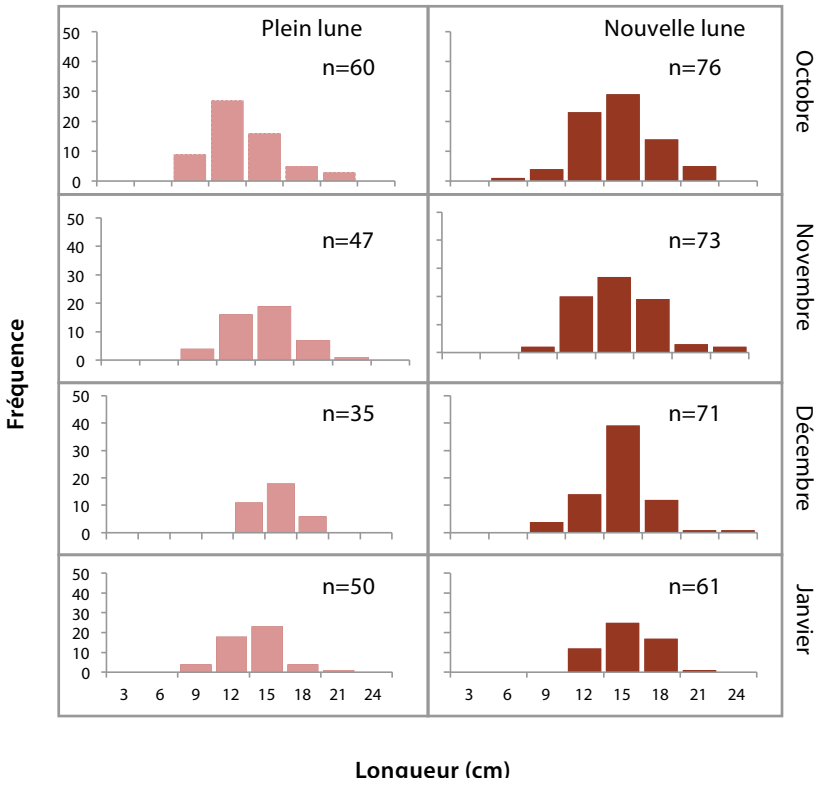

Figure 3. Distribution des fréquences de taille d'*Holothuria scabra* à Sitio Linao pendant les phases de nouvelle lune et de pleine lune d'octobre 2014 à janvier 2015.

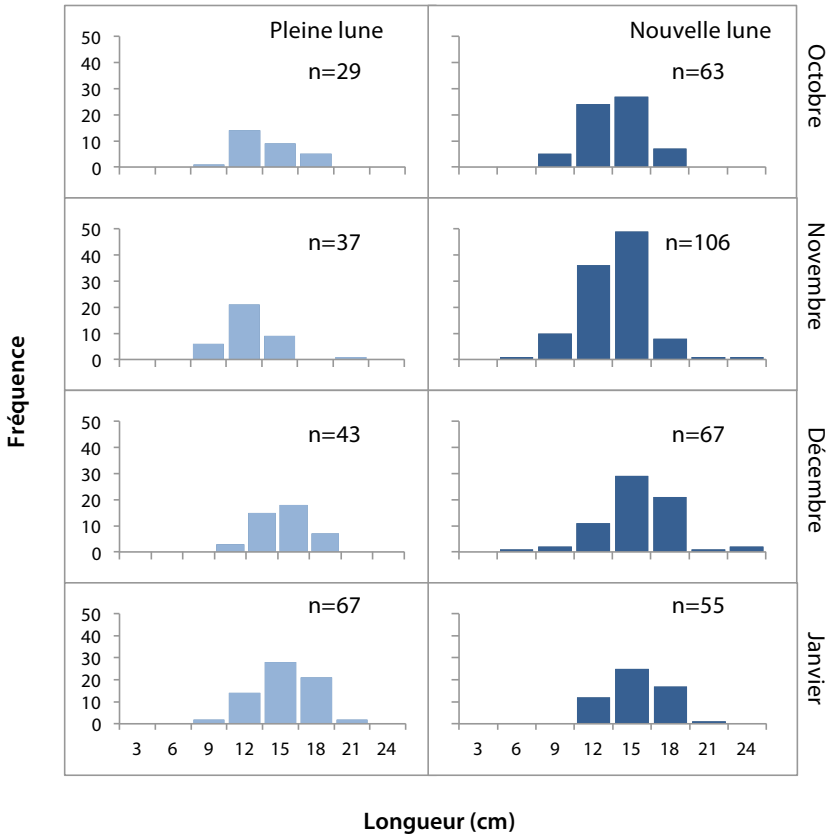

Figure 4. Distribution des fréquences de taille d'*Holothuria scabra* à Sitio S'nalang pendant les phases de nouvelle lune et de pleine lune d'octobre 2014 à janvier 2015.

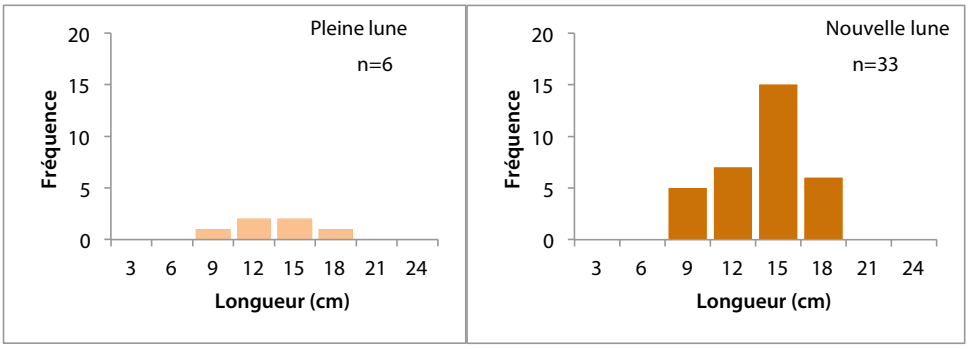

Figure 5. Distribution des fréquences de taille d'*Holothuria scabra* à Sitio Macatimbol pendant les phases de nouvelle lune et de pleine lune d'octobre 2014 à janvier 2015.

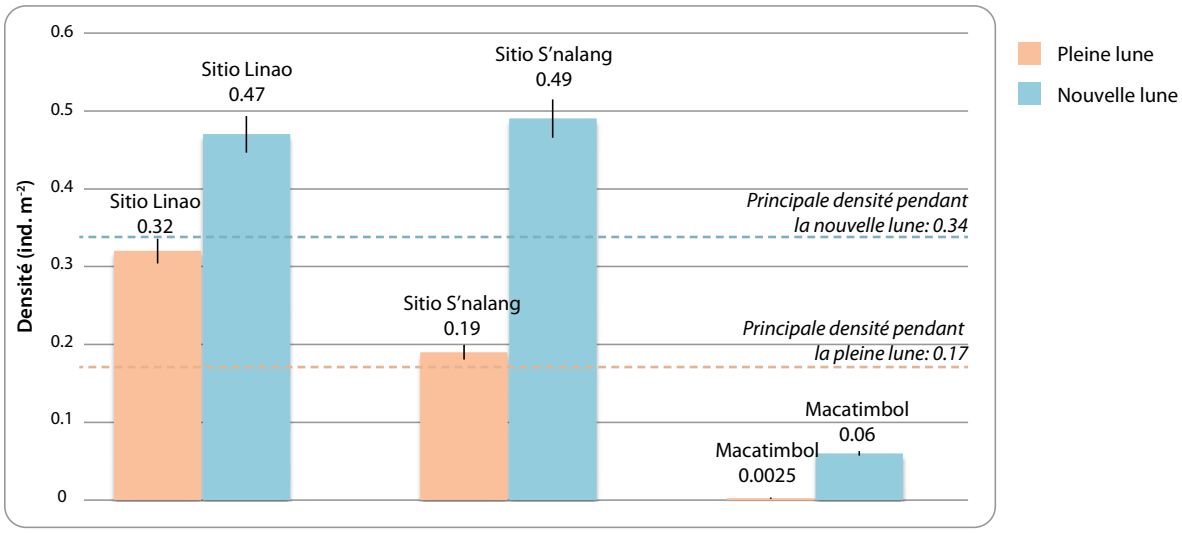

Figure 6. Densité d'*Holothuria scabra* dans les trois stations étudiées en Baie de Sarangani pendant les phases de nouvelle lune et de pleine lune d'octobre 2014 à janvier 2015.

Identification du sexe

Au total, 127 individus de >16 cm de long, jugés à maturité (Purcell *et al.* 2012), ont été prélevés sur chaque transect afin d'identifier leur sexe d'après la couleur des gonades. Pour ce faire, on fait pression sur le corps des animaux pour provoquer l'expulsion des gonades (Al-Rashdi *et al.* 2007).

Résultats

La distribution d'*Holothuria scabra* était unimodale, avec des individus de taille nettement plus importante pendant les phases de nouvelle lune (ANOVA, p = 0,01). Environ 67 % des spécimens prélevés en période de nouvelle lune mesuraient >15 cm, et 51 % d'entre eux provenaient de Sitio Linao où l'on a enregistré la plus forte concentration de gros spécimens (voir les figures 2, 3, 4 et 5).

Le sexe était indéterminé chez 18 des 127 individus matures, et l'on dénombrait 60 mâles et 49 femelles. Les femelles étaient en moyenne de taille plus importante (18,10 cm ± 2,030) que les mâles (17,25 cm ± 1,074). Parmi les spécimens dont on a pu déterminer le sexe, le ratio femelles-mâles était de 50 %-50 % en période de pleine lune et de 43,2 %-56,8 % en phase de nouvelle lune, soit un sex-ratio global de 1:1 pour les deux phases lunaires, étant donné qu'un test de Khi-carré corrigé de Yates a montré que la différence de répartition des sexes entre ces phases n'est pas significative (Khi-carré = 0,162, p = 0,69).

H. scabra présentait une plus forte densité pendant les phases de nouvelle lune (moyenne : 0,34 ind. m^{-2}) que

pendant celles de pleine lune (moyenne = 0,17 ind. m^{-2}), et ce, pendant toute la durée de l'étude (figure 6).

Le coefficient allométrique calculé (1,84) semble indiquer que, pour une longueur donnée, les spécimens de *H. scabra* sont plus maigres dans ces zones que dans d'autres.

Discussion

Nous avons constaté une répartition unimodale des tailles chez l'holothurie *H. scabra* dans les trois stations, ce qui est conforme aux résultats obtenus dans la plupart des autres études sur la structure des populations de cette espèce, telles que celles réalisées à Dar-es-Salaam (Kithakeni and Ndaro 2002), en Baie de Palk dans le golfe de Mannar (Baskar 1994), à Kitoni en Tanzanie (Mmbaga 2013) et à Al Eigah, en Baie de Mahout, dans le Sultanat d'Oman (Al-Rashdi *et al.* 2007). Les individus prélevés étaient nettement plus grands à la nouvelle lune qu'à la pleine lune, un constat conforme aux témoignages des pêcheurs de la Baie de Sarangani pour qui il est idéal de pêcher dans la zone intertidale à la nouvelle lune en raison de l'abondance de grandes holothuries.

L'incidence des phases lunaires sur la distribution des individus est peut-être due aux modifications majeures des régimes de marée intervenant durant ces deux phases. D'après les expériences conduites dans le cadre de l'étude de Mercier *et al.* (2000), les spécimens de *H. scabra* se regroupent en paires, en trios ou en groupes plus nombreux avant une pleine lune. Les groupes étaient plus importants avant la nouvelle lune qu'avant la pleine lune. Ce comportement a été observé avant la ponte en réaction au cycle lunaire. Dans la présente étude, le sexe des individus a été déterminé d'après l'état des gonades, mais l'indice gonadique n'ayant pas été mesuré, on ne peut affirmer que dans cette étude, le regroupement observé chez *H. scabra* à la nouvelle lune est un comportement lié à la reproduction. Toutefois, la plupart des spécimens trouvés à la nouvelle lune appartenaient à la classe de taille des 15-18 cm, ce qui porte à croire que la plupart étaient matures, Kithakeni et Ndaro (2002) estimant que la première maturité correspond à une taille de 16,8 cm. Cette hypothèse est confirmée par notre étude où les gonades mâles étaient le plus souvent de couleur jaune crème, indiquant une maturation de stade IV ; les gonades femelles étaient orangées, plus ou moins foncées, indiquant là encore une maturation de stade IV, voire V (ponte) (Rasolofonirina *et al.* 2005). Aux Philippines, les gonades de *H. scabra* arrivent à maturité entre octobre et avril, ce qui exclut les principaux épisodes de ponte de mai à juin (Ong Che and Gomez 1985).

Le sex-ratio de 1:1 des spécimens de *H. scabra* pêchés en vue de cette étude pendant les phases de pleine lune et de nouvelle lune est conforme à celui constaté chez la plupart des espèces d'holothuries (Conand 1989 ; Hasan 2005 ; Uthicke 1997). L'équilibre de ce ratio est important pour le maintien des stocks locaux (Guzman and Guevarra 2002).

La station de Sitio Linao présentait des densités relativement élevées pendant les deux phases lunaires, ce qui tient probablement au fait qu'elle est située dans une baie protégée des fortes houles. C'est un habitat propice pour *H. scabra* (Conand 1989), car il favorise le dépôt de particules détritiques (Mercier *et al.* 1999) dont les holothuries se nourrissent. De plus, les sédiments trouvés à Sitio Linao ont un fort pourcentage (1,42 %) de matière organique, ce qui pourrait aussi expliquer que la densité y soit plus élevée, la teneur en matière organique étant positivement corrélée avec la densité de *H. scabra* (Mmbaga 2013). L'étude de MacTavish *et al.* (2012) a démontré que les holothuries sont capables d'atténuer certains des effets néfastes de l'enrichissement en matière organique des écosystèmes côtiers.

Les membres de la communauté Tausug voisine pêchent *H. scabra* à marée descendante, où ils peuvent parcourir la zone intertidale à pied, une pratique qui favorise probablement la surpêche de l'espèce, y compris des individus aux stades de la pré-ponte.

La densité la plus basse a été trouvée à Macatimbol (voir la figure 3). Selon les pêcheurs, l'endroit était autrefois riche en *putian*, nom local donné à *H. scabra*. Ici, le recul des stocks résulte certainement de leur surexploitation. En 2011, *H. scabra* se vendait 6,50 dollars É.-U. le seau (unité de vente locale) aux acheteurs qui venaient en bateau depuis Davao, ce qui est un prix très élevé par rapport au niveau de vie local. La même situation a été observée dans les zones de pêche de Kunduchi et de Magemani (Mmbaga 2013). Les populations sauvages d'holothuries sont particulièrement vulnérables à la surpêche et leur exploitation anarchique conduit le plus souvent à l'effondrement de la pêcherie (Hasan 2005 ; Utchike and Conand 2005). Étant donné qu'il faut un nombre minimum d'holothuries dans un lieu donné pour que la reproduction aboutisse, la surexploitation peut rapidement entraver la reproduction (Levitan and Young 1995).

Le coefficient allométrique calculé pour les trois stations s'établit à 1,85, un chiffre inférieur aux quelques valeurs publiées sur *H. scabra* au Viet Nam (2,84 ; Pitt and Duy 2004), en Nouvelle-Calédonie (2,28 ; Conand 1990) et à Oman (2,18 ; Al-Rashdi *et al.* 2007). Les différences de valeurs sont peut-être dues à des procédés et techniques de mesure différents ou encore à la faible profondeur des zones évaluées dans cette étude.

Les tailles et concentrations notablement plus importantes de *H. scabra* en phase de nouvelle lune pourraient s'expliquer par la présence de substances chimiques biologiquement actives dont la sécrétion par d'autres adultes est synchrone avec les cycles lunaires. Les invertébrés pourraient utiliser ces substances chimiques comme moyen de communication, principalement à des fins de reproduction. En ce qui concerne *H. scabra,* Hamel et Mercier (2004) ont mis en évidence une synergie entre ces substances et d'autres facteurs qui a pour but d'induire le développement gonadique chez les individus matures.

Conclusion et recommandations

La présente étude révèle que la répartition par taille d'*Holothuria scabra* est influencée par les phases lunaires, la nouvelle lune étant liée à des individus de plus grande taille. La nouvelle lune correspond aussi à une plus forte abondance. Le sex-ratio reste toutefois constant, à 1:1,

en phase de nouvelle lune et en phase de pleine lune. Il est recommandé d'étudier plus précisément l'influence possible d'autres facteurs environnementaux liés aux cycles lunaires sur *H. scabra*, tels que les marées, l'action des vagues et la lumière. Comme ces holothuries sont un mets très prisé localement, il est en outre recommandé d'engager des études complémentaires sur leur biologie reproductive afin de définir des mesures de conservation et de gestion fondées sur des évaluations scientifiques. Une connaissance fine du moment où les épisodes de ponte surviennent chez *H. scabra* dans la Baie de Sarangani permettrait d'interdire la pêche pendant la saison de maturation (ou les mois précédant la ponte) pour préserver la santé du stock et donc favoriser le taux de recrutement dans la baie.

Remerciements

Nous souhaitons remercier Mme Christine Mae Edullantes (Institut des sciences marines de l'Université des Philippines Diliman) qui a examiné cette étude et y a apporté sa contribution. Les résultats de l'étude ont été présentés au 13e Symposium national de l'Association des sciences marines des Philippines, qui s'est tenu en octobre 2015 à General Santos City.

Bibliographie

Akamine J. 2001. Holothurian exploitation in the Philippines: Continuities and discontinuities. Tropics 10(4):591-607.

Akamine J. 2005. Role of the trepang traders in the depleting resource management: A Philippine case. In: Kishigami N. and Savelle J.M. Indigenous use and management of marine resources. Senri Ethnological Studies 67:259-278.

Al-Rashdi K.M., Claereboudt M.R. and Al-Busaidi S.S. 2007. Density and size distribution of the sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935), at six exploited sites in Mahout Bay, Sultanate of Oman. Agricultural and Marine Sciences 12:43-51.

Baskar B.K. 1994. Some observations of the biology of the holothurian *Holothuria (Metriatyla) scabra* (Jaeger). Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute 46:49-43.

Bruckner A.W., Johnson K.A. and Field J.D. 2003. Conservation des holothuries : une inscription aux listes de la CITES pour pérenniser le commerce international ? La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 18:24-33.

Conand C. 1989. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle Calédonie: Biologie, écologie et exploitation. Paris: ORSTOM. 393 p.

Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper 272.2. Rome: FAO. 143 p.

Guzman H.M. and Guevarra C.A. 2002. Population structure, distribution, and abundance of three commercial species of sea cucumber (Echinodermata) in Panama. Caribbean Journal of Science 38(3-4):230-238.

Hamel J.F. and Mercier A. 2004. Synchronous gamete maturation and reliable spawning induction methods in holothurians. Workshop on Advances in Sea Cucumber Aquaculture Management, Dalian, China, 14-18 Oct 2003.

Hasan M.H. 2005. Destruction of a *Holothuria scabra* population by overfishing at Abu Rhamada Island in the Red Sea. Marine Environmental Research 60:499-511.

Kithakeni T. and Ndaro S.G.M. 2002. Some aspects of sea cucumber along the Coast of Dar es Salaam. Western Indian Ocean Journal of Marine Science 1(2):163-168.

Levitan, D.R. and C.M. Young. 1995. Reproductive success in large populations: Empirical measurements and theoretical predictions of fertilization in the sea biscuit *Clypeaster rosaceus*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 190: 221-241.

MacTavish T., Stenton-Dozey J., Vopel K. and Savage C. 2012. Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. PloSONE7(11): e50031. doi:10.1371/journal.pone.0050031

Mercier A., Battaglene S.C. and Hamel J.-F. 1999. Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Volume 239, Issue 1, 1 June 1999, Pages 125–156

Mercier A., Battaglene S.C. and Hamel J-F. 2000. Periodic movement, recruitment and size related distribution of sea cucumbers *Holothuria scabra* in the Solomon Islands. Hydrobiologia 440:81-100.

Mmbaga T.K. 2013. The effect of fishing on the ecology of sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata) *Holothuria scabra* and *Holothuria nobilis* in Tanzanian sea water. International Journal of Development and Sustainability 2(2):1099-1126.

Ong Che R.G. and Gomez E.D. 1985. Reproductive periodicity of *Holothuria scabra*, Jaeger at Calatagan, Batangas, Philippines. Asian Marine Biology 2:21-30.

Pitt R. and Duy N.D.Q. 2004. Le rapport longueur/poids chez l'holothurie de sable *Holothuria scabra*. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 19:39-40.

Purcell S.W., Samyn Y. and Conand C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6. Rome, FAO. 150 p. + 30 colour plates.

Rasolofonirina R., Vaitilingon D., Eeckhaut I. and Jangoux M. 2005. Reproductive cycle of edible echinoderms from the South-Western Indian Ocean, II: The sandfish *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). Western Indian Ocean Journal of Marine Science 4(1):61-75.

Uthicke S. 1997. The seasonality of asexual reproduction in *Holothuria (Halodeima) atra, Holothuria (Halodeima) edulis* and *Stichopus chloronotus* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef. Marine Biology 129:435-441.

Uthicke S. and Conand C. 2005. Cas de surexploitation locale de la bêche-de-mer : résumé préliminaire et demande d'information. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 21:9-14.

Méthode de marquage des spicules d'holothuries par fluorescence

Andrea Taylor[1]

Résumé

Cet article présente les modifications apportées à la méthode utilisée actuellement dans le traitement des spicules d'holothuries marqués par fluorescence pour distinguer de leurs congénères naturels les individus produits en écloserie et destinés à des programmes d'élevage en enclos marin ou de reconstitution et d'amélioration des stocks. Pour marquer les holothuries, on les plonge dans une solution de fluorochrome. Le produit est alors absorbé par les spicules calcaires en formation sur le tégument. Pour repérer le produit de marquage, il suffit de prélever un échantillon sur le tégument externe, puis de le plonger dans de l'eau de Javel afin d'éliminer les tissus mous. On peut ensuite observer les spicules au microscope à épifluorescence. Cette méthode exige toutefois de pratiquer cinq rinçages successifs à l'eau douce pour éliminer la Javel, ce qui prend beaucoup de temps, surtout si le nombre de prélèvements est important. Il existe une autre méthode, qui permet de neutraliser efficacement l'eau de Javel à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium, sans effet notable sur les échantillons. Cette méthode représente un gain de temps appréciable et contribue par ailleurs à réduire les risques de perte et de contamination croisée liés à la manipulation de multiples échantillons.

Introduction

Le marquage des invertébrés a fait la preuve de son utilité dans le cadre des études par marquage et recapture, dont l'objet est d'évaluer des paramètres tels que la croissance, les déplacements et les taux de survie des individus marqués. Il joue un rôle essentiel dans les pêcheries sauvages où sont introduits des animaux produits en écloserie, le suivi et l'évaluation des programmes de lâchers exigeant en effet de pouvoir distinguer les individus d'élevage de leurs congénères naturels (Blankenship and Leber 1995).

La production en écloserie d'holothuries destinées à des programmes de repeuplement, d'élevage en enclos marin ou d'amélioration des stocks (Juinio-Meñez *et al.* 2013 ; Purcell 2012 ; Purcell and Blockmans 2009 ; Purcell and Simutoga 2008) a nécessité la mise au point de méthodes adaptées de marquage et d'identification des individus marqués. Dans l'idéal, les méthodes de marquage devraient être à la fois durables et peu coûteuses, et permettre le repérage des individus marqués dans le milieu naturel sans effet sur leur croissance ou leurs déplacements (Purcell *et al.* 2008). Dans la pratique, les méthodes de marquage les plus courantes ont donné pour la plupart des résultats décevants chez les holothuries, en raison du faible taux de rétention des marques et du stress causé aux animaux (Conand 1990 ; Purcell *et al.* 2008 ; Purcell *et al.* 2006). Les marques à transpondeur passif intégré (PIT) utilisées depuis peu se sont révélées plus efficaces pour le marquage des individus les plus gros, mais beaucoup moins dans le cas des holothuries de petite taille (Gianasi *et al.* 2015). Elles se prêtent donc mal au lâcher à grande échelle de petites holothuries, en particulier s'il n'est pas nécessaire d'identifier des individus précis au sein de la cohorte considérée. Une nouvelle méthode de marquage fluorochromique des spicules calcaires du tégument a été mise au point en 2006 (Purcell *et al.* 2006 ; Purcell and Blockmans 2009 ; Purcell and Simutoga 2008). C'est actuellement la méthode la mieux adaptée au marquage en grand nombre d'holothuries de petite taille. Le marquage fluorochromique est largement utilisé dans le cadre des recherches sur les juvéniles d'holothuries de sable *Holothuria scabra*, espèce commerciale de l'Indo-Pacifique (Conand 1990 ; Hamel *et al.* 2001), issus de l'aquaculture. Les animaux sont plongés dans une solution fluorochromique qui est absorbée par les spicules calcaires en formation sur le tégument. Les holothuries marquées puis lâchées dans le milieu marin peuvent ainsi être aisément distinguées de leurs congénères naturels. Malheureusement, l'identification des individus marqués ne peut s'effectuer qu'après recapture, et pas sur le terrain. Cette méthode peut également servir à l'identification d'individus précis dans le cadre d'études expérimentales. Il existe en effet différents types de fluorochromes qui donnent aux spicules des couleurs différentes, visibles au microscope à épifluorescence à l'aide de filtres optiques. On peut également effectuer un double marquage en utilisant plusieurs fluorochromes (Purcell and Blockmans 2009), ce qui facilite l'application de multiples traitements expérimentaux.

La détection des marqueurs s'effectue selon une méthode non destructive qui consiste à analyser des échantillons de très petite taille prélevés sur la face ventrale du tégument externe. On plonge d'abord les échantillons dans de l'eau de Javel ($NaClO_4$) afin de dissoudre les tissus et de dégager les spicules calcaires, qui sont ensuite rincés cinq fois de suite à l'eau douce. On sèche les spicules avant de les examiner au microscope à épifluorescence afin de déterminer la présence de fluorochrome (figure 6 dans Purcell 2012) (tableau 1).

[1] Darwin Aquaculture Centre, Department of Primary Industry and Fisheries, GPO Box 3000 Darwin NT 0801, Australie.
Tél. : 61 408303285 ; 61 8 89244261. Adresse : 23 Solomon St. Millner, Northern Territory, Australie 0810
Courriel : AndreaL.Taylor@nt.gov.au

Le rinçage des spicules, qu'il faut répéter cinq fois d'affilée afin d'éliminer toute trace de Javel, doit être effectué avec la plus grande minutie et prend donc beaucoup de temps, en particulier si le nombre d'échantillons à traiter est élevé (ce qui multiplie d'autant les risques de pertes ou de contamination croisée liés à la manipulation de multiples échantillons). Dans la mesure où il suffit de quelques spicules marqués sur un même échantillon pour confirmer la présence et la couleur du marqueur fluorochromique, la contamination croisée des spicules compromet fortement la fiabilité des résultats.

Cet article décrit les modifications apportées à la méthode originale (Purcell *et al.* 2006), telle qu'exposée en détail dans Purcell (2012) et Purcell and Blockmans (2009), afin d'en accroître l'efficacité et de réduire les risques de perte et de contamination croisée des échantillons.

Matériel, méthodes et résultats

La méthode modifiée consiste à substituer aux rinçages successifs à l'eau douce un simple bain dans une solution de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$). Ce composé, qui a pour propriété de neutraliser le chlore dans l'eau (DAFF 2008 ; McCauley and Scott 1960 ; OIE 2003), est couramment utilisé dans les écloseries pour éliminer la Javel contenue dans l'eau de stérilisation. On trouvera au tableau 1 un descriptif comparatif détaillé de la méthode modifiée et de la méthode décrite par Purcell 2012) et Purcell et Blockmans (2009), ainsi que des notes explicatives techniques.

Conformément aux recommandations de Purcell et Blockmans (2009), on utilise du papier aluminium pendant toute la durée des opérations de marquage, afin de réduire l'exposition à la lumière et la photodégradation du marqueur fluorescent. Les pipettes doivent être nettoyées avec le plus grand soin après chaque utilisation. À défaut, on peut utiliser une micropipette à embout jetable afin d'éviter la contamination croisée des spicules.

Les prélèvements peuvent être placés sur des microplaques, comme indiqué, ou dans des fioles de type Eppendorf. Les microplaques ont pour avantage de faciliter les observations directes au microscope (à condition qu'un microscope adapté soit disponible), puisqu'il n'est pas nécessaire de transférer les spicules sur des lames pour observer les marqueurs fluorochromiques au microscope. En l'absence de microplaques, on peut utiliser des fioles Eppendorf de 2 ml, en particulier si le nombre d'échantillons à traiter est limité. Pour éviter d'avoir à rincer soigneusement les pipettes après chaque utilisation, ou pour réduire le nombre de pipettes jetables à utiliser, on peut aussi décanter le liquide contenu dans les fioles à chaque étape du processus, au lieu de l'extraire à l'aide d'une pipette. Ce procédé augmentant les risques de perte de spicules, il est préférable de travailler sur des échantillons de grande taille (5 à 8 mm²), comme le préconisent Purcell et Blockmans (2009). Les spicules traités dans des fioles sont ensuite déposés sur des lames à l'aide d'une micropipette à embout jetable, puis séchés avant d'être examinés au microscope à épifluorescence. L'utilisation d'échantillons de grande taille permet aussi de déposer un plus grand nombre de spicules sur chaque lame, ce qui en facilite l'observation (les échantillons traités en fioles étant moins concentrés que ceux placés dans des microplaques). L'expérience montre que le prélèvement d'échantillons mesurant au maximum

Tableau 1. Descriptif comparatif de la méthode modifiée de traitement des spicules d'holothuries marqués par fluorescence et de la méthode originale décrite par Purcell (2012);

Méthode originale	Méthode modifiée
Prélever sur la face ventrale du tégument externe et déposer dans un puits de microplaque un échantillon de 2,5 à 5 mm². Conserver l'échantillon dans de l'alcool tamponné.	Prélever sur la face ventrale du tégument externe et déposer dans un puits de microplaque un échantillon de 2,5 à 5 mm². Conserver l'échantillon dans de l'alcool tamponné s'il n'est pas traité immédiatement.
Retirer l'alcool.	Retirer l'alcool.
Ajouter de l'eau de Javel et laisser tremper pendant 30 min jusqu'à dissolution complète des tissus.	Ajouter 12 % d'eau de Javel et laisser tremper pendant 30 min jusqu'à dissolution complète des tissus. Attendre que les spicules se déposent au fond du puits.
Retirer l'eau de Javel.	Extraire la javel à l'aide d'une pipette, en laissant au maximum 0,5 ml de liquide au fond du puits, de manière à recouvrir les spicules.
Ajouter de l'eau douce, puis retirer le liquide.	Ajouter du thiosulfate de sodium (50 g L^{-1}) et bien mélanger. Attendre que les spicules se déposent au fond du puits avant de retirer la solution à l'aide d'une pipette.
Remettre de l'eau douce, puis rincer.	Ajouter de l'eau douce, attendre que les spicules se déposent, puis retirer le liquide à l'aide d'une pipette.
Remettre de l'eau douce, puis retirer le liquide.	Laisser l'échantillon sécher avant de l'observer au microscope à épifluorescence.
Remettre de l'eau douce, puis retirer le liquide.	
Remettre de l'eau douce, puis retirer le liquide.	
Laisser l'échantillon sécher avant de l'observer au microscope à épifluorescence.	

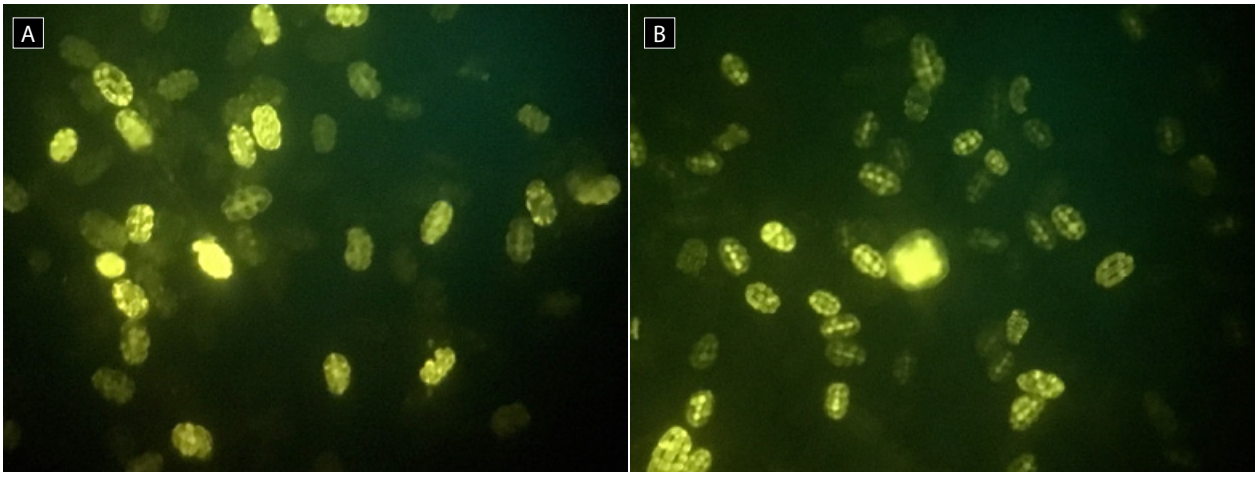

Figure 1. Des spicules d'holothurie *Holothuria scabra* marqués à la tétracycline et traités selon la méthode originale (A) et la méthode modifiée (B), observés au microscope à épifluorescence.

5 mm² sur des holothuries de petite taille et 10 mm² au plus sur les animaux les plus gros ne provoque pas d'infection bactérienne, et que les tissus cicatrisent rapidement chez tous les individus (A. Birch, données non publiées ; C. Hair, comm. pers.).

La dernière étape, à savoir le rinçage à l'eau douce, qui a pour objet d'éliminer la majeure partie de la solution de thiosulfate de sodium, a été intégrée à la méthode modifiée à titre de précaution. Les essais à venir montreront peut-être qu'elle n'est pas nécessaire. Il faudra, dans ce cas, déterminer quels pourraient être les effets de la suppression de cette dernière étape sur les échantillons, à court et long terme.

Les deux méthodes ont été testées sur des échantillons prélevés sur les mêmes individus, de manière à en évaluer les effets respectifs sur le résultat final. Aucune différence notable n'a pu être observée au microscope à épifluorescence, en ce qui concerne tant le nombre que la luminescence des spicules marqués (voir figure 1), et les échantillons séchés étaient encore fortement fluorescents après trois ans de conservation (dans l'obscurité).

La méthode modifiée a été utilisée pour traiter les spicules de plusieurs spécimens de *H. scabra* marqués à la tétracycline et à la calcéine dans le cadre de lâchers expérimentaux menés dans le Territoire du Nord, en Australie (A. Birch, données non publiées). Les tests réalisés avec de la calcéine bleue ont également été probants (C. Hair, comm. pers.). Outre qu'elle permet de limiter les risques de perte ou de contamination croisée des échantillons, la méthode modifiée contribue aussi à réduire le temps de traitement, favorisant le développement des protocoles de marquage des holothuries. Grâce à cette méthode, on devrait pouvoir traiter un plus grand nombre d'échantillons dans le cadre des campagnes de marquage et de recapture des holothuries.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Cathy Hair et Steven Purcell des observations qu'ils ont bien voulu lui soumettre pendant la rédaction de cet article, et remercie également de son soutien le Darwin Aquaculture Centre de la Direction du secteur primaire et des pêches du Territoire du Nord. L'étude a été réalisée dans le cadre du projet FIS/2010/042, « Expansion et diversification des systèmes de production et de gestion des holothuries aux Philippines, au Viet Nam et en Australie septentrionale » du Centre australien pour la recherche agricole internationale (ACIAR), dont l'exécution a été confiée à l'Université de la Sunshine Coast.

Bibliographie

Blankenship H.L. and Leber K.M. 1995. A responsible approach to marine stock enhancement. American Fisheries Society Symposium 15:167-175.

Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, FAO. Part 2: Holothurians.

DAFF (Department of Agriculture, Fisheries and Forestry). 2008. Operational procedures manual — Decontamination (Version 1.0). Australian Aquatic Veterinary Emergency Plan (AQUAVETPLAN), Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra, ACT.

Gianasi B.L., Verkaik K., Hamel J.-F. and Mercier A. 2015. Novel use of PIT tags in sea cucumbers: Promising results with the commercial species *Cucumaria frondosa*. PLoS ONE, 10(5), e0127884. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0127884

Hamel J.-F., Conand C., Pawson D.L. and Mercier A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): Its biology and exploitation as beche-de-mer. Advances in Marine Biology 41:129-233.

Juinio-Meñez M.A., Evangelio J.C., Olavides R.D., Paña M.A.S., De Peralta G.M., Edullantes C.M.A., Rodriguez B.D.R. and Casilagan I.L.N. 2013. Population dynamics of cultured *Holothuria scabra* in a sea ranch: Implications for stock restoration. Reviews in Fisheries Science 21(3-4):424-432.

McCauley R.W. and Scott D.P. 1960. Removal of free chlorine from running water by sodium thiosulphate. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 17.4:601.

OIE (World Organisation for Animal Health). 2003. Methods for disinfection of aquaculture establishments. Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals 2003. World Organisation for Animal Health, Paris.

Purcell S.W. 2012. Principles and science of stocking marine areas with sea cucumbers. p. 92-103. In: Hair C.A., Pickering T.D. and Mills D.J. (eds). Asia-Pacific tropical sea cucumber aquaculture. ACIAR Proceedings No. 136. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. http://aciar.gov.au/publication/PR136

Purcell S.W. and Blockmans B.F. 2009. Effective fluorochrome marking of juvenile sea cucumbers for sea ranching and restocking. Aquaculture 296:263-270.

Purcell S.W. and Simutoga M. 2008. Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. Reviews in Fisheries Sciences 16:204-214.

Purcell S., Agudo N. and Gossuin H. 2008. Mauvais pourcentage de rétention des marques à micropuce apposées sur des holothuries tropicales. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 28:53-55.

Purcell S.W., Blockmans B.F. and Nash W.J. 2006. Efficacy of chemical and physical tags for large-scale release of an exploited holothurian. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 334:283-293.

Variation du traitement post-capture des holothuries : différences de méthodes entre les pêcheurs et les producteurs de trois pays insulaires océaniens

Steven W. Purcell[1], Poasi Ngaluafe[2], Karibanang T. Aram[3], Watisoni Lalavanua[4]

Résumé

La cote sur les marchés à l'export de la bêche-de-mer produite par les petites pêcheries d'holothuries dispersées à travers le monde est en partie fonction des méthodes de traitement post-récolte appliquées par les pêcheurs et les producteurs professionnels. Les programmes de développement destinés à aider les pêcheurs à mieux valoriser leurs produits doivent s'appuyer sur une compréhension fine des habitudes de production. À partir de données recueillies à l'aide de questionnaires parlés, nous avons évalué les pratiques de traitement post-récolte des holothuries et comparé les méthodes appliquées par les pêcheurs et les producteurs présents aux Fidji, à Kiribati et aux Tonga. La plupart des pêcheurs de Kiribati transformaient eux-mêmes leurs prises, contre une minorité aux Fidji et aux Tonga. Peu de pêcheurs avaient été formés ou même informés des méthodes de transformation. Le point d'incision pratiqué pour éviscérer les holothuries fraîches était très variable, surtout parmi les pêcheurs. Les pêcheurs i-Kiribati limitaient la période de salage au strict minimum. À Kiribati, pour chauffer l'eau de cuisson des holothuries, on faisait surtout brûler de la bourre de coco, tandis que les Fidji et les Tonga privilégiaient le bois de chauffe. La deuxième cuisson des animaux était une pratique moins fréquente chez les pêcheurs que chez les producteurs professionnels. Habituel à Kiribati et aux Fidji, le fumage n'entrait pas dans les usages traditionnels aux Tonga et n'y était donc pas pratiqué. Ce sont les pêcheurs fidjiens qui consacraient le moins de temps à la transformation des produits. Nous avons rencontré peu de femmes pêcheuses à Kiribati, mais elles prenaient souvent part à la valorisation des prises. Aux Fidji et à Kiribati, la famille aidait généralement à la transformation des produits. Notre étude révèle que les méthodes de transformation utilisées par les pêcheurs étaient généralement de mauvaise qualité. Elle montre également que la valorisation post-capture exclut toute généralisation qui s'appliquerait aux trois pays, et que, pour brosser un tableau complet du rôle des femmes et des enfants dans les pêcheries, il faut regarder plus loin que leur simple participation à la pêche.

Introduction

Traitement des holothuries en Océanie

Les bêches-de-mer (holothuries séchées) produites en Océanie trouvent preneurs sur les marchés mondiaux depuis déjà le début du XIXe siècle (Conand 1990 ; Kinch *et al.* 2008). De nos jours, plus de 20 espèces d'holothuries sont prélevées par les petits pêcheurs en Océanie (Purcell *et al.* 2012). Les animaux sont communément éviscérés, cuits et séchés au soleil ou sur un feu couvant par les artisans pêcheurs. Les techniques de vidage et de cuisson des pêcheurs renvoient parfois à celles utilisées pour préparer les holothuries consommées par la famille, comme on a pu le voir aux Tonga où plusieurs espèces se sont fait une place dans les habitudes de consommation locales. Une fois cuites et séchées, les bêches-de-mer sont stockées, le temps de trouver acheteur auprès des intermédiaires et des exportateurs. Les prix départ pêcheur varient fortement en fonction de l'espèce, de la taille et de la qualité du produit transformé (Kinch *et al.* 2008 ; Lavitra *et al.* 2008 ; Ram *et al.* 2014). Les méthodes de traitement post-récolte sont décrites dans les grandes lignes dans une poignée de documents, mais rares sont les données publiées sur les méthodes employées par les pêcheurs ou les professionnels de la transformation.

Conand (1990) expose brièvement les méthodes de transformation anciennes utilisées en Nouvelle-Calédonie, détaillant une méthode appliquée à l'holothurie de sable versicolore, et une autre méthode employée pour une autre espèce. De ces travaux, elle a conclu que les défauts de transformation des produits traités par les pêcheurs tenaient essentiellement aux incisions mal pratiquées, à la dégradation du tégument des animaux, à des temps de nettoyage et de cuisson inadaptés. Deux autres écrits font état des méthodes de transformation en vigueur dans l'océan Indien, mais, en l'absence de toute donnée quantitative, il est impossible de dresser des comparaisons entre pêcheurs (James 1994 ; Lavitra *et al.* 2008).

[1] National Marine Science Centre, Southern Cross University, PO Box 4321, Coffs Harbour NSW 2450, Australie
[2] Ministry of Agriculture & Food, Forests and Fisheries, PO Box 871, Nuku'alofa, Tonga
[3] Ministry of Fisheries & Marine Resources Development, PO Box 64, Bairiki, Tarawa, Kiribati
[4] Partners in Community Development Fiji, 8 Denison Rd, Suva, Fidji
[*] Auteur à contacter : steven.w.purcell@gmail.com

Ram (2008) est le premier chercheur à s'être intéressé aux différentes étapes de transformation générales appliquées par les producteurs professionnels et les pêcheurs. En s'appuyant sur des questionnaires et en inspectant des produits aux Fidji, il a découvert que les pêcheurs perpétuaient les méthodes de traitement traditionnelles et employaient communément des méthodes impropres. Dans une réédition de cette étude (Ram *et al.* 2014), l'auteur conclut que les défauts de transformation sont responsables de l'altération des produits, de la perte de qualité des produits à l'export et de la réduction du prix départ pêcheur. En dehors de cette étude menée aux Fidji, on ne sait que peu de choses sur les méthodes de transformation employées par les pêcheurs et sur leurs variantes géographiques. En l'absence d'informations, il est difficile de diagnostiquer les besoins qui doivent guider les programmes de développement des compétences destinés à améliorer la qualité des produits et les moyens d'existence du secteur des pêches.

Méthodes de transformation de la bêche-de-mer

La Communauté du Pacifique (CPS) a inclus quelques brèves informations sur la transformation des holothuries dans ses fiches d'identification sur le terrain (4 pages ; SPC 2004) et dans sa version révisée du guide d'identification des holothuries du Pacifique tropical (7 pages ; SPC 1994). Cela dit, aucune de ces publications ne détaille les méthodes de traitement. Plus récemment, des études conduites par le Centre australien pour la recherche agricole internationale ont permis de compiler un guide des bonnes pratiques utilisées dans les entreprises prospères de production de bêche-de-mer par les producteurs professionnels et d'en faire un manuel de formation (Purcell 2014a). Les méthodes décrites renvoient également aux caractéristiques « correctes » des produits (incision, forme, couleur) souhaitées par les détaillants et les grossistes en Chine (Purcell 2014b). Les principales étapes de production décrites dans le manuel sont résumées ci-dessous.

Les méthodes de transformation varient selon le groupe d'espèces traité ; en effet, les spécificités du tégument (épaisseur et souplesse) et la teneur en eau des animaux après cuisson déterminent la méthode à employer. Les variantes constatées chez les différents producteurs professionnels – trouvant leur origine dans les propres croyances ou l'expérience des acteurs du secteur – n'ont pas forcément d'incidence sur la qualité des produits.

Le point d'incision (pratiqué sur les holothuries pour les vider et contribuer au séchage) varie également d'une espèce à l'autre. L'holothurie noire à mamelles (*Holothuria whitmaei*) et l'holothurie blanche à mamelles (*H. fuscogilva*) doivent toutes deux être incisées sur la face dorsale, tandis que d'autres espèces particulièrement grandes (*H. fuscopunctata*, *Thelenota ananas* et *T. anax*) sont incisées sur la face ventrale. Dans les deux cas, l'incision doit s'arrêter avant l'anus et la bouche. Pour la plupart des autres espèces, les producteurs pratiquent généralement une petite incision longitudinale (de 2 à 3 cm) sur la face ventrale, au niveau de l'anus. Chez certaines espèces, la forme du produit est de meilleure qualité si l'incision et l'éviscération ont lieu après la première cuisson.

En règle générale, les holothuries sont cuites une première fois dans de l'eau de mer chauffée à environ 90 °C, puis salées pendant 1 à 5 jours. Chez certaines espèces, en particulier celles du genre *Bohadschia*, il vaut mieux saler d'abord les animaux pendant 1 à 2 jours, avant la première cuisson. Le salage présente plusieurs avantages : 1) déshydratation du produit, 2) salage de la chair, la protégeant des proliférations bactériennes, et 3) augmentation du poids du produit, qui sera par la suite vendu au poids.

Une fois salées, les holothuries sont soumises à une deuxième cuisson, puis fumées pendant 1 à 2 jours et séchées pendant 3 à 7 jours. Si le fumage contribue à la bonne transformation des holothuries, le consommateur chinois est incommodé par une odeur de fumage trop présente (Purcell 2014b). Chez les producteurs, les produits sont souvent mis à sécher dans des salles de séchage équipées de séchoirs et de dispositifs de chauffage, là où les pêcheurs se contentent de sécher leurs produits au soleil.

Finalité et utilité de cette étude

Les bêches-de-mer mal transformées présentent tout ou partie des caractéristiques suivantes : altération physique, odeurs nauséabondes, couleur peu attrayante, forme inappropriée et taux d'humidité trop élevé. Ces défauts font chuter les prix sur les marchés (Purcell 2014b) et tirent vers le bas les prix payés aux pêcheurs par les acheteurs. Une transformation inaboutie fait reculer la valeur potentielle de la ressource et les recettes nationales qui peuvent être retirées des droits d'exportation (Purcell 2010 ; Purcell *et al.* 2009)

L'amélioration des procédés de traitement doit aller de pair avec le renforcement de la gestion et de la gouvernance des pêcheries d'holothuries. La formation aux méthodes de traitement peut être proposée « en compensation » d'une restriction d'accès à la ressource (saisons de pêche raccourcies, par exemple). Si l'on veut aider les pêcheurs à améliorer leurs méthodes de transformation, il est important, avant toute chose, de dresser un état des lieux des méthodes employées et des éventuels usages à proscrire. Dans cette étape de diagnostic précédant la formulation du plan de gestion, il est également utile d'identifier les acteurs engagés dans la transformation et de déterminer la qualité de leurs produits (Purcell 2010).

Les modes de commercialisation et la valeur commerciale des bêches-de-mer produites en Océanie ont déjà été étudiés (Purcell 2014b), tandis que la valeur départ pêcheur sera examinée dans le cadre d'autres études (Purcell *et al.* données non publiées). Dans le présent article, nous examinons les différentes méthodes de production utilisées par les pêcheurs et les professionnels de la transformation à Kiribati, aux Tonga et aux Fidji (informations recueillies dans le cadre d'entretiens directifs). Au moment du recueil de données, ces trois pays figuraient parmi les quelques pays océaniens à ne pas avoir mis en vigueur de moratoire sur la pêche d'holothuries. Ce travail a pour seul objet de présenter les variantes entre pays et de livrer des résultats comparatifs pour les groupes d'espèces. Il est en effet crucial de

comprendre ces différences pour savoir quels sont les pays qui ont le plus besoin de formation et de déterminer les étapes où les pêcheurs commettent le plus souvent des erreurs. Ces informations pourraient également nous éclairer sur la participation des Océaniens à la transformation post-récolte des produits de la mer.

Matériels et méthodes

Aux Fidji, à Kiribati et aux Tonga, nous avons mené des entretiens directifs dans plusieurs îles ou archipels pour obtenir un échantillon largement représentatif. Les groupes d'îles visés étaient les suivants : Fidji – Ra, Kadavu, Bua, Cakaudrove, Taveuni, Yasawa, Lau (sud), et Vanua Balavu ; Kiribati – Tarawa, Butaritari, Abemama, Onotoa, Kiritimati ; Tonga – Tongatapu, Ha'apai, Vava'u, Niuatoputapu. Dans chaque île ou archipel, nous nous sommes rendus dans plusieurs villages et avons généralement interrogé cinq à huit pêcheurs par village. Les sites et villages ont été choisis sur la base des renseignements communiqués par les services de gestion des pêcheries au sujet des pêcheries en activité, et, dans chaque lieu, nous avons choisi des sites dispersés géographiquement. Dans chaque village, nous avons consulté les anciens et les pêcheurs afin de déterminer le lieu de résidence des ramasseurs d'holothuries, puis nous leur avons rendu visite.

Les entretiens ont eu lieu en 2011 à Kiribati et aux Tonga, et en 2014 aux Fidji. Lors des entretiens avec les pêcheurs et les producteurs, nous avons posé les questions énumérées dans les questionnaires selon un format normalisé. Les questionnaires renfermaient surtout des questions fermées, comme décrit par Purcell *et al.* (2009) et Kronen *et al.* (2007). Nous avons également cherché à obtenir d'autres types de renseignements (à l'aide de questions ouvertes). La validation éthique des entretiens a été confiée à un comité de déontologie agréé de l'Université Southern Cross[5] et au ministère fidjien de l'Enseignement[6]. Aux Tonga et à Kiribati, ce sont les ministères des Pêches qui ont assuré la validation des recherches.

L'équipe du projet a interrogé 84 pêcheurs d'holothuries et 21 producteurs de bêches-de-mer à Kiribati, 134 pêcheurs et 13 producteurs aux Tonga, et 235 pêcheurs et 17 producteurs aux Fidji. Le plan d'échantillonnage était sensible au genre, les entretiens visant de préférence les femmes dans tous les cas possibles. Nous avons utilisé des informateurs clés pour trouver les ramasseurs d'holothuries à interroger et avons tablé sur l'effet « tache d'huile » pour identifier les autres pêcheurs d'holothuries dans les villages.

Dans les entretiens, les noms locaux des espèces ont été utilisés et des fiches d'identification des espèces ont servi à confirmer l'identité de chaque espèce avec les répondants. Les réponses des sondés ont été saisies sous forme de données nominales (ex. : « D » si l'holothurie est incisée sur la face dorsale), de données continues (ex. : minutes de cuisson des différentes holothuries) ou de données binomiales (ex. : « 1 » pour oui et « 0 » pour non dans les questions binaires).

On a procédé à des recoupements dans les données fournies par les enquêtés et à des analyses graphiques exploratoires pour garantir la précision des données. Nous présentons l'écart-type – qui mesure la dispersion des données et traduit les écarts dans les réponses au sein de l'échantillon – préféré à la précision rigide des estimations moyennes. Pour les besoins du présent article, nous avons rassemblé les données recueillies auprès des pêcheurs et des producteurs dans les villages et les sites dans des tableaux croisés établis pour chaque pays.

Résultats

Fréquence de transformation et formation

À Kiribati, 76 % des pêcheurs d'holothuries transformaient eux-mêmes leurs prises. Ils n'étaient que 33 % aux Fidji et 18 % aux Tonga. La plupart des pêcheurs vendaient donc les holothuries fraîches aux producteurs.

Aux Tonga, la réglementation halieutique nationale interdisait aux pêcheurs de transformer eux-mêmes leurs prises, par crainte d'une dégradation des produits. Depuis la distribution de manuels de formation et l'organisation d'ateliers sur les méthodes de transformation, la disposition en cause a toutefois été retirée du texte du plan de gestion national des pêcheries d'holothuries (2014) et les pêcheurs ont pu reprendre du service.

La majorité des pêcheurs et exportateurs de Kiribati avaient été formés sur le tas par un exportateur étranger, mais aucun n'avait vu ou reçu d'information sur la valorisation post-capture (tableau 1). Aux Fidji, en revanche, rares sont les pêcheurs à bénéficier de formations de mandataires-exportateurs étrangers.

Aux Tonga, beaucoup de pêcheurs et de producteurs avaient déjà reçu ou vu certains supports écrits sur la transformation des holothuries, en particulier les fiches d'identification produites par la CPS. Aux Fidji, la moitié des producteurs interrogés avaient consulté des publications évoquant les procédés de traitement, notamment les fiches d'identification de la CPS (SPC 2004), mais les pêcheurs étaient très peu nombreux à avoir déjà vu des informations publiées sur le sujet.

Techniques d'incision

Le point d'incision variait considérablement selon l'espèce, que l'on s'intéresse aux techniques des producteurs ou à celles des pêcheurs (tableau 2). Les holothuries blanches et noires à mamelles étaient incisées sur la face dorsale par une très grande majorité des producteurs professionnels, incision d'ailleurs mal pratiquée par de nombreux pêcheurs dans chaque pays.

Certains producteurs des Tonga et de Kiribati n'incisaient pas les espèces du genre *Thelenota* (*T. ananas* et *T. anax*) au bon endroit (face ventrale), constat qui valait aussi pour de nombreux pêcheurs dans les trois pays (tableau 2).

[5] ECN-11-040 et ECN-13-279
[6] Agrément RA01/14

Tableau 1. Formation et information sur les procédés de transformation à destination des pêcheurs.

Lieu	% formés par des mandataires-exportateurs étrangers	% n'ayant jamais reçu de document informatif sur les méthodes de transformation
Kiribati		
Producteurs	89	68
Pêcheurs	83	98
Tonga		
Producteurs	18	36
Pêcheurs	55	55
Fidji		
Producteurs	18	82
Pêcheurs	8	96

Tableau 2. Pourcentage de pêcheurs et de producteurs de chaque pays pratiquant l'incision à l'emplacement recommandé. Les valeurs renseignées renvoient aux pourcentages d'enquêtés.

Lieu	% incisant les holothuries à mamelles sur la face dorsale	% incisant les espèces *Actinopyga* au niveau de l'anus ou de la bouche	% incisant les espèces *Bohadschia* au niveau de l'anus ou de la bouche	% incisant les espèces *Stichopus* au niveau de l'anus ou de la bouche	% incisant *Thelenota* sur la face ventrale	% incisant les espèces *Holothuria* au niveau de l'anus ou de la bouche
Kiribati						
Producteurs	88	56	50	46	87	92
Pêcheurs	66	50	82	78	86	96
Tonga						
Producteurs	100	82	73	82	64	91
Pêcheurs	88	65	100	100	54	100
Fidji						
Producteurs	100	81	93	69	94	86
Pêcheurs	66	87	93	77	47	95

En règle générale, les espèces des genres *Actinopyga*, *Bohadschia* et *Holothuria* devraient subir une petite incision longitudinale au niveau de l'anus, face ventrale, mais une légère incision au niveau de la bouche peut faire l'affaire. Les incisions pratiquées sur ces espèces étaient généralement de bonne facture chez les pêcheurs tongiens, mais mal réalisées chez une proportion non négligeable de leurs homologues fidjiens et i-Kiribati.

Salage

Alors que la plupart des producteurs salaient les produits (figure 1), de nombreux pêcheurs omettaient cette étape à Kiribati et aux Fidji (tableau 3). Aux Fidji, pour la plupart des espèces, les producteurs salaient le produit après la première cuisson. *A contrario*, pour la majorité des espèces, 36 % des producteurs des Tonga et la totalité des producteurs de Kiribati salaient l'animal après l'avoir vidé, avant la première cuisson.

Figure 1. Holothurie blanche à mamelles (*Holothuria fuscogilva*) remplie de sel par un producteur professionnel aux Fidji, avant d'être placée dans un saloir.

Tableau 3. Méthodes de salage. Les valeurs renseignées sont des moyennes (écarts-types entre parenthèses).

Lieu	% pratiquant le salage	Nbre jours salage holothuries à mamelles (± ÉT)	Nbre jours salage *Actinopyga* (± ÉT)	Nbre jours salage *Bohadschia* (± ÉT)	Nbre jours salage *Stichopus* (± ÉT)	Nbre jours salage *Thelenota* (± ÉT)
Kiribati						
Producteurs	71	2,5 (1,6)	2,6 (2,5)	2,6 (2,5)	1,0 (0)	2,1 (1,8)
Pêcheurs	32	2,4 (3,4)	1,2 (1,1)	1,2 (0,9)	0,7 (0,6)	1,6 (1,7)
Tonga						
Producteurs	100	4,5 (2,0)	3,5 (2,1)	3,8 (2,3)	3,7 (1,5)	5,1 (1,6)
Pêcheurs	78	3,6 (1,7)	3,7 (1,7)	3,8 (1,7)	4,5 (0,7)	3,6 (1,4)
Fidji						
Producteurs	100	3,1 (1,5)	3,0 (1,5)	2,7 (1,5)	2,4 (1,0)	3,3 (1,6)
Pêcheurs	58	3,1 (1,4)	2,6 (1,3)	2,4 (1,1)	2,3 (1,2)	2,7 (1,3)

Tableau 4. Méthodes de cuisson (dans de l'eau chaude ou bouillante). Les valeurs renseignées sont des moyennes (écarts-types entre parenthèses).

Lieu	Temp. de l'eau 1ère cuisson) (°C)	Minutes 1ère cuisson holothuries à mamelles	% pratiquant une 2e cuisson pour certaines espèces	Minutes 2e cuisson holothuries à mamelles	Minutes 1ère cuisson *Actinopyga*	Minutes 1ère cuisson *Bohadschia*
Kiribati						
Producteurs	94 (12)	53 (39)	63	41 (44)	47 (25)	43 (22)
Pêcheurs		56 (36)	42	25 (23)	47 (37)	47 (39)
Tonga						
Producteurs	79 (17)	38 (19)	82	33 (18)	39 (19)	43 (24)
Pêcheurs		25 (21)	42	43 (19)	29 (19)	29 (21)
Fidji						
Producteurs	53* (18)	12 (10)	100	23 (10)	18 (13)	19 (11)
Pêcheurs		15 (12)	66	21 (21)	19 (13)	21 (21)

* De nombreux producteurs démarrent la cuisson à l'eau froide ou chauffée à 40 °C avant de la porter lentement à 90 °C ou à ébullition.

Le temps de salage pratiqué par les producteurs et les pêcheurs était plus long aux Tonga qu'à Kiribati et aux Fidji (tableau 3). À Kiribati, producteurs comme pêcheurs recouraient beaucoup moins au salage que leurs homologues des deux autres pays. Seul un tiers des pêcheurs i-Kiribati salaient leurs holothuries, le temps de salage étant par ailleurs le plus faible de toute l'étude.

Méthodes de cuisson

De tous les producteurs interrogés dans les trois pays, quelques producteurs fidjiens semblaient tenir le haut du pavé. Plus expérimentés, ils connaissaient mieux les méthodes optimales pour chaque espèce, se souciaient davantage de produire des bêches-de-mer de qualité supérieure et obtenaient les meilleurs prix à l'exportation. En moyenne, les producteurs fidjiens optaient pour un temps de cuisson plus court (surtout pour la première cuisson), et la deuxième cuisson, pratiquée sur toutes les espèces, était plus systématique qu'à Kiribati ou aux Tonga (tableau 4). Aux Fidji, de nombreux producteurs placent les animaux dans de l'eau chaude (~40 °C), portée à ébullition pour une cuisson relativement rapide.

La majorité des producteurs et pêcheurs de Kiribati brûlaient de la bourre de coco pour chauffer l'eau de cuisson, tandis que les pêcheurs qui plantaient la tente dans les lieux de pêche éloignés utilisaient plutôt du bois (figure 2). Aux Tonga, la filière coprah étant à l'arrêt, c'est du bois qu'utilisaient principalement les quelques pêcheurs qui transformaient eux-mêmes leurs prises. Aux Fidji, le bois était une constante chez la totalité des pêcheurs (figure 3).

Si la majorité des producteurs de Kiribati et des Tonga optaient pour deux cuissons, plus de la moitié des pêcheurs de ces mêmes pays se limitaient à une seule cuisson (tableau 4). Les temps de cuisson moyens appliqués aux différentes espèces par les producteurs et les pêcheurs variaient fortement (écarts-types), traduisant l'hétérogénéité des méthodes employées.

Figure 2. Un pêcheur i-Kiribati et sa famille en train de cuire des holothuries lolly (*Holothuria atra*) sur l'île de Kiritimati, dans l'archipel de la Ligne (Kiribati).

Figure 3. Des femmes fidjiennes affairées à cuire des holothuries dans des fûts découpés de 200 L, chauffés au bois et au bambou.

Figure 4. Fumoir utilisé à Tarawa (Kiribati) pour le fumage des holothuries. Les animaux sont placés sur des claies que l'on glisse dans le four, bien au-dessus d'un feu couvant.

Figure 5. Panier rempli d'holothuries de sable brunes (*Bohadschia vitiensis*) brûlées, car placées trop près du feu par un pêcheur de Kiribati.

En posant des questions non directives, nous avons appris que de nombreux pêcheurs i-Kiribati utilisaient de l'eau douce pour blanchir les holothuries, pratique qui abîme le tégument de l'animal et semble poser problème. Certains producteurs leur ont d'ailleurs indiqué que la cuisson se faisait à l'eau salée.

Procédés de fumage et de séchage

Le fumage (placer les holothuries au-dessus d'un feu couvant) est pratiqué par la plupart des producteurs des Fidji et de Kiribati ; les holothuries sont parfois posées sur une claie élevée du feu couvant ou placées dans un fumoir spécialement aménagé (figure 4). Aux Fidji et à Kiribati, le fumage est une étape importante pour les pêcheurs, privés d'étuves de séchage sophistiquées et peu enclins à saler les produits, car il participe à la conservation de la chair. Parfois, les pêcheurs plaçaient les holothuries trop près du feu, souvent trop vif, les produits brûlés étant alors rejetés ou achetés à très bas prix (figure 5). À l'extrême opposé, aucun producteur des Tonga ne fumait, ni ne séchait les holothuries au-dessus du feu.

Dans la période faste du milieu des années 1980, les pêcheurs tongiens appliquaient des méthodes analogues à celles réservées aux fruits de mer consommés localement, excluant le fumage. Cette particularité culturelle démarquant les Tonga de cultures océaniennes où le fumage est plutôt la règle, comme à Kiribati, pourrait

Figure 6. Un pêcheur fidjien fait sécher un ensemble varié d'holothuries sur une plaque de tôle ondulée dans les îles Lau (Fidji).

Tableau 5. Procédés de séchage.

Lieu et groupe d'enquêtés	% pratiquant le séchage au-dessus du feu	% pratiquant le séchage en étuve	% pratiquant le fumage
Kiribati			
Producteurs	76	12	82
Pêcheurs	95	0	85
Tonga			
Producteurs	0	36	0
Pêcheurs	0	28	0
Fidji			
Producteurs	24	41	65
Pêcheurs	3	7	91

expliquer l'absence de fumage observé chez les pêcheurs tongiens. L'influence des pratiques culturelles devrait être palpable, en particulier là où les pêcheurs n'ont pas bénéficié de formations structurées à d'autres méthodes de transformation propres aux marchés à l'export.

Le séchage au soleil était la méthode la plus couramment utilisée pour sécher les holothuries (figure 6). Environ un tiers des producteurs des Tonga et la grande majorité de ceux présents aux Fidji s'aidaient de différents types d'étuves de séchage (tableau 5). Ces étuves consistaient en une pièce close chauffée électriquement ou dotée d'un déshumidificateur, ou en un séchoir en béton chauffé et déshumidifié par la chaleur (et non la fumée) d'une chaudière à bois. À l'exception des quelques pêcheurs tongiens qui transformaient eux-mêmes leurs holothuries, les pêcheurs n'utilisaient généralement pas d'étuve de séchage, et les rares pêcheurs qui le faisaient aménageaient une petite étuve de simple facture, alimentée par la chaleur et la fumée d'un feu couvant. Aux Tonga, au temps de l'exploitation du coprah, ce dernier était mis à sécher dans des étuves de fortune, si bien que l'étuvage était une méthode connue.

Valoriser les produits pour en tirer un revenu

Les pêcheurs tongiens consacraient plus de temps à la transformation des holothuries capturées en une journée de pêche que leurs homologues aux Fidji ou à Kiribati (tableau 6), le temps de traitement étant toutefois très variable d'un pêcheur à l'autre (écart-type = 1,9 h). Cet investissement en temps est considérable et se rapproche du temps passé en mer à pêcher les animaux. Les pêcheurs fidjiens affichaient le temps de transformation le plus faible, correspondant à environ la moitié du temps moyen de pêche (voir Purcell *et al.* en cours de validation).

Le taux de participation de la famille et d'autres personnes de l'entourage à la transformation variait sensiblement d'un pêcheur à l'autre et d'un pays à l'autre (tableau 6). Souvent, les pêcheurs se chargeaient eux-mêmes de transformer les prises ou y participaient. À Kiribati, la quasi-totalité des pêcheurs interrogés étaient des hommes et deux tiers des épouses aidaient à la valorisation post-capture. Les I-Kiribati considèrent généralement que la pêche sous-marine est l'affaire des hommes. Cela dit, les femmes sont venues grossir le contingent de ramasseurs d'holothuries quand les acheteurs ont commencé à s'intéresser à une espèce de moindre valeur, l'holothurie lolly (*Holothuria atra*), qu'elles peuvent prélever à pied sur les platiers sablonneux peu profonds où elles ramassent généralement des coquillages.

Aux Fidji, les épouses aident souvent à transformer les prises, les enfants et l'entourage y participant généralement d'une manière ou d'une autre. Cette large participation

Tableau 6. Transformation par les pêcheurs. Les écarts-types des temps moyens de transformation sont indiqués en exposant.

Lieu	Temps moyen de transformation des prises d'une journée (h ± ÉT)	Qui s'occupe de la cuisson et du séchage des holothuries ? (% d'enquêtés)			
		Enquêté lui-même	Époux	Enfants	Autres
Kiribati	2,5 (1,2)	65	66	15	25
Tonga	3,9 (1,9)	33	0	0	67
Fidji	1,9 (1,1)	42	43	23	11

tranche avec la situation des Tonga, où seul le pêcheur ou éventuellement une autre personne touche aux produits.

Discussion

L'une des principales constatations de l'étude est que les pêcheurs n'emploient généralement pas les mêmes procédés de transformation que les producteurs professionnels. Résultat : les bêches-de-mer produites par les pêcheurs étaient souvent mal incisées, abîmées, mal conservées et trop humides pour être exportées. Ces défauts influent sur la cote du produit sur les marchés, surtout lorsque les dégradations phyisques (Purcell 2014b) sont dues à une mauvaise manipulation en mer avant transformation, à une surcuisson ou à un séchage trop agressif. De même, Ram *et al.* (2014) rapportent que les pêcheurs fidjiens peinaient à produire des bêches-de-mer de bonne qualité et brûlaient certaines étapes pour gagner du temps. En Nouvelle-Calédonie, les producteurs font aussi état d'erreurs de transformation chez les pêcheurs (Purcell *et al.* 2009). Logiquement, une transformation de mauvaise qualité influe considérablement sur les prix auxquels les intermédiaires achètent les bêches-de-mer aux pêcheurs.

Pour la plupart des espèces, la technique d'incision semblait relever du cas par cas et variait fortement d'un pêcheur à l'autre. Bien souvent, les pêcheurs ne maîtrisaient pas les techniques d'incision pratiquées pour vider l'animal. Pour la plupart des espèces, la salaison était pratiquée à la hâte par les pêcheurs i-Kiribati, les temps de traitement étant beaucoup plus courts que ceux appliqués par les producteurs prospères. La plupart des producteurs optaient pour deux, voire trois, cuissons, alors que la majorité des pêcheurs se contentaient d'une seule. Les produits cuits une seule fois peuvent présenter des problèmes de déshydratation ou adopter une forme courbe.

Certains producteurs jugent superflu de réaliser un manuel de transformation ou de former les pêcheurs, car ils disent aller eux-mêmes à leur rencontre pour les former. Nos données balaient cet argument, puisqu'une proportion élévée de pêcheurs n'avait jamais bénéficié de formation structurée aux méthodes de valorisation. Par ailleurs, bien que des écrits expliquant les rudiments de la transformation aient été diffusés en Océanie (SPC 1994, 2004), peu de pêcheurs en ont connaissance. L'état de détérioration d'une grande partie de la production des pêcheurs milite également en faveur de plus d'informations et de formations pour les pêcheurs. L'absence de formation aux méthodes de valorisation post-récolte est aussi pointée du doigt dans d'autres pêcheries (Eriksson *et al.* 2010, Ochiewo *et al.* 2010). Le manuel récemment publié (Purcell 2014a), les tutoriels (voir ci-dessous) et les ateliers *in situ* financés par le Centre australien pour la recherche agricole internationale visent à combler ce déficit d'informations. D'après nos données, bien que les femmes ne pêchent pas l'holothurie, il serait utile de leur distribuer les manuels de formation et de les convier aux ateliers de formation si elles contribuent à la transformation.

L'amélioration de la valorisation post-capture ne peut procéder d'une stratégie uniforme, tant les méthodes de transformation (fumage par exemple) et les ressources (comme la bourre de coco en guise de combustible) varient d'un pays à l'autre. En outre, les espèces couramment pêchées diffèrent selon le pays considéré (Purcell *et al.* en cours de validation), de sorte que chaque atelier doit se concentrer spéciquement sur les espèces pêchées localement. Dans certains cas, les procédés sont par ailleurs adaptés pour plus d'efficacité, procédés améliorés qui peuvent recueillir la préférence des pêcheurs ou des producteurs. Ainsi, aux Fidji, certains producteurs optent pour une salaison de plusieurs jours pour *T. anax*, qui permettrait de prévenir la rupture du tégument à la première cuisson. Des études complémentaires pourraient être réalisées afin de déterminer si les variations influent sur le poids et l'apparence de l'animal, deux facteurs qui dictent en grande partie le prix départ pêcheur.

La transformation post-capture peut être considérée comme un moyen d'existence, puisqu'elle relève parfois d'une stratégie délibérée de valorisation du produit permettant d'améliorer les revenus des pêcheurs. Aux Fidji, presque toute la famille participe à la transformation. Bien que nous n'ayons pu interroger qu'une poignée de femmes i-Kiribati qui pêchent l'holothurie, les femmes sont souvent impliquées dans la transformation des holothuries récoltées par leurs époux. Par conséquence, outre la contribution des hommes et des femmes à la pêche, il faut inclure dans le diagnostic de la dimension genre dans les pêcheries l'étude de leurs rôles différenciés (ainsi que celui des enfants) dans l'activité de valorisation, si l'on veut vraiment comprendre leur place dans la filière.

La présente étude a révélé d'importants écarts dans les méthodes de transformation des produits de la mer appliquées dans les pays océaniens. L'analyse de la transformation dans les pêcheries côtières doit s'appuyer sur une connaissance raisonnable de ces écarts et des facteurs exogènes déterminant les méthodes et l'emploi du temps des pêcheurs.

Remerciements

L'étude a été financée par le Centre australien pour la recherche agricole internationale dans le cadre du projet PARDI/2010/004 et FIS/2010/096. Nous tenons à remercier Sailasa Tagica pour son aide dans le recueil des données aux Fidji. Nos remerciements vont également à Chris Barlow, qui nous a guidés dans nos recherches et fourni les conseils des agents du Secrétariat de la Communauté du Pacifique (CPS). Nous avons également bénéficié du soutien de l'Université Southern Cross, du ministère des Pêches et des Ressources marines de Kiribati, du ministère de l'Agroalimentaire, des Forêts et des Pêches des Tonga, du service des pêches des Fidji et de l'organisation Partners du Community Development Fiji.

Ressources pédagogiques : tutoriels

Tutoriels sur la valorisation post-capture téléchargeables : http://scu.edu.au/environment-science-engineering/index.php/125.

Tutoriels en ligne : Les versions multilingues sont disponibles sur YouTube (recherche : « Processing sea cucumbers into Beche-de-mer »).

Bibliographie

Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. Food and Agriculture Organization Fisheries Technical Paper 272.2. FAO, Rome.

Eriksson H.B., de la Torre-Castro M., Eklöf J. and Jiddawi N. 2010. Resource degradation of the sea cucumber fishery in Zanzibar, Tanzania: A need for management reform. Aquatic Living Resources 23:387-398.

James D.B. 1994. Processing, quality control and utilization of beche-de-mer. Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute 46:71-75.

Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman K. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Pacific. p. 7-55. In: Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds). Sea cucumbers: A global review on fisheries and trade. Food and Agriculture Organization Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516. FAO, Rome.

Kronen M., Stacey N., Holland P., Magron F. and Power M. 2007. Socioeconomic fisheries surveys in Pacific Islands: A manual for the collection of a minimum dataset. Reef Fisheries Observatory, PROCFish/C and CoFish Programme. Secretariat of the Pacific Community.

Lavitra T., Rachelle D., Rasolofonirina R., Jangoux M. and Eeckhaut I. 2008. Traitement et commercialisation des holothuries dans la région de Toliara, au sud-ouest de Madagascar. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 28:24-33.

Ochiewo J., de la Torre-Castro M., Muthama C., Munyi F. and Nthuta J.M. 2010. Socioeconomic features of sea cucumber fisheries in southern coast of Kenya. Ocean and Coastal Management 53:192-202.

Purcell S.W. 2010. Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. Edited/compiled by Lovatelli, A., Vasconcellos, M. and Y. Yimin. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 520. FAO, Rome. 157 p.

Purcell S.W. 2014a. Processing sea cucumbers into beche-de-mer: A manual for Pacific Island fishers. Southern Cross University, Lismore, and the Secretariat of the Pacific Community, Noumea. 44 p. [http://aciar.gov.au/publication/cop026 and http://www.spc.int/coastfish/index.php?option=com_content&Itemid=30&id=422]

Purcell S.W. 2014b. Value, market preferences and trade of beche-de-mer from Pacific Island sea cucumbers. PLoS One 9: e95075

Purcell S.W., Gossuin H. and Agudo N.S. 2009. Status and management of the sea cucumber fishery of La Grande Terre, New Caledonia. WorldFish Center Studies and Review N° 1901. The WorldFish Center, Penang, Malaysia. 136 p.

Purcell S.W., Samyn Y. and Conand C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6. Food and Agriculture Organization, Rome. 180 p.

Ram R. 2008. Impacts of harvest and post-harvest processing methods on quality and value of beche-de-mer in Fiji Islands. MSc thesis, University of the South Pacific. 191 p.

Ram R., Chand R.V. and Southgate P.C. 2014. Effects of processing methods on the value of beche-de-mer from the Fiji Islands. Journal of Marine Science Research and Development 4(3). doi:10.4172/2155-9910.1000152.

SPC (Secretariat of the Pacific Community). 1994. Sea cucumbers and beche-de-mer of the Tropical Pacific. South Pacific Commission, Noumea. 51 p.

SPC (Secretariat of the Pacific Community). 2004. Pacific Island sea cucumber and beche-de-mer identification cards. Secretariat of the Pacific Community, Noumea. 25 cards.

Production de juvéniles d'holothuries en écloserie en Malaisie : la recherche et le développement au service d'un projet pilote de production d'holothuries de sable *Holothuria scabra*

Devarajen Vaitilingon[1,2], Stuart Smit[1,2], Guy Watson[1,2], Tim Miller[1], Syed Alattas[3], Keat Ong Hock[2], Jamari Zainoddin[4], Ilias Zaidnuddin[4], Hamzah Azhar[5]*

Résumé

Surexploités depuis des dizaines d'années, les stocks d'holothuries de Malaisie se sont effondrés : leur niveau est au plus bas en Malaisie péninsulaire et dans l'État de Sabah. Ce phénomène a des répercussions directes tant sur les populations des zones côtières que sur les écosystèmes marins. C'est pourquoi les autorités malaisiennes s'intéressent à de nouvelles solutions pour la gestion de ces stocks sauvages en voie d'épuisement, en regardant du côté de la gestion et de la préservation des ressources halieutiques et de l'aquaculture. Le projet présenté ici résulte de la fructueuse collaboration des autorités malaisiennes avec une entreprise privée établie en Australie. Depuis son lancement en juillet 2014, le projet s'est concrétisé par la mise en place d'une écloserie, d'une nurserie et d'une installation d'élevage de géniteurs. Réalisés en février 2015, les premiers essais de ponte ont été répétés à neuf reprises sur une période de neuf mois, avec de bons résultats à la clé. Globalement, on a enregistré un taux de réussite de la ponte de quelque 60 % et un taux de fécondation de 85 %. Les géniteurs sont désormais conditionnés dans des bacs, certains spécimens mâles et femelles étant conservés séparément. Les épisodes de ponte ont permis la production de quelque 4,3 millions de larves présentant un taux de survie supérieur à 30 % au cours du stade larvaire. La fixation a eu lieu au 12e jour suivant la fécondation et jusqu'à présent, ce sont quelque 30 000 juvéniles (de 3 à 5 mm de longueur) qui ont été produits.

Introduction

Les holothuries (*gamat* en malais) sont une ressource exploitée depuis des décennies en Malaisie en raison de leurs nombreuses qualités nutritives et autres propriétés médicinales. L'holothurie intervient dans la préparation de plats traditionnels ou de produits médicinaux locaux. De plus l'holothurie séchée est très prisée par les populations chinoises locales pour ses qualités gustatives, mais aussi parce qu'elle est réputée apporter chance, argent et prospérité, surtout si on la consomme dans la fameuse « soupe des trésors » lors des fêtes du Nouvel An chinois. Ces dernières décennies ont été marquées par une progression de la demande, tant sur les marchés locaux que régionaux, phénomène qui contribue à la raréfaction des populations d'holothuries sauvages. En conséquence, les stocks de la Malaisie péninsulaire et, en particulier, de l'État de Sabah se sont effondrés et s'établissent à des niveaux extrêmement faibles, ce qui a des répercussions directes sur les populations des zones côtières aussi bien que sur les écosystèmes marins (Choo 2012).

La situation est désormais aggravée par la demande croissante en produits dérivés tels que l'eau et l'huile de *gamat* (aux propriétés médicinales), les produits d'hygiène (savon, dentifrice, pommade anti-acnéique) et des produits utilisés traditionnellement dans les *kampung* (villages), et qui gagnent en popularité sur les circuits commerciaux. Une étude réalisée en 2012 par une société de distribution locale a montré que l'on trouve au moins 13 sociétés enregistrées en Malaisie déclarant mener des activités de recherche et de développement en vue de l'élaboration de produits dérivés des holothuries, principalement des espèces du genre *Stichopus* (BioSys Consulting Pty Ltd 2012 ; Purcell *et al.* 2014). Les autorités malaisiennes recherchent actuellement de nouvelles solutions pour faire face à l'épuisement des stocks sauvages, telles que la gestion et la préservation des ressources halieutiques ou l'aquaculture. Le projet présenté ici résulte d'une fructueuse collaboration mise en place entre le Service des pêches de Malaisie, AADCo Projects Malaysia Sdn Bhd[6] (société créée dans le prolongement des travaux de recherche réalisés par une société australienne, Asia Aquaculture Development Co.

[1] Asia Aquaculture Development Company Pty Ltd, Suite 4.1/105 Kippax street, Surry Hills, 2010 NSW, Australie
[2] AADCo Projects Malaysia Sdn Bhd, 2980-02 Kompleks Chai Leng, Jalan Baru 13700, Prai, Pulau Pinang, Malaisie
[3] Sesaga Engineering Sdn Bhd, 2980-02 Kompleks Chai Leng, Jalan Baru, 13700, Prai, Pulau Pinang, Malaisie
[4] Fisheries Research Institute Langkawi, Pejabat Perikanan Daerah Langkawi,Bukit Malut, 07000 Langkawi, Kedah, Malaisie
[5] Fisheries Research Institute Pulau Sayak, Kampung Pulau Sayak, 08500 Kota Kuala Muda, Kedah, Malaisie
[6] Sdn Bhd est l'abréviation de sendirian berhad, qui signifie « privé et limité » en malais.
* Auteur à contacter : dev@aadcoprojects.com

Pty Ltd) et un bureau d'études local (Sesaga Engineering Snd Bhd). Piloté par la société spin-off, le projet a pour objectif de concevoir et de commercialiser un système d'holothuriculture permettant la production de trepang (bêche-de-mer) de qualité supérieure. Il a été mis en place sous l'égide de la pépinière d'entreprises de l'Institut de recherche halieutique (FRI), à Pulau Sayak, dans l'État de Kedah, en Malaisie. Notre objectif est de développer, dans les trois ans à venir, une installation d'holothuriculture commercialement viable qui permettra :

- ✓ de produire en continu du trepang de bonne qualité ;
- ✓ d'améliorer le contrôle de la qualité des produits finis ;
- ✓ d'augmenter les taux de production ; et
- ✓ de répondre à la demande croissante à l'échelon mondial en proposant un produit labellisé de qualité supérieure.

Depuis son lancement en juillet 2014, le projet s'est traduit par la mise en place d'une écloserie, d'une nurserie et d'une installation d'élevage de géniteurs. Les premiers essais de ponte ont eu lieu en février 2015 et ont été suivis de plusieurs autres opérations de ponte probantes, au cours d'une période de neuf mois. On trouvera ci-dessous un aperçu des réussites engrangées par le projet à ce jour.

Installations d'élevage

Notre élevage se situe dans le complexe de l'Institut de recherche halieutique (FRI), à Kampung Pulau Sayak, dans l'État de Kedah. Il occupe une superficie de 600 m^2, dont la moitié se situe dans un bâtiment préexistant, le reste se trouvant à l'extérieur. L'installation est alimentée en eau de mer filtrée par les systèmes d'adduction et de traitement de l'eau de mer du FRI, et bénéficie des autres services collectifs assurés par le complexe principal. La salinité de l'eau de mer oscille entre 29 et 32 ppt, suivant la saison, la température s'établissant entre 28 °C et 33 °C et le pH s'élevant en moyenne à 8,1.

Le bâtiment abrite une écloserie où la biosécurité est assurée et dont la température est contrôlée : 85 m^2 y sont consacrés à la culture larvaire et à l'élevage des petits juvéniles (nurserie 1, ou N1) et 15 m^2 à la production de phytoplancton. L'écloserie est équipée de 12 bacs à fond conique de 1 000 L destinés à l'élevage des larves (figure 1 A), d'un bac de 4 m^3 (figure 1 B) et de 4 bacs de 0,5 m^3 pour N1. La pièce est alimentée en eau de mer filtrée à 1 μm et stérilisée aux ultraviolets (UV), produite par une batterie de filtres située à l'extérieur (figure 1 F) et distribuée par un circuit de tuyaux suspendus. Un compresseur centralisé alimente l'écloserie en air comprimé. La salle de culture du phytoplancton est équipée d'un système distinct à eau de mer recyclée qui l'alimente de manière continue en eau filtrée (à 1 μm) et stérilisée aux UV pour la production à grande échelle de *Chaetoceros calcitrans* et *Pavlova* sp. (figure 1 C). La capacité de production en phytoplancton s'élève en permanence à environ 300 L en monoculture. Les 200 m^2 restants se

Figure 1. Installations d'élevage d'holothuries. A : Écloserie avec bacs d'élevage larvaire ; B : Bac de pré-grossissement en intérieur avec plaques de fixation ; C : Salle de culture du phytoplancton avec cultures de *Chaetoceros* sp. ; D et E : bacs de pré-grossissement extérieurs contenant les juvéniles > 10 mm ; F : système de stockage et filtration de l'eau de mer.

situent dans un environnement à température ambiante et non sécurisé sur le plan biologique. Les bacs sont protégés par une toiture, mais se situent dans un espace ouvert, qui se divise entre la nurserie 2 (N2, 120 m^2), consacrée au grossissement des juvéniles, et l'élevage et le conditionnement des géniteurs (80 m^2). Dans N2 (figures 1 D et E), les bacs sont alimentés en eau de mer filtrée au sable à 15 μm, alors que les bacs des géniteurs sont approvisionnés en eau de mer filtrée au sable à 30 μm, ces deux systèmes fonctionnant en circulation continue.

L'espace extérieur est équipé de 8 bacs de 13 m^3 et de 4 bacs de 15 m^3 alimentés par de l'eau de mer filtrée à 30 μm grâce à un système en circulation continue et à air comprimé. Cet espace sera très bientôt recouvert d'une serre et utilisé pour agrandir les installations de N2 et de conditionnement des géniteurs. À cette installation d'élevage s'ajoutent un bureau destiné à notre personnel technique, un laboratoire sec et des installations de stockage.

Gestion des géniteurs

Des holothuries de sable d'une longueur supérieure à 25 cm (figure 2 A) ont été prélevées à trois reprises (octobre 2014, janvier et juillet 2015) le long de la côte de l'île de Pulau Balambangan, au large de Kudat, dans l'État de Sabah en Malaisie. On a prélevé à chaque reprise entre 30 et 40 individus, avant de les transporter par bateau à Kudat, puis par la route à Kota Kinabalu. On les a ensuite laissés reposer pendant la nuit dans des bacs alimentés en continu d'eau de mer fraîche, avant de les conditionner pour les expédier par avion le lendemain. Des lots de huit à dix individus ont été déposés dans des caissons en polystyrène expansé tapissés de deux couches de sac plastique et préalablement remplis de 2 à 3 cm d'eau de mer filtrée (figure 2 B). Le sac a ensuite été rempli d'oxygène avant d'être fermé hermétiquement. On a ensuite disposé deux sacs de glace d'environ 500 g chacun dans chaque caisson, avant de les emballer et de les préparer pour les expédier par avion. Une fois arrivées à l'aéroport de Penang, les holothuries ont été transportées vers nos installations de Kedah et déposées dans des bacs réservés aux géniteurs pour leur permettre de s'acclimater (figures 2 C et D). Le taux de survie après acclimatation s'est élevé à 70 % après le premier envoi en octobre 2014, et à 100 % lors des deux suivants. On a constaté l'éviscération d'un petit nombre d'individus pendant le premier et le deuxième envoi, mais aucun lors du troisième.

Les géniteurs ont été nourris régulièrement d'un mélange d'algues séchées : *Sargassum* sp., *Gracillaria* sp. et *Ulva* sp. Le poids des géniteurs a été contrôlé toutes les deux semaines et, après chaque essai de ponte, les individus mâles et femelles observés ont été déposés dans des bacs séparés et conditionnés afin de favoriser la croissance et la maturation gonadiques.

Essais de ponte

On a eu recours à la stimulation thermique pour induire la ponte chez les holothuries de sable et on a constaté qu'une augmentation de 3 à 5 °C de la température de l'eau de mer était suffisante pour déclencher la ponte chez les individus matures. Des essais de ponte ont été réalisés au moins deux fois par mois et à chaque fois, la ponte a été induite chez 20 à 45 individus. Au cours de chaque épisode de ponte observé, les mâles ont toujours émis leurs gamètes en premier, ceci déclenchant la ponte chez les femelles dans un délai de 30 minutes à deux heures (figures 3 A et B). En moyenne, chaque femelle a pondu environ un million d'œufs. À ce jour, deux mâles et une femelle du lot de janvier 2015 ont émis des gamètes à deux reprises au cours d'une période de cinq mois.

Le taux de réussite de la ponte a varié au cours de la période d'essai de neuf mois (figure 4). Neuf des 14 essais de ponte (64 %) ont débouché sur des fécondations. De février à mai 2015, le taux de réussite de la ponte s'est élevé en moyenne à 25 %, aucune femelle n'ayant émis de gamètes au cours des mois de juin, juillet et août. Au mois de septembre, on a de nouveau pu observer l'émission de gamètes par les mâles et les femelles. Cette observation pourrait s'expliquer par le caractère saisonnier du cycle reproductif des holothuries concernées.

Stade larvaire

Après l'émission de gamètes lors des épisodes de ponte, on a laissé la fécondation se réaliser dans les bacs de ponte, tout en veillant à éviter la polyspermie.

Figure 2. *Holothuria scabra.*
A : Holothurie de sable adulte (> 25 cm) ; B : Emballage et conditionnement avant l'expédition par avion ;
C : Holothuries de sable en phase de récupération dans notre bac de géniteurs (médaillon D).

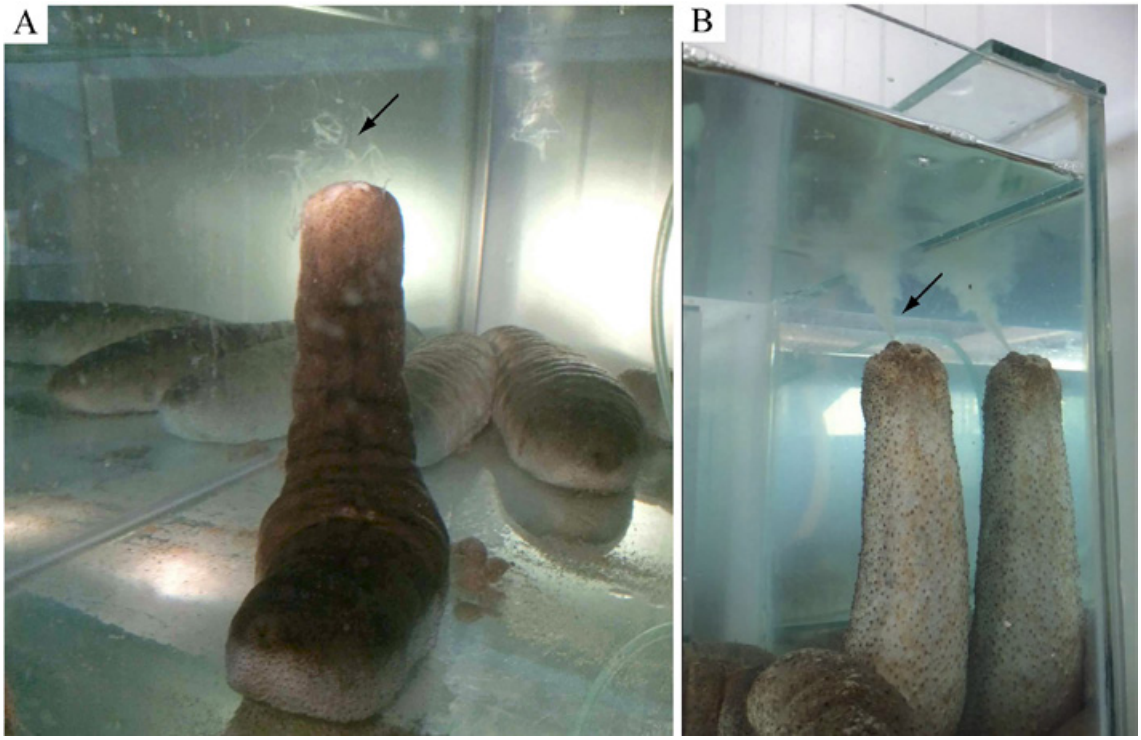

Figure 3. Épisodes de ponte chez *Holothuria scabra* .
A : mâle ; B : femelle.

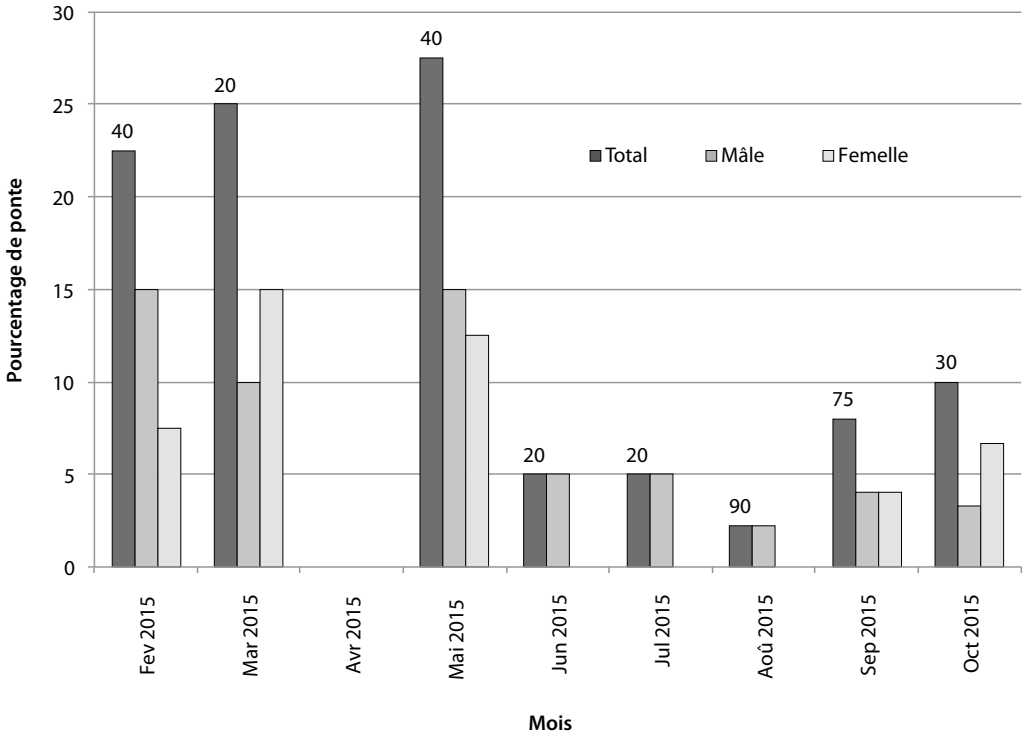

Figure 4. Taux de réussite de la ponte de *Holothuria scabra* sur une période de neuf mois. Le nombre total d'individus dont la reproduction a été induite est représenté par les colonnes ci-dessus.
N.B. : aucun essai n'a été réalisé en avril.

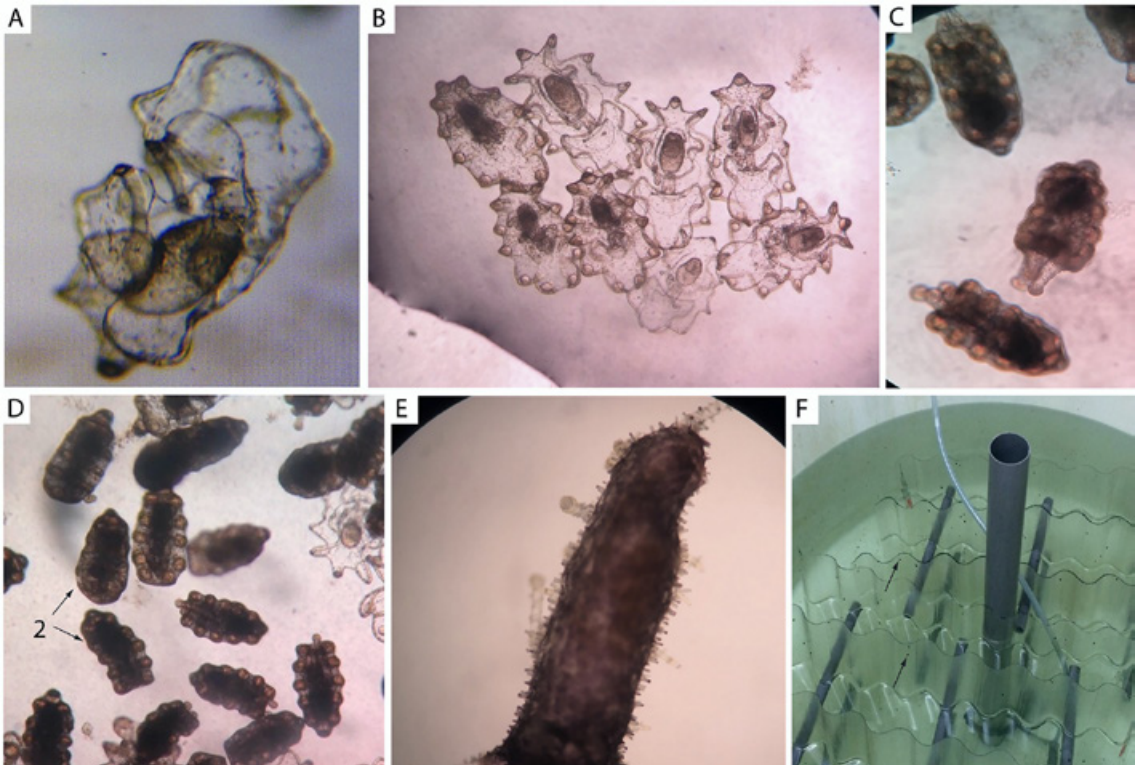

Figure 5. Stades de développement larvaire de *Holothuria scabra*.
A : stade auricularia initial ; B : stade auricularia avancé ; C : stade doliolaria ; D : stade doliolaria mixte (2), et stade auricularia avancé (1) ; E : stade pentactula ; F : petits juvéniles (flèche) sur les plaques de fixation.

Les géniteurs ont ensuite été prélevés et les œufs fécondés ont été transférés vers les bacs d'élevage larvaire présentant une densité de 200 à 300 œufs par litre (L^{-1}). Les bacs avaient été remplis la veille d'eau de mer filtrée à 1 μm, afin de permettre à l'eau d'atteindre la température ambiante de l'écloserie réglée à 27 °C. Chaque bac était alimenté en air par un diffuseur ou bulleur. En fonction du nombre de femelles ayant pondu et du nombre d'œufs fécondés récoltés, on a rempli à chaque essai entre trois et six bacs d'élevage larvaire.

On a commencé à nourrir les larves deux jours après la fécondation, en apportant quotidiennement 1 litre de diatomées *Chaetoceros calcitrans* par bac, cultivées à une densité située entre 4 x 10^6 et 6 x 10^6 cellules au millilitre. Les différents stades larvaires sont présentés à la figure 5 (A-E) et le développement larvaire s'est achevé dans les 12 à 15 jours suivant la fécondation. On a laissé les larves au stade doliolaria se fixer sur des plaques de fixation préalablement conditionnées (figure 5 F) et on les a introduites dans les bacs d'élevage larvaire huit jours après la fécondation. Les post-larves pentactula en résultant ont été élevées dans le même bac pendant 20 à 30 jours supplémentaires et les petits juvéniles ont alors été transférés dans les bacs N1. On a procédé au renouvellement d'environ 50 % de l'eau des bacs d'élevage larvaire une fois par semaine et une fois toutes les larves fixées, la ration alimentaire a été réduite à 500 ml, jusqu'à ce que l'ensemble des petits juvéniles aient été transférés dans les bacs de pré-grossissement.

Tout au long de l'élevage des larves, des post-larves et des petits juvéniles, il a été procédé à un contrôle journalier de plusieurs paramètres de l'eau : salinité, température, pH et oxygène dissous.

Stade juvénile

La figure 6 montre les premiers stades de développement des juvéniles dans les bacs N1 et N2. Environ 35 à 45 jours après la fécondation, les juvéniles produits ont été transférés vers les bacs N1 (figures 6 A et B). La densité d'élevage s'élevait à 500 individus au m^2 (ind. m^{-2}). Ils affichaient une taille moyenne variant de 1 mm à 5 mm, même si on a observé des individus précoces mesurant environ 10 mm. Afin d'en augmenter la superficie utile, on a disposé, dans les bacs N1, des plaques de fixation préalablement conditionnées pour favoriser la croissance des biofilms. On a nourri les juvéniles tous les deux jours de cultures de phytoplancton (2 L pour le bac de 4 m^3 et 0,5 L pour les bacs de 0,5 m^3) et d'un supplément de poudre d'algues séchées (mélange de *Sargassum* sp., *Ulva* sp. et *Gracillaria* sp.). On a renouvelé environ 50 % de l'eau des bacs N1 tous les deux jours, avant la distribution de la nourriture. Une fois que les individus atteignaient une longueur de 10 à 15 mm, ils étaient transférés vers les bacs N2. Certains des juvéniles précoces des bacs d'élevage larvaire ont été transférés directement vers les bacs N2.

Les bacs N2 étaient tapissés d'une couche de sable de 3 à 5 mm d'épaisseur et alimentés en eau de manière continue (figures 6 C à F). Les densités d'élevage de

ces bacs variaient de 450 ind. m^{-2} pour les individus de 15 mm de long, à 200 ind. m^{-2} pour les individus de 30 mm de long, et à 75 ind. m^{-2} pour les individus de 60 mm de long. Les juvéniles étaient nourris tous les deux ou trois jours avec le même mélange d'algues séchées que N1. Au bout de neuf mois de production expérimentale, nous avons comptabilisé environ 30 000 juvéniles de 3 à 5 mm de long, ayant produit quelque 6 000 juvéniles de 15 à 20 cm de long.

Les taux de croissance des juvéniles (n = 60) dans N1 et N2 sont présentés à la figure 7. Les taux de croissance mesurés chez les juvéniles des bacs N1 font apparaître une croissance moyenne de 8 mm $mois^{-1}$ (soit 0,3 mm $jour^{-1}$), ce qui correspond à 0,01 g $jour^{-1}$. La flèche présente sur la figure 7 indique le moment du transfert de la totalité du lot de juvéniles de N1 vers N2. Dans les bacs N2, les juvéniles ont enregistré une croissance moyenne de 5 mm $mois^{-1}$ (0,2 mm $jour^{-1}$, 0,02 g $jour^{-1}$).

La relation allométrique entre le poids humide (g) et la longueur (mm) a été étudiée sur la base d'un échantillon aléatoire de 220 juvéniles des bacs N1 et N2. La longueur des juvéniles a été mesurée à 0,1 mm près et leur poids a été relevé à 0,01 g près. Les juvéniles ont été épongés avec du papier absorbant avant leur pesée. La figure 8 montre la relation entre le poids et la longueur, ainsi que la courbe de la fonction de puissance ajustée aux données. La relation observée présente une forte corrélation ($r^2 = 0,9$, $p < 0,01$) et le coefficient allométrique obtenu est de 2,69, ce qui correspond à des études réalisées précédemment (Agudo 2012 ; Purcell and Agudo 2013).

Essai de grossissement

Un essai de grossissement à petite échelle en enclos marins a récemment été mis en place au large de l'île de Pangkor, dans l'État de Perak (figure 9). L'enclos principal a une superficie de 100 m^2 et est constitué d'un filet en polyéthylène (maillage 6 mm) haute densité d'une hauteur de 1 mètre soutenu par des piquets de bois. Cet espace a été subdivisé en enclos d'environ 3 m^2 délimités par des armatures en fer. Ils étaient destinés au grossissement des juvéniles.

En octobre 2015, un petit lot de 100 juvéniles (longueur : 38 ± 10 mm ; poids = 3,50 ± 2,19 g) a été ensemencé dans l'un des petits enclos. Au bout d'un mois d'essai, le taux de survie s'élevait à 77 %. La croissance était très encourageante, avec une augmentation moyenne de la longueur de 18 % et un gain de poids humide de 48 % dans le mois suivant le début de l'essai de grossissement en mer (0,4 mm $jour^{-1}$, 0,1 g $jour^{-1}$).

Figure 6. Stade juvénile de *Holothuria scabra*.
A : petits juvéniles (flèche) dans le bac de la nurserie ; B : lot de juvéniles présentant des tailles différentes ; C et D : juvéniles de 1,5 à 2 cm de long dans les bacs de la nurserie à l'extérieur ; E et F : juvéniles de 3 à 6 cm de long avant leur transplantation dans des enclos marins aux fins de grossissement.

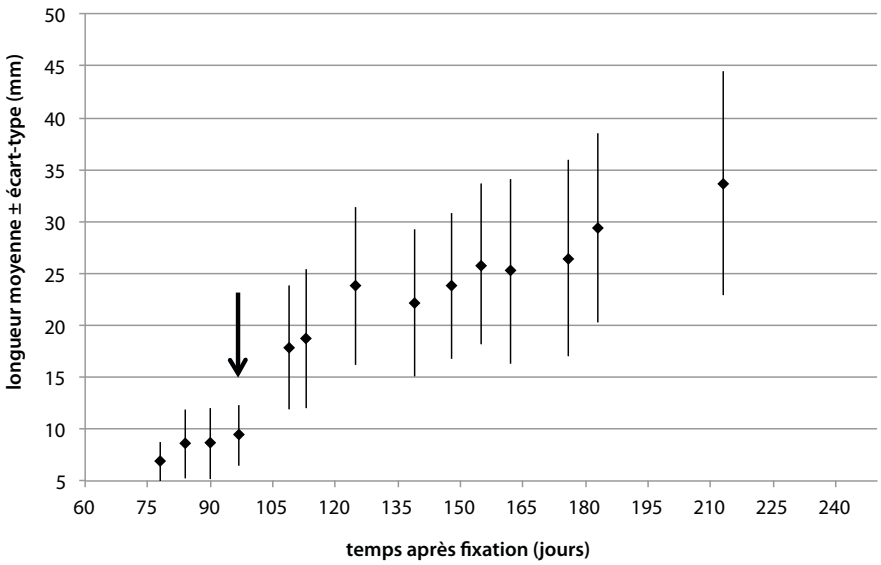

Figure 7. Données de croissance des petits juvéniles de *Holothuria scabra* dans les bacs de la nurserie (n = 60). La flèche indique le moment où les juvéniles ont été transférés de N1 à l'intérieur, vers les bacs N2 situés à l'extérieur.

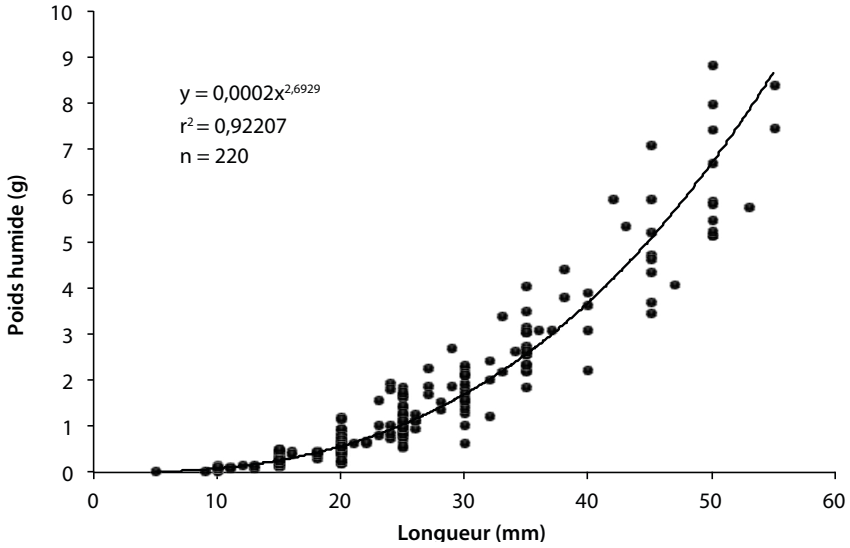

Figure 8. Relation allométrique entre la longueur et le poids humide de 220 petits juvéniles de *Holothuria scabra*.

Discussion

Si les résultats obtenus au bout de neuf mois d'exploitation sont très prometteurs, ils ont également mis en évidence certains freins à la production. Il s'agit des éléments suivants : 1) caractère apparemment saisonnier de la réussite de la ponte ; 2) faible fertilité des femelles, et 3) faible taux de survie des juvéniles de 0,3 mm à 1,5 cm de long comme le montre le tableau 1 ci-après.

Le cycle de la reproduction de *Holothuria scabra* dans la région de Sabah est inconnu, mais il est généralement admis que les cycles de ponte de l'holothurie de sable à des latitudes basses n'ont pas de caractère saisonnier et que la ponte se produit tout au long de l'année (Ramofiafia *et al.* 2003 ; Tuwo 1999). Si aucune analyse des organes reproducteurs de nos géniteurs n'a été réalisée, les observations indirectes des taux de ponte des trois lots prélevés dans l'État de Sabah (octobre 2014, janvier 2015 et juillet 2015) semblent faire apparaître un cycle dans la reproduction, les mâles présentant des taux d'émission de gamètes faibles et les femelles ne pondant pas entre juin et août 2015. Une étude en bonne et due forme reposant sur l'analyse histologique des gonades s'impose pour confirmer ces observations. Au sein de notre stock conditionné, seuls deux mâles et une femelle ont émis des gamètes à deux reprises au cours d'une période de cinq mois. Il en ressort qu'il nous faudra travailler à l'optimisation de notre système de conditionnement, en ajustant la qualité de l'eau, la densité de charge et l'alimentation.

Si d'autres études (Agudo 2006) signalent une faible production d'œufs chez les femelles dont la ponte a été induite artificiellement, des holothuries de sable de Madagascar, dont la ponte a été déclenchée par stimulation thermique, ont produit jusqu'à 4 millions d'œufs (Devarajen Vaitilingon, observation personnelle).

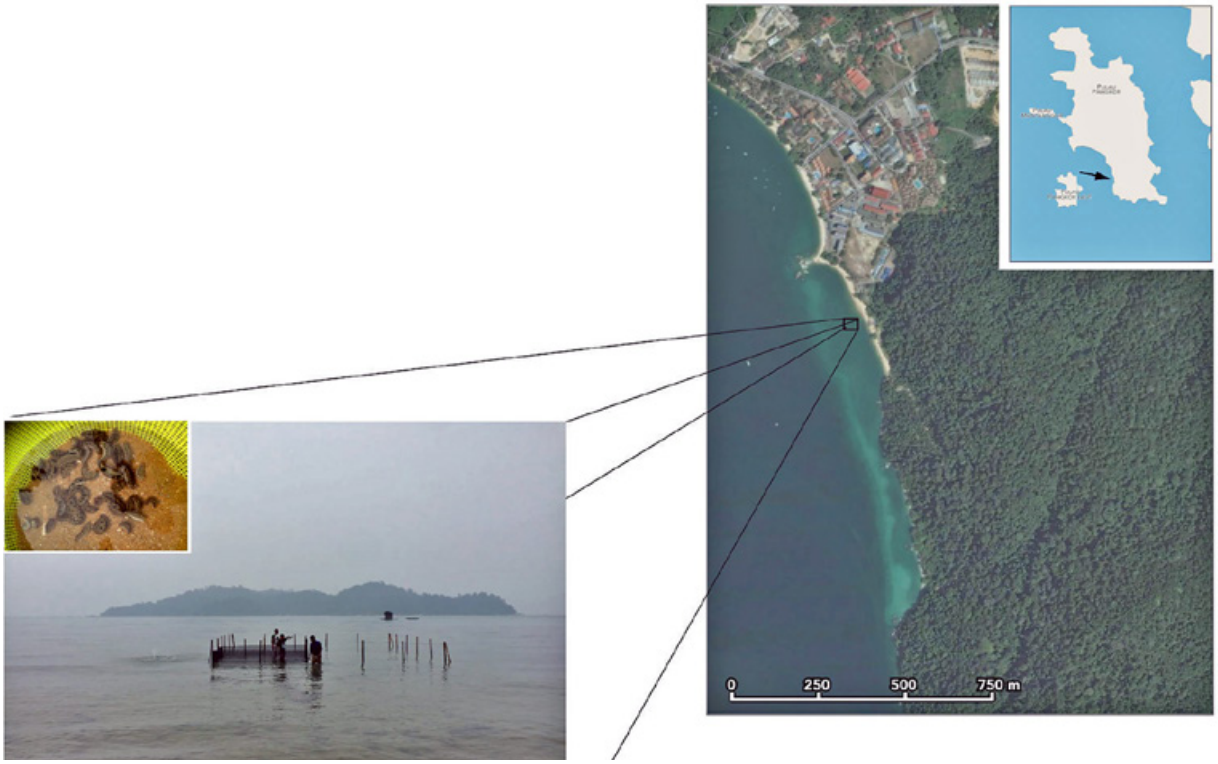

Figure 9. Site de l'enclos marin au large de l'île de Pangkor.

Le fait que les femelles ne produisent qu'environ un million d'œufs par ponte constitue un frein à notre production. Pour pouvoir exploiter l'écloserie à plein régime (avec une densité de 200 œufs L^{-1}), il faudra que les œufs d'au moins six femelles soient fécondés, ce qui peut constituer un problème si l'espace dédié au conditionnement des géniteurs est limité. Des essais de ponte sont actuellement réalisés sur d'autres populations d'holothuries de sable (en Thaïlande et en Indonésie) afin de déterminer si le faible taux de fécondité constaté est propre aux populations de Sabah.

Le tableau 1 présente nos chiffres de production pour une écloserie fonctionnant à plein régime. Les taux de survie des juvéniles pendant le transfert des bacs d'élevage larvaire aux bacs N1 sont faibles et imprévisibles (comme l'indique la forte variabilité autour de la moyenne) et ceci constitue un frein considérable à la production. De plus, à ce stade, les juvéniles ont des tailles très variées (figure 6 B), les individus de plus grande taille présentant de meilleurs taux de survie que les autres. À l'avenir, nous nous attacherons à résoudre ce problème en mettant davantage l'accent sur les méthodes de transfert, ainsi que sur le conditionnement des géniteurs dans nos installations d'élevage et l'essai de différents types d'aliments sur les géniteurs individuels. On sait que chez les échinodermes, les triglycérides contenus dans les œufs constituent une source majeure de lipides permettant de renforcer le développement des larves, voire même des petits juvéniles (Byrne *et al.* 2008). Les effets de cet approvisionnement maternel sur les juvéniles de l'holothurie de sable sont inconnus et feront l'objet de recherches dans les mois à venir. Nous sommes partis du principe qu'en manipulant les types d'aliments apportés aux géniteurs et en augmentant la teneur en lipides de type triglycéride des œufs, on pourrait renforcer la performance des juvéniles à ce stade critique.

Les taux de croissance observés chez les juvéniles dans les bacs de pré-grossissement sont inférieurs à ceux qui sont enregistrés dans les essais réalisés en bassins ou en enclos marins (Purcell and Agudo 2013). Ceci s'explique sans doute par les différences entre ces deux systèmes en matière de qualité de l'eau et de densité d'élevage. Notre premier essai en mer réalisé avec des individus de 3,5 g (38 mm) donne d'ailleurs de meilleurs taux de croissance (0,1 g $jour^{-1}$).

Au stade suivant, le projet sera axé sur l'optimisation de la production en éliminant ces freins et en agrandissant nos installations en profitant de l'espace disponible à l'extérieur. Ceci permettra d'augmenter l'espace consacré à l'élevage et au conditionnement des géniteurs. L'accès au lagon situé au large des côtes de l'île de Pangkor sera aussi l'occasion de réaliser des essais de grossissement en mer, plutôt qu'en bacs.

Tableau 1. Synthèse des données de production sur *Holothuria scabra*, basée sur les résultats obtenus à chaque stade de développement d'une opération de production représentative, réalisée alors que l'écloserie fonctionnait à plein régime.

Unité d'élevage	Stade	Âge (jours)	Temps (jours)	Taille moyenne (longueur)	Poids (g)	Élevage		Survie depuis le stade précédent (± écart-type)	n	Taux de survie global moyen (%)	Données de sortie (nombre d'individus)
						Densité	Système				
Écloserie	Embryon	2	2	100 µm	-	200 L^{-1}	Élevage larvaire - 12 x bac de1 000 L	-	6	100,00	2 400 000
	Auricularia	8	10	800 µm	-	110 l^{-1}	Élevage larvaire - 12 x bac de 1 000 L	54,8 ± 5,6	6	54,80	1 315 200
	Doliolaria	2	12	450 µm	-	70 L^{-1}	Élevage larvaire - 12 x bac de 1 000 L	34,4 ± 11,1	6	34,40	825 600
	Pentactula	3	15	0,3 mm	-	-	Élevage larvaire - Plaques de fixation	68,8 ± 15,2	6	23,70	568 013
	Juvéniles	45	60	5 mm	0,01	500 ind. m^{-2}	Nurserie 1- Plaques de fixation	2,0 ± 1,5	22	0,47	11 360
Nurserie	Juvéniles	45	105	1,5 cm	0,3	450 ind. m^{-2}	Bacs nurserie 2	19,8 ± 6,3	3	0,09	2 249
	Juvéniles	75	180	3 cm	2	200 ind. m^{-2}	Bacs nurserie 2	55*	2	0,05	1 237
	Jeunes adultes	70	250	6 cm	10	75 ind. m^{-2}	Bacs nurserie 2	80*	2	0,04	990

* Quand n < 2, seule la valeur moyenne est indiquée.

Remerciements

Le projet bénéficie du soutien financier d'un investisseur australien privé (Tim Miller). Nous remercions le Service des pêches de Malaisie, ainsi que le personnel de l'Institut de recherche halieutique de Pulau Sayak pour le soutien qu'ils ont apporté au projet depuis son démarrage en juillet 2014. Nous sommes reconnaissants à M. et Mme Beh Wong King ainsi qu'à l'équipe technique de Pulau Pangkor pour l'élaboration du volet du projet consacré au grossissement. Nous remercions Mme Sue Lin et M. Shafirul Shamin Bin Azizan pour le soutien technique qu'ils ont apporté au projet.

Bibliographie

Agudo N.S. 2006. Sandfish hatchery techniques. Australian Centre for International Agricultural Research, the Secretariat of the Pacific Community and the WorldFish Centre. 44 p.

Agudo N.S. 2012. Pond grow-out trials for sandfish (*Holothuria scabra*) in New Caledonia. p. 104. In: Hair C.A., Pickering T.D. and Mills D.J. (eds) 2012. Asia-Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia, 15-17 February 2011. ACIAR Proceedings No. 136. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra.

Byrne M., Prowse T.A.A., Sewell M.A., Dworjanyn S., Williamson J.E. and Vaitilingon D. 2008. Maternal provisioning for larvae and larval provisioning for juveniles in the toxopneustid sea urchin *Tripneustes gratilla*. Marine Biology 155:473-482.

Choo P.S. 2012. La pêche de l'holothurie à Semporna, Sabah (Malaisie). La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 32:43-48.

Purcell SW. and Agudo N.S. 2013. Optimisation of mesh enclosures for nursery rearing of juvenile sea cucumbers. PLoS ONE 8(5): e64103

Purcell S., Choo P.S., Akamine J. and Fabinyi M. 2014. Nouvelles formes de produit, de conditionnement et de commercialisation des holothuries tropicales et de leurs composés dérivés. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 34:47-52.

Ramofafia C., Byrne M. and Battaglene S.C. 2003. Reproduction of the commercial sea cucumber Holothuria scabra (Echinodermata: Holothuroidea) in the Solomon Islands. Marine Biology 142:281-288.

Tuwo A. 1999. Le cycle de reproduction de *Holothuria scabra* de l'île de Saugi, dans l'archipel de Spermonde, au sud-ouest de Sulawesi (Indonésie) La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 11:9-12.

Essais d'optimisation de la croissance des juvéniles d'*Holothuria scabra* pendant la phase de pré-grossissement

Fidèle Rakotonjanahary[1], Thierry Lavitra[1], Nicolas Fohy[2] et Igor Eeckhaut[3]*

Résumé

Notre équipe s'est déjà intéressée à l'effet de la qualité des sédiments sur la survie et la croissance des holothuries Holothuria scabra élevées dans des bassins de pré-grossissement. Dans le cadre de cette nouvelle étude, nous avons examiné les effets de trois types d'amendements sur la croissance des holothuries dans les bassins de pré-grossissement. Ces trois types d'amendements étaient les suivants : 1) sédiments marins et provende fabriquée à partir des sous-produits de la pêche ; 2) sédiments marins et eau verte (comprenant notamment des diatomées tropicales locales) ; et 3) sédiments marins et tilapias (Oreochromis niloticus) en élevage mixte. Huit bassins extérieurs mesurant chacun 32 m2 ont été utilisés pour les besoins de l'étude. Au début de l'expérience, la densité d'élevage a été fixée à 20 ind. m-2 (640 H. scabra juvéniles dans chaque bassin). Les résultats analysés à la fin de l'expérience ne révèlent aucune différence significative dans les taux de survie, le poids moyen ou la biomasse moyenne obtenus avec les différents amendements testés. Toutefois, on peut noter les bons résultats enregistrés après sept semaines d'élevage dans les bassins contenant des sédiments marins prélevés dans une mangrove (zone témoin) et dans ceux contenant des sédiments marins et des tilapias en élevage mixte. L'intérêt de cette forme d'élevage mixte mérite d'être étudié plus avant.

Introduction

Lorsqu'ils atteignent une longueur comprise entre 1 et 1,5 cm, les juvéniles *Holothuria scabra* migrent du stade épibenthique au stade endobenthique, caractérisé par un comportement diurne d'enfouissement dans le substrat (Eeckhaut *et al.* 2008). Au cours des essais d'aquaculture réalisés dans le sud-ouest de Madagascar, des juvéniles au stade endobenthique ont été transférés de l'écloserie vers des bassins extérieurs recouverts d'une couche de sédiment. Les juvéniles sont restés dans les bassins pendant 6 à 10 semaines, jusqu'à atteindre une taille moyenne de 6 cm (environ 15 g) (Lavitra 2008). À ce stade, ils sont capables de résister aux contraintes environnementales (Battaglene and Bell 1999) et ont donc été transférés dans des enclos marins afin de leur permettre d'atteindre une taille commercialisable (< 350 g).

L'effet de la qualité des sédiments et de la densité d'ensemencement sur le taux de survie et de croissance des individus *H. scabra* élevés dans des bassins de pré-grossissement et en enclos a déjà été étudié par Lavitra *et al.* (2010). La qualité nutritive de trois types de sédiments (prélevés sur un micro-atoll, dans une mangrove et dans des herbiers) a été analysée. Les bassins utilisés pour l'étude présentaient des densités d'ensemencement de 10, 20, 30 et 40 juvéniles m^{-2}. D'après les résultats, la nature des sédiments n'a aucune incidence sur la survie ou la croissance de *H. scabra* : les taux de survie et de croissance étaient respectivement très bons et bons pendant les huit semaines d'élevage en bassins (Lavitra *et al.* 2010). Cependant, indépendamment de la densité de mise en charge, on a relevé une interruption de la croissance des juvéniles dès que la biomasse dépassait le seuil de 160 m^{-2} dans les bassins extérieurs (Lavitra *et al.* 2010).

Or, la rentabilité des fermes d'élevage de *H. scabra* est fonction du degré d'optimisation de chaque phase du cycle d'élevage, et c'est sur les phases en écloserie et de pré-grossissement que l'aquaculteur a le plus de maîtrise. Nous présentons ici les effets de trois expérimentations destinées à optimiser la croissance des juvéniles dans les bassins de pré-grossissement : 1) ajout d'eau verte, comprenant des diatomées tropicales locales ; 2) ajout de provende issue de sous-produits de la pêche ; et 3) élevage mixte avec des tilapias (*Oreochromis niloticus*) et ajout de provende. Les résultats des trois expérimentations ont été comparés à ceux obtenus dans des bassins témoins, remplis de sédiments marins naturels prélevés dans la mangrove et ensemencés avec des individus *H. scabra*.

Matériel et méthode

Les expériences ont eu lieu dans les bassins de pré-grossissement de l'entreprise privée Madagascar Holothurie S.A. Trois types de traitements ont été utilisés pour amender les bassins :

- ✓ Ajout d'eau verte, comprenant des diatomées tropicales locales ;
- ✓ Ajout de provende à base de sous-produits de la pêche ; et
- ✓ Élevage mixte avec le tilapia *Oreochromis niloticus* combiné à l'ajout de provende.

[1] Institut Halieutique et des Sciences Marines, Université de Toliara, Madagascar, B.P. 141, 601 Toliara, Madagascar
[2] Madagascar Holothurie, Route du port, Mahavatsy 2, 601 Toliara, Madagascar
[3] Biologie des organismes marins et biomimétisme, Université de Mons, Belgique
[*] Auteur à contacter : fidele.rakotonjanahary@gmail.com

Préparation de l'eau verte

Tout d'abord, 200 g de déjections de volaille ont été séchés et réduits en poudre, puis placés dans des sacs scellés aux quatre coins du bassin, à 10 cm de la surface, afin de les laisser « infuser » dans l'eau pendant trois jours, ce qui nous donne une eau verte (figure 1). On a essuyé les sacs trois fois par jour, le matin, le midi et en fin d'après-midi.

Provende

La provende est fabriquée par le laboratoire du projet PRADA (Projet de recherches aquacoles appliquées au développement de la région Analanjirofo). Elle se présente sous la forme de granules, composés de farine de poisson pour l'apport en protéine animale (30 %), de poudre de soja pour l'apport en protéine végétale (26 %), de morceaux d'arachides pour l'apport en lipides (17 %) et de riz ou de manioc pour l'apport en glucides (12 %) (Rahoasa 2014). Dans chaque bassin, 20 g de provende ont été ajoutés deux fois par semaine, après renouvellement de l'eau.

Élevage mixte de H. scabra *et de tilapias*

Trente tilapias d'un poids moyen de 4 g ont été mis en charge dans les bassins de pré-grossissement et nourris à l'aide de la provende fabriquée pour la deuxième expérience. Dans chaque bassin, 40 g de provende ont été ajoutés deux fois par semaine, après renouvellement de l'eau.

Aménagement des bassins de pré-grossissement

Huit bassins extérieurs de 32 m^2 (8 m x 4 m) ont été utilisés pour les besoins de l'expérimentation (figure 2). Des sédiments marins prélevés dans des mangroves ont été placés au fond de chaque bassin, sur une épaisseur d'environ 1 cm. Avant d'ensemencer les juvéniles, les sédiments ont été traités à l'eau courante pendant 24 heures afin d'éliminer tout prédateur ou autre organisme susceptible de contaminer les individus ou d'inhiber leur croissance.

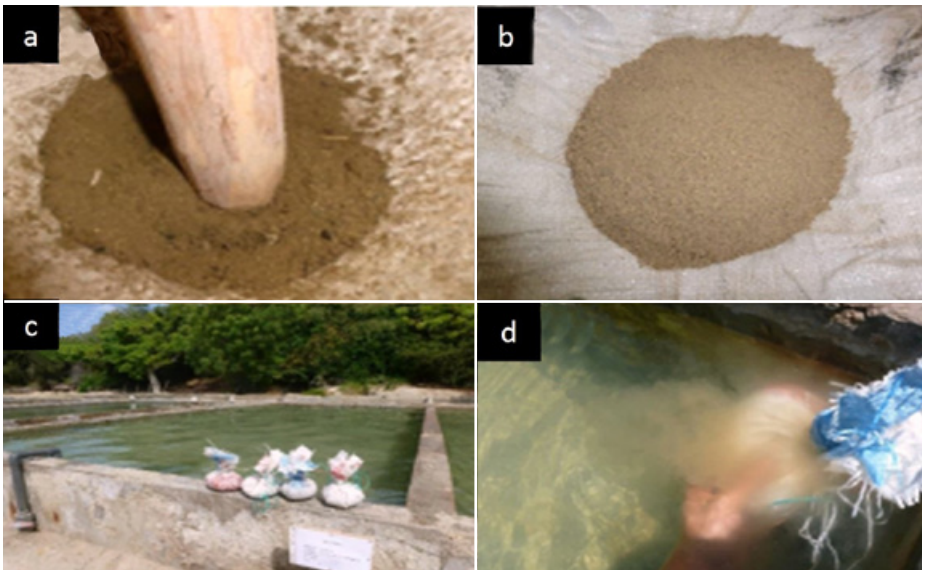

Figure 1. Préparation de l'eau verte.
a) déjections de volaille séchées et réduites en poudre ;
b) poudre ;
c) poudre conditionnée dans des sacs scellés ;
d) sacs placés aux quatre coins du bassin.

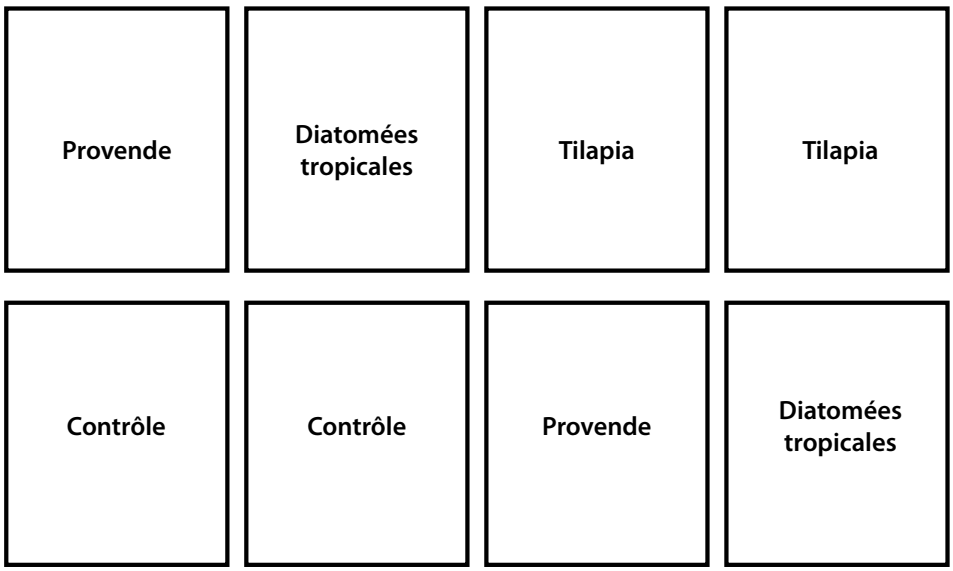

Figure 2. Plan et aménagement des bassins extérieurs.
- Bassins témoins : les juvéniles *H. scabra* se nourrissaient uniquement de sédiments marins.
- Provende : dans ces bassins, les juvéniles *H. scabra* ont été nourris à l'aide de sédiments marins auxquels on a ajouté 20 g de provende par semaine et par bassin (20 g semaine^{-1} bassin^{-1}).
- Tilapia : bassins de polyaquaculture associant *H. scabra* et tilapias.
- Diatomées tropicales : bassins où les juvéniles *H. scabra* se sont nourris de sédiments marins et de diatomées tropicales (5 m^3 semaine^{-1} bassin^{-1}).

Une fois les sédiments traités, l'eau courante a été remplacée par de l'eau de mer pompée directement depuis la baie de Toliara. L'eau de mer n'est passée par aucun dispositif de filtration ou de traitement quelconque avant de rejoindre les bassins d'élevage.

Les juvéniles de *H. scabra* ont été fournis par la société Indian Ocean Trepang (IOT). Les juvéniles livrés pour les besoins de l'expérience étaient âgés de 12 semaines et pesaient en moyenne 0,03 g. Une fois collectés à l'écloserie, les juvéniles ont été placés dans un seau, puis dénombrés. On a procédé par comptage manuel, avec pour tout outil l'œil et la main. Une fois dénombrés, les juvéniles ont été conditionnés dans un sac en plastique rempli d'eau de mer filtrée en vue de leur transport. Il a fallu environ 20 minutes pour parcourir les quelque 10 km qui séparent l'écloserie d'IOT de Belaza, site retenu pour les expériences de grossissement. Les juvéniles ont été directement mis en charge dans les bassins. La densité d'élevage a été fixée à 20 individus par m^2, soit 640 juvéniles par bassin. Au total, 5 120 juvéniles ont été observés pendant l'expérience.

La température et la salinité de l'eau ont été relevées deux fois par jour (une fois le matin à 7h00 et une fois l'après-midi à 15h00). Étant donné que l'expérience a été menée en saison fraîche (mai-juillet 2014), les bassins ont été recouverts d'une bâche en plastique permettant, par effet de serre, de conserver les bassins à température.

Pour *H. scabra*, on observe une corrélation étroite entre la longueur, la largeur et le poids des individus (Lavitra 2008) ; le poids a donc servi de paramètre unique pour mesurer la croissance des spécimens à l'étude. Les individus de chaque bassin ont tous été pesés à l'aide d'une balance électronique une fois par semaine. Les relevés hebdomadaires ont été consignés.

Le taux de survie a été mesuré en fin d'expérience par comptage des juvéniles restants.

La biomasse des holothuries présentes dans chaque bassin a été calculée en fin d'expérience afin d'évaluer le rendement de chaque régime alimentaire. Exprimée en grammes par mètre carré (g m^{-2}), la biomasse a été mesurée comme suit :

$$\frac{\text{nombre d'individus x poids moyen}}{\text{superficie du bassin}}$$

L'analyse statistique des données de survie et de croissance des juvéniles, réalisée à l'aide du logiciel SYSTAT V12.2, a permis de comparer les taux de survie et de croissance avec la biomasse moyenne d'holothuries obtenue en fin d'expérience avec chaque type d'amendement. On a donc procédé à un test de comparaison de proportion et à une analyse de variance hiérarchique (ANOVA). La comparaison des variances de k et le test de Levene ont permis d'établir que les données étaient homogènes et normalement distribuées.

Résultats

Paramètres physicochimiques de l'eau

Pendant l'expérience, la température moyenne de l'eau du bassin était de 28 °C, la fourchette de moyennes oscillant entre 25,23 °C et 30,74 °C (figure 3). De manière générale, aucun écart important de température n'a été observé à l'intérieur des bassins d'élevage pendant l'étude. La salinité moyenne s'est établie à 34,5 ‰, les valeurs variant de 32 ‰ à 36 ‰ (figure 4).

Survie

En début d'expérience, chaque bassin comptait 640 juvéniles. Après sept semaines, le taux de survie variait de 42 à 66 %, selon le type d'amendement utilisé (figure 5). Cela dit, l'analyse statistique des données n'a révélé aucune différence significative entre les valeurs obtenues ($p = 0,103$).

Croissance

Au début de l'expérience, les juvéniles avaient un poids moyen de 0,03 g. Après sept semaines d'élevage, ce sont les juvéniles élevés avec des tilapias qui affichaient la plus forte croissance (poids moyen = 9,01 g ± 4,23) (figure 6). Toutefois, l'analyse statistique des données n'a montré aucune différence significative ($p = 0,739$) entre les poids moyens des juvéniles *H. scabra*, quel que soit le type d'amendement considéré.

Biomasse

En début d'expérience, la biomasse moyenne par bassin s'élevait à 0,6 g m^{-2}. Après sept semaines d'élevage, les valeurs variaient selon le type d'amendement appliqué au bassin. La biomasse était plus élevée (plus de 110 g m^{-2}) dans les bassins témoins et les bassins d'élevage mixte holothurie/tilapia que dans les autres bassins (moins de 72 g m^{-2} pour les juvéniles nourris de sédiments marins enrichis avec des diatomées tropicales et ceux nourris de sédiments marins enrichis mélangés à de la provende). Là encore, l'analyse statistique n'a toutefois révélé aucune différence significative entre les types d'amendement ($p = 0,198$) (figure 7).

Discussion

Quel que soit le type d'amendement appliqué, aucune différence significative n'a pu être établie à l'analyse des taux de survie, des poids moyens ou de la biomasse des juvéniles *H. scabra* à la fin de l'expérience. Ces résultats donnent à penser que les matières organiques présentes dans les sédiments marins prélevés dans la mangrove suffisent à la croissance de *H. scabra* en phase de pré-grossissement et que les amendements testés pendant l'étude sont superflus.

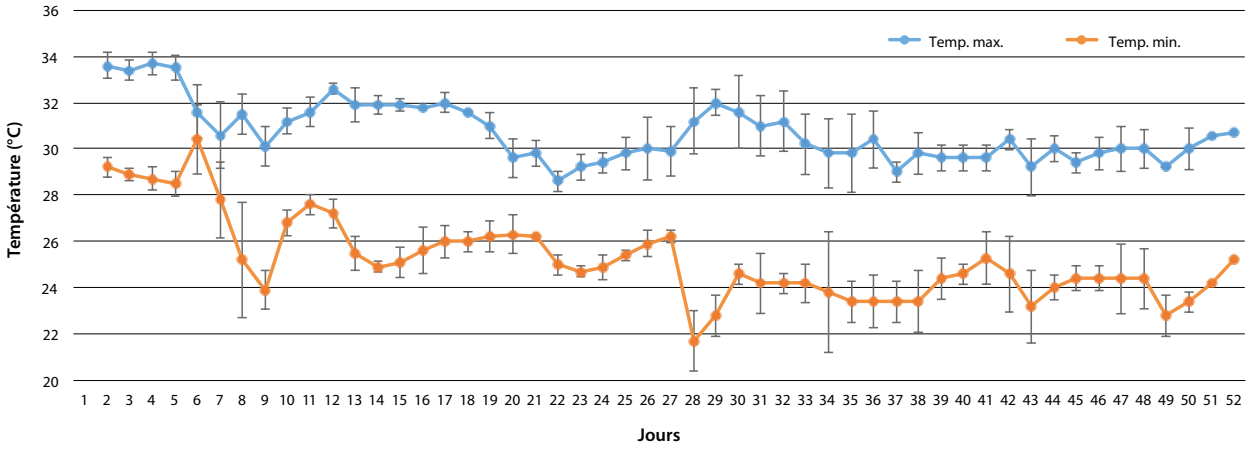

Figure 3. Maxima et minima de température relevés chaque semaine dans les bassins d'élevage (mai-juillet 2014).

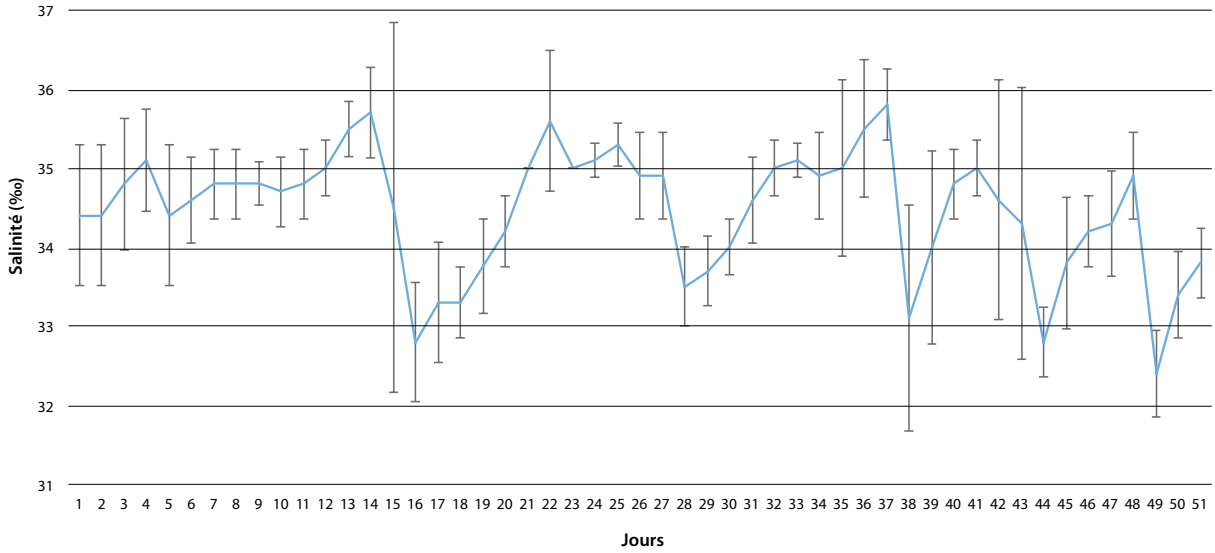

Figure 4. Salinité dans les bassins d'élevage (mai-juillet 2014).

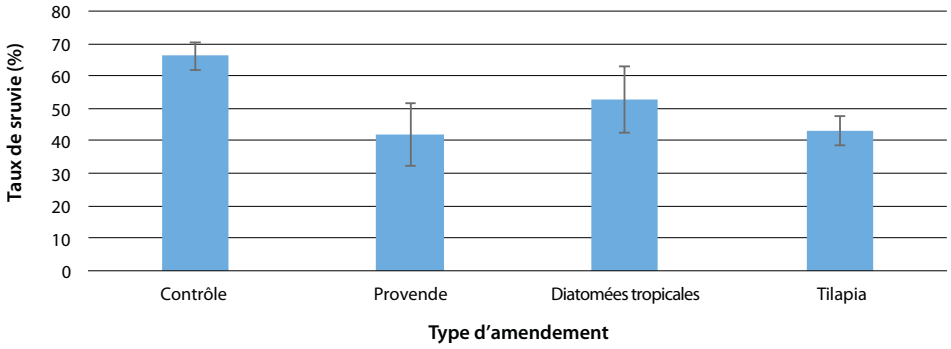

Figure 5. Taux de survie des juvéniles *H. scabra* après sept semaines d'élevage.

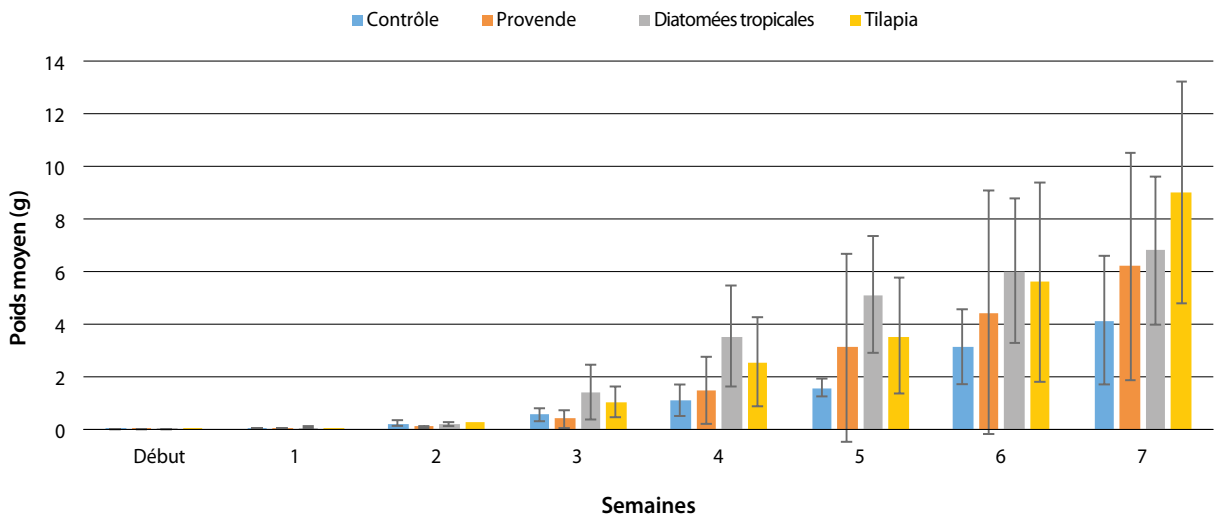

Figure 6. Poids moyen des juvéniles *H. scabra* après sept semaines d'élevage.

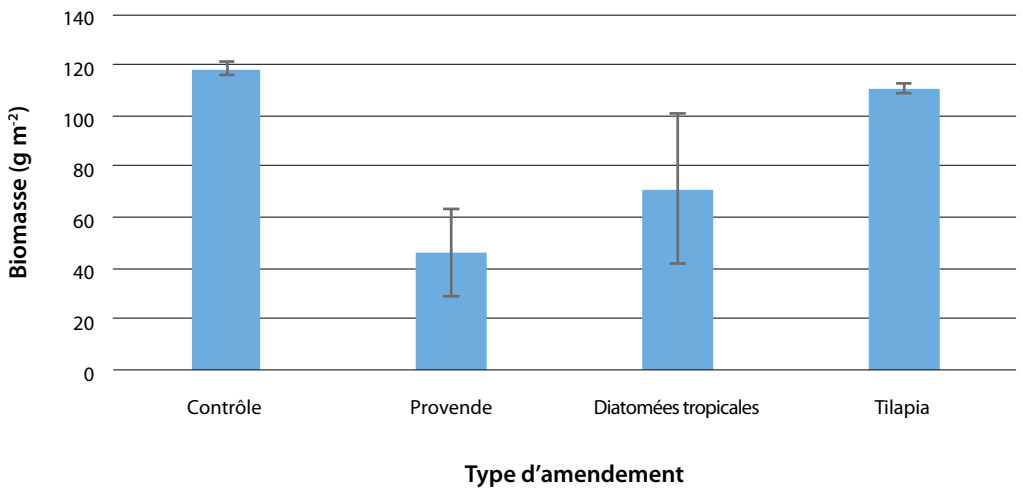

Figure 7. Biomasse des juvéniles *H. scabra* après sept semaines d'élevage.

De nombreuses études ont été consacrées aux engrais pouvant être ajoutés aux sédiments marins pour améliorer la croissance de *H. scabra* en phase de pré-grossissement. Les exemples ne manquent pas : sédiments marins + *Thalassia hemprichii* ; sédiments marins + *T. hemprichii* + spiruline ; sédiments marins + *Sargassum latifolium* ; sédiments marins + *S. latifolium* + spiruline ; sédiments marins + *Thalassodendron ciliatum* ; sédiments marins + *Siryngodium isoetifolium* ; et sédiments marins + biofilm organique (Lavitra 2008). Le constat était le même : les amendements n'ont aucune incidence significative sur la biomasse des individus placés dans les bassins d'élevage. Ce corpus de recherche semble indiquer que l'ajout de provende et de diatomées tropicales en guise d'engrais ne favorise pas la croissance des individus et ne recèle aucun potentiel particulier.

Avant la fin de l'expérience, nous avons toutefois constaté que l'élevage mixte avec des tilapias constituait une piste prometteuse. L'élevage des tilapias en eau de mer a fait l'objet de publications par de nombreux auteurs, dont certains rapportent des potentiels de croissance intéressants (Persand and Bhikajee 1997 ; Watanabe *et al.* 1990). Nous pensions au départ que l'élevage mixte serait bénéfique tant pour les holothuries que pour les tilapias, les premiers prenant pour repas les déchets produits par les seconds. Pourtant, notre étude montre que le taux de survie moyen des juvéniles *H. scabra* dans le bassin d'élevage mixte était très faible (43,3 %). Ce chiffre pourrait s'expliquer soit par le fait que les juvéniles étaient trop petits en début d'expérience et étaient incapables de consommer tous les déchets produits par les tilapias, soit par le fait qu'ils ont été pris pour proie par les poissons. Notre expérimentation associant

holothuries et tilapias est la première du genre. Par contre, de nombreux auteurs ont déjà mis à l'essai des protocoles d'élevage mixte associant holothuries et crevettes, et la plupart affirment obtenir de bons rendements pour les deux espèces. Quelques auteurs pointent du doigt l'inutilité des procédés d'élevage mixte (Bell *et al.* 2007 ; Pitt and Duy 2004). Il convient de mener des expériences complémentaires pour évaluer l'efficacité des engrais appliqués aux sédiments et étudier tout particulièrement le cas de l'élevage mixte avec les tilapias.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Agence malgache pour la pêche et l'aquaculture, l'Académie de recherche et d'enseignement supérieur de la Commission de la coopération au développement, et le programme régional de gestion côtière de la Commission de l'océan Indien pour leur concours financier. Ils tiennent tout particulièrement à adresser leurs remerciements au gouvernement malgache.

Bibliographie

Battaglene S. and Bell J. 1999. Progrès réalisés dans la production d'holothuries tropicales *Holothuria scabra* et *Holothuria fuscogilva* pour l'amélioration des stocks. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 12:32.

Bell J., Agudo N., Purcell S., Blazer P., Simutoga M., Pham D. and Della Patrona L. 2007. Grow-out of sandfish Holothuria scabra in ponds shows that co-culture with shrimp *Litopenaeus stylirostrisis* is not viable. Aquaculture 273:509-519.

Eeckhaut I., Lavitra T., Rasolofonirina R., Rabenevanana M.W., Gildas P. and Jangoux M. 2008. Madagascar Holothurie SA : la première entreprise commerciale axée sur l'aquaculture des holothuries à Madagascar. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 28:22-23.

Lavitra T. 2008. Caractérisation, contrôle et optimalisation des processus impliqués dans le développement postmétamorphiques de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* [dissertation]. Mons, Belgium: University of Mons-Hainaut. 166 p.

Lavitra T., Fohy N., Gestin P.G., Rasolofonirina R. and Eeckhaut I. 2010. Effet de la température de l'eau sur la survie et la croissance des juvéniles endobenthiques de *Holothuria scabra* (Echinodermata : Holothuroidea) élevés dans des bassins extérieurs. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 30:25-28.

Persand S. and Bhikajee M. 1997. Studies on an experimental fouling resistant mariculture cage for red tilapia in Mauritus. p. 408-415 In: Fitzsimmons K. (ed). Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Northeast Regional Agriculture Engineering Service. Ithaca, New York, USA.

Pitt R. and Duy N.D.Q. 2004. Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Viet Nam. p. 333-346. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. FAO, Rome.

Rahoasa N.H. 2014. Essai de reproduction et d'élevage de tilapia rouge. Mémoire de licence, IH.SM université de Toliara, Madagascar. 35 p.

Watanabe W.O., Clark J.H., Dunham J.B., Wicklund R.I. and Olla B.L. 1990. Culture of Florida red tilapia in marine cages: The effects of stocking and dietary protein on growth. Aquaculture 90:123-134.

Des « holothuries noires à mamelles » juvéniles observées aux Maldives

Michael Sweet[1], Frédéric Ducarme[2] et Chantal Conand[3]*

Introduction

Les holothuries juvéniles restent mal comprises à l'échelle mondiale. Cette situation peut sans doute s'expliquer par deux grands facteurs : elles sont rarement observées, et se révèlent difficiles à identifier une fois qu'elles ont été repérées (en raison des variations de coloration du tégument et de la morphologie des spicules au cours de la croissance).

Notre article porte sur la découverte de quatre holothuries qualifiées à titre provisoire d'« holothuries noires à mamelles », ou Holothuria cf. nobilis, juvéniles. Elles ont été observées en août 2015 sur la patate de corail située au large de Vavvaru, sur l'atoll de Lhaviyani, aux Maldives.

Observation

Même si des analyses ADN doivent encore être réalisées, les individus observés présentaient la morphologie classique des « holothuries à mamelles ». Ces espèces, à savoir *Holothuria nobilis, H. fuscogilva, H. whitmaei* et le type « pentard » (Purcell *et al.* 2012), font partie des holothuries les plus fréquemment pêchées et braconnées dans le monde. Les caractéristiques de ces holothuries à mamelles respectent la morphologie classique des holothurides : corps épais, très ferme, de forme convexe, protubérances latérales arrondies (« mamelles ») et présence de dents au niveau du cloaque. Les individus observés étaient de couleur noire sur la face dorsale, et brun clair ou orange sur les côtés et les mamelles, avec une semelle blanche sur la face ventrale, recouverte de nombreux podias de couleur grise. Ils étaient également couverts de sédiments fins, et n'expulsaient pas de tubes de Cuvier en réaction à un frottement. Leur longueur, variant entre 15 et 20 cm (figure 1 A et B), donne à penser qu'il ne s'agit pas d'individus adultes, ce qui explique également les colorations observées, typiques des juvéniles (Conand 1981).

Identification

Toutes ces caractéristiques nous ont permis de conclure que ces individus appartenaient soit à l'espèce *H. nobilis*, soit à *H. fuscogilva* (Purcell *et al.* 2012). Compte tenu de leur aspect global, c'est la première de ces hypothèses qui est la plus plausible. Toutefois, quel que soit le résultat de l'identification définitive, étant donné que les deux espèces sont exploitées de la même manière par les pêcheurs et que leurs populations se sont effondrées dans la même mesure (James and Manikfan 1994), les informations fournies ci-après conservent toute leur importance. Même si les individus adultes de *H. nobilis* sont relativement faciles à identifier (dos noir avec

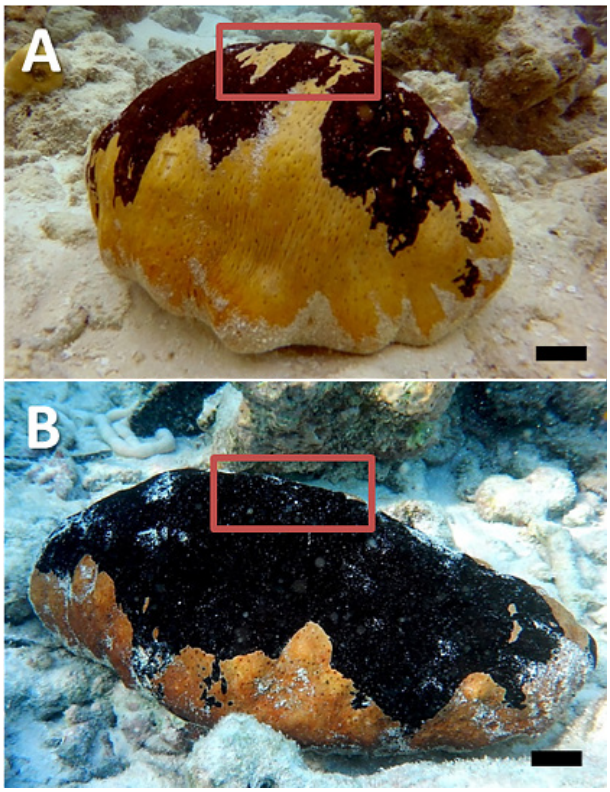

Figure 1. Variations de coloration (encadrés rouges) permettant d'identifier différents individus juvéniles de l'espèce *H.* cf. *nobilis* présents sur le site. Barre d'échelle = 2 cm (crédit photos : M. J. Sweet)

[1] College of Life and Natural Sciences, University of Derby, Derby, Royaume-Uni, DE22 1GB
[2] Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation, UMR 7204, MNHN, 75005 Paris, France
[3] Milieux et Peuplements aquatiques, MNHN, 75005 Paris, France et UMR 9220 UR CNRS IRD ENTROPIE, Université de la Réunion, France
[*] Auteur à contacter : m.sweet@derby.ac.uk

protubérances latérales [« mamelles »] blanches), les jeunes présentent des points communs avec trois autres espèces : *Holothuria* sp., *H. fuscogilva* et *H. whitmaei* (Conand 1981). Traditionnellement, l'échantillonnage destructif constitue la méthode d'identification la plus employée, mais l'analyse attentive de l'anatomie extérieure peut permettre une identification rapide sans sacrifier l'animal lorsque les populations sont peu nombreuses (comme dans le cas qui nous occupe). L'identification visuelle nécessite une série d'images représentant l'animal entier (avec une échelle à titre de référence), le cloaque (avec les dents visibles) et les tentacules buccaux (s'ils sont présents ou si l'animal est visiblement en train de se nourrir). La préparation des spicules n'est pas toujours utile (et en particulier dans notre cas), car des variations de ceux-ci ont été observées au cours de la croissance de bon nombre d'espèces. Dans tous les cas, un prélèvement non létal d'ADN ainsi que son analyse doivent être effectués pour identifier définitivement l'espèce ; ces travaux sont en cours.

Importance

Nous sommes en présence d'une occurrence rare d'une espèce d'holothurie à mamelles (qu'il s'agisse d'*Holothuria [Microthele] nobilis* ou de *fuscogilva)*, compte tenu de l'extrême faiblesse de leurs populations soumises à des pressions de pêche excessives. Aux Maldives en particulier, *H. fuscogilva* a été naguère décrite comme l'espèce la plus abondante du pays, avant sa surexploitation (Reichenbach 1999). *H. nobilis*, quant à elle, est rare depuis des années, avec une seule observation publiée dans le cadre de recensements scientifiques depuis 1988 (Ducarme 2015 ; Muthiga 2008). En outre, ces deux espèces sont rares dans l'ensemble de leur aire de répartition (de l'Afrique de l'Est à la Polynésie française), et figurent dans la catégorie « en danger » de la Liste rouge établie par l'Union internationale pour la conservation de la nature. La majorité des holothuries à mamelles, à l'exception du « pentard » aux Seychelles (Conand and Muthiga 2008 ; Muthiga and Conand 2014), connaissent une situation du même ordre, en grande partie du fait de la surexploitation.

La découverte d'adultes, quel que soit le site d'observation, est remarquable, et la présence de jeunes, bien qu'en faible nombre, pourrait indiquer qu'une reconstitution des populations sur certains sites est en cours. Afin d'étudier ce phénomène, des analyses de la prévalence de *H.* cf. *nobilis* sont actuellement menées dans l'ensemble des Maldives avec l'appui d'un réseau de biologistes marins travaillant dans les complexes hôteliers. Toutefois, aucune autre observation n'a pour le moment été confirmée. Si cette situation perdure, et qu'aucune nouvelle rencontre n'est signalée, ce site devra être protégé immédiatement afin d'être constitué en nourricerie pour cette espèce en voie d'extinction, dans l'espoir qu'une telle mesure puisse stimuler la reconstitution des populations dans les îles et les atolls avoisinants.

Remerciements

Nous tenons à remercier J. Haskell et toute l'équipe de Korallion Lab, à Vavvaru (Maldives), où ces observations ont été effectuées.

Bibliographie

Conand C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. Heron 31(3):523-543.

Conand C. and Muthiga N. 2008. Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5.

Ducarme F. 2015. Observations *in situ* d'holothuries dans le nord de l'atoll de Baa (Îles Maldives) . La Bêche de Mer Bulletin d'Information de la CPS 35:26-31.

James D.B.B. and Manikfan M.A. 1994. Some remarks on the present status of beche-de-mer industry of Maldives and its lesson for the Lakshadweep. Bulletin of the Center for Marine Fishery Resources Institute 46:101-105.

Muthiga N. 2008. Observations *in situ* d'holothuries au large de l'atoll de Malé Nord (République des Maldives). La Bêche de Mer Bulletin d'Information de la CPS 27:33-37.

Muthiga N. and Conand C. 2014. Sea cucumbers in the western Indian Ocean: Improving management of an important but poorly understood resource. WIOMSA Book Series No. 13.

Purcell S., Samyn Y. and Conand C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes (FAO Specie.). Rome: FAO Species Catalogue for Fishery Purposes.

Reichenbach N. 1999. Ecology and fishery biology of *Holothuria fuscogilva* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Maldives, Indian Ocean. Bulletin of Marine Science 64(1):103-113.

Observations de juvéniles des espèces *Actinopyga echinites* et *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata : Holothuroidea) à proximité de la crête récifale dans un récif de La Réunion

Philippe Bourjon[1] et Elisabeth Morcel[1]

Introduction

L'accroissement continuel de la pression de pêche sur les populations d'holothuries (Purcell *et al*. 2013), a abouti à un effondrement des stocks dans de nombreux sites (Conand, 2004, Anderson *et al*., 2011) et à un risque d'extinction des espèces commerciales dans certaines régions (par exemple, Hasan, 2005). L'efficacité des efforts d'élevage destinés à repeupler les sites surexploités suppose une bonne connaissance des habitats et des exigences écologiques des juvéniles en milieu naturel (par exemple Dance *et al.* 2002) ainsi que de l'importance de la prédation et de la nature des prédateurs (Francour, 1997), et ces connaissances sont encore très partielles. Des observations *in situ* peuvent contribuer à améliorer ces connaissances et à orienter les recherches. Cette communication s'inscrit dans le cadre de la collecte d'informations de terrain (notamment sur le nombre des juvéniles, leur taille et le type d'habitat) liées aux recrutements initiée par Conand et Shiell à cette fin (Shiell, 2004a). Elle apporte de nouvelles données sur deux espèces du genre Actinopyga abondantes dans les récifs de La Réunion. Une seconde communication dans le présent bulletin recense les observations de juvéniles de diverses espèces réalisées par les auteurs en 2014 et 2015 (Bourjon et Morcel, 2016b). Les observations présentées ont eu lieu à La Réunion, où trente-sept espèces d'holothuries ont été jusqu'à présent documentées (Conand *et al*., 2010).

Observations

Plusieurs juvéniles des espèces *Actinopyga echinites* et *Actinopyga mauritiana* ont été observés sur le platier interne dans le récif frangeant de St Gilles-La Saline à La Réunion (21°07'S, 55°32'E), entre le 26-09-2015 et le 10-10-2015, soit en fin d'hiver austral. Ils se trouvaient dans une zone attenante au front récifal d'une dizaine de mètres de large et d'une cinquantaine de mètres de long hors de laquelle aucun juvénile de ces deux espèces n'a été observé. Des individus de petite taille d'autres espèces étaient en revanche répartis sur l'ensemble de ce segment de platier (*Stichopus chloronotus, Stichopus monotuberculatus, Holothuria pervicax, Holothuria impatiens, Euapta godeffroyi*). Les observations ont été faites en PMT par les auteurs entre 9 h et 12h 30 pendant trois matinées espacées de trois à quatre jours. Chaque matinée correspondait à une section distante d'une dizaine de mètres par rapport à la précédente de façon à ne pas risquer d'échantillonner les mêmes individus. Trois couloirs d'environ 10 m x 10 m ont donc été explorés. Une quatrième matinée a été consacrée aux parties nord et sud du platier de part et d'autre de la zone d'observation (sur 170 m et 130 m respectivement) pour vérifier l'absence de juvéniles des deux espèces *Actinopyga*.

Quatre juvéniles *A. echinites* (fig. 1A) et trois juvéniles *A. mauritiana* (fig. 1B) ont été observés. Leur taille variait entre 2,5 et 3 cm. Ils étaient éloignés les uns des autres. Leur densité était très faible, les sept individus ayant été trouvés sur une surface d'approximativement 300 m^2 (soit 0,023 individu au m^2). Tous étaient fixés sur la face inférieure de blocs de corail mort en forme de dalle. Aucun des juvéniles observés ne portait de trace de blessure en dehors d'un juvénile *A. mauritiana* portant une petite plaie circulaire sur le bivium. Un seul adulte *A. mauririana* et deux adultes *A. echinites* ont été observés pendant le suivi dans cette zone. La présence d'adultes sur un site de recrutement a été documentée pour les deux espèces, sans que leur densité soit relevée (Shiell, 2004b). D'autres juvéniles *A. echinites* de même taille ont été observés les jours suivants dans d'autres sites du platier avec une configuration similaire concernant l'hydrodynamisme et la densité.

Discussion

En dehors d'*A. mauritiana* aucun des juvéniles observés sur ce segment de platier n'appartient à une espèce inféodée au mode battu, *A. echinites* incluse (Purcell *et al*., 2009). Il semble donc que le recrutement de nombreuses espèces d'holothuries en milieu récifal commence par une période passée dans la proximité des brisants (voir Bourjon et Morcel, 2016b).

L'hypothèse d'un site de recrutement temporaire avant migration peut être corroborée par des observations précédentes : on a en effet constaté que de jeunes individus *A. echinites* se rencontrent en grand nombre dans des herbiers du récif de St Gilles proches du rivage (Kohler *et al*., 2009), et y restent jusqu'à une certaine taille avant de les quitter. La taille du plus petit des juvéniles mesurés sur ce site est de 4,2 cm (individu contracté, fig. 1C). On trouve aussi sur le même site quelques jeunes *A. mauritiana* (taille minimum 7 cm, individu contracté, fig. 1D).

[1] Réseau d'observateurs volontaires "Les Sentinelles du Récif", Réserve Naturelle Marine de La Réunion (GIP-RNMR)
[*] Auteur à contacter : seizhavel@wanadoo.fr

Ces deux juvéniles présentent des caractéristiques morphologiques identiques à celles des adultes. Ces observations suggèrent pour ces deux espèces le choix d'un micro-habitat de recrutement proche de la crête récifale pour une première phase de croissance, puis la migration vers une zone de nourricerie à partir d'une certaine taille pour un retour vers les biotopes privilégiés par les adultes à la taille voulue.

La variable principale déterminant le choix du site de recrutement pourrait être la prédation. Pour ce qui concerne le récif où ont eu lieu ces observations, la très faible profondeur (rarement plus de 80 cm) de la partie du platier interne qui succède immédiatement aux brisants ainsi que le fort hydrodynamisme qu'on y trouve sont en effet corrélés à une faible densité d'individus capables d'une prédation létale sur un juvénile comparativement à ce qu'elle est dans la dépression d'arrière-récif. Cette partie du platier est de surcroît très majoritairement occupée par des débris coralliens fournissant une multitude de refuges. En dehors de *Stichopus chloronotus*, tous les juvéniles observés étaient cachés sous ces débris. Les comportements cryptiques des juvéniles sont analysés par Cameron et Fankboner (1989) qui considèrent qu'ils durent probablement jusqu'à ce que les individus aient atteint une taille leur permettant d'échapper à un grand nombre de prédateurs. Ces auteurs montrent que cette stratégie détermine le recrutement d'au moins sept espèces d'échinodermes. De même, Wiedemeyer (1994) a montré que le comportement cryptique des juvéniles chez *A. echinites* peut être déterminé par le risque de prédation, et que l'abandon de ce comportement est une cause possible de l'accroissement du taux de mortalité lié aux prédateurs.

Des observations plus systématiques relatives au recrutement et à la migration des juvéniles de ces deux espèces en fonction de leur taille sont nécessaires pour mieux connaître les variables impliquées dans les choix opérés par les différents stades de développement des individus.

Remerciements

Nous remercions François Michonneau pour ses commentaires et la traduction en anglais de cette communication, ainsi que pour ses déterminations concernant les juvéniles. Nous remercions aussi Chantal Conand pour ses encouragements et sa précieuse contribution à ce texte.

Références

Anderson S.C., Flemming J.M., Watson R. and Lotze H.K., 2011. Serial exploitation of global sea cucumber fisheries. Fish and Fisheries 12(3):317-339.

Bourjon P. et Morcel E., 2016b. Nouvelles observations de juvéniles d'holothuries sur les récifs de La Réunion. La Beche-de-mer Bulletin d'Information de la CPS 36: sous presse.

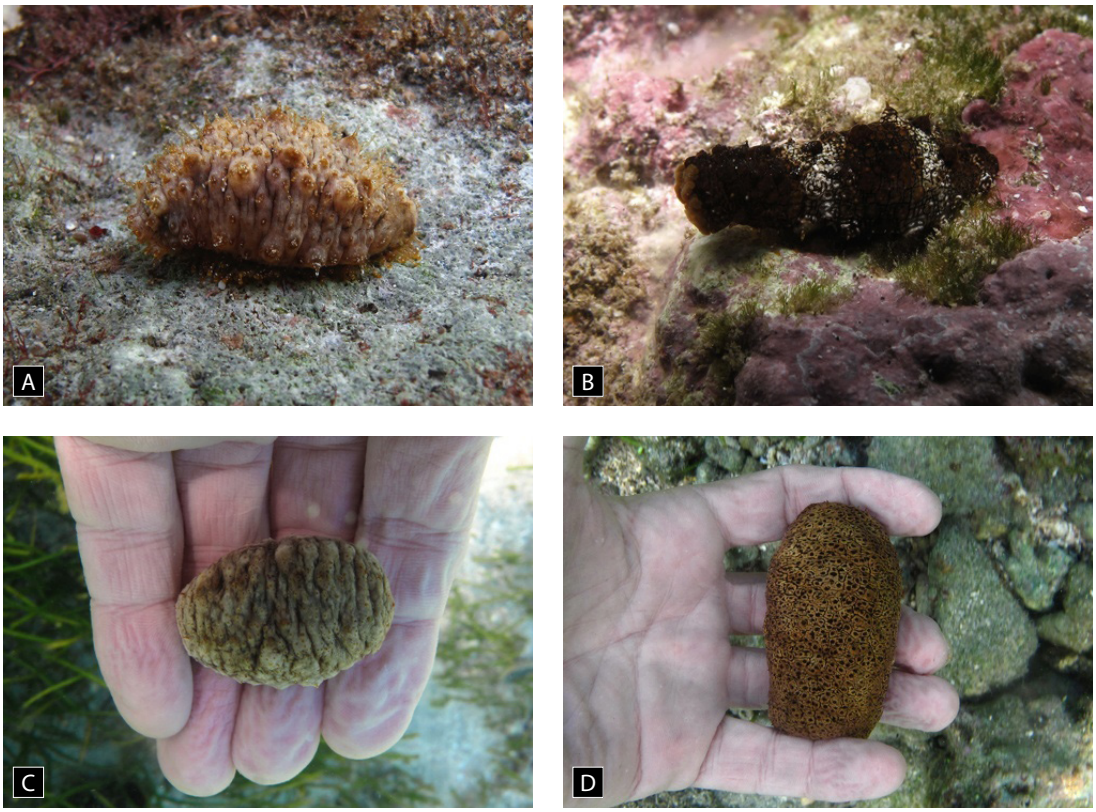

Figure 1. Juvéniles observés près de la crête récifale : *A. echinites* (1A) (26/09/2015) et *A. mauritiana* (1B) (03/10/2015), et dans les herbiers : *A. echinites* (1C) (22/06/2013) et *A. mauritiana* (1D) (30/03/2013). (déterminations F. Michonneau, copyright P. Bourjon)

Cameron J.L. and Fankboner P.V. 1989. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothroidea). II. Observations on the ecology of development, recruitment and the juvenile life stage. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 127:43-67.

Conand C. 2004. Present Status of World Sea Cucumber Resources and Utilization: An International Overview. In: Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J.-F. and Mercier, A., Eds., Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management, FAO, Rome, Fisheries and Aquaculture Technical Paper 13-24

Dance S.K., Lane I. and Bell J.D. 2002. Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat in habitats in Solomon Islands. Aquaculture 220 1-4:495-505.

Francour P. 1997. Predation on holothurians: a literature review. Invertebrate Biology 116(1):52-60.

Hasan M.H. 2005. Destruction of a *Holothuria scabra* population by overfishing at Abu Rhamada Island in the Red Sea. Marine Environmental Research 60(4):489-511.

Kohler S., Gaudron S. M. and Conand C., 2009. Reproductive biology of *Actinopyga echinites* and others sea cucumbers from La Réunion (Western Indian Ocean): implications for fisheries management. Western Indian Ocean Journal of Marine Science. 8(1) 97-111.

Purcell S. W., Mercier A, Conand C, Hamel J. F., Toral-Granda M. V., Lovatelli A, Uthicke S. 2013. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries, volume 14, issue 1, 34-59.

Shiell G, 2004a. Questionnaire sur l'observation *in situ* de juvéniles de concombre de mer. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 19:41.

Shiell G, 2004b, Questionnaire sur l'observation *in situ* de juvéniles de concombre de mer. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 2:6-11.

Wiedemeyer WL, 1994. Biology of small juveniles of the tropical holothurian *Actinopyga echinites*: growth, mortality and habitat preferences. Marine Biology, 120: 81-93.

Ponte simultanée de plusieurs espèces d'holothuries sur l'île de Limellon (province de Nouvelle-Irlande, Papouasie-Nouvelle-Guinée)

Cathy Hair[1], Peni Bitalen[2], Posolok Kanawi[2], Esther Leini[2] et Paul Southgate[1]*

Les 11 et 12 novembre 2015, des activités simultanées de ponte de plusieurs espèces d'holothuries ont été observées sur l'île de Limellon (2°40,557' S et 150°46,231' E, figure 1), près de Kavieng, dans la province de Nouvelle-Irlande, en Papouasie-Nouvelle-Guinée. Ces observations ont été réalisées le long de transects, dans le cadre d'une étude du Centre australien pour la recherche agricole internationale (ACIAR) et du service des pêches de la Papouasie-Nouvelle-Guinée visant à évaluer le potentiel de la mariculture d'holothuries dans les collectivités locales de Nouvelle-Irlande. Limellon est l'emplacement proposé pour mener un essai d'élevage en mer de l'holothurie de sable *Holothuria scabra*, espèce à forte valeur marchande. L'enclos marin aménagé, d'une superficie de 7 ha, rassemble des habitats d'herbiers et de sable nu, et sa profondeur maximale à marée haute est d'environ 2 m. Les pontes décrites dans le présent article se sont déroulées dans des herbiers (constitués en majorité d'*Enhalus acoroides*, de *Thalassia hemiramppi* et de *Cymodocea rotundata*) à faible profondeur, entre 0,01 m et 1,50 m au moment des observations. Tous les transects ont été parcourus après midi, à marée montante, de façon à pouvoir compter le plus grand nombre d'holothuries possible, ces espèces restant enfouies dans le sable au début de la journée (Mercier *et al.* 2000) et se trouvant davantage à la surface à marée haute (Wolkenhauer 2008). Sur les deux journées de comptage, près de 3 360 m^2 d'herbiers marins ont été passés en revue.

Le 11 novembre, quelques individus de six espèces d'holothuries ont été observés en train d'émettre leurs produits génitaux à marée haute l'après-midi : holothurie curry (*Stichopus herrmanni*), holothurie serpent (*H. coluber, H. flavomaculata* et *H. leucospilota*), holothurie de sable à taches (*Bohadschia marmorata*), holothurie noire (*Actinopyga miliaris*), holothurie brune de profondeur (*A. echinites*) ainsi qu'une espèce non commercialisée non identifiée (peut-être *H. pervicax*). Toutefois, des activités nettement plus intenses ont été observées le 12 novembre, l'après-midi précédant la nouvelle lune, avec la reproduction simultanée de neuf espèces (sur les douze recensées dans les comptages). Quelques individus de *H. pervicax*, d'holothuries curry, d'holothuries serpent, d'holothuries noires, d'holothuries de sable brunes (*B. vitiensis*), d'holothuries caillou (*A. lecanora*) et d'holothuries brunes de profondeur ont émis leurs

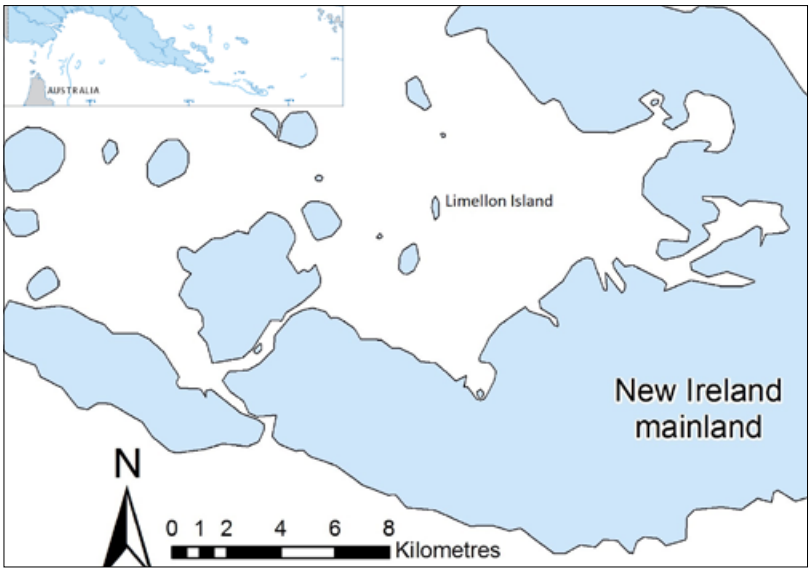

Figure 1. La pointe Nord de la Nouvelle-Irlande, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, et l'emplacement de l'île de Limellon.

[1] National Centre for Pacific Islands Research and Faculty of Science, Health, Education and Engineering, University of the Sunshine Coast, Maroochydore, Australie
[2] Nago Island Mariculture and Research Facility, National Fisheries Authority, Kavieng, Papouasie-Nouvelle-Guinée
[*] Auteur à contacter : cathy.hair@my.jcu.edu.au

gamètes tout comme un groupe beaucoup plus important d'holothuries de sable à taches et d'holothuries de sable (figures 2, 3 et 4). Ces deux dernières espèces ont été les plus fréquemment recensées sur les transects, avec respectivement 846 et 230 individus sur les deux jours. La ponte était intense mais relativement brève, avec un démarrage peu avant 13h00 (heure des premières observations), un pic vers 14h00 et une conclusion autour de 15h00. Au pic de la ponte, des centaines d'holothuries de sable à taches et un grand nombre d'holothuries de sable de taille petite à moyenne ont été observées avec un comportement attestant la reproduction (section antérieure levée, balancement, expulsion de gamètes). L'annuaire des marées disponible annonçait une pleine mer de 1,38 m à 14h20 et une basse mer à peine perceptible de 1,36 m à 15h33, suivie d'une nouvelle pleine mer de 1,37 m à 16h22.

Figure 2. Holothurie de sable brune (*Bohadschia vitiensis*) présentant un comportement de reproduction (crédit photo : E. Leini).

Sur les douze espèces d'holothuries recensées pendant les deux jours de comptage, seules trois, l'holothurie de sable versicolore (*H. lessoni*), l'holothurie léopoard (*B. argus*) et l'holothurie lolly (*H. atra*), n'ont pas été observées en train de se reproduire. Toutefois, ces espèces se sont révélées peu fréquentes sur les transects (par exemple, sur les 3 360 m^2 étudiés, seules trois holothuries de sable versicolores, quatre holothuries léopard et onze holothuries lolly ont été dénombrées). L'équipe qui a procédé au comptage a par ailleurs dû se limiter à observer la zone à proximité des transects, et n'a pu réaliser de relevés à d'autres endroits du site. Aucune reproduction d'holothuries n'a été observée durant les premiers jours du comptage, les 9 et 10 novembre.

Des holothuries de sable de taille relativement limitée ont pondu dans des herbiers courts et peu touffus dans des zones de faible profondeur, aux abords du rivage, où la température de l'eau était très élevée. Certaines d'entre elles mesuraient moins de 12 cm de long pour un poids estimé inférieur à 130 g (sur la base des mesures de longueur et de largeur, voir Purcell and Simutoga 2008). Ces valeurs sont plus faibles que les valeurs publiées de la première maturité, à savoir 16 cm pour un poids de 184 g (Conand 1990). Une telle différence peut s'expliquer par la sélection d'individus à maturité précoce, en raison de la pêche (Law 2000), ou peut-être par des disparités d'origine géographique (voir Nouvelle-Calédonie, Conand 1990). Des pontes ont été observées chez de petites holothuries de sable produites en écloserie et ensemencées dans des élevages en mer aux Philippines (Olavides *et al.* 2001) et des enclos marins expérimentaux aux Fidji (Hair 2012).

Figure 3. Holothurie serpent femelle (*Holothuria flavomaculata*) en train de pondre (crédit photo : P. Bitalen).

Figure 4. Holothurie de sable (*Holothuria scabra*) et holothurie de sable à taches (*Bohadschia marmorata*) côte à côte, présentant un comportement de reproduction (crédit photo : E. Leini).

En raison des faibles stocks recensés d'holothuries d'intérêt commercial, le service des pêches de la Papouasie-Nouvelle-Guinée a imposé un moratoire sur leur exploitation en 2009 (Carleton *et al.* 2013), et la pêcherie est fermée pour le moment. Même si des activités de reproduction telles que celles qui ont été observées ici ne constituent en rien une garantie de recrutement des juvéniles, elles sont porteuses d'espoir pour l'avenir de ce secteur de grande valeur. Un suivi continu des stocks d'holothuries est nécessaire pour déterminer si le recrutement est effectif et si les populations augmentent.

Remerciements

Cette étude a été réalisée avec le soutien du Centre australien pour la recherche agricole internationale (ACIAR) et du service des pêches de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, dans le cadre du projet FIS/2010/054 de l'ACIAR consacré au développement de la mariculture en Nouvelle-Irlande (Papouasie-Nouvelle-Guinée), mis en œuvre sous l'égide de l'Université de la Sunshine Coast.

Bibliographie

Carleton C., Hambrey J., Govan H., Medley P. and Kinch J. 2013. Gestion efficace des pêcheries d'holothuries et du commerce de la bêche-de-mer en Mélanésie. Lettre d'Information sur les Pêches de la CPS 140:24-42.

Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries. Pt 2: Holothurians. Food and Agriculture Organization Fisheries Technical Paper 272.2. FAO, Rome.

Hair C. 2012. Sandfish (*Holothuria scabra*) production and sea-ranching trial in Fiji. p. 129-141. In: Hair C.A., Pickering T.D. and Mills D.J. (eds). Asia-Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia. Australian Centre for International Agricultural Research Proceedings No. 136. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.

Law R. 2000. Fishing, selection, and phenotypic evolution. International Council for the Exploration of the Sea Journal of Marine Science 57(3):659-668.

Mercier A., Battaglene S.C. and Hamel J.-F. 2000. Periodic movement, recruitment and size-related distribution of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Solomon Islands. Hydrobiologia 440(1):81-100.

Olavides R.D.D., Rodriguez B.D.R and Juinio-Meñez M.A. 2011. Pontes massives simultanées d'*Holothuria scabra* dans des sites de pacage en mer des municipalités de Bolinao et d'Anda (Philippines). La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 31:23-24.

Purcell S.W. and Simutoga M. 2008. Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. Reviews in Fisheries Science 16:204-214.

Wolkenhauer S.-M. 2008. Enfouissement et alimentation d'*Holothuria scabra* adulte (Échinodermes: Holothurides) en milieu contrôlé. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 27:25-28.

Observations de *Carapus bermudensis* (Carapidae) à l'intérieur de spécimens *Isostichopus badionotus* (Stichopodidae) dans la baie de Taganga, en Colombie

Wensy Vergara[1], Vianys Agudelo[1] et Adriana Rodríguez[1]*

Introduction

Le présent article porte sur le carapide (ou aurin), *Carapus bermudensis*, qui vit dans la cavité générale de l'holothurie *Isostichopus badionotus*, dans la baie de Taganga, en Colombie (partie colombienne de la mer des Caraïbes). L'hôte *I. badionotus* est présent dans la partie occidentale de l'océan Atlantique, et évolue dans les eaux peu profondes de la côte septentrionale de la Colombie (Caycedo 1978). Il fait partie d'un groupe d'holothuries classées d'intérêt commercial en Amérique latine et aux Antilles (Toral-Granda 2008). L'aurin, *Carapus bermudensis*, est un poisson anguilliforme qui vit dans la cavité générale des holothuries, qu'il utilise comme abri (Olney 2006 ; Parmentier and Vandewalle 2005 ; Parmentier *et al.* 2003 ; Smith *et al.* 1981).

Des individus adultes d'*Isostichopus badionotus* (222,29 g, écart-type 81,02, poids humide) ont été prélevés par des plongeurs équipés de palmes, masque et tuba à des profondeurs de 60 cm à 1,50 m, dans la ville côtière de Santa Marta (de 11°12'53,47" N à 11°12'32,01" N et de 74°14'10,59" O à 74°14'23,02" O). Ces holothuries ont été transférées au laboratoire d'aquaculture de l'Université Magdalena de Colombie (à 20 minutes de voiture), et placées de façon aléatoire dans des réservoirs en plastique de 500 litres remplis d'eau de mer, et aérés au moyen de diffuseurs d'air. Au cours des jours qui ont suivi, nous avons remarqué que certaines d'entre elles s'étaient éviscérées, et la présence de deux poissons dans le réservoir a été observée. L'espèce hôte a été identifiée à l'aide d'une caractérisation morphologique et de clés taxinomiques.

Observations

Lors de l'évaluation du comportement des holothuries, nous avons observé un mouvement inhabituel dans les bacs. En effet, à proximité du cloaque de l'une d'elles sortait la tête d'un petit poisson (*Carapus bermudensis*, figure 1). Nous avons relevé un poisson par holothurie pour les 12 observations de *C. bermudensis* dans les bacs d'élevage. La plupart du temps, ces poissons y nageaient autour des holothuries. Les carapidés peuvent élire domicile dans la cavité générale des holothuries, mais préfèrent leur appareil respiratoire (Gustato 1976 ; Parmentier and Das 2004 ; Trott 1970 ; Van Meter and Ache 1974). Nos observations ont mis en évidence la présence de *Carapus bermudensis* dans le tube digestif de *I. badionotus*, ce qui confirme les déclarations des pêcheurs locaux dans la zone d'étude (baie de Taganga) ainsi que d'autres auteurs (Arnold 1956 ; Shen and Yeh 1987).

Les individus *Carapus bermudensis* de cette étude (prévalence moyenne = 4 %) présentaient une longueur totale moyenne de 73 mm (écart-type de ± 2,55), ce qui indique qu'il s'agissait de juvéniles. Ils avaient une forme longue et étroite, comprimée latéralement, et possédaient des rayons épineux souples. Ils étaient hyalins ou légèrement pigmentés, à l'exception de la cavité viscérale, où la pigmentation est liée aux aliments consommés. Une circulation sanguine a été observée au niveau des branchies. La hauteur de la tête était supérieure à celle du reste du corps. Dépourvus de nageoire caudale, ils possédaient 20 rayons pectoraux, 23 vertèbres précaudales, et n'avaient pas d'écailles (figure 1).

Une fois que les holothuries avaient expulsé leurs viscères, les aurins tentaient de pénétrer à nouveau dans la cavité viscérale de celles-ci, et nous avons observé des assauts et des comportements de picorage au niveau de leur ouverture cloacale. Les aurins se replaçaient rapidement dans la cavité en plaçant leur queue vers l'ouverture cloacale de l'holothurie, parvenant à investir leur hôte éviscéré[2].

Les spécimens *Carapus bermudensis* observés dans le cadre de la présente étude semblaient entretenir une relation commensale avec leurs hôtes *Isostichopus badionotus*, car ces derniers paraissaient en bonne santé et ne présentaient aucune lésion au niveau de leurs organes internes. Toutefois, davantage d'observations doivent être réalisées en milieu naturel et dans des conditions contrôlées.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par la bourse Colciencias (n° 1117-521-28356) et la Vicerrectoría de Investigación (Université Magdalena), à Santa Marta, en Colombie. Les auteurs tiennent à remercier Jorge Polo, pêcheur d'holothuries, qui a participé à la collecte de spécimens, ainsi que le groupe de recherche et de développement technologique en aquaculture (GIDTA).

[1] Aquaculture Laboratory, Engineering Faculty. Universidad del Magdalena. Carrera 32 No 22-08. Santa Marta, Colombie
[2] Pour visionner la vidéo, cliquer sur le lien suivant : https://youtu.be/JTRicFdIqQU
[*] Auteur à contacter : arodriguezf.ingpesquera@gmail.com

Figure 1. *Carapus bermudensis* expulsé d'*Isostichopus badionotus*, baie de Taganga Bay (Colombie).

Bibliographie

Arnold D.C. 1956. A systematic revision of the fishes of the teleost family Carapidae (Percomorphi, Blennioidea), with description of two new species. Bulletin of the British Museum (Natural History): Zoology 4:247-307.

Caycedo I. 1978. Holothuridea (Echinidermata) de aguas someras en la costa norte de Colombia. Archivos Instituto Investigaciones Marinas Punta Betín 10:149-198.

Gustato G. 1976. Osservazioni sulla biologica e sul comportamento di *Carapus acus* (Ophioidei, Percomorphi). Bollettino Società Naturalisti di Napoli 85:505-535.

Olney J.E. 2006. Carapidae: Pearlfishes. p. 749-757. In: Richards W.J. (ed). Early stages of Atlantic fishes: An identification guide for the western North Atlantic, vol. I. CISC Press: Boca Raton, FL.

Parmentier E. and Das K. 2004. Commensal vs. parasitic relationship between Carapini fish and their hosts: some further insight through y13C and y15N measurements. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 310:47-58.

Parmentier E. and Vandewalle P. 2005. Further insight on carapid-holothuroid relationships. Marine Biology 146:455-465.

Parmentier E.P., Vandewalle J.P. and Lagardère J. 2003. Sound producing mechanisms and recordings in three Carapidae species. Journal of Comparative Physiology 189:283-292.

Shen S.C. and Yeh H.S. 1987. Study on pearlfishes (Ophidiiformes: Carapidae) of Taiwan. Journal of the Taiwan Museum 40:45-56.

Smith C.L., Tyler J.C. and Feinberg M.N. 1981. Population ecology and biology of the pearlfish (*Carapus bermudensis*) in the lagoon at Bimini, Bahamas. Bulletin of Marine Science 31(4):876-902.

Toral-Granda V. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Latin America and the Caribbean. p. 213-229. In: Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. Food and Agriculture Organization Fisheries and Aquaculture Technical Paper. FAO, Rome. 516 p.

Trott L.B. 1970. Contributions to the biology of carapid fishes (Paracanthopterygii: Gadiformes). University California Publications in Zoology 89:1-41.

Van Meter V.B. and Ache B.W. 1974. Host location by the pearlfish *Carapus bermudensis*. Marine Biology 26:379-383.

COMMUNICATIONS

Programmes informatiques, thèses de master et de doctorat

Programmes informatiques

MetaMorphos 1.8 : un outil unique destiné à la compréhension des plans de structure des métazoaires, y compris des holothuries

Igor Eeckhaut et Nathan Puozzo

Biologie des Organismes Marins et Biomimétisme, 6 Av. Champ de Mars, Université de Mons, 7000 Mons,

igor.eeckhaut@umons.ac.be

MetaMorphos 1.8 (contraction de « métazoaire » et « morphologie ») est un programme qui illustre les plans d'organisation des métazoaires par des reconstructions 3D de haute qualité. Il s'adresse aux personnes désireuses de comprendre l'anatomie des invertébrés, qu'elles soient naturalistes, zoologistes, étudiantes ou enseignantes en biologie animale. La version 1.8 est la première rendue publique. Elle inclut le plan d'organisation d'invertébrés de huit embranchements : un anthozoaire (cnidaires), un Tentaculata (cténophores), un turbellarié (plathelminthes), un polychète (annélides), un gastéropode (mollusques), un Secernentea (nématodes), une holothurie (échinodermes) et une ascidie (urochordés).

Dans MetaMorphos, les invertébrés sont représentés sous la forme d'avatars. Un avatar est une reconstruction 3D d'un organisme type incorporant les principales caractéristiques d'un taxon de rang supérieur dans la nomenclature de Linné, généralement une classe. MetaMorphos permet à l'utilisateur d'analyser la morphologie externe des avatars ainsi que leur organisation systémique. Les systèmes organiques visualisés sont les systèmes digestif, excréteur, nerveux, reproducteur, circulatoire et respiratoire, auxquels s'ajoutent des systèmes propres à certains taxons (le système ambulacraire chez les échinodermes, par exemple).

Un système organique peut être visualisé seul ou avec d'autres systèmes, et inséré dans une enveloppe transparente représentant le corps de l'animal. Un curseur mobile en forme de flèche permet d'identifier les parties systémiques. L'avatar peut être orienté dans toutes les dimensions de l'espace grâce à deux fonctions de rotation et de déplacement, et une fonction de zoom permet de grossir la partie du corps analysée. À l'aide des deux icônes « Cliché » et « Impression écran », l'utilisateur peut prendre des photos des avatars, au format JPG avec une résolution de 300 dpi, sur un fond blanc ou couleur respectivement, et ainsi ajouter n'importe quelle vue de l'avatar à, par exemple, une présentation PowerPoint. La figure 1 est une impression écran de l'avatar Holothurie avec tous les organes en vue dorsale (avec une enveloppe transparente). La figure 2 est un cliché du système digestif, du système hémal et de l'arbre respiratoire. L'icône « Histologie » permet d'observer une coupe histologique des tissus constitutifs de l'organe indiqué par le curseur. La figure 3 représente la coupe obtenue quand le curseur est placé sur une partie du système hémal. Les deux icônes « Larve » offrent une représentation d'une larve en début et en fin de croissance, dont il est possible d'obtenir une vue interne ou externe. Les stades larvaires auricularia (figure 4) et pentactula (figure 5) sont présentés pour l'holothurie. Chaque taxon est accompagné d'une description scientifique, avec des illustrations réalisées par l'excellent dessinateur malgache Rakotomahefa Solofondraibe Jamieson Albert.

MetaMorphos 1.8 est disponible sur PC et Mac ainsi que pour les appareils Android et iOS. Un nouvel avatar sera ajouté au programme tous les deux mois, l'objectif étant d'illustrer le plus grand nombre possible d'embranchements. Une version de démonstration de l'holothurie est disponible gratuitement dans les boutiques d'applications.

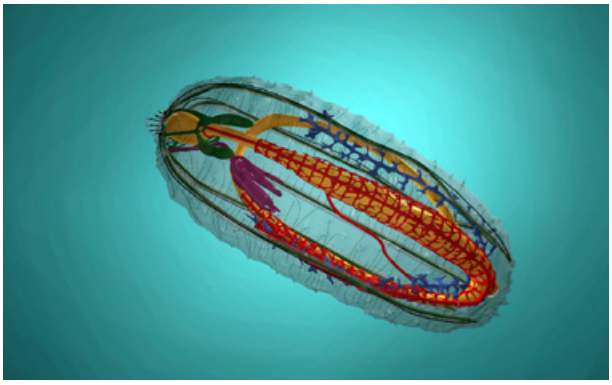

Figure 1. Vue dorsale de tous les organes de l'avatar Holothurie (enveloppe transparente).

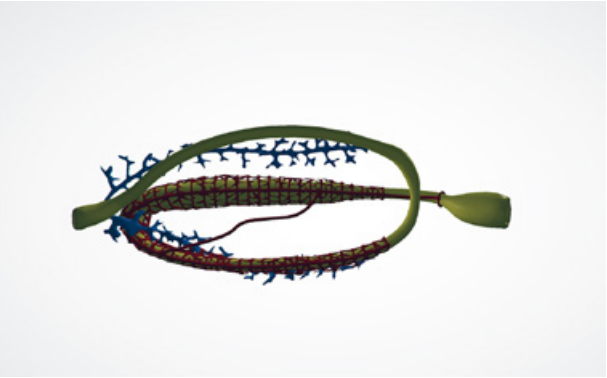

Figure 2. Système digestif, système hémal et arbre respiratoire de l'avatar Holothurie (sans enveloppe transparente).

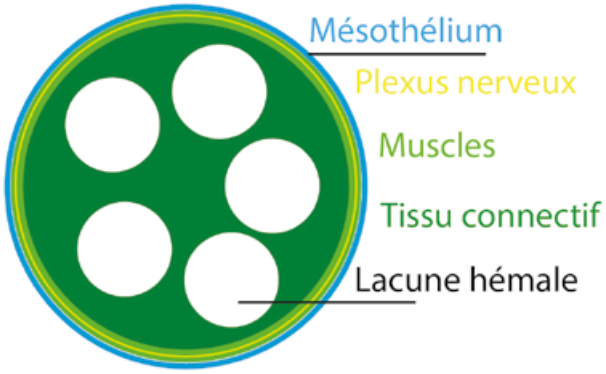

Figure 3. Coupe histologique des tissus constitutifs du système hémal, obtenue à l'aide de l'icône « Histologie ».

Figure 4. Larve auricularia, avec une représentation des organes internes, en particulier de la disposition des cavités cœlomiques, sur une moitié du corps.

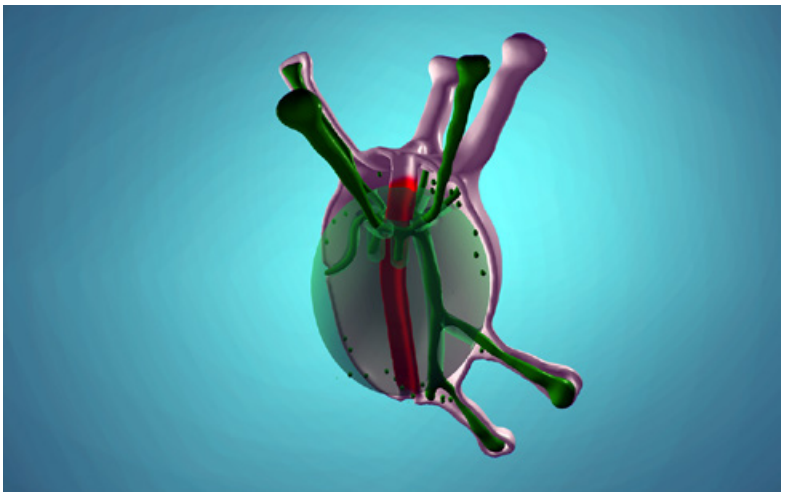

Figure 5. Larve pentactula, avec une représentation des organes internes, en particulier de la disposition des cavités cœlomiques, sur une moitié du corps.

Thèse de master

Thèse de master, Université d'Algarve, Centro de Ciências do Mar (CCMAR)

Filipe Freitas Henriques: Genetic conectivity patterns in *Holothuria mammata* considering different spatial scales. 84 p. project CUMFISH.

filohipos@gmail.com

Thèse de doctorat

Demeuldre M. 2015. Defence mechanisms in sea cucumbers: Morphology, biochemistry and mechanics of Cuvierian tubules in two species from the genus Holothuria. Laboratoire de biologie des organismes marins et biomimétisme. Université de Mons (Belgique). Melanie.Demeuldre@umons.ac.be

Conférences tenues en 2015

15e Conférence internationale sur les échinodermes, Mexique

25-29 mai 2015

Francisco Alonso Solís Marín, Alfredo Laguarda Figueras

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Université nationale autonome du Mexique, Mexique

Présentations orales sur les holothuries

- How many species of psolids are there in Mexico?
  Arriaga-Ochoa JA, Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A (arriagaochoa@gmail.com)
- Discovery of novel peptide regulators of mutable collagenous tissue
  Blowes L.M., Gupta H.S. and Elphick M.R. (UK.l.m.blowes@qmul.ac.uk)
- DNA methylation and regulation of DNMTs in aestivation sea cucumber *Apostihopus japonicus*
  Chen M., Yang H., Zhao Y. and Storey K.B. (chenmuyan@ouc.edu.cn)
- Adhesion of Cuvierian tubules in *Holothuria forskali*: Identification of putative adhesive proteins
  Demeuldre M., Wattiez R., Ladurner P., Lengerer B., Hennebert E. and Flammang P. (melanie.demeuldre@umons.ac.be)
- Echinoderms' symbiotic gastropods
  Dgebuadze P (Russia.p.dgebuadze@gmail.com)
- Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria leucospilota* in Hong Kong waters based on the application of the standardized gonadosomatic index
  Dumestre M., Sadovy de Mitcheson Y. and Dumas P. (marielle.dumestre@gmail.com)
- Annotated checklist of the echinoderms distributed in Mexican waters.
  Frontana-Uribe S.C., Solís-Marín F.A., Caballero-Ochoa A.A., Hernández-Robles D., Laguarda-Figueras A. and Durán-González A. (sfrontana@conabio.gob.mx)
- Night and day monitoring of reef echinoderms: Can we use the data for management purposes?
  Herrero-Pérezrul M.D. and Gardea-López A.M. (dherrero@ipn.mx)
- Echinoderm phylogeny reconstruction with broad sampling and a novel transcriptome based workflow. *Linchangco G.V., Reid R., Foltz D., Rouse G., Wray G., Kerr A. Hunter R. and Janies D. (glinchan@uncc.edu)*
- New insights on elasipodids and dendrochirotids from southwestern Atlantic Ocean (0-3,500 m).
  Mar*tínez M.I. and Penchaszadeh P. (mmartinez@macn.gov.ar)*
- Higher level systematics of the walking, swimming, and burrowing Holothuroidea (Echinodermata): A six-gene molecular phylogenetic approach.
  Miller A.K., Kerr A.M., Pawson D.L., Pawson D.J., Paulay G., Carvajal J.I. and Rouse G. (USA.a33miller@gmail.com)
- Feeding rate and sediment selection in the sea cucumber *Parastichopus regalis* (Aspidochirotida).
  Ramón Galimany E., Pérez-Ruzafa A. and Lleonart J. (Spain.mramon@icm.csic.es)

- Potential impact of ocean acidification on reproductive output of the subarctic holothuroid *Cucumaria frondosa. Verkaik K., Mercier A. and Hamel J.-F. (khv043@mun.ca)*
- The diversity and distribution of sea cucumbers in Singapore.
  Ong J.Y. and Tan K.S. (tmsojy@nus.edu.sg)
- Expanding inclusion of sea cucumbers in IMTA systems.
  Zamora L. and Slater M. (lzam004@aucklanduni.ac.nz)
- The movement and feeding behavior of the sea cucumber *Apostichopus japonicas.*
  Zhang L., Yang H., Zhang T., Pan Y. and Sun J. (China.libincas@163.com)
- Advances in the culture of Isostichopus badionotus in Yucatan, Mexico.
  Zhang-Huang B., Yinta L., Ramírez-González S., Pacheco-Vázquez P.J., Manrique-May C.B., Rosado-Romero W.J. and Santana-Cisneros A.D. (C.V.mvzsusana@hotmail.com)

Affiches

- Sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) in Mexican waters of the Gulf of Mexico and the Mexican Caribbean.
  Cervantes Aguilar I.P., Solís-Marín FA. and Durán Gonzalez A.
- Thermal tolerance and immune response of the sea cucumber *Parastichopus regalis* exposed to a gradient of high temperatures.
  Galimany L., Baeta M. and Ramón M. (Spain.mramon@icm.csic.es)
- Novel use of PIT tags in sea cucumbers: Promising results with the commercial species *Cucumaria frondosa.*
  Gianasi B., Verkaik K., Hamel J.-F. and Mercier A. (brunolg@mun.ca)
- Illegal trade of echinoderms in Mexico: Threats and consequences.
  Herrero-Pérezrul M.D., Castro-Peláez M., Reuter A. and Mosig-Reidl P. (dherrero@ipn.mx)
- Taxonomic identification of holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) from Cocinas Island, Jalisco, Mexico.
  Luna-Cruz A.K., Solís-Marín F.A., Laguarda-Figueras A. and Durán-González A. (analun93@gmail.com)
- Morphological phylogeny of the sclerodactylids and phyllophorids (Holothuroidea: Dendrochirotida) .
  Martins L., Souto C. and Tavares M. (martinsrluciana@gmail.com)
- First record of the sea cucumber *Holothuria grisea* Selenka, 1867 (Aspidochirotida: Holothuroidae) for the Golfo de Morrosquillo, Colombian Caribbean.
  Padilla J.M., Nisperuza C.A. and Quiros J.A. (junigon991@hotmail.com)
- Review of the family Cucumariidae (Holothuroidea, Dendrochirotida) at the Colección Nacional de Equinodermos "Dra. Ma. Elena Caso M" ICML, UNAM.
  Sánchez D., Arriaga-Ochoa J.A., Caballero-Ochoa A., Solís-Marín F.A. and Laguarda-Figueras A. (dmsalonzo@hotmail.com)

Participants à la 15e Conférence internationale sur les échinodermes, Playa del Carmen, Mexique

Conférence MARE, juin 2015, Amsterdam

Centre de recherche maritime (MARE) – 8e Conférence People and the Sea – « Géopolitique des océans »

- **Governability of global value chains originating from small-scale sea cucumber fisheries**
  Prescott J.
- **On the fisheries management merry-go-round: A blur of images passing by**
  Eriksson H.
- **Understanding social wellbeing and values of SSF among the Sama-Bajau of archipelagic Southeast Asia**
  Stacey N., Steenbergen D., Clifton J. and Acciaioli G.

Séminaire international sur l'exploitation et la gestion durable des ressources en holothuries : enseignements et recommandations pour l'État du Yucatán (Mexique)

10-11 septembre 2015 à Mérida, État du Yucatán (Mexique)

Auteurs : Alejandro Flores, Alessandro Lovatelli, Matthew Slater et Veronica Toral

1. Introduction

Ce séminaire a été financé et organisé par les autorités de l'État du Yucatán (Mexique), en particulier le Secrétariat du développement rural et de la pêche, et avec l'appui technique de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), représentée par Alejandro Flores (fonctionnaire principal de liaison (pêches et aquaculture), FAO, Chili) et Alessandro Lovatelli (fonctionnaire (aquaculture), FAO, Rome). L'atelier avait pour but d'élaborer une feuille de route pour l'exploitation durable des ressources en holothuries au Yucatán, dans des limites économiques, sociales et environnementales acceptables. L'atelier a réuni des participants nationaux (chercheurs, entrepreneurs, représentants du marché et pêcheurs) et internationaux (chercheurs et gestionnaires).

Les principaux objectifs de l'atelier étaient les suivants : a) présenter les principales contraintes auxquelles sont confrontées les pêcheries d'holothuries sur les plans scientifique, juridique et économique ; b) proposer des mesures concrètes pour améliorer la gestion et l'exploitation durable de ces organismes benthiques utiles, en s'appuyant sur les connaissances locales et les enseignements tirés d'autres régions mexicaines et de l'étranger.

Le séminaire a été l'occasion de consulter les autorités et pêcheurs locaux sur la voie à suivre pour mieux gérer la pêche. Les participants ont été aidés dans leur réflexion par une série d'exposés présentés par des experts nationaux et internationaux dont : Alejandro Flores (FAO, Chili), Alessandro Lovatelli (FAO, Rome), Alvaro Hernández Flores (Universidad Marista de Mérida, Mexique) ; Arlenie Rogers (Institut de recherche sur l'environnement, Université du Belize) ; Jesús C. Osuna (Fédération nationale des coopératives de pêche, Mexique) ; Javier Villanueva García Benítez (FAO, Chili) ; Armando Wakira Kusunoki et Alicia Poot Salazar (Centre régional de recherche halieutique, Yucalpetén, Institut national des pêches du Mexique) ; Jean-François Hamel (Société d'exploration et de valorisation de l'environnement, Terre-Neuve, Canada) ; Miguel Olvera Novoa, Juan Carlos Murillo Posada et Oswaldo Huchim-Lara (Centre de recherches et de hautes études, Institut national des pêches, Mérida, Mexique) ; Matthew Slater (Institut Alfred Wegener, Allemagne) ; et Manuel Mendoza (pêcheur).

M. J. Carrillo Maldonado, secrétaire du Développement rural et de la Pêche de l'État du Yucatán, a inauguré l'atelier, faisant clairement savoir que l'État accordait une attention prioritaire à la gestion de cette ressource marine. Il a assisté à tout l'atelier, tenu sur deux jours.

À la fin de l'atelier, les participants internationaux ont pu visiter les installations de recherche aquacole gérées par le Centre de recherches et de hautes études de Mérida (Unidad Mérida del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, CINVESTAV) et situées à Telchac Puerto, sur la côte nord-est de Mérida, capitale du Yucatán.

L'espèce principalement exploitée par les pêcheries dans le golfe du Mexique est *Isostichopus badionotus* (également connue sous le nom d'« holothurie quadrangulaire »). Dans le sillage de la tendance malheureusement observée dans de nombreuses autres régions du monde, les pêcheries ont connu une période de forte expansion et sont aujourd'hui nettement entrées dans une phase de récession. Les premières tentatives de gestion de la pêche, avec l'octroi limité de licences et l'instauration de périodes de fermeture,

Photo de groupe des participants au séminaire sur l'holothurie organisé à Mérida. Sur la rangée de devant, M. A. Flores (deuxième homme en partant de la gauche) et M. M. G. Aguilar Sánchez, commissaire fédéral de l'aquaculture et de la pêche (troisième homme en partant de la gauche).

se sont heurtées à une forte opposition de la part des pêcheurs et ont provoqué une hausse de la pêche INN. Outre les préoccupations écologiques évidentes qu'elle suscite, la pêche de l'holothurie est associée à des répercussions sociales négatives, à des conflits au sein des communautés de pêcheurs et à une multiplication des accidents mortels de décompression chez les plongeurs. Les efforts de gestion participative de la ressource se poursuivent, sous la houlette des services locaux et nationaux des pêches (la Commission d'État et la Commission nationale de la pêche et de l'aquaculture, respectivement) et de l'Institut national des pêches, responsable de l'évaluation des stocks. En outre, plusieurs groupes de recherche entreprennent d'ores et déjà des démarches pour mettre en service des installations aquacoles : une écloserie et une installation de grossissement sont en cours d'établissement au large de la côte de Campeche (la société commerciale qui gère ces installations élève déjà l'holothurie *Isostichopus fuscus* sur la côte ouest du Mexique).

2. Méthodologie

Trois domaines ont été abordés lors de l'atelier : a) recherche et gestion ; b) considérations juridiques et gouvernance ; et c) considérations sociales et cogestion. Des groupes de travail, débattant chacun de leur côté, ont été constitués afin d'identifier les principaux problèmes dans chaque domaine et de formuler des suggestions pour traiter la menace décelée ou en atténuer les effets. Les résultats de tous les groupes ont ensuite été mis en commun, la fréquence de chaque réponse étant exprimée en pourcentage. Une feuille de route pour une meilleure gestion a ensuite été élaborée après identification des principales menaces qui nuisent à l'exploitation durable de l'holothurie et formulation de mesures spécifiques destinées à les combattre.

La première journée du séminaire a été consacrée aux plans et aux stratégies de gestion des pêcheries d'holothuries. Plusieurs intervenants mexicains et du Yucatán ont présenté des exposés, que des experts internationaux sont venus compléter largement, en analysant les enseignements tirés et les bonnes pratiques de gestion. Lors de la seconde journée, une session a été organisée autour des pratiques aquacoles, des enseignements tirés et des progrès accomplis au Yucatán en termes d'applications aquacoles. Les participants ont également pu écouter d'autres exposés sur les conséquences sociales de la pêche ainsi que sur la surveillance et la gestion de celle-ci dans l'ensemble de la région, par exemple au Belize et dans l'archipel des Galápagos.

3. Résultats

3.1 Recherche et gestion

Dans le domaine de la recherche, l'un des principaux problèmes décelés est le manque de financements appropriés alloués aux programmes de recherche à long terme, à la collecte de données scientifiques, et à d'autres domaines connexes. Bien trop souvent, les données et informations obtenues à partir d'activités d'investigation ponctuelles sont insuffisantes, si bien qu'il est difficile de prendre de bonnes décisions de gestion. A ensuite été identifiée l'absence de synergies entre les différents organismes de recherche qui risque de limiter, retarder ou dupliquer les informations nécessaires et, plus grave, d'entamer la confiance des pêcheurs dans les institutions de gestion. Autre handicap majeur : le manque d'informations adaptées sur les populations naturelles de juvéniles, en particulier lors des tentatives d'établissement de zones de protection/d'interdiction, pourtant jugées indispensables à la viabilité de la pêcherie. Enfin, les participants ont insisté sur la nécessité de mettre en place des programmes d'éducation environnementale, qui contribuent sensiblement à promouvoir une gestion responsable au sein des communautés côtières locales mieux informées du rôle écologique et économique de l'holothurie.

3.2 Considérations juridiques et gouvernance

Le principal problème soulevé par tous les groupes de travail lors du séminaire est l'insuffisance des activités d'inspection et de surveillance, à laquelle s'ajoute l'absence de sanctions infligées aux braconniers. La corruption observée à tous les niveaux est elle aussi responsable de l'exportation illégale d'holothuries à l'étranger. En réponse à ce problème, les participants ont notamment proposé de consolider les lois et réglementations de lutte contre la corruption et de fixer un délai maximal pour l'exportation du produit. Ces mesures pourraient être renforcées par des programmes éducatifs. Le second problème identifié est l'absence de synergies entre les institutions responsables de l'application de la loi, qui s'explique en partie par le manque de formation du personnel au bon suivi de la chaîne de responsabilité tout au long du processus de commercialisation et à l'identification de faux documents et d'autorisations falsifiées. Autre contrainte recensée par les participants au séminaire : l'absence de décret officiel régissant la protection des zones connues de développement de juvéniles d'holothuries.

3.3 Considérations sociales et cogestion

L'absence de sensibilisation de la population à l'importance de l'espèce, qui pourrait favoriser un sentiment d'engagement personnel à l'égard de la ressource, a été largement pointée du doigt. Pour résoudre ce problème, les groupes de travail ont proposé de renforcer les politiques locales à vocation sociale, dans le but d'améliorer les conditions pour la population et de promouvoir une action permanente d'éducation sur l'exploitation des holothuries par le biais d'ateliers et de cours dispensés notamment dans les établissements scolaires, les bureaux de délivrance de permis et les coopératives de pêche. Les participants se sont également inquiétés des problèmes sanitaires découlant de la pratique de la pêche : malaises liés à la décompression, alcoolisme, toxicomanie et maladies sexuellement transmissibles – problèmes qui, à leur tour, découlent d'un manque de formation et d'éducation. Il a été recommandé à cet égard de créer des programmes de formation de plongée au narguilé, accessibles à tous les pêcheurs, et d'organiser des campagnes d'information sur la sécurité en plongée sous-marine et sur les risques sanitaires potentiels.

3.4 Feuille de route

À partir des expériences des chercheurs, des gestionnaires, des entrepreneurs et des pêcheurs, une feuille de route abordant chacun des aspects évoqués ci-avant a été préparée. Elle inclut un train chronologique de mesures qui, nous l'espérons, permettra la mise en œuvre d'un plan durable de gestion des holothuries au Yucatán.

De nouveaux articles ont été mis en ligne après le séminaire :

- ✓ http://www.spc.int/coastfish/index.php?option=comcontent&Itemid=30&id=422
- ✓ http://estadodemexicoalamano.com/sociales/efectuan-seminario-internacional-sobre-manejo-y-aprovechamiento-sustentable-del-pepino-de-mar/
- ✓ http://conapesca.gob.mx/wb/cona/11deseptiembrede2015meridayuc
- ✓ http://sipse.com/milenio/yucatan-expertos-bases-manejo-produccion-pepino-mar-169472.html

La FAO rendra bientôt public un rapport final incluant des synthèses des intervenants et des groupes de travail. Pour obtenir de plus amples informations, veuillez prendre contact avec Alejandro Flores (alejandro.flores@fao.org) ou Alessandro Lovatelli (alessandro.lovatelli@fao.org).

9e Colloque international WIOMSA

Eastern Cape (Afrique du Sud), 26-31 octobre 2015 (voir www.wiomsa.org)

Exposés – Pêcheries artisanales : tendances et impacts

- Management of sea cucumber fisheries: The problem of illegal captures
  Conand C., Eriksson H., Muthiga N., Leopold M., Prescott J., Purcell S.W. and Toral-Granda M.V.
- Seychelles' sea cucumber stock assessment: Management options for sustainable fishery
  Koike H., Gerry C. and Friedlander A.

Affiches

- Diversity of the echinoderms of the Iles Eparses (Europa, Glorieuses, Juan de Nova), Mozambique Channel, France
  Conand C., Mulochau T., Stöhr S., Eléaume M. and Chabanet P.
- Feasibility of sea cucumber farming in the Bazaruto Archipelago, Mozambique
  Lavitra T.
- Test of liquid injection and elastomer implant for tagging edible sea cucumber *Holothuria scabra*
  Rakotonjanahary F., Tsiresy G., Rasolofonirina R., Eeckhaut I. and Lavitra T.

Autres activités

Lors du colloque, deux initiatives ont été prises pour préparer un message adressé par la région occidentale de l'océan Indien à la COP21 : la réalisation du film Hokulea en Afrique du Sud et l'élaboration de la déclaration de la WIOMSA (www.ird.fr/toute-l-actualite/actualites/declaration-des-scientifiques-du-wiomsa).

Participants au 9e Colloque international de la WIOMSA

Formation : « Application des outils moléculaires à la gestion des pêcheries, à l'aquaculture et à la reconstitution des stocks d'holothuries »

23-26 novembre 2015, Panama

Mercedes Wangüemert (mwanguemert@ualg.pt)

Mercedes Wangüemert et Jorge Domínguez, doctorant dans l'équipe de gestion des ressources marines du CMAR (http://www.maresma.org/), ont rendu visite à l'Université maritime du Panama pour présenter une formation intitulée « Application des outils moléculaires à la gestion des pêcheries, à l'aquaculture et à la reconstitution des stocks d'holothuries ». Celle-ci a été organisée avec la collaboration d'institutions panaméennes et portugaises : l'INDICASAT AIP (Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología), l'ARAP (Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá) et le CCMAR (Centro de Ciências do Mar).

Cette formation s'inscrit dans le cadre des activités liées au projet « Variabilité génétique et physiologie de l'holothurie (*Isostichopus fuscus*, Ludwig 1875) sur la côte Pacifique du Panama : une ressource exploitable ? »

financé par le SENACYT et dirigé par M. Vergara-Chen. Mme Wangüemert est membre de l'équipe de recherche de ce projet, lancé il y a un an pour étudier l'une des principales espèces d'holothuries ciblées par les pêcheries panaméennes avant l'introduction du moratoire en vigueur.

Lors de la formation, Mme Wangüemert et M. Domínguez ont pu évoquer la question des ressources en holothuries et les solutions éventuelles pour lutter contre leur surexploitation avec l'administrateur général de l'ARAP, M. Iván Flores, et le directeur national du service de recherche et de développement, M. Marco Mendizabal. Tous deux se sont montrés très intéressés par les nouveaux outils moléculaires utilisés pour améliorer la gestion des pêcheries et le développement de l'holothuriculture. De nouvelles formes de collaboration entre les organismes de recherche ont également été étudiées.

Parmi les participants figuraient des étudiants de master et des doctorants, des responsables de pêcheries, des aquaculteurs, des enseignants et des propriétaires d'entreprises aquacoles (figure 1). La formation a débuté par un point sur l'état actuel des pêcheries d'holothuries dans le monde, suivi d'une présentation générale de l'holothuriculture. Elle a ensuite été axée sur l'application des outils moléculaires à la gestion des pêcheries, à l'aquaculture et à la reconstitution des stocks d'holothuries. Mme Wangüemert et M. Domínguez ont rappelé quelques concepts de base en génétique, décrit les principaux marqueurs moléculaires et paramètres de différenciation et de diversité génétique, présenté les utilisations de la génétique dans les pêcheries (les principales étant l'identification des stocks, la codification à barre génétique et la traçabilité) et évoqué les conséquences génétiques de la surexploitation de la ressource. Enfin, ils ont expliqué les différentes applications possibles des outils moléculaires à l'aquaculture, par exemple l'évaluation de la consanguinité, les tests de paternité, la codification à barre des agents pathogènes et la compatibilité génétique des stocks reconstitués.

Figure 1. Participants à la formation.

Réunions annoncées en 2016

2e Conférence Mares sur l'état de santé et la conservation des écosystèmes marins
1er-5 février 2016, Olhão, Portugal
http://www.marescoference.eu/

13e Symposium international sur les récifs coralliens (ICRS)
19-24 juin 2016, Palais des congrès de Hawaii, Honolulu, Hawaii (États-Unis)
http://sgmeet.com/icrs2016/default.

4e Colloque international L'océan dans un monde riche en CO_2
3-6 mai 2016, Hobart, Tasmanie, Australie
www.highco2-iv.org

3e Conférence latino-américaine sur les échinodermes
18-22 juillet 2016, San José, Costa Rica, Amérique centrale
http://rediberoamericanaequinodermos.com/en/welcome-2/
9e Conférence européenne sur les échinodermes
17-19 septembre 2016, Institut d'océanologie, Académie polonaise des sciences, Sopot, Pologne
http://www.iopan.gda.pl/ECoE2016/

COMMUNICATIONS GÉNÉRALES

Kerabu beronok (salade d'*Acaudina*) – Amuse-bouche caractéristique de l'île de Langkawi, en Malaisie

Poh Sze Choo[1], Chantal Conand[2] et Devarajen Vaitilingon[3]*

1. Introduction

Sur l'île de Langkawi, au large de la péninsule malaisienne, une salade (*kerabu*) composée de légumes et de fruits tropicaux coupés en julienne auxquels on ajoute des morceaux d'holothurie crue (*beronok*) est couramment consommée.

L'holothurie *beronok* appartient à l'ordre des Molpadida, dans la famille des Caudinidae. Une présentation des principaux genres est disponible dans WORMS (Paulay 2015). *Acaudina molpadioides* est une espèce commune sur les rivages vaseux de la côte ouest de la péninsule malaisienne. Elle est communément observée dans la région (O'Loughlin and Ong 2015 ; Ong and Wong 2015).

Sur l'île de Langkawi, à proximité de l'aéroport international de Langkawi, la baie située entre Pantai Kok et Pantai Cenaang (figure 1, site a) renferme une zone habituelle de ramassage des *beronok* en eau peu profonde (figures 2 et 3). À marée basse, il n'est pas rare de voir des membres des ménages, dont des femmes et de jeunes enfants, ramasser des *beronok* qu'ils débusquent avec leurs pieds. Seuls les *beronok* fraîchement récoltés sont utilisés pour préparer cette salade délicieuse, souvent servie en amuse-bouche.

Figure 1. Emplacement des sites d'échantillonnage sur Langkawi.
Le site a est situé au large de l'aéroport de Langkawi, le site b au sud de Pulau Tuba.

[1] Asian Fisheries Society, Institute of Bioscience, University Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaisie
[2] UMR Entropie, Université de la Réunion et MNHN, France
[3] AADCo Projects Malaysia Sdn Bhd, 2980-02 Kompleks Chai Leng, Jalan Baru 13700, Prai, Pulau Pinang, Malaisie

Figure 2. Spécimen frais d'*Acaudina molpadioides* récolté sur Langkawi (crédit photo : Chantal Conand).

Figure 3. Récolte de *beronok* en Malaisie : enfant après glanage (à gauche) et prise d'un plongeur en apnée (à droite) (crédit photo : Chantal Conand).

2. Préparation de la salade

Liste des ingrédients : *beronok* fraîchement pêchés, nettoyés et éviscérés, puis coupés en petits morceaux ; jeunes pousses vertes d'anacardier émincées ; haricots kilomètres émincés ; papaye verte émincée ; jeune mangue verte émincée ; une demie noix de coco râpée, puis frite dans une poêle sans matière grasse jusqu'à ce qu'une agréable odeur se dégage ; 60 grammes de farine de riz frite ; un citron ; sel et sucre ; ingrédients pour le sambal (pâte épicée composée d'une demie noix de coco râpée, de deux oignons rouges, de cinq piments œil d'oiseau, de cinq piments séchés et d'un morceau de *belacan*, pâte de crevettes fermentée).

Préparation : écrasez au pilon ou mixez les ingrédients nécessaires à la réalisation du sambal jusqu'à obtention d'une pâte. Chauffez de l'huile et faites revenir le sambal jusqu'à ce qu'il ait une couleur dorée et qu'une agréable odeur se dégage. Mélangez bien tous les ingrédients (à l'exception des *beronok*). Ajoutez les *beronok* et mélangez à nouveau. Pressez le citron sur la préparation. Salez et sucrez à votre convenance, puis remuez la salade.

Lors d'une mission à Pulau Tuba (îles de Langkawi) en décembre 2014, des densités élevées de *beronok* ont été observées dans le sud de l'île (figure 1, site b). À marée basse, des femmes et des enfants cherchaient des *beronok* dans les vasières. Les spécimens rosés, lisses et presque translucides étaient récoltés (figure 5A), contrairement à ceux présentant un tégument épais, car ils sont trop durs pour être consommés crus ; seuls les jeunes *beronok* sont utilisés pour préparer le *kerabu*. Les holothuries ramassées étaient ensuite apportées sur la jetée pour que les femmes puissent les préparer. Une incision était pratiquée aux deux extrémités de chaque individu pour laisser s'écouler le liquide cœlomique et faire sortir le tube digestif, puis une autre le long de la ligne médiane pour éviscérer l'animal à l'aide de la lame d'un couteau (figures 5B et 5C). Ils étaient ensuite coupés en lamelles, rincés et réservés en vue de la préparation du *kerabu* (figure 5D). Les villageois préparaient le *kerabu* pour un mariage dans l'après-midi.

Figure 4. Préparation de la salade dans une rue… Et dégustation (crédit photo : Chantal Conand).

Figure 5. Préparation de *beronok* par des villageois de Pulau Tuba.
A : *Beronok* utilisé traditionnellement pour la préparation du *kerabu* ;
B et C : Éviscération et nettoyage des *beronok* ; D : Le *kerabu* (crédit photo : Devarajen Vaitilingon).

3. Maintien en vie de beronok dans des bacs

Une autre expédition vers Pulau Tuba a été organisée (août 2015) pour récolter une cinquantaine de *beronok* et les transporter vers les installations de l'Institut de recherches halieutiques (FRI) situées à Pulau Sayak, dans l'État du Kedah (figure 6). L'objectif était de maintenir les holothuries en vie dans des bacs et de tenter de déclencher la ponte. Les 50 individus ont été ramassés sur le site b (figure 1), puis placés dans des sacs en plastique avec peu d'eau mais gonflés d'oxygène. Ces sacs ont ensuite été calés dans une boîte en polystyrène avec deux pains de glace. Après un trajet de trois heures environ, les individus ont été transférés dans des bacs équipés d'un système à circulation d'eau de mer continue à la station marine. Même si, durant les 12 premières heures, ils se sont bien acclimatés aux bacs (figure 6B), la plupart étaient éviscérés et morts le lendemain, 12 heures plus tard (figures 6C et 6D). L'absence de vase dans les bacs pourrait expliquer la perte du lot entier. Lors d'un autre essai indépendant réalisé ultérieurement dans les installations du FRI (Ilias, communication personnelle), des résultats identiques ont été observés.

Figure 6. *Acaudina molpadioides*. Maintien en vie de *beronok* dans des bacs.
A : *Beronok* récoltés à Pulau Tuba ; B : Transfert dans des bacs des installations du FRI après le transport ; C et D : Entre 24 et 36 heures après avoir été placés dans des bacs, tous les individus ou presque étaient éviscérés et morts (crédit photo : Devarajen Vaitilingon).

4. Discussion

Les Malaisiens apprécient l'holothurie pour ses vertus médicinales, mais aussi pour ses propriétés gustatives. Une fois transformées, certaines espèces telles que *Stichopus* sp. (connue sous le nom de *gamat* en Malaisie) sont traditionnellement utilisées pour favoriser la cicatrisation des plaies, soigner les ulcères gastriques et calmer les douleurs. D'autres espèces, à l'image de l'holothurie de sable (*Holothuria scabra*), sont très prisées et utilisées dans la cuisine chinoise traditionnelle. Le *beronok* est également consommé par les villageois des îles de Langkawi pour ses vertus thérapeutiques générales, qui s'expliquent par la présence dans son tégument de composés bioactifs tels que les glycosides triterpéniques, le sulfate de chondroïtine, les stérols et bien d'autres encore (Boardbar *et al.* 2011). Des études plus anciennes sur *Acaudina* sp. ont révélé que cette espèce est riche en vitamines et minéraux (Chen 2003), tandis que des travaux plus récents ont mis en évidence la bioactivité du fucoïdan (polysaccharide) du *beronok* et son rôle dans la prévention de l'inflammation des muqueuses chez la souris en cas de chimiothérapie (Zuo *et al.* 2015).

Le *beronok* se démarque des autres espèces, car c'est l'une des rares qui peut être consommée crue à un stade précoce. Cette particularité est très appréciée des chefs cuisiniers coréens et japonais puisque de nombreux produits de la mer sont consommés crus dans ces deux pays, ce qui a été confirmé par une première enquête réalisée auprès de chefs travaillant dans des restaurants de Penang.

Le *beronok* vit dans un milieu très étrange, car les vasières peuvent être anoxiques ou présenter une très faible teneur en oxygène dissous. Même si la teneur en oxygène dissous n'a pas été mesurée *in situ*, la couleur noire de la vase et l'odeur caractéristique du sulfure d'hydrogène témoignent d'un environnement anoxique. On retrouve cette vase noire dans l'intestin de l'animal. Il convient de mener des études complémentaires sur l'habitat de prédilection du *beronok*. Si ces études révèlent qu'il préfère vivre dans un environnement à faible teneur en oxygène dissous, cette constatation pourrait expliquer la mort de tous les spécimens dans nos bacs.

Bibliographie

Bordbar S., Anwar F. and Saari N. 2011. High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods – A review. Marine Drugs (9):1761-1805.

Chen J. 2003. Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 18:18-23.

Paulay G. 2015. *Acaudina molpadioides* (Semper, 1867). Accessed through: World Register of Marine Species at http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=241765 on 2015-12-11

O'Loughlin M. and Ong J.Y. 2015. New tropical caudinid and synaptid sea cucumbers from Johor Straits (Echinodermata: Holothuroidea). The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement 31:292-302.

Ong J.Y. and Wong H. 2015 Sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) from the Johor Straits, Singapore. The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement 31:273-291.

Zuo T., Li X., Chang Y., Duan G., Yu L., Zheng R., Xue C. and Tang Q. 2015. Dietary fucoidan of *Acaudina molpadioides* and its enzymatically degraded fragments could prevent intestinal mucositis induced by chemotherapy in mice. Food and Function 6 (2):415-422.

Bêches-de-mer vendues dans des boutiques de San Francisco

San Francisco abrite une grande communauté chinoise, qui peut se procurer de nombreuses espèces de bêches-de-mer dans des boutiques de qualité du quartier de Chinatown. Les photos ci-dessous ont été prises par Jacques Conand en août 2015.

Bêches-de-mer proposées dans une boutique de Chinatown, à San Francisco (crédit photo : Jacques Conand).

Bibliographie sur les holothuries : accès à des outils modernes pour suivre de nouvelles publications

Chantal Conand (conand@univ-reunion.fr)

Rien de plus simple aujourd'hui que de créer une « alerte Google » sur le terme « holothurie » pour recevoir des références sur le sujet chaque semaine, ou à une autre fréquence. D'après mon expérience, cet outil donne accès à de nombreuses publications couvrant toute une variété de domaines. Bien souvent, il est possible de télécharger la publication au format PDF ou bien de contacter son auteur par courriel pour l'obtenir car la publication est généralement encore sous presse.

Le tableau ci-après récapitule les résultats que j'ai obtenus en 2015 (de mars à novembre). Plus de 400 résultats contenant le terme « holothurie » dans le titre ou dans les références ont été trouvés.

Ils ont été classés dans cinq catégories. Malgré quelques recoupements possibles, il apparaît que les publications relevant de la 3e catégorie (la biochimie et la microbiologie, domaines qui ne sont traditionnellement pas abordés dans le bulletin d'information de la CPS *La bêche-de-mer*) affichent le plus grand nombre de références.

Tableau 1. Nombre de nouvelles publications trouvées à l'aide d'une recherche Google Alertes sur le mot clé « holothurie » (mars-novembre 2015).

	Catégorie				
Mois	Général, écologie, biologie	Biochimie, microbiologie	Génétique	Aquaculture	Pêche, socioéconomie
Mars (partiel)	6	9	3	3	0
Avril	6	9	4	4	0
Mai	16	26	8	6	4
Juin	12	17	3	8	5
Juillet	13	30	3	5	10
Août	20	13	4	4	9
Septembre	13	15	5	7	12
Octobre	15	30	4	3	2
Novembre	9	20	4	7	7
Total	110	169	38	47	49
%	27 %	41 %	9 %	11 %	12 %

Je pense que toute la difficulté consiste désormais à identifier les résultats qui présentent un réel intérêt pour nous, qui sommes spécialisés dans différentes disciplines relatives aux holothuries exploitées à des fins commerciales.

Il n'est pas nécessaire d'inclure dans le bulletin d'information de la CPS *La bêche-de-mer* une liste des nouveaux articles publiés dans des revues, mais on devrait pouvoir y trouver une liste de thèses et de rapports qui ne sont pas forcément référencés par Google, comme c'est le cas dans ce numéro.

Il est également essentiel de mettre nos publications à la disposition de nos cercles scientifiques.

Principe de précaution adoptée par Hawaii à l'égard de la pêche d'holothuries

Haruko Koike

Université d'Hawaii à Mānoa : 2538 McCarthy Mall Edmondson Hall 216 Honolulu, HI 96822. (hkoike@hawaii.edu)

Les pêcheries d'holothuries des zones tropicales sont réputées pour leur mode d'exploitation non soutenable. Couplées à des capacités de gestion limitées et à la vulnérabilité de l'animal (Toral-Granda et al. 2008 ; Purcell *et al.* 2013), ces pratiques déboucheront à terme sur l'effondrement du secteur. Hawaii fait pourtant figure d'exception, les gestionnaires ayant décidé d'interrompre l'exploitation de cette ressource afin de prévenir l'épuisement des stocks, après que des activités de pêche intensive ont été signalées.

Les holothuries (connues localement sous le nom de « loli ») ont depuis longtemps leur place dans les pratiques traditionnelles d'Hawaii mais, à l'exception de la capture de deux espèces d'aquariophilie (*Holothuria hilla* et *H. edulis*), elles n'ont jamais fait l'objet d'une exploitation commerciale à grande échelle. Cependant, en 2014, des pêcheurs d'holothuries des Tonga collaborant avec des pêcheurs d'Hawaii ont contacté le service des ressources aquatiques (DAR)

au sein du ministère hawaiien des Terres et des Ressources naturelles (DLNR) pour se renseigner sur la réglementation en vigueur et obtenir une autorisation de pêcher et d'exporter vers la Chine les espèces *H. atra* et *Actinopyga varians*, recherchées pour leurs vertus culinaires et médicinales. Même s'il s'agit d'espèces à valeur marchande moyenne et faible (Purcell *et al.* 2012), la population les a valorisées en les transformant sur l'île et en les commercialisant sous forme d'ingrédients médicinaux.

Les activités de pêche ont démarré en mars 2015, prenant rapidement de l'ampleur durant les trois mois qui ont suivi. Face à la forte pression de pêche et à la disparition des holothuries, les populations locales ont commencé à faire entendre leurs inquiétudes concernant le devenir de leurs ressources et de leur environnement. L'inquiétude est encore montée d'un cran après la publication sur un réseau social populaire d'une photo d'un zodiac rempli d'holothuries, diffusée ensuite à la télévision. Face à la vive émotion suscitée dans l'opinion publique, le DLNR a réagi rapidement et pris une mesure d'urgence, interdisant la pêche pendant quatre mois. Le ministère a ensuite sollicité des avis scientifiques pour élaborer un plan permanent de gestion durable de la pêche d'holothuries. Des règles permanentes ont été préparées ; elles sont en cours d'examen. Si elles sont approuvées, elles pourraient inclure une interdiction de la pêche professionnelle sur tout le territoire tant que des capacités de gestion satisfaisantes n'auront pas été mises en place. Parmi les mesures envisagées, on compte aussi l'instauration de quotas par espèce et par saison ainsi que la limitation du nombre de prises quotidiennes pour les espèces d'aquarium et du nombre de sacs aurorisés pour l'autoconsommation.

De telles mesures de précaution engagées à l'initiative des populations locales et l'intervention rapide des organismes de gestion sont très encourageantes.

Bibliographie

Purcell S.W., Samyn Y. and Conand C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. Food and Agriculture Organization Species Catalogue for Fishery Purposes No. 6. 124 p.

Purcell S.W., Mercier A., Conand C., Hamel, J.-F., Toral-Granda M.V., Lovatelli A. and Uthicke S. 2013. Sea cucumber fisheries: Global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries 14(1):34-59.

Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds). 2008. Sea cucumbers: A global review on fishery and trade. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome, FAO. 319 p.

Compte rendu succinct sur le braconnage de l'espèce *Apostichopus japonicus* signalé récemment dans la préfecture d'Aomori, au Japon

Haruko Koike

Université d'Hawaii (hkoike@hawaii.edu)

Remarque : cet article est une compilation traduite de trois articles de journaux et d'un billet de blog publiés sur des actes de braconnage survenus récemment à Aomori, au Japon.

La préfecture d'Aomori est l'un des meilleurs sites de pêche de l'espèce *A. japonicus* au Japon (Motokawa *et al.* 2003). Les prises débarquées sont vendues dans le pays et exportées vers la Chine. Figurant au nombre des espèces d'holothuries les plus chères, certains spécimens de haute qualité ont été vendus à plus de 2 000 dollars É.-U./kg au Japon.

Favorisés par les prix de vente élevés, des actes de braconnage ont été observés à plusieurs reprises dans la baie de Mutsu (préfecture d'Aomori). Après l'arrestation de braconniers en octobre 2015, l'association des pêcheurs a demandé que soient prises les mesures suivantes : 1) alourdissement de la peine infligée par les pouvoirs publics centraux aux auteurs d'actes de braconnage et 2) création d'un réseau de veille et application de mesures plus strictes par les autorités préfectorales pour empêcher de nouvelles infractions.

À ce jour, trois affaires ont abouti à l'arrestation de braconniers dans la préfecture d'Aomori. La première remonte à 2007 : 12 personnes ont été arrêtées pour braconnage. Lors de la deuxième, en 2014, 11 braconniers ont été arrêtés par des garde-côtes de la préfecture d'Aomori. Il leur aura fallu plus de deux ans d'opérations secrètes pour obtenir des éléments de preuve contre ces personnes, accusées d'avoir pêché illégalement 700 kg de *A. japonicus*. Dans le cadre de la troisième affaire, en 2015, huit braconniers, accusés d'avoir récolté illégalement 960 kg de *A. japonicus* (d'une valeur de 28 800 dollars É.-U.), ont été arrêtés par la police de la préfecture. Ils étaient installés dans la préfecture voisine. Des investigations approfondies donnent à penser qu'ils se livraient au braconnage depuis l'année précédente, les revenus tirés de cette activité étant estimés à plus de 2 millions de dollars É.-U. Les holothuries récoltées illégalement étaient ensuite transportées vers Hokkaïdo avant d'être exportées vers la Chine. Les braconniers se répartissaient généralement les rôles (conducteurs de bateau, plongeurs, veilleurs et chauffeurs de camion) pour dissimuler leurs opérations. En outre, tous les braconniers arrêtés étaient membres de mafias japonaises. On suppose que les revenus du braconnage servent de plus en plus de source de financement d'autres activités mafieuses.

C'est l'association des pêcheurs du village de Kamata qui a été le plus touchée par ces actes de braconnage, car elle avait l'autorisation de pêcher *A. japonicus* dans la baie de Mutsu, visée par la pêche illicite. Elle commençait tout juste à récolter l'holothurie de manière durable, après avoir mis en œuvre un programme de réensemencement de juvéniles qui s'est étalé sur 10 ans et a coûté 660 000 dollars É.-U. Les ventes annuelles d'holothuries pourraient atteindre 30 millions de dollars É.-U. et sont une autre source de revenus très importante quand la pêche de coquilles Saint-Jacques est médiocre dans la préfecture. Les membres de l'association préservent leurs ressources en collaboration avec les responsables halieutiques, mais voient peu de résultats sur le terrain. Certains estiment que les sanctions encourues ne sont pas assez lourdes pour être dissuasives. C'est la raison pour laquelle ils ont récemment demandé aux autorités centrales et préfectorales de mettre en place des mesures plus sévères et plus fermes pour lutter contre le braconnage.

Sources

Mori Kentaro (4 novembre 2015). Journal Mainichi. Disponible sur http://mainichi.jp/select/news/20151104k0000e040116000c.html

Motokawa T., Imaoka T. et Soyama I. 2003. Namako guide book. Hankyū Komyunikēshonzu.

Nikuda (17 novembre 2014). Actualité des garde-côtes. Disponible sur http://blog.canpan.info/kaiho-shinbun/archive/122

Inconnu (22 octobre 2015). Journal Asahi Digital. Disponible sur http://www.asahi.com/articles/ASHBQ574XHBQUBNB00L.html

Inconnu. (Poaching Namako Insideline). Post de blog. Mitsuryou Namako Insideline. Goo, posté le 4 novembre 2015. Disponible sur http://blog.goo.ne.jp/namako_news

Demande d'information sur la pêche illicite d'holothuries

Chantal Conand (conand@univ-reunion.fr)

Le problème que posent les activités de pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) est traité dans les directives élaborées par la FAO (1992) afin que décideurs et responsables de la gestion des pêches travaillent main dans la main pour lutter contre la pêche irresponsable, qui sape les efforts de développement de pêcheries durables. C'est au titre de ces directives qu'ont vu le jour toute une série de réunions, de comités et de réglementations.

Des progrès ont été enregistrés ces 10 dernières années en matière de gestion de la pêche d'holothuries, grâce aux contributions d'organismes nationaux, régionaux et internationaux, comme évoqué dans de nombreux articles publiés par le passé dans le bulletin d'information de la CPS *La bêche-de-mer*. En dépit de la mise au point d'outils de gestion, tels que les aires marines protégées, la rotation des zones de pêche, la Liste rouge de l'UICN ou la CITES, et de la prise de décisions juridiques pour encadrer la pêche et l'exportation à l'échelon national, les captures et les exportations illégales demeurent un problème majeur. Les prix de vente élevés, le déclin des ressources et la gestion plus stricte de la pêche (celle-ci étant interdite dans un nombre croissant de pays) sont autant de facteurs qui favorisent les activités de pêche ou d'exportation illicites. C'est aujourd'hui un problème qu'il est urgent de résoudre. Une synthèse a été présentée récemment lors du colloque de la WIOMSA (voir la section Réunions tenues en 2015 de ce numéro, p. 94). Une publication est également en cours de préparation.

Il serait probablement très utile, comme cela a été fait par le passé dans le bulletin *La bêche-de-mer* pour différentes facettes de la biologie des holothuries (par exemple, pour les observations de pontes ou de juvéniles), d'y créer une section d'information sur les captures illicites, avec des articles de journaux, des liens vers des sites Internet, des rapports publiés et des témoignages. Nous pourrions en effet grandement tirer parti de l'expérience des personnes qui luttent contre les activités illicites de pêche et de commerce des holothuries.

© Copyright Communauté du Pacifique, 2016.

Tous droits réservés de reproduction ou de traduction à des fins commerciales/lucratives, sous quelque forme que ce soit. La Communauté du Pacifique autorise la reproduction ou la traduction partielle de ce document à des fins scientifiques ou éducatives ou pour les besoins de la recherche, à condition qu'il soit fait mention de la CPS et de la source. L'autorisation de la reproduction et/ou de la traduction intégrale ou partielle de ce document, sous quelque forme que ce soit, à des fins commerciales/lucratives ou à titre gratuit, doit être sollicitée au préalable par écrit. Il est interdit de modifier ou de publier séparément des graphismes originaux de la CPS sans autorisation préalable. Les opinions exprimées dans la présente lettre d'information n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas forcément celles de la Communauté du Pacifique.

Texte original : anglais

Communauté du Pacifique, Section information halieutique, B.P. D5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie
Téléphone : +687 262000 ; Télécopieur : +687 263818 ; Courriel : cfpinfo@spc.int ; Site Internet : http://www.spc.int/coastfish