



Numéro 30 – Septembre 2010

LA BÊCHE-DE-MER

bulletin d'information

Sommaire

Renforcer les capacités de gestion durable
des ressources en holothuries dans l'océan
Indien occidental

N. Muthiga et al. p. 3

Signes d'une surpêche aiguë des ressources
en holothuries dans le Sultanat d'Oman

K.M. Al-Rashdi and M.R. Claereboudt p. 10

État des lieux de la pêche des holothuries
au Sri Lanka

D.C.T. Dissanayake et al. p. 14

Méthodes de ramassage et de transfor-
mation des holothuries : quelle est leur
incidence sur la qualité et la valeur des
bêches-de-mer produites aux Îles Fidji ?

R. Ram et al. p. 21

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

T. Lavitra et al. p. 25

Potentiel aquacole de deux espèces tropi-
cales d'holothuries *Holothuria scabra* et *H.*
lessoni dans la région indo-pacifique

D.A.B. Giraspy and I.G. Walsalam p. 29

Les principes de la nomenclature zoolo-
gique : exemple des holothuries

Y. Samyn et al. p. 33

Biologie d'une population à forte densité
de *Stichopus hermanni* à One Tree Reef,
sur la Grande barrière de corail (Australie)

H. Eriksson et al. p. 41

Observations de ponte p. 45

Communications p. 46

Résumés et publications p. 47

Publications sur les holothuries
par Chantal Conand p. 52

Publications sur les holothuries
par Claude Massin p. 55

Éditeur

Igor Eeckhaut
Biologie marine
6, Av. Champ de Mars
Université de Mons-Hainaut
7000 Mons, Belgique
Courriel : Igor.Eeckhaut@umh.ac.be

Production

Cellule 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, la France et la Nouvelle-Zélande

Éditorial

Le présent numéro de *La Bêche-de-mer* vous propose huit articles sur l'élevage et la taxonomie des holothuries ainsi que sur la situation de la pêche d'holothuries dans divers pays. De toute évidence, la gestion des ressources en holothuries est désormais prise au sérieux dans la plupart des pays. De nombreuses études de terrain ont révélé que, partout et sans exception aucune, les populations sauvages d'holothuries visées par la pêche sont appauvries. Les écologistes ont émis des recommandations aux ministères de tutelle dans tous les pays producteurs de bêche-de-mer. Les prochaines années nous diront si ces recommandations sont suivies et si des méthodes d'exploitation sans extraction, comme l'aquaculture, connaissent un essor suffisant.

Le premier article, rédigé par Nyawira Muthiga et al. (p. 3), résume les recommandations issues d'un projet régional sur les holothuries, financé par une subvention MASMA (*Marine Science for Management*, les sciences de la mer au service de la gestion) et dirigé par la *Wildlife Conservation Society* et l'Université de La Réunion.

Khalfan M. Al-Rashdi et Michel R. Claereboudt (p. 10) nous montrent que la surpêche a entraîné un recul rapide des populations de *H. scabra* dans le Sultanat d'Oman, accompagné d'une intensification de la pression de pêche sur d'autres espèces d'holothuries.

Chamari Dissanayake et al. présentent en page 14 les résultats préliminaires d'une étude sur la situation de la pêche des holothuries au Sri Lanka, dont vivent 4 000 à 5 000 familles.

Ravinesh Ram et al. (p. 21) ont étudié l'incidence des méthodes de récolte et de transformation post-récolte des holothuries sur la qualité et la valeur des bêtes-de-mer ainsi obtenues aux Îles Fidji. Ces recherches ont révélé de façon inquiétante que très peu de pêcheurs sont conscients et informés des améliorations à apporter à leurs techniques de transformation et de l'importante place qu'occupent de façon générale les holothuries dans l'écosystème côtier global.

Thierry Lavitra et al. (p. 25) ont étudié les effets de la température de l'eau sur la survie et la croissance des juvéniles endobenthiques de *H. scabra* élevés dans des bassins extérieurs à Madagascar. D'après leur étude, la température de l'eau n'a aucun effet sur la survie de ces juvéniles, mais influe sensiblement sur leur croissance.

Daniel Azari Beni Giraspy et Ivy Grisilda Walsalam présentent en page 29 leur cabinet d'étude sur les holothuries, qui propose des formations pratiques à l'aquaculture et à la production commerciale d'holothuries.

Yves Samyn et al. (p. 33) expliquent les fondamentaux de la nomenclature zoologique et les illustrent en prenant l'exemple des holothuries.

Hampus Eriksson et al. ont étudié la biologie de *Stichopus herrmanni* dans le complexe récifal de *One Tree Reef*, sur la Grande barrière de corail en Australie (p. 41). Cette région protégée recèle de très fortes densités de *S. herrmanni*.

Nous décrivons brièvement trois observations de ponte dans l'océan Indien à la page 45.

Trois thèses doctorales sur les holothuries ont été présentées avec succès depuis la publication de notre dernier numéro. Comme à l'accoutumée, diverses informations et plusieurs publications sont mentionnées dans le présent bulletin (p. 47).

Nous clôturons ce numéro par deux impressionnantes listes d'ouvrages que le professeur Chantal Conand (p. 52) et le docteur Claude Massin (p. 55) ont consacrés aux holothuries.

Igor Eeckhaut

© Copyright Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 2010

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

Texte original : anglais

Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, Cellule 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/Indexf/index.html>

Renforcer les capacités de gestion durable des ressources en holothuries dans l'océan Indien occidental

Nyawira Muthiga¹, Jacob Ochiewo² et Joan Kawaka¹

Contexte

La pêche des holothuries se pratique dans l'océan Indien occidental depuis environ un siècle. Étant donné que les holothuries récoltées dans cette région océanique sont exclusivement destinées aux marchés d'exportation, elles rapportent des devises et fournissent une importante activité rémunératrice aux populations locales. Toutefois, l'essor démographique sur le littoral, la demande élevée de bêche-de-mer (holothurie transformée) émanant des pays asiatiques, l'aisance avec laquelle les holothuries sont prélevées en eaux peu profondes et l'introduction du scaphandre autonome sont autant de facteurs qui, combinés, provoquent une surpêche de cette précieuse ressource. En dépit de l'importance des holothuries, les informations relatives à leur biologie et à leur écologie, pourtant essentielles à leur gestion, restent limitées dans l'océan Indien occidental.

En octobre 2005, l'Association des sciences de la mer de l'océan Indien occidental (WIOMSA) a financé, via une subvention MASMA (*Marine Science for Management*, les sciences de la mer au service de la gestion), un projet régional sur les holothuries supervisé par la *Wildlife Conservation Society* et l'Université de La Réunion (Conand et al. 2006). Les différents volets des recherches ont été pris en charge par une équipe pluridisciplinaire, composée de scientifiques des Universités de Dar-es-Salaam, de La Réunion et de Suède, de l'Institut halieutique et des sciences marines de Madagascar, de l'Institut de recherche marine et halieutique du Kenya et du service des pêches des Seychelles.

Le projet a débuté en 2006 par une analyse documentaire régionale exhaustive (Conand and Muthiga 2007) et s'est clôturé par un atelier régional, tenu à Mombasa, au Kenya. Le projet se composait des principaux volets suivants : inventaires des espèces et études de distribution ; évaluation de l'efficacité des aires marines protégées pour la gestion des ressources en holothuries ; études sur la biologie de la reproduction des principales espèces commercialisées ; études sur les paramètres socioéconomiques et la gestion de la pêche ; et formation à la taxonomie et à la biologie des holothuries. Bien que le projet soit centré sur le Kenya, Madagascar, l'île de La Réunion, les Seychelles et la Tanzanie, les similitudes et les différences observées entre la biodiversité et les pêcheries présentes dans ces pays devraient également générer des informations utiles à d'autres pays de la région. Le présent article résume les délibérations de l'atelier, les principales conclusions des

recherches et les grandes recommandations formulées au sujet de la gestion concrète de la pêche d'holothuries dans l'océan Indien occidental.

Principales conclusions des recherches et recommandations en matière de gestion

Inventaires des espèces et effets des aires marines protégées

Quelque 250 espèces d'holothuries ont été signalées dans l'océan Indien occidental (Richmond 1997; Samyn and Tallon 2005; Conand and Muthiga 2007), mais des recensements exhaustifs ont eu lieu uniquement au Kenya, à La Réunion et aux Seychelles (tableau 1). Alors que plusieurs nouvelles espèces ont été décrites récemment (Rowe and Massin 2006; Thandar 2007) et que les études taxonomiques se poursuivent dans la région, la diversité connue des espèces devrait, sans nul doute, s'enrichir à l'avenir. D'après les informations extraites de sources historiques lors de l'analyse documentaire et tirées des enquêtes menées au cours de l'étude, excepté dans les eaux plus profondes, dans les aires marines protégées et dans les sites éloignés, les densités sont très faibles, au moins pour les espèces commercialisées, ce qui permet de douter de la viabilité de ces populations. Il est recommandé de conduire des études plus détaillées dans chaque pays au vu des pressions qui s'exercent actuellement pour que de nouveaux stocks soient exploités malgré l'absence d'informations sur leur biologie et leur écologie. C'est notamment le cas d'*Holothuria notabilis* et de *Stichopus horrens* à Madagascar (Rasolofonirina 2007).

Les aires marines protégées (AMP) sont le garant de la biodiversité et sont utilisées comme outil de gestion des pêcheries dans l'océan Indien occidental. Le projet a permis d'étudier les effets des AMP sur la dynamique des populations et la reproduction des holothuries au Kenya et en Tanzanie. D'après nos résultats, les AMP ont une incidence positive sur la diversité et l'abondance des espèces dans le parc marin de Mombasa et dans la réserve marine du Kenya (Orwa 2006, 2007), ce qui vient confirmer les résultats d'une précédente étude effectuée dans les AMP et les sites exploités de Malindi, de Watamu et de Kisite-Mpunguti (Muthiga and Ndirangu 2000). En outre, nous avons pu démontrer les effets de la pêche sur l'efficacité de la reproduction de l'espèce très cotée *Holothuria scabra* et de l'espèce à faible valeur marchande *H. leucospilota*. Les spécimens de *H. leucospilota* étaient plus grands, présentaient des

1. Wildlife Conservation Society, PO Box 99470, Mombasa, Kenya 80107

2. Kenya Marine and Fisheries Research Institute, PO Box 81651, Mombasa, Kenya 80100

* Courriel: nmuthiga@wcs.org

Tableau 1. Diversité des espèces d'holothuries dans certains pays de l'océan Indien occidental

Pays	Nombre d'espèces	Principales références taxonomiques	Commentaires
Kenya	44 (10 genres)	Humphreys 1981; Muthiga and Ndirangu 2000; Samyn 2003	<i>Holothuria arenacava</i> , une nouvelle espèce qui n'a été signalée nulle part ailleurs <i>H. coluber</i> , observée pour la première fois au Kenya
La Réunion	21 (9 genres)	Conand 2003 Rowe and Massin 2006	<i>Actinopyga capillata</i> , nouvelle espèce aussi signalée à Rodrigues
Madagascar	125	Cherbonnier 1988 Massin et al. 1999	<i>Holothuria naso</i> , <i>H. notabilis</i> et <i>Stichopus horrens</i> sont observées pour la première fois
Seychelles	35	Clark 1984	<i>Holothuria</i> sp. Pentard en cours de détermination taxonomique
Tanzanie	23 (île Pemba)	Samyn 2003	Travail taxonomique restreint

Tableau 2. Saisons de reproduction de certaines espèces d'holothuries dans l'océan Indien occidental.

Espèce	Lieu	Reproductive pattern	Reference
<i>Actinopyga echinites</i> *	Reunion, (21° S)	Annuel, ponte de janvier à février et d'avril à mai	Kohler et al. in press
<i>Holothuria arenacava</i>	Mombasa, Kenya (4°S)	Annuel, ponte de mars à mai	Muthiga 2006
<i>H. fuscogilva</i> *	Shimoni, Kenya (4° S)	Annuel, ponte de décembre à avril	Muthiga and Kawaka in press
<i>H. fuscogilva</i>	Maldives (7° S)	Annuel, ponte de mars à mai	Reichenbach 1999
<i>H. leucospilota</i> *	La Saline, Reunion (21° S)	Annuel, deux pics de ponte (février et mai)	Gaudron et al. 2008
<i>H. leucospilota</i> *	Mombasa, Kenya (4°S)	Annual, spawning March– May	Kawaka 2008
<i>H. notabilis</i> *	Toliara, Madagascar (23° S)	Annuel, ponte de novembre à décembre	Rasolofonirina, comm. pers.
<i>H. scabra</i> *	Vanga, Kenya (4° S)	Semestriel, épisode de ponte principal de novembre à décembre, et épisode de ponte secondaire de mai à septembre	Muthiga et al. 2009
<i>H. scabra</i>	Toliara, Madagascar (23° S)	Annuel, ponte de novembre à avril	Rasolofonirina et al. 2005
<i>H. scabra</i>	Kunduchi & Buyuni, Tanzania (6° S)	Semestriel, ponte d'août à septembre et de décembre à janvier	Kithakeni and Ndaro 2002
<i>Stichopus horrens</i> *	Toliara, Madagascar (23° S)	Annuel, ponte de janvier à mars	Rasolofonirina, comm. pers.

* = Résultats du projet régional

gonades sensiblement plus grosses et affichaient un taux de fécondité plus élevé dans le parc marin de Mombasa, entièrement protégé, que dans la réserve marine qui n'est que partiellement protégée (Kawaka 2008). Les études menées en Tanzanie indiquent que les saisons (sèche et humide) et la pression de pêche influencent à la fois la fécondité et les pics de ponte de *H. scabra*, la pression de pêche ayant un effet négatif sur la taille des spécimens et leur fécondité (Mmbaga 2009). La fermeture de certaines zones et la réduction de la pression de pêche ont permis d'améliorer avec succès l'efficacité de la reproduction et pourraient permettre d'accroître les densités des populations d'holothuries dans la région.

Biologie de la reproduction et conséquences sur la gestion

Des études sur la biologie de la reproduction d'*Actinopyga echinites* et d'*Holothuria leucospilota* ont été entreprises à La Réunion. Ces mêmes études ont été réalisées pour *H. fuscogilva* et *H. scabra* au Kenya, *H. notabilis* et *Stichopus horrens* à Madagascar, et *H. scabra* en Tanzanie (tableau 2). Les recherches menées au titre de ce projet ont permis de faire passer de 4 à 11 le nombre d'études jusqu'alors effectuées sur la biologie de la reproduction des holothuries de la région (tableau 2). Les holothuries se reproduisent principalement par voie sexuée, bien que la reproduction asexuée par scission ait été observée chez *H. atra* (Conand 2004) et *S. chloronotus* (Conand et al. 2002) à La Réunion. Les espèces évoluant à des latitudes plus proches de l'équateur (~ 4–7° S) affichaient soit un cycle semestriel caractérisé par deux périodes de ponte (*H. scabra*), soit un cycle annuel marqué par une période de ponte unique, mais prolongée (*H. arenacava*, *H. leucospilota* et *H. fuscogilva*). Lorsque l'on s'éloigne de l'équateur (~21–23° S), les espèces présentent des cycles annuels caractérisés par une période de ponte prolongée (*H. scabra*, *H. horrens* et *H. notabilis*) ou deux périodes de ponte courtes (*Actinopyga echinites* et *H. leucospilota*).

Les cycles de reproduction n'étaient pas nécessairement propres à une espèce. Ainsi, *H. scabra* présente un cycle semestriel à proximité de l'équateur (Muthiga et

al. 2009; Kithakeni and Ndaro 2002) et un cycle annuel à des latitudes supérieures (Rasolofonirina et al. 2005). En revanche, la présente étude et de précédents travaux (Muthiga and Kawaka in press; Reichenbach 1999; Ramofafia et al. 2000) ont montré que *H. fuscogilva* se caractérise par un cycle annuel tant à proximité de l'équateur qu'à des latitudes supérieures (Conand 1993). En général, chez les espèces étudiées, la ponte coïncide avec les mois les plus chauds de l'année dans l'océan Indien occidental. Toutefois, étant donné que ces pics de température correspondent également aux périodes de plus forte intensité lumineuse et de plus forte productivité océanique, il faudrait mener des études expérimentales pour déterminer lequel de ces facteurs est le principal déclencheur de la gamétogenèse et de la ponte pour chaque espèce. Les études menées dans le cadre du projet régional contribuent non seulement à améliorer l'état des connaissances sur les cycles de reproduction des espèces d'holothuries les plus cotées sur les marchés dans le monde (*H. scabra* et *H. fuscogilva*), mais aussi à réévaluer les facteurs qui affectent la reproduction des invertébrés tropicaux marins.

Le projet a permis d'obtenir des informations sur les paramètres de reproduction et devrait aider les pays à améliorer la gestion de leurs pêcheries. Par exemple, des informations sont à présent disponibles sur la taille à la maturité sexuelle et les saisons de ponte et devraient permettre aux agents des services des pêches de l'océan Indien occidental de fixer des tailles minimales de capture et des fermetures saisonnières de la pêche (tableau 3). La surpêche a engendré une baisse des densités de population. Dans la plupart des pays de l'océan Indien occidental, des programmes de réensemencement des stocks sont recommandés dans les zones où les individus peuvent être trop éloignés les uns des autres pour que la reproduction puisse avoir lieu. La mariculture fait déjà l'objet d'un projet pilote à Madagascar (Rasolofonirina et al. 2004; Eeckhaut et al. 2009), et plusieurs autres pays de la région se sont dits intéressés. Les conclusions des recherches menées dans le cadre du projet permettront de disposer de données scientifiques de référence sur la reproduction, nécessaires tant pour les programmes de mariculture que pour les programmes de réensemencement.

Tableau 3. Mesures de gestion envisageables compte tenu de la saison de reproduction et de la taille à maturité sexuelle des espèces commercialisées dans l'océan Indien occidental.

Espèce	Pays	Mesures de gestion
<i>Holothuria scabra</i>	Kenya	Fermeture : novembre à décembre; taille minimale : 16 cm
<i>H. scabra</i>	Tanzania	Fermeture : décembre à janvier; taille minimale : 16,8 cm
<i>H. scabra</i>	Madagascar	Fermeture : novembre à avril, taille minimale : 22 cm
<i>H. fuscogilva</i>	Kenya	Fermeture : décembre à mars; taille minimale : 1167 g ou 32 cm
<i>H. notabilis</i>	Madagascar	Fermeture : août à décembre; taille minimale : 20 g ou 9,5 cm
<i>Actinopyga echinites</i>	Reunion	Fermeture : décembre à janvier; taille minimale : 50 g
<i>Stichopus horrens</i>	Madagascar	Fermeture : novembre à mars; taille minimale : 170 g ou 25 cm

(poids eviscéré en grammes et longueur exprimée en centimètres)

Source: voir le tableau 2 pour les références

Gestion halieutique et lois sur la pêche

Au total, 32 espèces d'holothuries sont pêchées dans l'ensemble de l'océan Indien occidental (Conand and Muthiga 2007), avec Madagascar en tête pour le nombre d'espèces exploitées (30 espèces). Cinq espèces, *Holothuria fuscogilva*, *H. scabra*, *H. nobilis*, *Thelonata ananas* et *Actinopyga miliaris*, sont récoltées dans la plupart des pays. La pêche d'holothuries est principalement artisanale (sauf aux Seychelles) et contribue aux moyens d'existence de nombreux ménages (De la Torre-Castro et al. 2007). Plusieurs facteurs indiquent que les ressources en holothuries sont sujettes à un stress grave :

- Dans la plupart des pays, les captures ont reculé de 40 % à 80 % ces dernières décennies (Conand and Muthiga 2007; Conand 2008) ;
- Les abondances des espèces commercialisées sont faibles ;
- Les pêcheurs indiquent que les populations des espèces à forte valeur marchande sont de plus en plus clairsemées ;
- La durée des sorties de pêche s'est allongée ; et
- Des individus immatures et des espèces à faible valeur marchande apparaissent désormais dans les captures.

L'analyse des instruments législatifs et réglementaires qui régissent la gestion de la pêche d'holothuries révèle que la plupart des pays (Kenya, Tanzanie, La Réunion et les Seychelles) se sont dotés de lois nationales sur la pêche qui concernent partiellement les holothuries (tableau 4). D'après cette même analyse, aucun pays de l'océan Indien occidental ne possède de plan de gestion des ressources en holothuries, à l'exception de Madagascar (le plus grand producteur de bêche-de-mer de la région) et des Seychelles. La quasi-totalité des pays visés ont mis en place des programmes de suivi des captures, mais ils sont souvent peu fiables en raison de méthodes inadéquates de collecte et d'entreposage des données sur les captures et les exportations (Conand and Muthiga 2007). En outre, sauf aux Seychelles où un système de fiches de pêche a été instauré en 1999, les statistiques sur les prises sont rarement ventilées par espèce.

Parmi les réglementations et mesures envisageables en matière de gestion figurent les fermetures saisonnières, les fermetures de certaines zones de pêche, les tailles minimales autorisées de capture, les restrictions quant à l'emploi de certains engins, la délivrance de licences, le réensemencement, l'éducation et la vulgarisation, et la recherche. À l'heure actuelle, la plupart des pays ont instauré des zones fermées à la pêche sous la forme d'aires marines protégées créées dans un souci de conservation de la biodiversité et de gestion des ressources halieutiques. Les restrictions qui s'appliquent à l'emploi de certains engins sont aussi généralisées, et concernent principalement le scaphandre autonome et l'octroi de licences aux pêcheurs. À ce jour, aucune opération de réensemencement des populations surexploitées d'holothuries n'a eu lieu, mais la toute première entreprise commerciale de production d'holothuries, Madagascar Holothurie SA, a vu le jour à Madagascar et travaille en collaboration avec des organisations non gouvernementales (ONG) sur un programme de mariculture (Eckhaut et al. 2008; Robinson and Pascal 2009). Ainsi, dans la plupart des pays de

l'océan Indien occidental, l'absence de régime de gestion ciblée et la présence de réglementations inefficaces ou mal appliquées affaiblissent la contribution de cette précieuse ressource au secteur des pêches.

Résumé et recommandations

Trente-trois participants venus du Kenya, de Madagascar, du Mozambique, de Suède et de Tanzanie ont assisté à l'atelier régional qui a clôturé le projet. Parmi les participants, on comptait des gestionnaires des pêches et d'aires marines protégées, des représentants d'ONG, des professeurs d'université et des scientifiques intéressés par la gestion des ressources marines dans la région. Les participants se sont appuyés sur les informations obtenues dans le cadre du projet régional sur les holothuries, notamment sur l'analyse documentaire régionale (Conand and Muthiga 2007), plusieurs publications scientifiques élaborées dans le cadre du projet (voir liste ci-dessous) et d'autres informations pertinentes tirées des expériences diverses des chercheurs et des participants. Espace de discussion, l'atelier régional a permis de sensibiliser les institutions concernées de l'océan Indien occidental aux problèmes qui touchent les holothuries. Les participants ont reçu des documents scientifiques et d'identification utiles et une visite de terrain a été organisée pour faciliter l'acquisition de compétences concernant les méthodes de terrain adaptées aux holothuries. L'atelier a aussi servi à renforcer les réseaux et la coordination entre les participants, à savoir une composante essentielle du travail suivi qui reste à fournir dans cet espace océanique.

Les participants à l'atelier ont reconnu que les ressources en holothuries de l'océan Indien occidental sont soumises à une intense pression, que les institutions nationales manquent de capacités et que l'inefficacité des systèmes de suivi et des programmes d'application réglementaire entrave la gestion de cette pêcherie. Les participants qui travaillent dans les domaines de la conservation, des pêches et de la recherche se sont dits résolus à aider leurs institutions nationales à mettre au point des programmes de gestion (là où ils font actuellement défaut) et à étudier des façons de renforcer la gestion concrète de cette pêcherie. Les recommandations présentées ci-dessous peuvent être appliquées (à des degrés divers) dans tous les pays de l'océan Indien occidental :

1. Élaborer et mettre en œuvre des programmes appropriés d'évaluation et de suivi des stocks d'holothuries. Ces programmes peuvent s'appuyer sur des structures déjà en place au sein des services des pêches ou sur des partenariats avec les instituts de recherche et établissements d'enseignement à l'échelon local, les ONG ou les populations locales. Des statistiques sur les prises et le commerce devraient être établies pour chaque espèce, si possible, et la gestion et l'archivage des données devraient être améliorés.
2. Poursuivre la recherche sur la biologie, la pêche et le commerce des holothuries à valeur marchande dans les pays de l'océan Indien occidental. Des études sur la croissance, la mortalité et le recrutement sont essentielles à la gestion des pêches, et des efforts constants devraient être engagés pour mettre à jour les inventaires des espèces et résoudre les difficultés taxonomiques.

Tableau 4. Mesures de gestion de la pêche d'holothuries dans six pays de l'océan Indien occidental

	Kenya	Reunion	Tanzanie	Seychelles	Madagascar	Mozam- bique	Zanzibar
Lois							
Pêcherie d'holothuries	Oui (artisanale)	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui	Oui	Oui
Politique générale	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui	Oui	Oui, partiellement	Oui, partiellement
Plans de gestion	Non	Oui, partiellement	Non	proposé	Oui	Non	Non
Cadre de suivi	Oui, partiellement (données de prises)	Oui	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui, mais peu fiable	Oui, partiellement	Oui, partiellement
Collecte de données socioéconomiques	Oui, partiellement	Non	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui	Pas d'infor- mation	Oui, partiellement
Régementations et autres mesures							
Fermetures saisonnières	Non	Non	Non	Non	Oui, partiellement	Non	Non
Fermetures de certaines zones de pêche (par pêcherie et par groupe d'organismes marins)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Tailles minimales autorisées de capture	Non	Non	Oui, mais pas appliquées	Non	Non	Oui	Oui, mais pas appliquées
Programme de réensemencement	Non	Non	Non	Pas d'infor- mation	Non	Non	Non
Évaluation des stocks	Non	Oui, partiellement	Non	Oui	Oui	Oui	Non
Restriction concernant l'usage de certains engins (scaphandre autonome)	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Non
Licences (pêche et commercialisation)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Éducation et vulgarisation	Non	Non	Non	Pas d'infor- mation	Oui	Non	Non
Recherche	Oui, partiellement	Oui	Oui, partiellement	Oui, partiellement	Oui	Oui, partiellement	Non
Mariculture et autres mesures							
Volonté d'adopter	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Commercialisation	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Organisation des pêcheurs (collecteurs, négociants)	Non	Non	Oui, partiellement	Non	Non	Non	Non
Transformation (degré et qualité)	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Assurance de la qualité	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

3. Améliorer les capacités de gestion, y compris en accroissant les moyens consacrés à la surveillance, au contrôle de l'application des réglementations et à la formation. Des capacités sont particulièrement nécessaires concernant l'inspection de la filière, la collecte et le suivi des données et l'exploitation des informations scientifiques disponibles en vue d'appliquer des mesures de gestion.
4. Mettre au point des plans de gestion portant spécifiquement sur les holothuries, et y inclure des réglementations précises, notamment la réglementation de l'utilisation de certains engins, les tailles minimales autorisées, l'interdiction de pêcher à certaines périodes et à certaines profondeurs, et des totaux autorisés de capture. À l'heure actuelle, certaines espèces très cotées sont gravement surexploitées et il serait peut-être nécessaire d'interdire complètement leur pêche. Les plans de gestion proposés devraient : a) s'appuyer sur les meilleures informations scientifiques disponibles ; b) tenir compte des meilleures pratiques et du principe de précaution appliqué à la gestion des pêches ; et c) être élaborés et mis en œuvre avec la participation de toutes les parties prenantes.
5. Former les populations locales aux méthodes de récolte et de transformation des holothuries afin d'améliorer la qualité des bêtes-de-mer et de réduire les pertes engendrées par les systèmes actuels.
6. Mettre au point des programmes de mariculture afin de proposer de nouveaux moyens d'existence aux populations, de créer une activité commerciale et de réensemencer les stocks.
7. Intégrer les aires marines protégées dans une trousse à outils consacrés à la gestion de la pêche des holothuries.

En dépit des difficultés décrites ci-dessus, d'aucuns s'intéressent de plus en plus à l'amélioration de la gestion des pêches dans l'océan Indien occidental. Les inquiétudes relatives à la sécurité alimentaire, au changement climatique et au commerce à l'échelon international, ainsi qu'à la conservation de la biodiversité ont exacerbé la pression qui s'exerce sur les pouvoirs publics pour qu'ils gèrent mieux les ressources côtières et marines. Sachant que ces difficultés se posent de façon plus ou moins aiguë et fréquente selon les conditions qui prévalent dans chaque pays, il convient de définir des solutions taillées sur mesure en fonction du contexte particulier de chaque pays. Bien que les recommandations présentées ci-dessus soient génériques, si elles sont appliquées correctement, elles devraient contribuer à la réalisation de certains objectifs de développement et de gestion dans les pays de l'océan Indien occidental.

Remerciements

Les chercheurs qui ont participé à ce projet tiennent à remercier l'Association des sciences de la mer de l'océan Indien occidental pour le concours financier dont ils ont bénéficié dans le cadre du programme de subventions « Les sciences de la mer au service de la gestion ». Nous souhaitons également remercier la *Wildlife Conservation Society*, les Universités de La Réunion, de Dar-es-Salaam et de Stockholm, l'Institut halieutique et des sciences marines (IHSM), l'Institut de recherche marine et halieutique du Kenya et le service des pêches des Seychelles

d'avoir mis à notre disposition des installations de laboratoire et de terrain ainsi que des techniciens et de nous avoir aidés sous d'autres formes au cours du projet. Nos remerciements vont aussi à tous les participants à l'atelier régional qui ont accepté de partager leurs connaissances et leurs expériences.

Bibliographie

- Cherbonnier G. 1988. Echinodermes: Holothurides. Faune de Madagascar. ORSTOM 70, 292 p.
- Clark A.M. 1984. Echinodermata of the Seychelles. In: Stodart D.R. (ed). Biogeography and ecology of the Seychelles Islands. Monographiae biologicae 55:83–102.
- Conand C. 1993. Reproductive biology of the characteristic holothurians from the major communities of the New Caledonia lagoon. *Marine Biology* 116:439–450.
- Conand C. 2003. Les Echinodermes de La Réunion, Annexe 1. 129 p. In: Conand C., Chabanet P. and Gravier-Bonnet N. Biodiversité du milieu récifal réunionnais: échinodermes, poissons et hydres. Rapport au Conseil Régional.
- Conand C. 2005. Suivi de la population scissipare de *Holothuria atra* d'un récif frangeant de l'Île de La Réunion (océan Indien). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 20:22–25.
- 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. No. 516. Rome, FAO.
- Conand C. and Muthiga N.A. 2007. Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5. 66 p. [also available at: <http://www.wiomsa.org>]
- Conand C., Uthicke S. and Hoareau T. 2002. Sexual and asexual reproduction of the holothurian *Stichopus chloronatus* (Echinodermata): A comparison between La Reunion (Indian Ocean) and east Australia (Pacific Ocean). *Invertebrate Reproduction and Development* 41:235–242.
- Conand C., Muthiga N., Aumeerudy R., De La Torre-Castro M., Frouin P., Mgaya Y., Mirault E., Ochiewo J. et Rasolofonirina, R. 2006. Projet triennal sur les holothuries dans l'océan Indien Sud-Ouest: analyses nationales et régionales en vue d'améliorer la gestion. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 23:11–15.
- De la Torre-Castro M., Ochiewo J., Kithakeni Mbaga T. et Pinault M. 2007. Schéma de gestion des aspects socioéconomiques et de l'exploitation des ressources en holothuries dans l'océan Indien occidental. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 25:12–17.
- Eeckhaut I., Lavitra T., Rasolofonirina R., Rabenevanana M., Gildas P. et Jangoux M. 2009. 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.

- Gaudron S., Kohler S. and Conand C. 2008. Reproduction of the sea cucumber *Holothuria leucospilota* in the fringing reef of Reunion Island (western Indian Ocean): Biological and ecological aspects. *Invertebrate Reproduction and Development* 51(1):19–31.
- Humphreys W.F. 1981. The echinoderms of Kenya's marine parks and adjacent regions. *Zoologische Documentatie* 19:1–39.
- Kawaka J. 2009. Does protection affect reproductive strategy and fecundity in *Holothuria leucospilota*? Marine Research Grant Report.
- Kithakeni T. and Ndaro S.G.M. 2002. Some aspects of sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935) along the coast of Dar-es-Salaam. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 1:163–168.
- Kohler S., Gaudron S. and 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. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* (in press).
- 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* (Quoy and Gaimard, 1833). *Bulletin of l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique* 69:151–160, 1 pl.
- Mmbaga T.K. 2009. The ecology and management of sea cucumbers in Tanzania. PhD dissertation. University of Dar-es-Salaam, Tanzania.
- Muthiga N.A. 2006. The reproductive biology of a new species of sea cucumber, *Holothuria* (*Mertensiothuria*) *arenacava* in a Kenyan marine protected area: The possible role of light and temperature on gametogenesis and spawning. *Marine Biology* 149:585–593.
- Muthiga N.A. and Ndirangu S. 2000. Village based larviculture and stock enhancement of sea cucumbers (*Echinodermata: Holothuroidea*) on the Kenyan coast. Biodiversity Support Fund Report No. 422000.
- Muthiga N.A. and Kawaka J. in press. The breeding pattern and variations in timing and reproductive output of the commercial sea cucumber *Holothuria fuscogilva* in Kenya. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*.
- Muthiga N.A., Kawaka J. and Ndirangu S. 2009. The timing and reproductive output of the commercial sea cucumber *Holothuria scabra* on the Kenyan coast. *Estuarine Coastal and Shelf Science* (DOI:10.1016/j.ecss.2009.04.011).
- Orwa P. 2007. Population aspects of sea cucumbers (*Echinodermata: Holothuroidea*) in protected and unprotected reefs along the southern Kenya coast. Master's thesis, University of Nairobi. 130 p.
- Ramofafia C., Battaglene S.C., Bell J.D. and Byrne M. 2000. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria fuscogilva* in the Solomon Islands. *Marine Biology* 136:1045–1056.
- Rasolofonirina R. 2007. Chapter 4. Sea cucumbers in Madagascar. p. 31–40. In: Conand C. and Muthiga N.A. (eds). *Commercial sea cucumbers: A review for the western Indian Ocean*. WIOMSA Book Series No. 5, 66 p.
- Rasolofonirina R., Mara E. and Jangoux M. 2004. Sea cucumber fishery and mariculture in Madagascar: A case study of Toliara, south-west of Madagascar. p. 133–149. 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.
- 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, 1983). *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 4:61–75.
- Reichenbach N. 1999. Ecology and fishery biology of *Holothuria fuscogilva* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Maldives, Indian Ocean. *Bulletin of Marine Science* 64:103–113.
- Richmond M. 1997. A guide to the seashores of eastern Africa and the western Indian Ocean Islands. Swedish International Development Agency. 448 p.
- Robinson G et Pascal B. (2009). De l'écloserie au village – Premier programme communautaire d'holothuriculture à Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 29:38–43.
- Rowe F.W.E. and Massin C. 2006. On a new species of *Actinopyga* Bronn, 1860 (Echinodermata, Holothuroidea) from the Indo-West Pacific. *Zoosystema* 28(4):955–961.
- Samyn Y. 2003. Shallow-water Holothuroidea (Echinodermata) from Kenya and Pemba Island, Tanzania. *Studies in Afrotropical Zoology*, vol. 292. 158 p.
- Samyn Y. and Tallon I. 2005. Zoogeography of the shallow-water holothuroids of the western Indian Ocean. *Journal of Biogeography* 32:1523–1538.
- Thandar A.S. 2007. Additions to the aspidochirotid, molpadid and apodid holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) from the east coast of southern Africa, with descriptions of new species. *Zootaxa* 1414: 1–64.

Signes d'une surpêche aiguë des ressources en holothuries dans le Sultanat d'Oman

Khalfan M. Al-Rashdi¹ et Michel R. Claereboudt² *

Résumé

Une petite pêcherie artisanale ciblant l'holothurie à des fins d'exportation est apparue en 2004 dans le Sultanat d'Oman. Cantonnée à un enfoncement côtier unique de 320 km² dans la baie de Mahout, cette activité de pêche est pratiquée par quelque 400 pêcheurs, dont 50 % sont des femmes. On ne dispose de données officielles qu'à partir de la saison de pêche (octobre à mai) de 2005. Toutefois, des données empiriques donnent à penser que cette activité de pêche, quoique mineure à l'époque, a débuté dès les années 70, mais aucune donnée de prise, d'effort ou d'exportation n'est disponible pour cette période. La biomasse totale du stock était estimée en 2005 à 1 500 tonnes (t) (poids frais). L'année suivante, au moins 14,5 tonnes d'*Holothuria scabra* transformées ont été exportées vers les Émirats arabes unis, ce qui correspond à environ 145 tonnes d'individus vivants, ou quelque 10 % de la biomasse enregistrée.

D'après des entretiens avec les pêcheurs et les intermédiaires, les pêcheurs ramenaient chacun en 2005 une centaine d'holothuries à chaque sortie de pêche, contre moins de 20 en 2007, traduisant une importante pression de pêche exercée sur la ressource. Pendant le même laps de temps, la valeur d'un individu de taille moyenne de *H. scabra* est passée de 0,1 rial d'Oman (0,25 dollar des États-Unis) en 2005 à 1,5 rial d'Oman (3,75 dollars É.-U.) en 2007, et cette hausse se poursuit. Entre-temps, les pêcheurs se sont tournés vers l'exploitation massive d'une espèce moins cotée, *H. atra*. Cette espèce se vend sur le marché à 0,2 rial d'Oman (0,5 dollar É.-U.) par spécimen. En outre, l'examen des bêtes-de-mer proposées à la vente révèle qu'un grand nombre des individus pêchés sont très petits (< 6 cm une fois transformés, soit environ 12 cm chez les animaux vivants).

Ces signes tendent tous à démontrer que les populations de *H. scabra* sont en train de rapidement s'appauvrir dans la baie de Mahout, mouvement qui s'accompagne d'une hausse de la pression exercée sur d'autres espèces, telles que *H. atra*. En conséquence, le Ministère des pêches du Sultanat d'Oman a commencé une série de projets visant à surveiller l'activité de pêche des holothuries, ce qui devrait permettre au final d'élaborer un cadre réglementaire devant assurer la pérennité de la ressource. Ces projets portent notamment sur l'évaluation des techniques d'amélioration des stocks et de pacage en mer.

Introduction

Bien que les holothuries (Holothuridae) soient exploitées depuis au moins un millénaire dans les eaux entourant l'Inde, l'Indonésie et les Philippines (Conand 2004), cette activité est assez récente dans le Sultanat d'Oman (Al-Rashdi et al. 2007a). D'après ce que racontent les pêcheurs plus âgés, une pêche à très petite échelle d'*Holothuria scabra* s'inscrivait autrefois dans le cadre du cycle annuel traditionnel d'échanges entre Oman, l'Inde et l'Afrique de l'Est, mais la hausse des prises débarquées d'*H. scabra* n'a commencé qu'en 2004, année où a été mise en place une véritable exploitation commerciale de l'espèce à laquelle participent 400 pêcheurs et une poignée d'intermédiaires et d'exportateurs en vue d'exporter les captures vers les Émirats arabes unis (Al-Rashdi et al. 2007a). Cette pêche ne se pratique que dans un enfoncement côtier de la baie de Mahout le long de la côte bordant la mer d'Oman (Al-Rashdi et al. 2007b). Le tégument des holothuries est transformé sur place, puis exporté sous forme de produit séché. L'activité étant assez récente, aucune stratégie de gestion traditionnelle ou publique ne lui est encore consacrée (pêcherie à accès libre) (Charles 2001). Une brève étude effectuée en 2005 pour décrire l'état des stocks et la

structure de la pêcherie (Al-Rashdi et al. 2007a,b) donne à penser qu'il existait déjà à l'époque certains signes de surpêche dans les zones aisément accessibles aux pêcheurs.

Le présent article décrit l'état des stocks d'holothuries cinq ans après le début de leur exploitation commerciale.

Matériel et méthodes

L'étude porte sur la baie de Mahout (*Ghubbat Hashish Bay* ; 20°27' N 58°0' E), le seul secteur où la pêche d'holothuries a été observée dans le Sultanat d'Oman (figure 1). La baie semi-protégée s'étend sur à peu près 320 km² et forme la partie la plus renfoncée du Golfe de Masirah (figure 1). Dans la partie sud de la baie, la profondeur atteint un maximum de 10 mètres, mais reste inférieure à 5 mètres durant la plus grande partie de la journée. L'amplitude de la marée varie de 1,8 mètre lors de la marée de vive eau à moins d'un mètre lors de la marée de morte eau. La baie est relativement à l'abri des fortes ondes de tempête provoquées par les vents de la mousson en été. Une grande partie des fonds sablonneux de la baie est recouverte d'herbiers épars à denses composés principalement d'*Halodule uninervis* et d'*Halophila ovalis* (Al-Rashdi et al. 2007a,b).

1. Ministry of Fisheries, Aquaculture Center, PO Box 247, P.C.100, Muscat, Sultanat d'Oman. Courriel: omanaba@yahoo.com

2. Sultan Qaboos University, College of Agriculture and Marine Sciences, PO Box 34, P.C. 123, Sultanat d'Oman. Courriel: michelc@squ.edu.om

* Auteur à contacter: Michel R. Claereboudt, michelc@squ.edu.om

Au départ, nous avons envisagé d'étudier l'ensemble des six sites de pêche décrits dans l'étude d'Al-Rashdi et al. (2007a,b), mais la densité de population extrêmement faible observée en 2008–2009 ne permettait pas de dresser des comparaisons entre les sites. Au cours de chaque étude de terrain, nous avons interrogé les pêcheurs sur la durée de leurs sorties de pêche, le nombre de pêcheurs y participant, ainsi que la méthode et le lieu de collecte. Nous avons également consigné le nombre et les espèces d'holothuries prélevées. À plusieurs reprises, nous nous sommes rendus, à titre informel, sur les sites de transformation des produits afin d'enregistrer la taille et la composition par espèce des prises débarquées.

Depuis 2007 et à la suite de notre première étude, les agents des services des pêches ont été priés d'enregistrer toutes les exportations d'holothuries transformées (bêche-de-mer) au principal bureau du Ministère des pêches à Mahout.

Résultats

Entre mars 2007 et juin 2008, 15,5 tonnes d'holothuries transformées et séchées ont été exportées, d'après les données officielles, depuis la baie de Mahout. Le volume d'exportation fluctue pendant l'année, atteignant un pic en hiver et un minimum en été. Les chiffres ont varié de 3,6 tonnes par mois en janvier 2008 à 0 tonne entre juillet et octobre 2008 (figure 2). D'après les entretiens que nous avons tenus, les prix varient selon la taille et la saison, mais globalement les pêcheurs ont reçu entre 1,5 et 2 rials d'Oman (2,7–3,6 Euros) par holothurie en 2007–2008.

Nous avons observé une baisse marquée de l'abondance des holothuries. En 2008, sur l'ensemble des plongées exploratoires réalisées sur les six sites de pêche décrits dans l'étude de 2004–2005 (figure 1) (Al-Rashdi et al. 2007a), seule une à deux holothuries ont été observées durant les trente minutes de plongée, ce qui exclut toute utilisation de densités quantitatives de la population ou d'estimations de la biomasse. De même, l'inventaire de quadrats en eaux peu profondes, identiques à ceux pratiqués pour l'étude précédente (Al-Naqel, Wadsumah, Al-Eigah, Al-Shaghiah, Al-Hofnat and Ra's-Knasah), a révélé

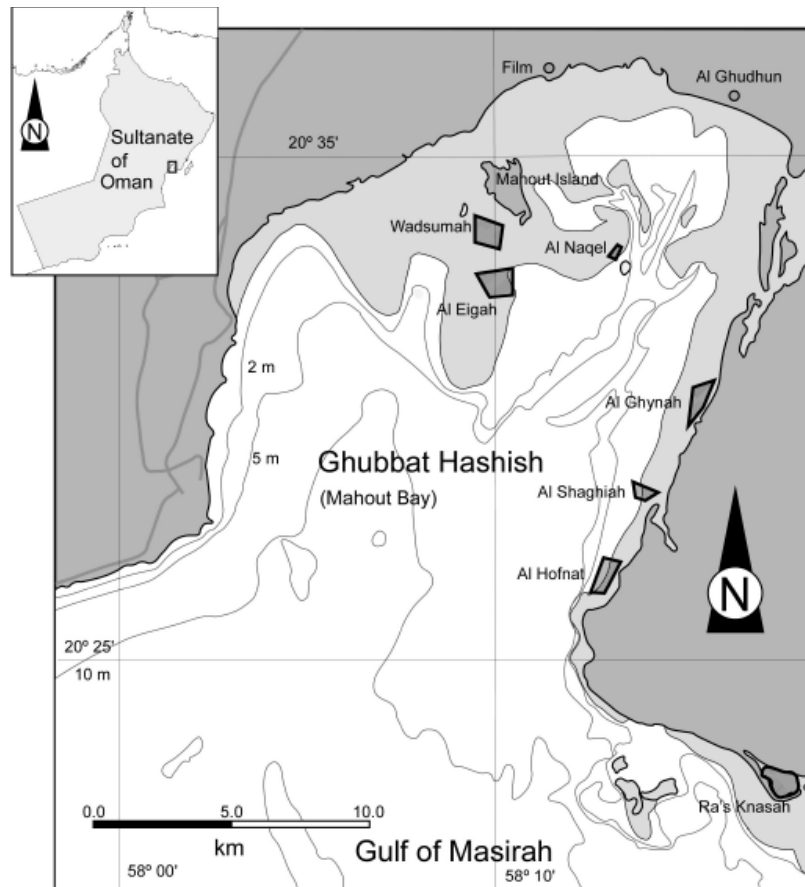


Figure 1. Baie de Mahout (Ghubbat Hashish: « baie de l'herbe ») dans le Sultanat d'Oman et principaux secteurs de pêche d'*Holothuria scabra*.

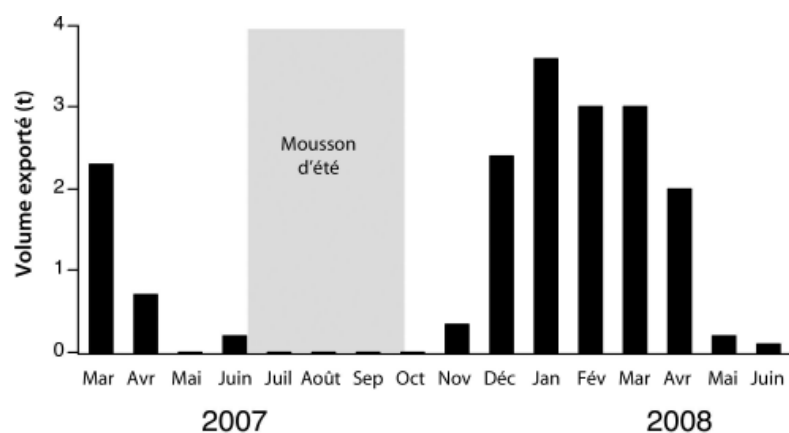


Figure 2. Volume d'*Holothuria scabra* séchée exportée depuis Oman vers Dubaï en 2007–2008. La partie grisée correspond à la période allant de juin à septembre, soit la période de mousson du sud-ouest (Khareef), pendant laquelle la plupart des pêcheurs quittent la région.

un net amoindrissement des abondances : à Ra's-Knasah, nous avons prélevé trois individus pour 200 m² et seulement un individu à Al-Naqel. Dans les quatre autres sites, aucune holothurie n'a été observée. S'agissant des prises par unité d'effort, les pêcheurs et les intermédiaires ont indiqué qu'en 2005, une sortie de pêche rapportait environ 100 holothuries par pêcheur (une sortie correspondant à 3–4 heures de marche dans des eaux peu profondes à marée basse), contre moins de 20 holothuries par pêcheur en 2007 (tableau 1). Nous avons également observé une modification des méthodes de pêche employées par les pêcheurs. En 2005 (Al-Rashdi et al. 2007b), ils pêchaient tous à pied à marée basse en période de vives eaux, mais en 2007–2008, 30 % des pêcheurs déclaraient avoir recours à du matériel de plongée libre pour attraper leurs prises. Par ailleurs, en 2005, quelque 50 % des pêcheurs étaient des femmes et des enfants, mais ce pourcentage a chuté à moins de 10 % en 2007–2008 (tableau 1).

La modification des méthodes de pêche a aussi permis aux pêcheurs d'accéder à des sites de pêche plus profonds. Dans la baie de Mahout, un site de pêche supplémentaire était exploité en 2007–2008 (Al-Ghynah : figure 1), et les pêcheurs ont également indiqué que certaines populations de *H. scabra* faisaient l'objet d'une exploitation récente à proximité du détroit de Masirah.

D'après nos observations sur les sites de transformation des produits, outre *H. scabra* (*feik al-bahar*, dont la traduction littérale est mâchoire de mer, probablement en raison de la forme en U qu'adoptent les individus de cette espèce une fois placés dans les seaux des pêcheurs), un grand nombre de bèches-de-mer étaient des individus de *H. atra* (*abu ar-Reyf*, « père de Reyf ») et *H. leucospilota* (*abu ar-Reyf naqly*, « faux *abu ar-Reyf* »). Nous avons également constaté la transformation d'un nombre important de très petits spécimens de *H. scabra* (figure 3) (< 12 cm pour l'individu frais ou < 6 cm pour l'individu transformé).

Discussion

Le recul rapide des densités de population observé entre 2005 et 2008 dans la baie de Mahout n'a rien d'exceptionnel. La plupart des populations d'holothuries qui sont sujettes à la pêche dans le monde connaissent des baisses similaires au début de leur exploitation commerciale (Conand 1997; Uthicke and Conand 2005). L'abondance de *H. scabra* constatée en 2005 était proche de celle observée en mer Rouge dans les stocks non exploités de la même espèce (Hasan 2005), et est probablement le fruit d'un écosystème très productif et d'un niveau d'exploitation proche de zéro. Le fléchissement des classes de tailles ciblées qui a été observé entre 2005 et 2008 est un indicateur du stress (ou de la surexploitation) subi par les populations. Les pêcheurs prélèvent désormais des individus de toutes tailles ou presque, y compris bien inférieures à la taille à la première ma-



Figure 3. Petits juvéniles séchés d'*Holothuria scabra* pêchés sur l'île de Mahout, octobre 2008. La pièce de 50 baisa mesure 23 millimètres de diamètre.

Tableau 1. Variation des indicateurs de la pêche d'holothuries entre 2004–2005 et 2007–2008 dans la baie de Mahout (Sultanat d'Oman)

Indicateur	2004–2005	2007–2008
Densité de population d' <i>H. scabra</i>	1000 ind. ha ⁻¹	<1 ind. ha ⁻¹
Taille ciblée	> 20 cm	Toutes tailles (dont <15 cm)
PUE (ind. h ⁻¹)*	25 ind. h ⁻¹	<5 ind. h ⁻¹
Prix obtenu par les pêcheurs	0.1–1.0 rial d'Oman	1.5–2.0 rial d'Oman
Espèce ciblée	<i>H. scabra</i>	<i>H. scabra</i> ; <i>H. atra</i> ; <i>H. leucospilota</i>
Sites de pêche	6 sites dans la baie de Mahout	7 sites dans la baie de Mahout + 2 dans le détroit de Masirah
Nombre de pêcheurs	450	150
% de femmes et d'enfants	50%	15
Méthodes de pêche	Ramassage à la main à marée basse	Ramassage à la main à marée basse (70%); plongée en apnée (30%)

* Calculé pour une sortie de pêche de quatre heures à marée basse.

turité estimée pour cette espèce (soit 160–180 mm) (Conand 1989; Hasan 2005; Kithakeni and Ndaro 2002). Les pêcheurs ont opté pour cette stratégie de pêche afin de maintenir à un niveau constant les revenus qu'ils tirent de la pêche. Toutefois, les spécimens de petite taille se vendant moins cher que les gros spécimens, il leur faut pêcher plus d'holothuries, ce qui a engendré le ramassage d'individus immatures (Richmond 1996). L'apparition récente d'espèces à faible valeur marchande (*H. atra* et *H. leucospilota*) dans les captures est révélatrice de l'état anémique de la pêcherie dans la baie de Mahout (Friedman et al. 2008). Dans l'ensemble, les valeurs des six indicateurs répertoriés par Friedman et al. (2008) donnent à penser que les ressources de *H. scabra* sont en mauvaise « santé » et que l'exploitation annuelle d'une proportion supérieure à 10 % du stock n'est pas viable à long terme (bien que les données relatives aux exportations et aux prises débarquées donnent probablement des chiffres bien en-deçà de la réalité).

Informé de ces observations, le Ministère des pêches a constitué une équipe d'experts qu'il a chargée d'élaborer une stratégie de gestion de la pêche d'holothuries à Oman. Les réglementations qui doivent voir le jour fixeront notamment à 20 cm la taille minimale de capture et prévoiront une fermeture saisonnière de la pêche (février-août). En dépit de l'application prochaine de ces réglementations, les fermetures de pêche mises à l'essai dans l'Indopacifique ont mis en évidence la lenteur de la reconstitution des stocks d'holothuries surpêchés (D'Silva 2001). Cela s'explique en partie par le fait que les holothuries émettent librement leurs gamètes dans l'eau et qu'en conséquence, leur taux de fécondation chute lorsque les densités de population sont faibles.

D'après des expériences de modélisation, il suffit que les individus soient séparés par seulement quelques mètres pour que leur contribution à la production larvaire soit quasiment nulle en raison de la dilution du sperme dans la colonne d'eau (Claereboudt 1999). Il se peut que la baisse de la densité de population provoquée par la pêche rende pratiquement impossible la reproduction pour les individus restants (effet d'Allee). En outre, la population résidant dans la baie de Mahout semble presque complètement isolée des autres populations de la même espèce et il est fort probable qu'elle pratique l'autorecrutement, ce qui augmente encore les probabilités que le recrutement ne puisse avoir lieu à l'avenir.

En plus de ces efforts axés sur la gestion des ressources, le Ministère des pêches a aussi investi dans un projet de recherche sur l'élevage aquacole des holothuries afin de remplacer ou de compléter les revenus des pêcheurs ciblant l'holothurie à proximité de Mahout, et de mettre en place une production durable et à grande échelle de bêtes-de-mer.

Bibliographie

- Al-Rashdi K.M., Claereboudt M.R. and Al-Busaidi S.S. 2007a. 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.
- Al-Rashdi K.M., Al-Busaidi S.S. and Al-Rassadi I.H. 2007b. État de la ressource en holothuries dans le Sultanat d'Oman. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 25:17–21.
- Charles A.T. 2001. *Sustainable fishery systems*. Blackwell Science, Oxford. 370 p.
- Claereboudt M.R. 1999. Fertilization success in spatially distributed populations of benthic free-spawners: a simulation model. *Ecological Modelling* 121:221–233.
- Conand, C. 1986. Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Deuxième partie: Les Holothuries. *FAO Document technique sur les pêches*. No. 272.2. Rome, FAO. 108 p.
- Conand C. 1997. Are holothurian fisheries for export sustainable? p. 2021–2026. In: Lesslos A.H. and Macintyre A.G. (eds). *Smithsonian Tropical Research Institute, Panama. 8th International Coral Reef Symposium, Panama..*
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: An international overview. p. 13–23. 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, Geneva.
- D'Silva D. 2001. La pêche d'holothuries dans le détroit de Torres. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 15:2–4.
- Friedman K., Purcell S.W., Bell J.D. and Hair C. 2008. Sea cucumber fisheries: A manager's toolbox. Australian Government. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 32 p.
- 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 the sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935), along the coast of Dar-es-Salaam. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 1:163–168.
- Richmond R.H. 1996. Introduction and overview. p. 2–6. In: Richmond R.H. (ed). *Suggestions for the management of sea cucumber resources in Micronesia. Results of the Workshop. A Regional Management Sustainable Sea Cucumber Fishery for Micronesia*. University of Guam Marine Laboratory, Technical Report 101. 75 p.
- 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.

État des lieux de la pêche des holothuries au Sri Lanka

D.C.T. Dissanayake^{1*}, Sujeewa Athukorala¹ et C. Amarasiri¹

Résumé

Le présent article propose un état des lieux préliminaire de la pêche ciblant les holothuries au Sri Lanka. Pour l'heure, la pêche se cantonne aux régions nord-ouest et est du pays. Les activités de pêche des holothuries sont fortement influencées par la mousson et quelque 4 000 à 5 000 familles en dépendent. Les principales étapes de transformation des holothuries comprennent le tri et le nettoyage, l'éviscération, l'ébouillantage, la conservation dans du sel ou l'enfouissement du produit, le deuxième ébouillantage et le séchage. La totalité des bêtes-de-mer produites sont actuellement exportées vers Singapour, Hong Kong et la Chine. La pêche est en accès libre et elle n'est régie par aucune réglementation ou principe de précaution, à l'exception de l'octroi de permis de plongée et de transport. Conscient de la nécessité de mettre en œuvre des plans adéquats de gestion en vue d'une exploitation durable des ressources en holothuries au Sri Lanka, le Centre national de recherche et de développement sur les ressources aquatiques a démarré un projet avec le concours technique de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Introduction

Le Sri Lanka est une petite île tropicale de l'océan Indien située au sud-est du sous-continent indien, à 5°55'–9°55' N et 72°42'–81°52' E. Le littoral sri-lankais s'étend sur environ 1 770 km et renferme plusieurs baies et anses peu profondes. Depuis que le Sri Lanka a déclaré sa zone économique exclusive de 200 milles en 1978, il exerce des droits souverains sur une superficie océanique de quelque 500 000 km². La pêche est pratiquée tout autour de la côte, mais principalement à l'intérieur de la plate-forme continentale, qui s'étend rarement au-delà de 40 km, avec une moyenne de 25 km, et occupe une superficie totale de 30 000 km² environ.

Comme c'est souvent le cas des pêcheries côtières, la pêche sri lankaise ciblant l'holothurie utilise principalement des engins artisanaux et contribue aux moyens d'existence des pêcheurs résidant sur le littoral. La filière sri-lankaise de la bêche-de-mer doit sa longue existence aux Chinois. D'après Hornell (1917), il semble que les holothuries transformées figuraient déjà parmi les produits acheminés vers la Chine depuis un millénaire dans le cadre des échanges pratiqués entre le sud de l'Inde, le Sri Lanka et la Chine. Toutefois, la consommation locale d'holothuries au Sri Lanka n'apparaît sur aucun registre. La bêche-de-mer est la principale marchandise produite dans le pays et l'intégralité de sa production annuelle est actuellement exportée (Dissanayake and Wijeyaratne 2007).

Matériel et méthodes

Les rapports présentés ci-après ont été rassemblés principalement durant l'année 2008. Les espèces ont été identifiées à l'aide de la clé préparée par Conand (1998) et des références bibliographiques disponibles (James 2001). La longueur et le poids de certaines holothuries à valeur marchande ont été relevés. Aux points de débarquement,

les holothuries ont été classées par espèce et la longueur totale de chaque spécimen a été mesurée à 0,1 cm près à l'aide d'un ichtyomètre. Les holothuries ont été mesurées vivantes. Avant de relever la longueur des spécimens, une légère pression a été exercée sur le corps des animaux jusqu'à ce qu'ils soient complètement droits. La longueur totale a été mesurée une fois l'animal étiré de tout son long. Le poids total de chaque individu a aussi été relevé, avant éviscération, à l'aide d'une balance de terrain.

Résultats

Situation actuelle de la pêche des holothuries et de la saison de pêche

Alors qu'une pêche d'holothuries s'était autrefois bien développée autour du Sri Lanka (Adithiya 1969; Moiyadeen 1993), elle se cantonne aujourd'hui aux régions nord-ouest (Puttlam to Mannar) et est (Trincomalee to Kalmunai) du pays (figure 1). Ces dernières années, la pêche d'holothuries au Sri Lanka a connu un essor rapide, animé par la forte demande de bêtes-de-mer sur le marché international et leur aspect lucratif. Cette activité jusque-là peu développée et non réglementée s'est ainsi convertie en une importante activité commerciale dans laquelle les pêcheurs investissent de considérables efforts. Le problème est que les populations d'holothuries présentent désormais certains signes d'épuisement (Dissanayake and Wijerathne 2007).

La pêche des holothuries au Sri Lanka est fortement influencée par les vents de la mousson pendant les moussons du sud-ouest et du nord-est, qui s'accompagnent d'une intensification de l'action des vagues et des courants et, partant, d'une augmentation de la turbidité de l'eau, ce qui empêche de repérer aisément les animaux. Par ailleurs, les précipitations de l'inter-mousson provo-

1. National Aquatic Resources Research and Development Agency (NARA), Sri Lanka

* Courriel: chami_dt@yahoo.com

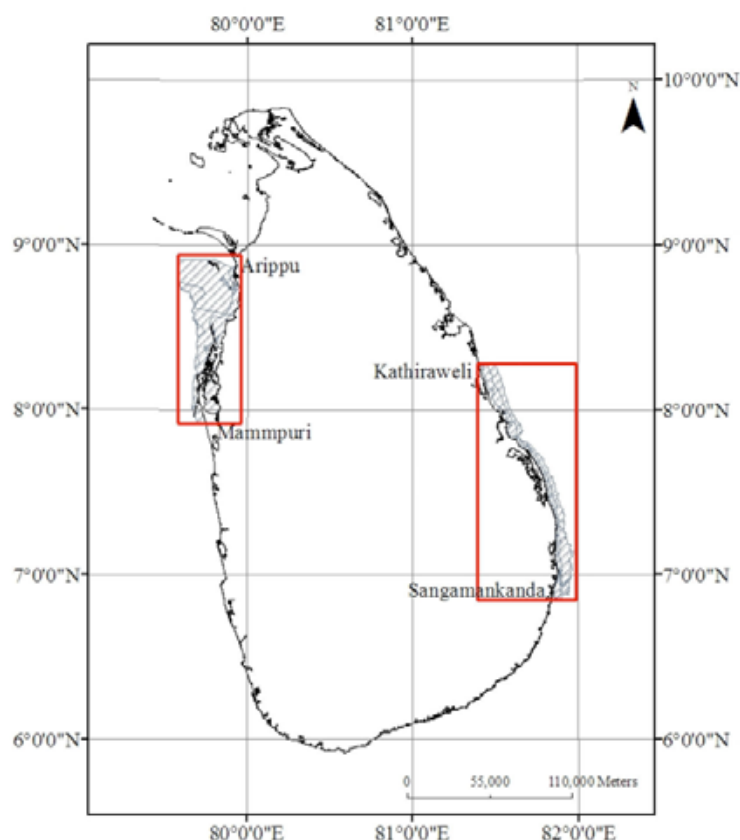


Figure 1. Le Sri Lanka et ses principaux secteurs de pêche des holothuries aux abords des côtes nord-ouest et est

quent également un déversement de l'eau de l'embouchure des fleuves vers les zones côtières, ce qui accroît la turbidité de l'eau.

Aux abords de la côte nord-ouest, de Puttlam à Mannar, l'exploitation est intensive pendant la mousson du nord-est (octobre à avril), lorsque la mousson du sud-ouest (mai à septembre) est terminée, les pluies de l'inter-mousson ont cessé et l'eau est claire. Sur la côte est, la pêche est pratiquée pendant la mousson du sud-ouest (avril à octobre). La filière n'est toutefois pas complètement à l'arrêt pendant la « trêve ».

Équipes et méthodes de récolte

Aucun engin ou filet particulier n'est utilisé pour attraper les holothuries, qui sont généralement ramassées à la main par des plongeurs autonomes ou en apnée. La plongée autonome est pratiquée dans l'ensemble des grands points de débarquement. Pour se rendre sur les sites, les pêcheurs ont principalement recours à des bateaux en plastique renforcé de fibre de verre, équipés de moteurs hors-bord de 15–25 chevaux (figure 2).

Le jour, deux à trois plongeurs et un conducteur du bateau quittent la côte à 7h30–8h00 et rentrent à terre vers 14h30–15h30. La nuit, les pêcheurs partent à 18h00 et reviennent aux petites heures du matin (2h00–3h00). Le

temps réel de pêche oscille entre deux et trois heures lors des sorties de jour comme de nuit.

Environ 4 000 à 5 000 familles sont tributaires de cette pêche pour subvenir à leurs besoins. Quelque 500 à 600 familles participent à la filière de la bêche-de-mer sur la côte nord-ouest et ont installé des établissements permanents sur les îles et les zones côtières du lagon de Puttalam. Le reste des familles s'installent sur la côte est, tandis que certaines migrent d'une zone à l'autre pendant une même saison afin de pêcher des holothuries fraîches en plongée. Ces familles s'associent à des plongeurs locaux sur la base de contrats ou travaillent pour le compte d'un négociant ou d'un producteur de bèches-de-mer.

Espèces d'holothuries observées dans les prises commerciales

Les espèces d'holothuries observées dans les captures commerciales sont répertoriées dans le tableau 1 et illustrées dans la figure 3. On retrouve trois espèces d'*Actinopyga*, sept *Bohadschia*, neuf *Holothuria*, deux *Stichopus*, deux *Thelenota* et une espèce identifiée sous le nom *Acaudina molpadioides*, ainsi qu'*Holothuria scabra*, *H. nobilis* et *H. fuscogilva*, et une espèce déjà décrite aux Seychelles et connue sous le nom de « pentard ».

Le poids moyen de chaque espèce est repris au tableau 2. En tête du classement des poids arrivent *H. fuscogilva*, *H. nobilis*, « pentard », *B. marmorata*, *S. herrmanni* et *T. ananas*, dont le poids moyen est supérieur à 1,3 kg par individu. Le poids moyen de *H. scabra* est quant à lui de 471 g.



Figure 2. Exemples de bateaux utilisés pour la pêche des holothuries.

Tableau 1. Espèces d'holothuries observées dans les captures commerciales effectuées autour du Sri Lanka.

No	Nom scientifique	Nom commun	Nom local
1	<i>Actinopyga echinites</i> *	Holothurie brune	Goma attaya
2	<i>Actinopyga miliaris</i> **	Holothurie noire	Kalu attaya
3	<i>Actinopyga mauritiana</i> **	Holothurie brune des brisants	Gal attaya
4	<i>Bohadschia argus</i> **	Holothurie leopard	Koti attaya
5	<i>Bohadschia atra</i> **		Nari nool attaya
6	<i>Bohadschia marmorata</i> **		Duburu Nool attaya
7	<i>Bohadschia similis</i> **	Holothurie de sable à taches	Line nool attaya
8	<i>Bohadschia</i> unidentified sp. 1**		Sudu nool attaya
9	<i>Bohadschia</i> unidentified sp. 2**		Kiri nool attaya
10	<i>Bohadschia</i> unidentified sp. 3**		Kiri nool attaya
11	<i>Holothuria atra</i>	Lolly	Narri attaya
12	<i>Holothuria edulis</i>	Holothurie rose	Rathu attaya
13	<i>Holothuria fuscogilva</i> *	Holothurie blanche à mamelles	Preema attaya
14	<i>Holothuria hilla</i>		
15	<i>Holothuria leucospilota</i>		
16	<i>Holothuria nobilis</i> *	Holothurie noire à mamelles	Polanga attaya
17	<i>Holothuria scabra</i> *	Holothurie de sable	Jaffna attaya
18	<i>Holothuria spinifera</i>		Disco attaya
19	<i>Holothuria</i> sp. (pentard)*		Preema bathik attaya
20	<i>Stichopus chloronotus</i> **	Holothurie verte	Dabalaya
21	<i>Stichopus hermanni</i> *	Holothurie curry	Sani attaya
22	<i>Thelenota ananas</i>	Holothurie ananas	Annasi attaya
23	<i>Thelenota anax</i> *	Holothurie géante	Poona attaya
24	<i>Acaudina molpadioides</i> **		Uru attaya

* Les noms scientifiques de ces espèces ont été confirmés par Chantal Conand et Sven Uthicke.

** Les noms scientifiques de ces espèces doivent être vérifiés.

Tableau 2. Longueur et poids (valeurs moyennes et fourchettes) des espèces d'holothuries pêchées à des fins commerciales

No	Scientific name	Longueur (cm)	Longueur moyenne (cm)	Poids (g)	Poids moyen (g)
1	<i>Actinopyga echinites</i>	13,5–30,7	22,6	374–1325	669
2	<i>Actinopyga miliaris</i>	17,2–41,3	27,6	220–4000	675
3	<i>Bohadschia marmorata</i>	19,6–56,1	33,8	150–3125	1148
4	<i>Bohadschia similis</i>	14,3–36,7	23,7	180–569	418
5	<i>Bohadschia</i> unidentified sp. 1	18,3–40,5	28,6	232–1700	730
6	<i>Holothuria atra</i>	20,5–35,4	27,3	350–1100	595
7	<i>Holothuria edulis</i>	15,9–28,5	18,3	275–450	285
8	<i>Holothuria fuscogilva</i>	25,2–46,2	35,8	1000–3200	1892
9	<i>Holothuria nobilis</i>	23,8–41,7	34,8	985–2500	1719
10	<i>Holothuria scabra</i>	11,1–29,5	18,5	107–720	471
11	<i>Holothuria spinifera</i>	10,2–32,5	18,6	147–298	238
12	<i>Holothuria</i> sp.(pentard)	26,8–39,7	33,8	965–2775	1365
13	<i>Stichopus chloronotus</i>	25,2–38,7	31,3	285–950	565
14	<i>Stichopus hermanni</i>	30,5–48,2	37,5	855–2100	1350
15	<i>Thelenota ananas</i>	30,3–50,9	39,8	1050–2900	1725
16	<i>Thelenota anax</i>	19,3–38,5	27,4	125–495	378



Figure 3. Espèces les plus souvent observées dans les captures commerciales

Transformation des holothuries

Les plongeurs utilisent soit des sacs filets, soit des fûts en plastique pour ramener les holothuries vivantes à terre. Les différentes espèces ne sont pas toutes transformées de la même façon. Malgré quelques variations d'une espèce à l'autre, la transformation se compose des grandes étapes suivantes.

1. Tri et nettoyage

Une fois que les holothuries sont transportées au point de débarquement, elles sont triées et nettoyées dans de l'eau de mer pour les débarrasser de la vase séchée, du sable et d'autres particules étrangères (figure 4a). Pendant le nettoyage, les animaux sont comprimés pour éliminer l'eau absorbée pendant leur entreposage.

2. Éviscération

Les organes internes (intestins, gonades et appareil respiratoire) sont alors extraits après une petite incision

pratiquée avec un couteau aiguisé à proximité de la face postérieure (figure 4b).

3. Ébouillantage (première cuisson)

Une fois éviscérées, les holothuries sont ébouillantées dans un tonneau propre d'une contenance de 1 000 litres. L'eau contenant les holothuries est remuée au cours de la cuisson (figure 4c). Le temps de cuisson dépend de l'espèce. Un treillis métallique est employé pour retirer le produit bouilli du tonneau.

4. Conservation dans du sel ou enfouissement

Le produit bouilli (figure 4d) est soit conservé dans du sel, soit enfoui dans du sable humide pour activer la décomposition bactérienne. Le temps de conservation dépend de l'espèce.

5. Ébouillantage (deuxième cuisson)

Toutes les espèces sont une deuxième fois ébouillantées afin d'éliminer toute présence bactérienne, néfaste à la couche externe du produit.



4a. Tri des holothuries



4b. Extraction des organes internes



4c. Cuisson des holothuries



4d. Holothuries bouillies



4e. Préparation pour le séchage



4f. Séchage au soleil sur des nattes en jute

Figure 4. Principales étapes de transformation des holothuries

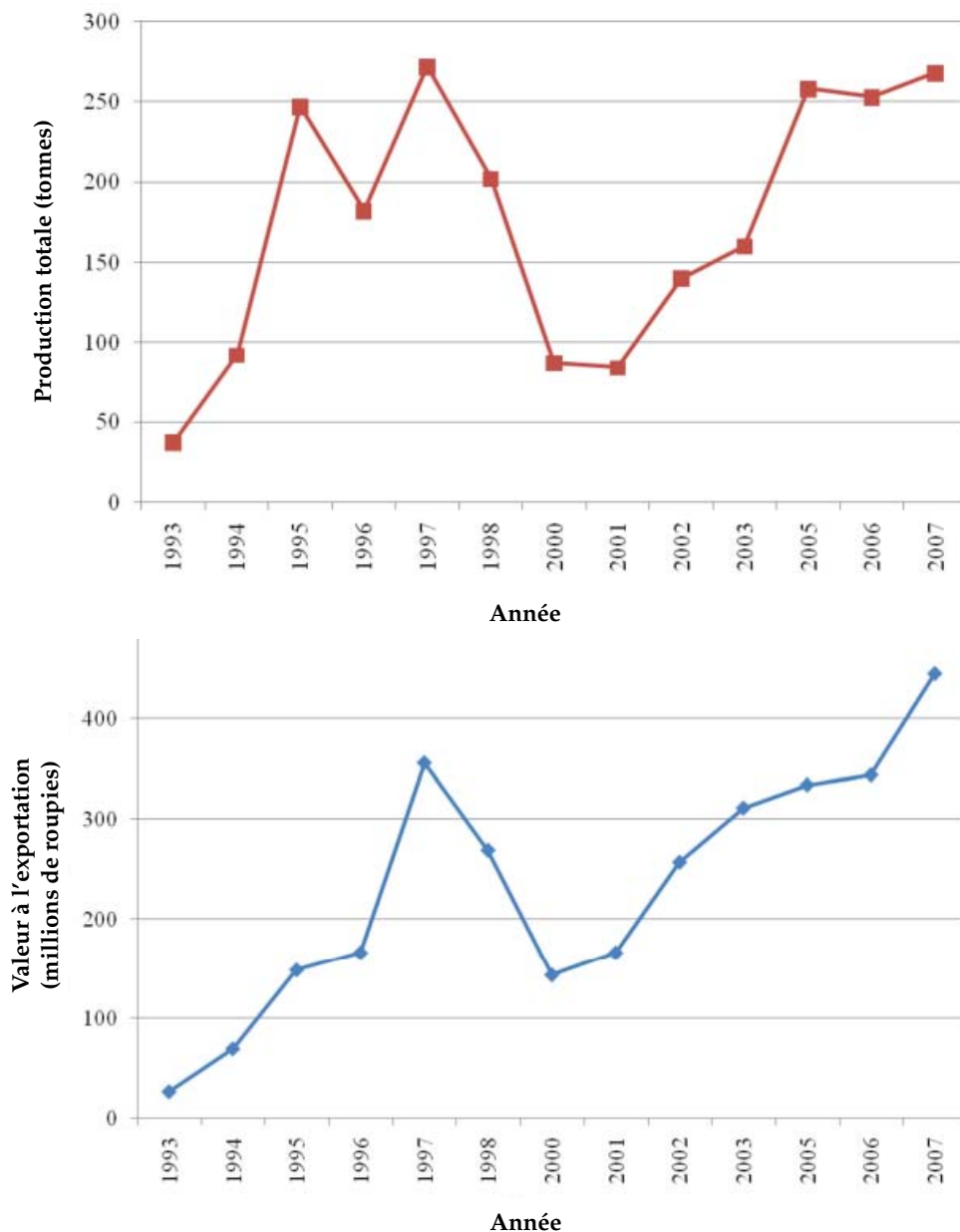


Figure 5. Production annuelle de bêche-de-mer (en tonnes) et valeur à l'exportation (en millions de roupies). Source : statistiques halieutiques 2007, Service des pêches.

6. Séchage

Le séchage est l'une des opérations les plus importantes lors de la production des bèches-de-mer. On préférera le séchage au soleil au fumage. Le séchage au soleil est assez courant et les holothuries bouillies sont transférées sur des plateaux de séchage ou des nattes où elles sèchent à l'air libre (figures 4e, 4f)

Commerce et exportation des bèches-de-mer

Aucun écrit ne mentionne la consommation de bèches-de-mer au Sri Lanka. Bien que ce soit la principale marchandise produite dans le pays, l'intégralité de la production annuelle est actuellement exportée vers Singapour, Hong Kong et la Chine. Les mécanismes d'importation et de réexportation, le manque d'informations suivies sur les exportations annuelles et

l'absence de bases de données statistiques permettant de suivre les prises et l'effort sont autant d'éléments qui expliquent qu'il est difficile d'estimer avec précision la production de bèches-de-mer. À partir des données disponibles, les graphes générés à la figure 5 représentent la production annuelle de bèches-de-mer (en tonnes) et les recettes en devises étrangères engrangées. La production annuelle de bêche-de-mer a progressivement augmenté de 1993 à 1997, année où elle a connu un pic ; elle a ensuite accusé un recul de 1997 à 2001 pour repartir à la hausse de 2001 à 2007. Les recettes d'exportation ont oscillé entre 100 et 400 millions de roupies sri-lankaises de 1993 à 2007,² suivant la même tendance ascendante que la production. Faute de procédure adéquate de collecte de données sur les holothuries, il est impossible de décomposer la production annuelle totale par espèce.

Régime de gestion

La pêche est à accès libre et n'est soumise à aucune réglementation ou application du principe de précaution, à l'exception d'un système de permis de plongée et de transport et de l'interdiction d'exporter les cargaisons si elles contiennent plus de 200 produits par kg (mesure visant à éviter la pêche de spécimens immatures). Dans l'ensemble, la pêche opère pratiquement en roue libre. Récemment, les stocks ont montré certains signes d'épuisement, notamment une baisse du volume d'espèces à forte valeur marchande et le fait que les pêcheurs doivent élargir le champ de leurs recherches, et l'on a commencé à s'inquiéter pour la durabilité de cette pêche.

Au Sri Lanka, la recherche sur les holothuries ou sur toute autre espèce d'échinoderme en est encore à un stade embryonnaire. Il convient d'effectuer de vastes recherches sur la biologie de la reproduction et l'écologie des holothuries, ainsi que de déterminer l'état des stocks, avant de pouvoir élaborer et mettre en œuvre un plan de gestion visant l'exploitation durable de la ressource.

Conscient de la nécessité de mettre en œuvre des plans adéquats de gestion en vue d'une exploitation durable des ressources en holothuries au Sri Lanka, le Centre national de recherche et de développement sur les ressources aquatiques a démarré un projet avec le concours technique de la FAO. Financé par l'Agence canadienne de développement international (ACDI) et le Fonds international de développement agricole (FIDA), le projet devrait se poursuivre pendant trois ans (à compter de 2008).

Le projet vise les activités suivantes :

- Mener des enquêtes dépendantes et indépendantes de la pêche dans les principaux secteurs de pêche des holothuries afin de déterminer l'état de leurs stocks ;
- Mettre en œuvre des plans de gestion adaptés (fondés sur les résultats des enquêtes) de sorte à assurer une exploitation durable des ressources en holothuries, en comptant sur la participation active des communautés qui sont directement engagées dans les activités de pêche ;
- Dispenser une formation suffisante aux chercheurs du NARA pour leur permettre d'effectuer et de superviser des enquêtes sur les holothuries dans d'autres parties du pays.

La première phase de l'enquête indépendante est à présent terminée pour les côtes nord-ouest et est du Sri Lanka et la seconde phase a débuté fin mai 2009. Les enquêtes dépendantes de la pêche ont aussi été effectuées en 2008 et se poursuivent. Ces activités d'enquête ont été conçues par le personnel de recherche, en suivant les conseils de Brian Long, biologiste préposé aux enquêtes internationales recruté pour les besoins du projet.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la FAO, l'ACDI et le FIDA pour le soutien technique et financier qu'ils ont apporté au projet. Nous avons aussi beaucoup apprécié l'aide que nous ont accordée Chantal Conand et Sven Uthicke en confirmant l'identification des espèces. Nos remerciements vont également à HSG Fernando (coordonnateur national du projet), à Brian Long (biologiste préposé aux enquêtes internationales) et à tous les chercheurs de la Division des ressources biologiques marines du NARA pour l'assistance qu'ils nous ont prêté pour le travail de terrain.

Bibliographie

- Adithiya L.A. 1969. Bêche-de-mer in Ceylon. Spolia Zeylan. Bulletin of the National Museum, Ceylon 31(2):405-412.
- Conand C. 1998. Holothurians. p. 1157-1190. In: Carpenter K. and Niem V. (eds). FAO species identification guide. The marine living resources of the Western Central Pacific. Vol. 2 cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks. FAO. Rome.
- Dissanayake D.C.T. and Wijeyaratne M.J.S. 2007. Studies on the sea cucumber fishery in the north western coastal region of Sri Lanka. Sri Lanka Journal of Aquatic Science 12:19-37.
- Hornell J. 1917. Indian beche-de-mer industry: Its history and recent revival. Madras Fisheries Bulletin 11(4):119-150.
- James D.B. 2001. Twenty sea cucumbers from seas around India. Naga, The ICLARM Quarterly 24:4-8.
- Moiyadeen N.M. 1993. The biannual reproductive activity in *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). The most abundant commercial holothuroid of the northwestern coastal waters. Annual Scientific Session, NARA. p. 123-129.

Méthodes de ramassage et de transformation des holothuries : quelle est leur incidence sur la qualité et la valeur des bêtes-de-mer produites aux Îles Fidji ?

Ravinesh Ram,¹ Kim Friedman² et Milika Naqasima Sobey³

Extrait de : Ram R., Friedman K. and Sobey M. N. 2008. Impacts of harvest and post harvest processing methods for quality and value of bêche-de-mer in Fiji Islands. The 11th Pacific Science Inter-Congress in conjunction with 2nd symposium of French research in the Pacific. Tahiti. 129 p.

Résumé

Au moins 18 espèces d'holothuries à valeur marchande sont exploitées aux Îles Fidji. Les principales espèces ciblées sont *Holothuria fuscogilva*, *H. whitmaei* et *H. scabra*, bien que l'exportation de cette dernière soit actuellement interdite aux Fidji. La présente étude porte sur l'incidence des méthodes de transformation sur la qualité et la valeur des bêtes-de-mer produites aux Îles Fidji. Les conclusions de l'étude révèlent que le recours à des méthodes inadéquates de transformation contribue sensiblement à la baisse de la valeur des bêtes-de-mer séchées. Le fait que les pêcheurs connaissent et comprennent mal les techniques de transformation y est pour beaucoup dans cette dépréciation du produit. Le premier ébouillantage après ramassage, une incision et/ou éviscération mal pratiquée, le fumage et la récolte de spécimens immatures sont autant de problèmes majeurs qui se posent dans le cycle de transformation des animaux, ce qui se traduit par une dévalorisation du produit obtenu. Il apparaît que *H. fuscogilva*, *Stichopus herrmanni* et *S. chloronotus* sont des espèces plus difficiles à manipuler après leur capture et au cours de leur transformation. La qualité médiocre des produits échangés par les pêcheurs est synonyme d'une perte de revenus de 20 à 30 % par rapport au prix maximal qu'ils peuvent obtenir de produits bien transformés. Il est essentiel de bien connaître la biologie de la reproduction des espèces d'holothuries à valeur marchande et de gérer efficacement ces ressources si l'on veut assurer à l'avenir une production durable de bêtes-de-mer aux Îles Fidji.

Introduction

La pêche des holothuries représente une importante source de revenus pour les populations côtières du Pacifique (Polon 2001). Aux Îles Fidji, la pêche des holothuries et le commerce des bêtes-de-mer ont débuté au moment où le commerce de bois de santal a commencé à fléchir (Ward 1972). En général, la bêche-de-mer est consommée par les communautés asiatiques pour ses subtilités gastronomiques et ses vertus médicinales. La bêche-de-mer est le nom donné à l'holothurie séchée (*iriko* en japonais, *hai-som* en chinois ou *trepang* en indonésien) (Bumrasarinpai 2006; Lo 2005).

Sur un total de 1 200 espèces connues aujourd'hui, de 24 à 35 espèces environ sont exploitées à des fins commerciales (Jun 2002; McElroy 1990; Conand 1989; Nair 2003). Parmi ces dernières, les espèces prisées par les marchés asiatiques appartiennent aux genres *Holothuria* (Jun 2002), *Actinopyga*, *Bohadschia*, *Stichopus* et *Thelenota*. Les espèces du genre *Holothuria*, telles que *H. scabra* (holothurie de sable), *H. fuscogilva* (holothurie blanche à mamelles) et *H. whitmaei* (holothurie noire à mamelles), figurent parmi les plus prisées (Holland 1994) et les plus cotées sur les marchés asiatiques. Un produit bien séché de classe A se vend à 70–190 dollars des États-Unis le kilogramme, selon sa taille et sa qualité (McCormack 2005).

La transformation de l'holothurie en bêche-de-mer consiste en une séquence simple d'actions qui permettent de convertir l'holothurie fraîche vivante en un produit séché non périssable. Après avoir été ramassée, l'holothurie doit être ébouillantée une première fois, incisée et éviscérée, ébouillantée une seconde fois, fumée et enfin séchée au soleil (CPS 1995; Sachithanathan et al. 1985; Seeto 1994). Quoique simples, ces étapes demandent une attention constante si l'on veut que le produit final séché soit standard et possède une forme et une texture adéquates. Si ces étapes ne sont pas suivies correctement, la qualité finale du produit en pâtit, ce qui se traduit par une dépréciation sensible du produit fini (SPC 1994).

D'après des études menées dans la région de Verata (Îles Fidji), il est nécessaire d'améliorer les techniques de transformation des holothuries (Chamberlain 2002). Les intermédiaires chinois qui rachètent les produits de la mer de cette région des Fidji ont appelé à une amélioration des techniques de transformation des bêtes-de-mer tant dans cette région que dans d'autres parties du pays, pour éviter la perte considérable de revenus liée à la commercialisation de produits de qualité inférieure. Dans la même veine, les conclusions des travaux menés par Jun aux Philippines (2002) ont révélé que les produits encore humides, informes ou à moitié cuits après

1. Faculty of Science, Technology and Environment, University of the South Pacific, P.O.Box 1168, Suva, Îles Fidji.
Courriel: ravineshram@gmail.com

2. Principal Research Scientist, DEC Marine Program, Australie occidentale. Courriel: jesswillow@gmail.com

3. Faculty of Science, Technology and Environment, University of the South Pacific, P.O. Box 1168, Suva, Îles Fidji.
Courriel: sobey_m@usp.ac.fj

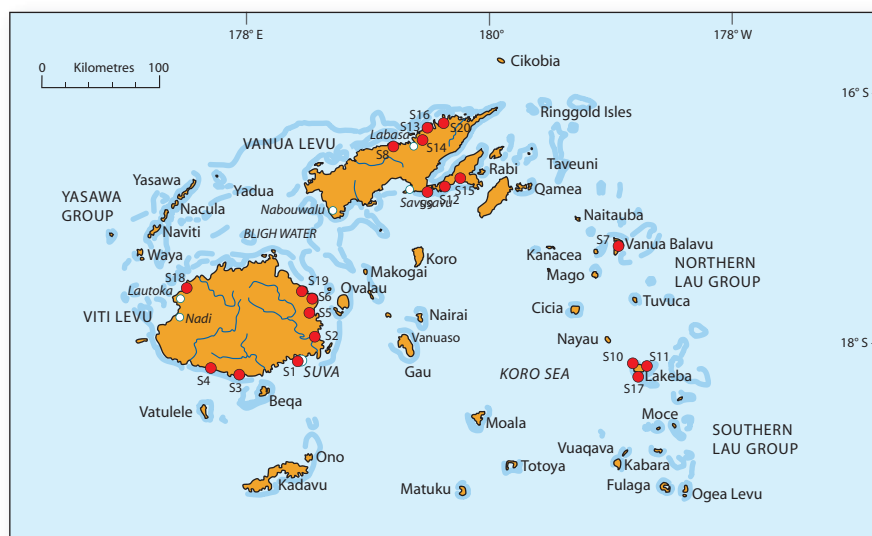


Figure 1. Sites des Îles Fidji couverts pour la collecte des données

transformation étaient soit refusés, soit classés dans la catégorie B, qui rapporte aux pêcheurs locaux 40 % du prix maximum offert par les intermédiaires pour un produit bien transformé.

Matériel et méthodes

Site étudié

L'étude a été menée aux Îles Fidji (figure 1) entre août 2006 et juillet 2007.

Vingt-et-un sites ont été retenus sur les côtes est et ouest de Viti Levu, les côtes nord et sud de Vanua Levu et deux îles de l'archipel périphérique de Lau (Vanua Balavu et Lakeba). Sur ces deux îles opèrent deux intermédiaires majeurs qui rachètent les produits vendus sur les autres îles de l'archipel de Lau. Ainsi, les données obtenues pour ces deux îles sont représentatives de tout l'archipel. En effet, l'équipe a interrogé les pêcheurs des autres îles et analysé leurs captures lorsque ces pêcheurs sont allés vendre leurs produits frais ou séchés aux intermédiaires. En revanche, pour les deux îles principales des Fidji, l'équipe est allée directement rencontrer les pêcheurs dans leur village pour recueillir des données sur le ramassage et la transformation.

Recueil de données

Les données relatives à la pêche des holothuries aux Îles Fidji ont été rassemblées à partir de sources documentaires consultées en bibliothèques et sur Internet, tandis que les informations concernant les principaux enjeux, dont la valorisation des produits, ont été obtenues via des entretiens structurés et non structurés et des questionnaires distribués aux pêcheurs dans divers sites (n = 21) à travers les Fidji, aux agents du service des pêches du Ministère des pêches et des forêts et aux principaux exportateurs de bêtes-de-mer. Les données obtenues au-

près des pêcheurs et des agents commerciaux concernent notamment les éléments suivants :

- Lieu de collecte
- Nombre d'heures consacrées à la pêche
- Moment et/ou saison de pêche
- Espèces couramment ramassées
- Méthode d'entreposage en mer
- Méthodes de transformation des holothuries
- Étapes difficiles de la transformation
- Espèces difficiles à transformer ou à manipuler

Des questionnaires ont été élaborés et distribués aux groupes cibles. Pour les entretiens et l'analyse des captures, les principaux groupes ciblés étaient les pêcheurs artisanaux d'holothuries (n = 86), les intermédiaires (n = 8) et les principaux exportateurs de bêtes-de-mer (n = 5), mais pour les besoins de l'étude, seul un exportateur (*Star Dragon Co Ltd*, dont le siège est à Suva, aux Fidji) a participé à l'ensemble de l'étude. Pour identifier les holothuries, une carte d'identification et des photos des espèces ont été montrées aux pêcheurs et aux acheteurs au cours de la collecte des données.

Résultats et discussion

La bête-de-mer est produite à l'issue d'une série d'étapes qui permettent de convertir l'holothurie périssable en un produit séché. La transformation se divise en plusieurs étapes : premier ébouillantage, incision et éviscération, salage, deuxième ébouillantage, fumage, troisième ébouillantage et séchage au soleil. Les pêcheurs abrègent et modifient quelque peu cette séquence pour engranger plus rapidement des revenus, mais sautent ainsi des étapes fondamentales, indispensables à la production d'une bête-de-mer de bonne qualité. Les pêcheurs ont indiqué que *Stichopus herrmanni*, *S. chloronotus* (ananas vert) et *H. fuscogilva* (holothurie blanche à mamelles) figuraient parmi les espèces les plus difficiles à valoriser.

Selon eux, il est particulièrement malaisé de préserver la qualité de *H. fuscogilva*, espèce très cotée, et la transformation de *S. herrmanni* et de *S. chloronotus* est compliquée par la fragilité du tégument et de la chair des individus. Lors du premier ébouillantage, la chair de ces deux espèces se désintègre. Les pêcheurs ont donc choisi de réduire au minimum leurs captures d'ananas vert et de *S. herrmanni*. L'omission d'importantes étapes de transformation nuit également à la qualité (figure 2) et à la valeur du produit séché sur les marchés internationaux. Parmi les problèmes de qualité observés chez les bèches-de-mer, on compte :

- Petite taille des individus de toutes espèces.
- Incision et éviscération mal pratiquées (le produit séché présente un contenu intestinal encore intact).
- Produit séché ne présentant pas une forme cylindrique esthétique, sachant que l'aspect du produit influe beaucoup sur sa classification.
- Produits brûlés.
- Produits contaminés par du sable et de la poussière au moment du conditionnement à l'entrepôt des agents qui rachètent les produits de la mer.

D'après les conclusions de notre étude, parmi les espèces à valeur faible à moyenne (*Bohadschia*, *Stichopus herrmanni*, holothurie géante, holothurie léopard, *Holothuria atra* et holothurie brune), on trouve une proportion supérieure de produits mal transformés de moindre qualité. L'application de techniques inappropriées de valorisation se solde par une dépréciation de l'ordre de 10 à 45 % pour l'ensemble des espèces traitées. Les pourcentages varient d'une région du pays à l'autre, selon la technique de transformation utilisée. Cette dévalorisation s'explique principalement par le fait que les pêcheurs omettent certaines étapes fondamentales de transformation (première cuisson, incision et éviscération, et séchage).

Les espèces à forte valeur marchande qui pourraient apporter d'intéressantes recettes au pays sont en fait cotées à moindre prix en raison de problèmes de qualité et sont classées par les marchés internationaux parmi les produits de classe B, plutôt que de classe A. Le prix obtenu par les acheteurs basés à Fidji se répercute aussi sur le prix offert aux pêcheurs locaux d'holothuries. L'écart est

souvent de 10–20 % par rapport au cours international du produit et 20–30 % du prix maximum que peuvent obtenir les pêcheurs.

Conclusion

Les problèmes de qualité des bèches-de-mer liés à la récolte et à la transformation des holothuries aux Îles Fidji persisteront tant que la filière ne sera pas régie par une réglementation correctement appliquée. Pour gagner de l'argent rapidement, les pêcheurs accélèrent la transformation et négligent certaines étapes essentielles, au détriment de la qualité et de la valeur du produit fini. Le fumage et le premier ébouillantage leur semblent compliqués, ces deux étapes expliquant la qualité médiocre des produits en provenance des Îles Fidji. Les lacunes des méthodes de transformation se traduisent également par un aspect inesthétique du produit fini (déformé ou tordu) ou par la présence de particules dans le produit (sable présent dans les cavités intestinales) et une dégradation du produit alimentaire liée à de mauvaises conditions d'entreposage. Ces défauts de transformation font que le produit est déclassé de la catégorie A aux catégories B, C ou D. Il est nécessaire de faire davantage de recherches sur l'incidence des méthodes de transformation sur la qualité des bèches-de-mer produites aux Îles Fidji, et d'étudier des façons de valoriser les produits exportés. Le déclasserment du produit final justifie également que les pêcheurs prennent immédiatement conscience du problème et bénéficient de formations visant à améliorer les méthodes de transformation et la qualité des bèches-de-mer produites aux Îles Fidji.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique qui a dégagé les fonds nécessaires pour que le projet puisse être clôturé avec succès. Nous remercions les villageois et les pêcheurs d'holothuries de tout le pays pour toutes les informations qu'ils nous ont fournies. Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance aux fonctionnaires du Ministère des pêches et des forêts des Îles Fidji qui nous ont apporté leur soutien.



Figure 2. Bèches-de-mer mal transformées destinées à l'exportation au départ de Fidji

Bibliographie

- Bumrasarinpai R. 2006. Overview of issues on concerned aquatic species under the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). Regional technical consultation on international fisheries related issues. WP 03.
- Chamberlain T. 2002. Needs assessment and strategy: Post harvest fisheries development project, Marine Studies Program, University of the South Pacific, Fiji.
- Conand C. 1989. The fishery resources of Pacific Island countries. Part 2. Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper, No. 272.2. Rome, FAO. 143 p.
- CPS. 1995. Holothuries et bêche-de-mer dans le Pacifique tropical: un manuel à l'intention des pêcheurs. Commission du Pacifique Sud, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. 51 p.
- Holland A. 1994. Tendances récentes de l'exploitation de la bêche de mer dans les Îles Salomon. Étude de quelques options de gestion. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 6:2-9.
- Jun A. 2002. Le point sur l'exploitation de la bêche-de-mer aux Philippines. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 17:17-21.
- Lo T.H. 2005. L'évaluation des caractéristiques de la bêche-de-mer par échelonnement. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 20:34-37.
- McCormack C. 2005. Annual Status report: 2005. Moreton Bay Development beche-de-mer fishery observer report, 2004/2005. Department of Primary Industries and Fisheries, Brisbane, Australia.
- McElroy S. 1990. Beche-de-mer species of commercial value, an update. SPC Beche de mer Information bulletin 2:2-7.
- Nair V. 2003. Fiji Islands marine ecoregion: An overview of outstanding biodiversity, threats and opportunities and key stakeholders for conservation. WWF Fiji programme. 19 p.
- Polon P. 2001. The Papua New Guinea national beche-de-mer fishery management plan. p. 205-220. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Fisheries Technical Paper 463.
- Sachithanathan K., Osman S.S., Mlay M. and Schoemaker R. 1985. Report on the national workshop on fish handling in Zanzibar, United Republic of Tanzania and report on the Tanzania/ SWIOP national workshop on beche-de-mer processing. National workshop on fish handling. p. 45-83.
- Seeto J. 1994. The reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria atra* Jaeger 1833 (Echinodermata: Holothuroidea) in Laucala Bay, Fiji with notes on its population structure and symbiotic associations. Masters thesis. University of Otago.
- Ward P. 1972. The Pacific beche-de-mer with special reference to Fiji. p. 2-15. In: Dough M. (ed). Beche-de-mer and sandalwood trade in Fiji. Masters thesis. Macquarie University. Department of History. School of general studies.

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

Thierry Lavitra,^{1,2} Nicolas Fohy,^{1,2} Pierre-Gildas Gestin,¹ Richard Rasolofonirina^{1,2} et Igor Eeckhaut^{1,3}

Résumé

Dans le présent article, des données recueillies par Madagascar Holothurie Société Anonyme sont analysées dans le but de déterminer l'effet de la température de l'eau sur la survie et la croissance en bassin des juvéniles d'*Holothuria scabra*. L'article décrit également une expérience réalisée à l'aide d'un système permettant de chauffer l'eau des bassins en saison fraîche (avril-août). Notre étude montre que bien que la température de l'eau n'influe pas sur la survie des juvéniles endobenthiques de *H. scabra*, elle a une forte incidence sur leur croissance. Nous recommandons vivement l'utilisation d'un système d'ombrage des bassins aquacoles en saison chaude (septembre-mars) et d'un système de chauffage, tel qu'une serre, en saison fraîche.

Introduction

À la ferme aquacole de Madagascar Holothurie Société Anonyme (MHSA), située à Belaza (Eeckhaut et al. 2008), des juvéniles d'*Holothuria scabra* mesurant 0,8 cm de long (0,03 g) ont été transférés de l'écloserie à des bassins extérieurs dont le fond est recouvert d'une fine couche de sédiments prélevés dans le milieu naturel (herbier). Les juvéniles sont restés dans les bassins pendant environ deux mois jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille moyenne de 7 cm (15 g), et ont ensuite été transférés dans des enclos de mariculture contenant des plantes marines.

Dans les bassins, plusieurs facteurs ont eu une influence sur la croissance des juvéniles de *H. scabra* :

- qualité des aliments, qui peut être « enrichie artificiellement » (Rasolofonirina 2004; James 1994, 1999) ;
- photopériode (Pitt and Duy 2004) ;
- saison (Lavitra 2008) ;
- qualité des sédiments (James 1994; Lavitra 2008) ; et
- densités d'élevage (Battaglene 1999; Pitt and Duy 2004; Lavitra 2008).

La température de l'eau joue un rôle charnière dans les activités biologiques des holothuries (Wolkenhauer 2008; Battaglene et al. 1999; Mercier et al. 1999; Purcell and Kirby, 2005).

Le présent article propose une analyse des données enregistrées par MHSA (de décembre 2008 à octobre 2009) dans le but de déterminer l'effet de la température de l'eau sur la survie et la croissance des juvéniles de *H. scabra* et présente un système adéquat de chauffage des bassins aquacoles en saison fraîche.

Matériel et méthodes

Prégrossissement de *H. scabra* à MHSA

Les juvéniles ont été transférés de l'écloserie aux bassins extérieurs à Belaza (23 km au sud de Toliara) à l'âge de deux à trois mois (stade larvaire compris), lorsqu'ils mesuraient 0,8 cm de long et pesaient 0,03 g. Les bassins en béton mesurent 8 m de long et 4 m de large (32 m²). Le fond de chaque bassin est recouvert d'une fine couche de sédiments prélevés d'un herbier. L'eau est renouvelée chaque semaine tandis que les sédiments sont maintenus dans les bassins pendant l'intégralité des deux mois de grossissement (les sédiments ne sont pas rejetés).

Les paramètres pouvant influencer la survie et la croissance des juvéniles de *H. scabra* ont été surveillés de décembre 2008 à octobre 2009 dans les bassins aquacoles. Ces paramètres ont été relevés quotidiennement (à 15h00) et une moyenne mensuelle a été calculée.

Effet de la température de l'eau sur la survie et la croissance des juvéniles de *H. scabra*

Pour pouvoir étudier l'effet de la température de l'eau sur la survie et la croissance des juvéniles de *H. scabra*, les essais analysés ont été effectués dans des conditions d'élevage identiques :

- salinité de l'eau : $33 \pm 0,6$ ‰
- densité initiale d'élevage : 700 individus bassin⁻¹ (22 individus m⁻²)
- volume sédimentaire : 0,6 m² (couvrant une profondeur de 2 cm)

1. MHSA (Madagascar Holothurie Société Anonyme), C/O IHSM, (601) Toliara-Madagascar.

2. IHSM (Institut Halieutique et des Sciences Marines, Route du Port Mahavatsy-II, (601) Toliara-Madagascar.

3. Service de Biologie marine, Université de Mons-Hainaut, 7000-Mons, Belgique.

* Courriel : lavitra_thierry@yahoo.fr

Au total, 16 essais (du 5 décembre 2008 au 5 octobre 2009) ont été analysés et regroupés dans trois catégories de températures : T1 ($28 \pm 0,6^\circ\text{C}$: 5 essais), T2 ($30 \pm 0,2^\circ\text{C}$: 3 essais) et T3 ($31 \pm 0,3^\circ\text{C}$: 8 essais). Vers la fin du premier cycle d'élevage (un mois), les juvéniles présents dans chaque bassin ont été dénombrés, leur poids moyen a été calculé et les rendements obtenus pour chaque catégorie de températures ont été comparés.

Systèmes de chauffage de l'eau en saison fraîche

En saison fraîche, une serre fabriquée à partir de revêtement plastique étendu à l'aide d'un cadre (figure 1) a été installée au-dessus de chaque bassin. Afin d'en déterminer les effets sur le rendement de production, on a équipé un bassin sur deux d'une serre. La température de l'eau a été relevée quotidiennement et les rendements obtenus après cette phase aquacole ont été comparés. L'expérience a duré 39 jours (du 15 juin 2009 au 23 mai 2009).

Résultats

Température et salinité dans les bassins d'élevage

La température de l'eau dans les bassins d'élevage était généralement élevée (plus de 26°C) tout au long de l'année (figure 2A). De septembre à mars (saison chaude), la température de l'eau était supérieure à 30°C et, d'avril à août (saison fraîche), elle restait inférieure à 30°C . La salinité s'est stabilisée autour d'une moyenne de 34‰ (figure 2B), sauf en mars 2009 (32‰) lorsque la salinité a baissé après le passage d'un cyclone et des fortes précipitations qui l'ont accompagné.

Effet de la température de l'eau sur la survie et la croissance des juvéniles de *H. scabra*

Les résultats montrent que la température de l'eau n'a eu aucun effet sur la survie des juvéniles endobenthiques de *H. scabra* ($p = 0,156$). Après un mois passé dans les bassins, les juvéniles affichaient des taux de survie de 94, 97 et 92 pour les températures de 28°C , 30°C et 31°C respectivement. En revanche, leurs taux de croissance se sont retrouvés fortement influencés par la température de l'eau. Un écart significatif a été observé entre les juvéniles placés dans une eau à 28°C et ceux placés dans une eau à 31°C ($p = 0,005$). Les taux de croissance étaient respectivement de $0,09 \pm 0,05 \text{ g j}^{-1}$, de $0,193 \pm 0,053 \text{ g j}^{-1}$ et de $0,379 \pm 0,168 \text{ g j}^{-1}$, pour les bassins à 28°C , 30°C et 31°C (figure 3). La croissance des juvéniles de *H. scabra* connaît une hausse exponentielle lorsque la température de l'eau monte et est significative sur le plan statistique ($p < 0,001$). Plus la température est élevée, plus la croissance est soutenue (figure 3).



Figure 1. Bassin extérieur avec serre.

Effet de la serre

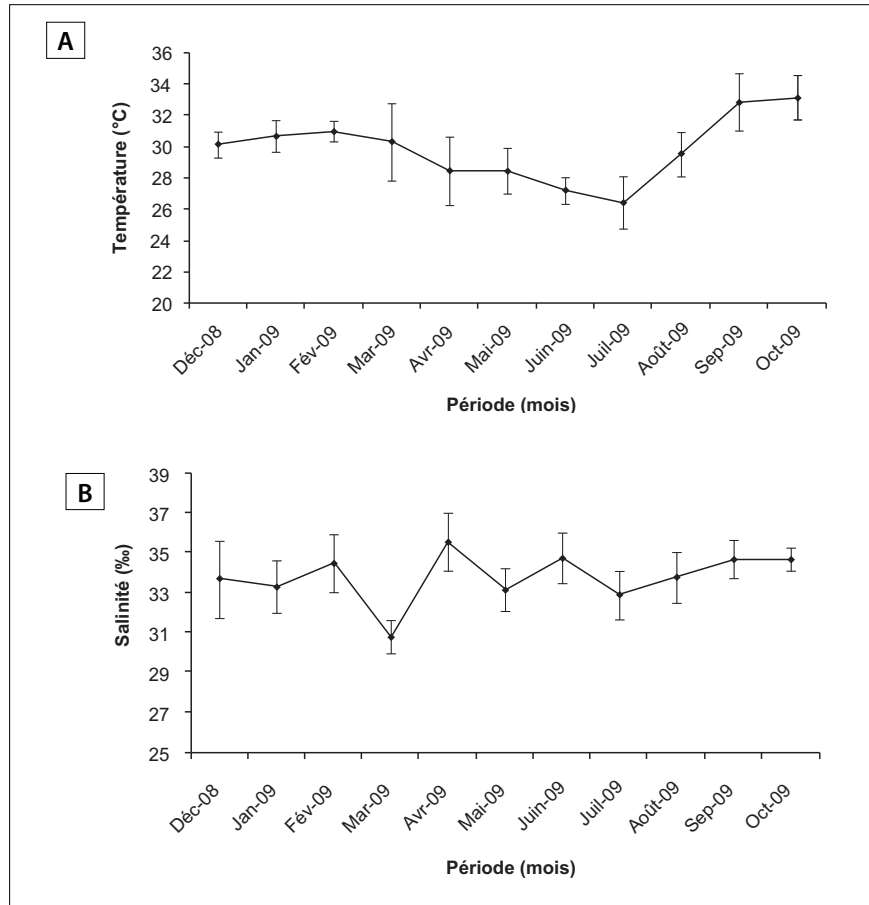
La température de l'eau dans le bassin équipé d'une serre s'élevait à $30,8 \pm 1^\circ\text{C}$ (hausse de température de $3,1^\circ\text{C}$; $p = 0,0001$), contre $27,7 \pm 0,7^\circ\text{C}$ dans le bassin sans serre. Au début, les juvéniles de *H. scabra* pesaient 0,03 g. Après 39 jours de grossissement, leur poids moyen était de $9,9 \pm 6,5 \text{ g}$ dans les bassins équipés d'une serre, contre $3,7 \pm 1,6 \text{ g}$ dans les bassins sans serre (tableau 1).

Dicussion

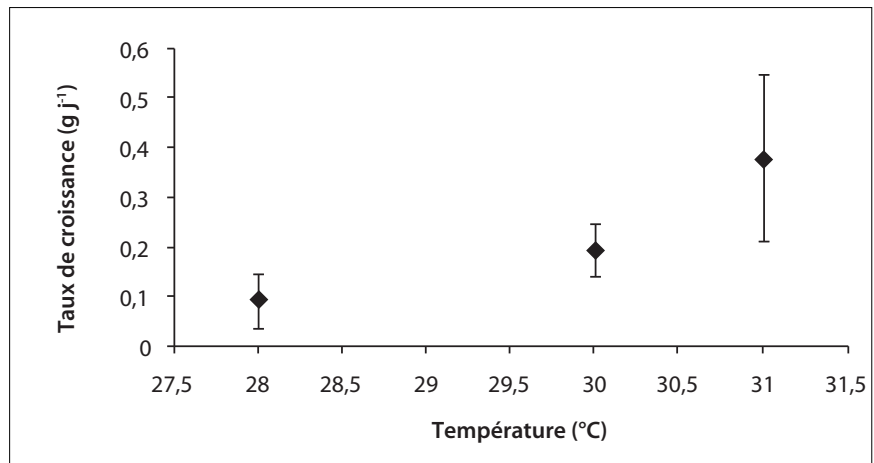
D'après notre étude, la température de l'eau n'a aucune incidence sur la survie des juvéniles endobenthiques de *H. scabra*. Toutefois, elle a un effet majeur sur leur croissance. En général, des températures élevées (supérieures à 30°C) stimulent la croissance. Néanmoins, la croissance et les activités biologiques des holothuries pourraient accuser une baisse en cas de température excessive (Renbo and Yuan 2004; Xiyin et al. 2004). Une expérience menée à la ferme aquacole de MHSA en décembre 2008 a révélé que les juvéniles de *H. scabra* survivent dans une eau à 39°C , mais au-delà de cette température, ils s'affaiblissent et meurent à 41°C (données non publiées). En conséquence, pendant la saison chaude, il est vivement recommandé d'abriter les bassins d'élevage du soleil (Renbo and Yuan 2004; Xiyin et al. 2004; Lavitra 2008) et d'utiliser un système de chauffage en saison fraîche (objet du présent article). Ces connaissances relatives à l'effet de la température sur la survie et la croissance des juvéniles de *H. scabra* revêtent une grande importance pour le développement futur de la mariculture dans d'autres régions ou dans d'autres pays.

Tableau 1. Température de l'eau et taux de croissance et de survie des juvéniles d'élevage d'*Holothuria scabra*.

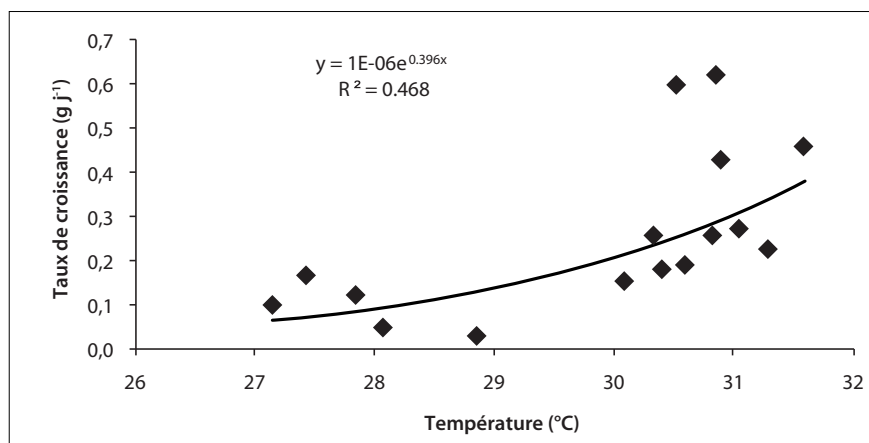
Bassins	Température moyenne ($^\circ\text{C}$)	Poids initial (g)	Poids final (g)	Taux de croissance (g j^{-1})	Nombre initial	Nombre final	Taux de survie (%)
Avec serre	$30,82 \pm 1,04$	0,03	$9,94 \pm 6,51$	0,254	700	629	89,43
Sans serre	$27,67 \pm 0,75$	0,03	$3,74 \pm 1,64$	0,095	700	654	93,43

**Figure 2.**

Variations mensuelles de la température de l'eau (A) et de la salinité (B) dans les bassins extérieurs à Belaza. Les barres verticales représentent les écarts types.

**Figure 3.**

Taux de croissance des juvéniles endobenthiques de *H. scabra* en fonction de la température de l'eau. Les barres verticales représentent les écarts types.

**Figure 4.**

Relation entre la température et le taux de croissance des juvéniles endobenthiques de *H. scabra*.

L'effet de la température de l'eau sur la croissance des juvéniles de *H. scabra* pourrait provenir du comportement alimentaire de l'animal. Une fois que la température de l'eau est amenée à plus de 30°C, *H. scabra* modifie son cycle habituel d'enfouissement et reste en surface (Mercier et al. 2000). Lorsque la température de l'eau est réduite, les holothuries s'enfouissent dans les sédiments pendant de longues périodes (Purcell and Kirby 2005), réduisant ainsi le temps qu'elles consacrent à se nourrir (Wolkenhauer 2008). L'effet de la température de l'eau sur le comportement alimentaire a été observé de façon générale chez les holothuries (Li 1990) et chez certaines espèces d'échinodermes (Thompson and Riddle 2005). Outre le comportement alimentaire, un autre facteur qui pourrait expliquer la croissance rapide des juvéniles de *H. scabra* à des températures élevées concerne l'augmentation de l'abondance du phytobenthos dans les bassins d'élevage lors des périodes chaudes, la flore aquatique étant le principal composant du régime alimentaire de cette espèce (Uthicke 1999; Uthicke 2001; Pitt and Duy 2004; Taddei 2006).

Remerciements

Les auteurs remercient Madagascar Holothurie Société Anonyme et Blue Ventures pour leur soutien technique, logistique et financier.

Bibliographie

- Battaglione S.C. 1999. Culture of tropical sea cucumber for stock restoration and enhancement. *Naga, the ICLARM Quarterly* 22(4):4–11.
- Battaglione S.C., Seymour J.E. and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178 (3/4):293–322.
- Eeckhaut I., Lavitra T., Rasolofonirina R., Rabenevanana M.W., Gildas P. and Jangoux M. 2009. 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.
- James D.B. 1994. A review of the hatchery and culture practices in Japan and China with special reference to possibilities of culturing holothurians in India. *Central Marine Fisheries Research Institute Bulletin* 46:63–65.
- James D.B. 1999. Hatchery and culture technology for the sea cucumber, *Holothuria scabra* Jaeger, in India. *Naga, The ICLARM Quarterly* 22 (4):12–18.
- Lavitra T. 2008. Caractérisation, contrôle et optimisation des processus impliqués dans le développement post-métamorphique de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833) (Holothuroidea : Echinodermata) [Thèse], Université de Mons-Hainaut, Belgique. 166 p.
- Li X. 1990. Sea cucumber fishery in South China Sea. *Ocean Fishery* 6:7–9.
- Mercier A., Battaglione 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* 239(1):125–156.
- 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.
- Purcell S.W. and Kirby D.S. 2005. Restocking the sea cucumber *Holothuria scabra*: Sizing no-take zones through individual-based movement modelling. *Fisheries Research* 80:53–61.
- Rasolofonirina R. 2004. Reproduction et développement de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaeger 1833), Holothuroidea: Echinodermata [Thèse], Université Libre de Bruxelles. 175 p.
- Renbo W. and Yuan C. 2004. Breeding and culture of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*, Liao. p. 277–286. 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. Rome, FAO.
- Taddei D. 2006. Transfert de matière et d'énergie dans les sédiments d'un complexe récifal anthropisé (Ile de la Réunion, Océan Indien). [Thèse] Université de la Réunion, U.F.R. Sciences et Technologies. 229 p.
- Thompson B.A.W. and Riddle M.J. 2005. Bioturbation behaviour of the spatangoid urchin *Abatus ingens* in Antarctic marine sediments. *Marine Ecology Progress Series* 290:135–143.
- 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. Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement. *Marine Ecology Progress Series* 210:125–138.
- Wolkenhauer S.M. 2008. Enfouissement et alimentation d'*Holothuria scabra* adulte (Échinodermes: Holothuridae) en milieu contrôlé. *La Bêche -de mer, Bulletin d'information de la CPS* 27:25–28.
- Xiyin L., Guanghui Z., Qiang Z., Liang W. and Benxue G. 2004. Studies on hatchery techniques of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. p. 287–295. 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. Rome, FAO.

Potentiel aquacole de deux espèces tropicales d'holothuries *Holothuria scabra* et *H. lessoni* dans la région indo-pacifique

Daniel Azari Beni Giraspy¹ et Ivy Grisilda Walsalam¹

Introduction

Sur le marché asiatique des fruits de mer séchés, les holothuries de sable *Holothuria scabra* et les holothuries de sable versicolores *H. lessoni* se négocient à des prix plus élevés que n'importe quelles autres espèces tropicales d'holothuries. L'augmentation de la pression de la pêche exercée sur ces espèces vulnérables en milieu naturel (Conand 2004) est à l'origine de l'explosion du prix des holothuries transformées ou bêche-de-mer. Par conséquent, plusieurs pays ont mis en place ces dernières années des mesures de gestion rigoureuses pour protéger les populations d'holothuries en déclin (Bell et al. 2008; Friedman et al. 2008).

Le prix avantageux des bêches-de-mer et la diminution des populations en milieu naturel ont particulièrement éveillé l'intérêt des organismes publics et privés qui se sont penchées sur la conception d'autres méthodes de production de bêche-de-mer, notamment par le biais de l'aquaculture (Pitt et Duy 2004, 2005 Purcell; Giraspy et Ivy 2005; Eeckhaut et al. 2008). L'aquaculture des holothuries apporterait une solution durable, en permettant à la fois de repeupler les stocks appauvris d'holothuries en milieu naturel, et de produire suffisamment de bêches-de-mer pour répondre à la demande croissante du marché asiatique.

Perspectives d'élevage de deux espèces tropicales d'holothuries *Holothuria scabra* (holothurie de sable) et *H. lessoni* (holothurie de sable versicolore)

L'holothurie de sable, *H. scabra*, est l'une des principales sources de bêches-de-mer dans le monde. La qualité supérieure des bêches-de-mer *H. scabra* et *H. lessoni* justifie leur prix élevé. Ces dix dernières années, on s'est particulièrement intéressé à l'élevage de l'*H. scabra* (Battaglene et al. 1999; Mercier et al. 2000; Giraspy et Ivy 2005; Eeckhaut et al. 2008) et de l'*H. lessoni* (Ivy et Giraspy 2006).

On considère que l'holothurie de sable et l'holothurie de sable versicolore sont les deux espèces offrant le meilleur potentiel aquacole, car elles possèdent de nombreuses caractéristiques adaptées à la production en éclosion.

Facteurs favorisant l'élevage de l'holothurie dans les pays tropicaux

- Acceptation sur le marché asiatique bien établie
- Très forte valeur commerciale et diminution des populations en milieu naturel

- Disponibilité des espèces convenant à l'aquaculture
- Faibles risques de maladies
- Technologie commerciale disponible
- Existence d'une variété de systèmes d'élevage

L'holothurie de sable et l'holothurie de sable versicolore : deux espèces compatibles avec l'élevage

- Nombreuses espèces d'holothuries de sable disponibles
- Espèces relativement résistantes ayant une bonne capacité d'adaptation à différents milieux
- Zones côtières appropriées
- Eau d'excellente qualité (pauvre en nutriments)
- Températures de l'eau relativement élevées
- Grand nombre de sites terrestres potentiels pour l'éclosion
- Sites maritimes potentiels pour le grossissement
- Filière prioritaire pour les spécialistes de la recherche et développement du secteur public
- Possibilités d'investissement actuelles et futures dans les éclosiers
- Diminution des risques grâce à une bonne expérience de la production à l'échelle commerciale

Technologie commerciale

Malgré la croissance rapide des activités aquacoles de recherche et développement concernant l'holothurie, plusieurs obstacles ont fortement ralenti l'expansion commerciale dont les procédures de gestion des éclosiers qui ne sont pas maximisées afin de garantir le succès de la production massive de juvéniles en éclosion.

La production d'holothuries en éclosion a été menée de manière expérimentale dans la région pacifique (Purcell 2004, 2005; Pitt et Duy 2004) en produisant des milliers de juvéniles. Ces travaux ont servi à la publication récente d'un manuel sur la production d'holothuries (Agudo 2006).

Cependant, la production commerciale d'holothuries n'a récemment été mise en place que dans quelques pays, tels que l'Australie, les Maldives (Giraspy et Ivy 2005) et Madagascar (Eeckhaut et al. 2008). Les techniques mises en œuvre dans les éclosiers d'holothuries de sable versicolores *H. lessoni* ont été élaborées par le cabinet d'experts Sea Cucumber Consultancy en Australie (Ivy et Giraspy 2006).

Dans les éclosiers commerciaux, la production en grande quantité d'holothuries tropicales s'est heurtée à certains

1. Cabinet d'experts Sea Cucumber Consultancy, Hervey Bay, Queensland, Australia. www.seacucumberconsultancy.com.au; courriel: info@seacucumberconsultancy.com.au

problèmes qui ont freiné leur production à grande échelle (taux élevés de mortalité dans les sites de fixation des larves et au stade juvénile initial). Toutefois, la recherche continue sur l'amélioration des régimes alimentaires et des substrats de fixation a permis de grandes avancées pour surmonter ces obstacles et *Sea Cucumber Consultancy* a réussi ces dernières années à produire de manière régulière des millions d'holothuries juvéniles.

Étapes de la production commerciale de l'holothurie

1. Gestion et collecte du stock géniteur :

Les holothuries sont pêchées par des plongeurs pendant la période de frai, lorsque l'indice gonadique est supérieur à 7. On place environ 5 individus au m² dans un système à circulation d'eau de mer ; l'oxygène dissout est supérieur à 5,5 mg L⁻¹ et le taux d'alimentation est compris entre 5 et 7 % du poids corporel.

2. Stimulation de la ponte et de la fécondation :

L'induction de la ponte se fait par choc thermique (élévation de la température de 3 à 5 °C). Les mâles pondent en premier, suivis des femelles (figure 1). Le diamètre des œufs fécondés est d'environ 180 µm. Ils se transforment en larves auricularia en l'espace de 48 heures après la fécondation, et commencent à s'alimenter de microalgues.

3. Élevage larvaire et alimentation :

Les larves sont élevées dans des cuves en fibres de verre de 1 000 litres, à une densité de 0,5 ml⁻¹. Pendant la période d'élevage larvaire, la température est maintenue à 25-27 °C, la salinité entre 37,5 et 38 ppt, tandis que le pH demeure à 8,2. Le régime alimentaire des larves consiste en *Rhodomonas salina*, *Chaetoceros calcitrans*, *C. mulleri*, *Isochrysis galbana* et *Pavlova lutheri*, à des doses différentes selon le stade larvaire. Le régime alimentaire dépend du stade de développement, et du début à la fin du stade auricularia, la densité des microalgues est progressivement augmentée de 15 000 à 35 000 cellules ml⁻¹.

4. Développement et fixation des larves :

Les larves auricularia passent aux stades doliolaria et pentacula avant de se métamorphoser en juvéniles. Les larves doliolaria, qui ne s'alimentent pas, sont transférées dans des cuves à substrat de fixation et le système à circulation d'eau est maintenu. Les petits juvéniles s'attachent aux substrats de fixation dans les cuves de nourricerie. Les tôles ondulées à substrat de fixation facilitent la fixation de pentacula et la croissance des juvéniles.

5. Phase de nourricerie :

Les juvéniles fixés passent de trois à quatre mois dans les cuves de nourricerie et des aliments artificiels leur sont dispensés pendant leur croissance. Des juvéniles de 3 à 5 cm (figure 2) sont prêts pour le pacage en mer.

6. Pacage en mer :

La clé de la réussite est la sélection du site et la gestion courante. Les juvéniles restent dans des baies abritées où poussent des herbiers. Il faut choisir de préférence des zones où les prédateurs (étoiles de mer et crabes) sont peu nombreux.

Il est parfaitement possible d'élever les juvéniles de 5 à 7 cm dans des bassins équipés de systèmes à renouvellement d'eau. Il est essentiel de contrôler les paramètres de qualité de l'eau et les caractéristiques de croissance durant la phase de grossissement. Les holothuries peuvent être récoltées dans les sites de grossissement 12 mois après le lâcher (figure 3).

Service technique

Sea Cucumber Consultancy (dont le siège social se trouve dans le Queensland en Australie) propose des services de gestion et de conseils personnalisés concernant tous les aspects de la production commerciale de l'holothurie. *Sea Cucumber Consultancy* est le premier cabinet d'experts en holothuries du genre. Il dispose des moyens techniques requis pour produire des millions d'holothuries tropicales juvéniles en une saison. Cette technologie a été développée grâce à d'importantes recherches menées ces 15 dernières années, principalement dans les domaines de l'induction de la ponte, de l'élevage des larves, de la fixation et du grossissement des juvéniles. La commercialisation de l'aquaculture de l'holothurie aux Maldives et en Australie a sensiblement progressé grâce au travail de *Sea Cucumber Consultancy*.

Sea Cucumber Consultancy dispense une formation pratique pour le transfert des technologies de production de masse en respectant les étapes du développement du projet aquacole de l'holothurie.

Étude préliminaire de faisabilité

Il s'agit de l'étape préparatoire pour la mise en place du projet aquacole de l'holothurie. Une étude préliminaire de faisabilité est menée afin d'évaluer le potentiel de réussite d'une commercialisation éventuelle d'holothuries dans une région donnée. Tout au long de l'étude, on détermine si les ressources naturelles, telles que l'eau, la terre, le climat et les autres paramètres du site proposé, sont en adéquation avec le projet.

Étude de faisabilité

Si les conclusions de l'étude préliminaire de faisabilité sont favorables à l'aquaculture de l'holothurie, une étude de faisabilité complète est alors nécessaire. À ce stade, on met au point un système d'aquaculture spécifique et adapté au site, et on fait un prévisionnel des objectifs de production. On fait également une estimation des coûts de construction et de fonctionnement des installations aquacoles.

Conception et ingénierie de la ferme d'élevage d'holothuries

C'est le début de la véritable conception des installations aquacoles commerciales d'holothuries. La conception des plans des installations (pour l'écloserie, la nurserie, l'unité de production de nutriments organiques, les systèmes de traitement de l'eau, les bâtiments, la disposition du système de distribution d'air et d'eau) est réalisée en même temps que l'étude de faisabilité et l'étude topographique détaillée du site choisi. À ce stade, on détermine le coût total du projet.

Construction des installations aquacoles

La qualité et la bonne exécution des travaux dépendent du suivi technique tout au long de la construction. De plus, on commence à sélectionner le personnel technique approprié pour travailler sur le site.

Transfert de technologies

Afin de garantir le bon fonctionnement des installations, les protocoles techniques sont compilés et les employés responsables de la gestion de la ferme, de l'écloserie et de la nourricerie bénéficient d'une formation à chaque étape du premier cycle de production. Une assistance technique est fournie jusqu'à la première récolte.

Gestion

En plus de la conception et de la construction de la ferme et de l'écloserie d'holothuries, la prise en charge ponctuelle de la gestion de l'écloserie, de la ferme et du grossissement est dispensée.

Conseils et formations techniques

Afin d'améliorer les protocoles de production et les procédures de gestion, les conseils techniques varient en fonction des différents aspects techniques et de gestion des opérations d'élevage en écloserie.

Remerciements

Nous tenons à remercier le professeur Chantal Conand de ses suggestions scientifiques et de ses encouragements.

Références

- Agudo N. 2007. Manuel d'écloserie d'holothuries de sable. The World-Fish Center, Secrétariat général de la Communauté du Pacifique et Australian Centre for International Agricultural Research. 43 p.
- Battaglione S.C., Seymour J.E. and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178:293–322.
- 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.



Figure 1. *Holothuria scabra* femelle en train d'expulser ses gamètes.



Figure 2. Holothuries juvéniles de douze semaines prêtes pour le grossissement.



Figure 3. Holothuries adultes de douze mois prêtes à être récoltées.

- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilisation: An international overview. p. 13–23. 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.
- Eeckhaut I., Lavitra T., Rasoforinina 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.
- Friedman K., Purcell S., Bell J. and Hair C. 2008. Sea cucumber fisheries: A manager's toolbox. Australian Centre for International Agricultural Research Monograph No. 135. 32 p.
- Giraspy D.A.B. and Ivy W.G. 2005. Le projet commercial d'élevage et de mariculture d'holothuries à Hervey Bay, au Queensland : une première pour l'Australie. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 21:29–31.
- Ivy W.G. and Giraspy D.A.B. 2006. Dans le Queensland (Australie), élaboration de techniques de production en éclosérie à grande échelle de *Holothuria scabra* var. *versicolor* (Conand, 1986), espèce très prisée sur les marchés. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 24:28–34.
- Mercier A., Battaglene S.C. and Hamel J.F. 2000. Settlement preference and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 249:89–110.
- 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.
- Purcell S.W. 2004. Criteria for release strategies and evaluating the restocking of sea cucumber. p. 181–192. 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.
- Purcell S.W. 2005. Mise au point de techniques de repeuplement des stocks d'holothuries: nouvelles du projet Worldfish Center-CPS en Nouvelle-Calédonie. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 22:58–59.

Le SIRMIP est un projet entrepris conjointement par 5 organisations internationales qui s'occupent de la mise en valeur des ressources halieutiques et marines en Océanie. Sa mise en oeuvre est assurée par le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), l'Agence des pêches du Forum du Pacifique Sud (FFA), l'Université du Pacifique Sud, la Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées (SOPAC) 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



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

à mettre l'information sur les ressources marines à la portée des utilisateurs de la région, afin d'aider à rationaliser la mise en valeur et la gestion. Parmi les activités entreprises dans le cadre du SIRMIP, citons la collecte, le catalogage et l'archivage des documents techniques, spécialement des documents à usage interne non publiés ; 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 sur les ressources marines nationales.

Les principes de la nomenclature zoologique : exemple des holothuries

Yves Samyn,¹ Alexander Kerr,² Mark O'Loughlin,³ Claude Massin,⁴ David L. Pawson,⁵ Francis W.E. Rowe,⁶ Scott Smiley,⁷ Francisco Solis-Marín,⁸ Ahmed S. Thandar,⁹ Didier VandenSpiegel¹⁰ et Gustav Paulay¹¹

Résumé

L'article qui suit explique brièvement pourquoi il est nécessaire de désigner les taxons par des noms scientifiques uniques et sans ambiguïté et expose les principes de base de la nomenclature zoologique en prenant l'exemple des holothuries. Le but est de supprimer la confusion qui existe parmi les différentes catégories d'utilisateurs de la taxinomie qui ne comprennent pas toujours bien la nature des noms scientifiques, apparemment arbitraire et souvent insaisissable. Cet article se propose aussi d'expliquer les principes de base de la nomenclature zoologique à l'intention des enseignants et des étudiants.

Introduction

Nous sommes un groupe de taxinomistes des holothuries, animés d'un vif enthousiasme. Le programme *National Science Foundation Partnerships for Enhancing Expertise in Taxonomy*¹² nous a récemment donné l'occasion d'entreprendre une révision du système taxinomique intégré des holothuries de mer aspidochirotes, notamment les deux familles d'intérêt commercial – Holothuriidae et Stichopodidae. Pour mener à bien ce projet ambitieux, la recherche est poursuivie selon plusieurs axes de recherche interdépendants : étude bibliographique, extraction et évaluation des noms scientifiques, suivi des types et évaluation de leur statut taxinomique, réalisation d'enquêtes sur le terrain pour recueillir de nouvelles connaissances systématiques et biogéographiques. Chacune de ces tâches exige une expertise et des savoir-faire spécifiques.

Dans cet article, nous expliquerons succinctement les règles fondamentales qui président au choix de noms scientifiques et leurs normes de référence, les « types ».

La nécessité des noms scientifiques

Lorsque Shakespeare place dans la bouche de Juliette la célèbre réplique : « Qu'y a-t-il dans un nom ? Ce que nous appelons une rose embaumerait autant sous un autre nom. », il veut dire qu'un nom est une construction mentale arbitraire ; s'il est remplacé par un autre nom quelconque, cela ne changera pas pour autant l'identité de

ce qui porte ce nom. Ce concept est peut-être applicable aux noms communs utilisés par des auteurs romantiques, mais il n'en va pas de même pour les noms scientifiques de taxons. Un taxon est un groupe, désigné ou non par un nom, d'organismes réels qui peuvent être reconnus comme une entité formelle à n'importe quel échelon d'une classification hiérarchique. Mais qu'est-ce qu'un nom scientifique ?

Un nom scientifique est l'identificateur unique d'un taxon. Ce genre de nom est nécessaire pour éviter une nomenclature ressemblant à une Tour de Babel, où des noms différents seraient utilisés par différents auteurs pour désigner la même unité taxinomique : cela ruinerait l'efficacité de la communication. Malgré l'existence d'un ensemble de règles rigoureuses régissant les noms scientifiques, trop souvent de multiples noms ont été attribués à un même taxon (synonymes, voir ci-dessous) ou, inversement, un même nom a été attribué à de multiples taxons (homonymes, voir ci-dessous). Les règles d'attribution des noms admises à l'échelle mondiale s'appellent des codes de nomenclature. Le code en vigueur aujourd'hui est publié dans la quatrième édition du Code international de nomenclature zoologique (CINZ-1999, « le Code »).

Outre un nom scientifique, les espèces peuvent aussi avoir un ou plusieurs noms vernaculaires. Ceux-ci ne sont pas uniques et ne sont pas compris universellement. Ils sont donc employés à des fins générales et non scientifiques. Il n'en sera pas question dans le présent article.

1. Correspondant national belge de l'Initiative taxinomique mondiale, Institut royal des sciences naturelles de Belgique, Vautierstraat 29, B-1000 Bruxelles, Belgique. Courriel : yves.samyn@naturalsciences.be.
2. Marine Laboratory, University of Guam, Mangilao GU 96913, USA.
3. Marine Biology Section, Museum Victoria, GPO BOX 666, Melbourne, Vic. 3001, Australia.
4. Département des invertébrés, Institut royal des sciences naturelles de Belgique, Vautierstraat 29, B-1000 Bruxelles, Belgique.
5. Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Room W323, Mail Stop MRC163, Washington DC 20013-7012, USA.
6. Australian Museum, 6 College Street, Sydney, NSW 2010, Australie (Senior Fellow).
7. University of Alaska - Fishery Industrial Technology Center, Kodiak, Alaska, USA.
8. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexique.
9. School of Biological and Conservation Sciences, University of KwaZulu-Natal, Private Bag X54001, Durban 4000, Republic of South Africa.
10. Département of African Zoology, Musée royal de l'Afrique centrale, Leuvensesteenweg 13, B-3080 Tervuren, Belgique.
11. Florida Museum of Natural History, University of Florida, Gainesville FL 32611-7800 USA.
12. <http://www.guammarinelab.com/peetcukes> 2009



Figure 1. Les pêcheurs emploient des noms vernaculaires tels que « golden sandfish » en anglais ou « le mouton » en français pour désigner *Holothuria lessona* (Massin et al. 2009) (crédit photographique : S. Purcell)

La composition d'un nom scientifique

Le Code stipule que les noms scientifiques utilisent les 26 lettres de l'alphabet latin (ISO de base) et que les chiffres, les signes diacritiques et autres tels qu'apostrophes ou trait d'union sont exclus. Si ces signes étaient utilisés dans l'orthographe d'origine, les taxinomistes contemporains les corrigent dans leurs publications selon les règles énoncées dans le Code. Ces corrections n'affectent toutefois pas la valeur nomenclaturale du nom.

Exemple 1 Le nom du genre *Mülleria* a été rectifié en *Muelleria* parce que le Code stipule que le tréma (Umlaut) doit être supprimé d'une voyelle et la lettre « e » insérée après cette voyelle.

Exemple 2 *Holothuria fusco-rubra* a été rectifié en *Holothuria fuscobrunnea* afin de réunir des mots composés (fuscobrunnea signifie rouge foncé) sans trait d'union.

Le nombre de mots composant un nom scientifique dépend du rang taxinomique, c'est-à-dire du niveau du taxon dans la hiérarchie taxinomique (par exemple : espèce, genre, famille) du taxon désigné. Au-dessus du rang de l'espèce, un nom scientifique n'est composé que d'un mot (uninomen) et commence toujours par une majuscule.

Les noms du groupe de familles sont dérivés du radical du genre, à laquelle on ajoute un suffixe : **-oidea** pour une superfamille, **-idae** pour une famille, **-inae** pour une sous-famille, **-ini** pour une tribu, et **-ina** pour une sous-tribu. Les rangs supérieurs et inférieurs n'ont pas de suffixes réglementés. Pour déterminer le radical dans un nom générique, il faut ôter la terminaison latine du génitif singulier du genre.

Exemple *Cucumaria* (génitif *Cucumariae* ; racine *Cucumari-*) donne le nom de famille *Cucumariidae*.

Le nom scientifique d'une espèce est un binôme (combinaison de deux noms) ; le premier est le nom générique ou genre, et le second le nom spécifique. Le nom générique commence *toujours* par une majuscule, contrairement au nom spécifique, quelle que soit l'orthographe originale, ou que le nom ait été tiré ou nom d'un nom de personne ou de localité.



Figure 2. En 1886, Théel corrigea *Labidodemas Selenkianum* Semper, 1868 en *Labidodemas selenkianum* Semper, 1868 — espèce généralement considérée comme un « synonyme subjectif junior » (voir ci-dessous) de *Labidodemas semperianum* Selenka, 1867 (écrit à l'origine sous la forme *Labidodemas Semperianum* Selenka, 1867) (crédit photographique : B. Van Bogaert)

Exemple En 1883, Ludwig définit une nouvelle espèce présente dans le détroit de Magellan : *Holothuria Magellani* Ludwig, 1883. Bien que le nom spécifique se réfère à un lieu géographique, il ne peut pas prendre la majuscule. On pense de nos jours que cette espèce appartient au genre *Mesothuria* ; son nom scientifique valable est donc *Mesothuria magellani* (Ludwig, 1883).

Quand il est utilisé, le nom scientifique d'un sous-genre est intercalé entre parenthèses entre le nom générique et le nom spécifique. Comme le nom générique, il prend la majuscule. L'ajout d'un nom infragénérique ne fait pas du nom un trinôme.

Au rang infraspécifique, les noms deviennent binomiaux (trois noms) et les noms de sous-espèces, comme les noms d'espèces, commencent par une minuscule. Le Code ne reconnaît pas les noms inférieurs au niveau infraspécifique, à ceci près que les « variétés » créées avant 1961 sont automatiquement considérées comme des noms infraspécifiques.



Figure 3. Rowe décida en 1969 que les espèces *Holothuria difficilis* Semper, 1868, *Muelleria parvula* Selenka, 1867 et *Holothuria sanctori* Delle Chiaje, 1823 formaient une unité évolutive au sein du genre *Holothuria* Linnaeus, 1767. Pour intégrer ces espèces à un groupe naturel, il créa le sous-genre *Platyperona* Rowe, 1969. Le nom binominal complet de *H. difficilis* devint donc : *Holothuria (Platyperona) difficilis* Semper, 1868. (crédit photographique : Y. Samyn).



Figure 4. En 1921 et en 1938, H.L. Clark reconnut et nomma quatre variétés de couleur différentes en plus de la forme typique de *Holothuria impatiens* (Forsskål, 1775). Ces noms de variété ayant été attribués avant 1961, ils sont désormais considérés comme ayant un rang infraspécifique. Le nom scientifique correct donné par exemple à *Holothuria impatiens* var. *pulchra* H.L. Clark, 1921 (voir photo) est *Holothuria impatiens pulchra* H.L. Clark, 1921, un trinôme. Si l'on ajoute le sous-genre — *Holothuria (Thymiosycia) impatiens pulchra* H.L. Clark, 1921 — le nom est encore considéré comme un trinôme (reproduction de la figure 3 de la planche 19 in H.L. Clark, 1921)

Quel nom d'auteur, et depuis quand ?

L'auteur du nom scientifique d'un taxon est placé, sans signe intermédiaire ni ponctuation, après le nom, sauf lorsqu'un nom d'espèce est combiné à un nom générique différent de celui qui lui avait été attribué à l'origine. Dans ce cas, le nom de l'auteur est placé entre parenthèses. L'année de publication du nom peut aussi être ajoutée après le nom de l'auteur, séparé par une virgule et inclus entre parenthèses lorsque le nom de l'auteur est indiqué ainsi. L'auteur et l'année ne font pas partie du

nom de taxon en soi, mais il est conseillé de les citer une fois dans un article parce que cela permet de déceler des homonymes (voir ci-dessous) et facilite l'accès à d'autres documents scientifiques pertinents.



Figure 5. En 1775 Forsskål décrit l'espèce *Fistularia impatiens*, d'où le binôme *Fistularia impatiens* Forsskål, 1775. Toutefois, un nom de genre *Fistularia* étant déjà utilisé par Linné, 1767, pour un genre de poisson, il a été abandonné pour l'espèce reconnue par Forsskål. À l'heure actuelle, ce nom d'espèce est attribué à *Holothuria* Linnaeus, 1767, d'où la nouvelle combinaison *Holothuria impatiens* (Forsskål, 1775). (crédit photographique : D. VandenSpiegel)

Dans certains cas, il peut s'avérer problématique d'obtenir la date de publication correcte. Tel est le cas lorsque la date de publication réelle ne concorde pas avec la date imprimée sur l'ouvrage, ou qu'un ouvrage a été publié en plusieurs parties distinctes pendant une certaine période.

The Apodous Holothurians. By H. L. Clark. Smithsonian Contributions to Knowledge. Part of vol. xxxv. Pp. 231. (Washington : Smithsonian Institution, 1907.)

THE author of this valuable memoir has had the advantage of studying more than two thousand specimens of the species included in the families Synaptidae and Molpodadiidae, and he has taken the opportunity of collecting together in the form of a handsome volume the information we possess concerning all the species of this interesting group. There are three coloured and ten monochrome plates of figures, illustrating the form and anatomy of the different species, of which several are original, and the others copied from the works of Semper, Theel, Sluiter, and other zoologists. Eight new genera are described, and a new generic name is proposed for an old genus. The monograph will undoubtedly be of great service to all those who are interested in the study of the Echinodermata.

Figure 6. L'importante monographie de H.L. Clark, "The Apodous Holothurians", est citée avec deux dates de publication (1907 et 1908 ; voir Pawson et al. 2001). Selon le Code, la date imprimée sur la publication doit être acceptée, sauf preuve du contraire. H.L. Clark (1921) a indiqué que, bien que 1907 figure comme date de publication sur la page de garde, l'ouvrage a en réalité paru en 1908. Les nouveaux taxons introduits dans cet ouvrage datent donc tous de 1908 (par exemple *Acaudina* Clark, 1908) (reproduction de la critique de l'ouvrage parue dans le volume 78 de la revue *Nature*).

Exemple Les dates de publication exactes de *Reisen im Archipel der Philippinen. Wissenschaftliche Resultate Holothurien* de Semper sont difficiles à établir, car cet ouvrage a été publié en plusieurs tomes. Johnson (1969), qui dispose de l'ouvrage original complet, a montré que les pages 1-70 et les planches 1-15 ont été publiées en 1867, tandis que les pages 71-228 et les planches 16-40 ont été publiées en 1868. Par conséquent, tous les noms introduits dans la première partie datent de 1867, tandis que ceux cités à partir de la page 71 datent de 1868 (par exemple *Colochirus cylindricus* Semper, 1867 [p. 56], mais *Colochirus peruanus* Semper, 1868 [p. 233]).

Noms génériques, infragénériques, spécifiques et infras spécifiques s'écrivent en caractères *italiques* ou soulignés dans le texte. Le nom de l'auteur et la date de publication sont en caractères normaux.

Quel est le statut d'un nom scientifique ?

Pour être utilisé, un nom scientifique doit être *disponible* et *valide*, selon les définitions du Code.

Pour être *disponible*, un nom scientifique doit :

- avoir été proposé en 1758 ou après (début de la nomenclature zoologique défini par la publication de la dixième édition de *Systema naturae* de Linné et de *Ara-nei Svecici* de Clerck) ;
- apparaître dans un ouvrage qui a appliqué systématiquement le principe de la nomenclature binomiale ;
- être accompagné d'une description ou référence taxinomique (par exemple un ouvrage antérieur qui décrit l'espèce mais ne cite pas le nom valide) ou d'une référence à une telle description ;
- doit avoir satisfait des critères supplémentaires. Par exemple, les descriptions d'espèces publiées après 1999 doivent inclure la désignation d'un spécimen (ou de spécimens) de type (voir ci-dessous).

Exemple *Holothuria fisheri* Domantay, 1953 et *Holothuria mortenseni* Domantay, 1953 sont deux noms figurant sur une liste de vérification sans descriptions. En conséquence, les concepts d'espèces *Holothuria fisheri* et *Holothuria mortenseni* proposés par Domantay en 1953 ne sont pas disponibles. De fait, les mêmes noms pourraient être considérés comme valides et utilisés pour d'autres espèces à l'avenir ; utilisés dans ces conditions, ils reprendraient l'auteur et la date de publication de cet usage.

Pour être *valide*, un nom scientifique doit :

- être le nom le plus ancien disponible pour le taxon (c'est-à-dire en être le synonyme senior). Le même taxon peut avoir été décrit par la suite ; dans ce cas, ces noms considérés comme des synonymes juniors. Même s'ils sont disponibles, les synonymes juniors ne sont pas valides.

- Les synonymes peuvent être basés sur des types différents (voir ci-dessous), auquel cas, ils sont considérés comme des synonymes *subjectifs*.



Figure 7. *Holothuria vagabunda* Selenka, 1867 est considéré comme le synonyme subjectif junior de *H. leucospilota* (Brandt, 1835). Le nom *Holothuria vagabunda* est disponible mais n'est pas valide, de l'avis du spécialiste qui l'a traité de synonyme subjectif junior de *H. leucospilota*. Un autre spécialiste peut supprimer la synonymie de *H. vagabunda* et *H. leucospilota* et traiter ainsi *H. vagabunda* comme un nom valide. (crédit photographique : A. Kerr)

- Les synonymes peuvent aussi reposer sur le(s) même(s) type(s) ; dans ce cas, ils sont considérés comme des synonymes *objectifs*.



Figure 8. Le sous-genre *Ludwigothuria* Deichmann, 1958 est le synonyme junior de *Halodeima* Pearson, 1914. *Ludwigothuria* et *Halodeima* sont des synonymes objectifs parce qu'ils reposent sur la même espèce de type, *Holothuria atra* Jaeger, 1833. L'espèce illustrée ici provient des Comores (crédit photographique : D. VandenSpiegel)



Figure 9. Cherbonnier a introduit *Bohadschia cousteau* deux fois : l'une en 1954 et l'autre en 1955. Mais ces deux descriptions reposaient sur les mêmes syntypes. *Bohadschia cousteau* Cherbonnier, 1955 est donc le synonyme objectif junior de *B. cousteau* Cherbonnier, 1954. (crédit photographique : Y. Samyn)

- Il ne peut pas être *supprimé*. Un nom scientifique peut être déclaré invalide par la Commission internationale de nomenclature zoologique lorsque son usage menace la stabilité et l'universalité de noms bien établis ou peut induire en confusion. Les noms supprimés sont inscrits sur les « Listes officielles et index des noms en zoologie » (disponible à l'adresse : <http://www.iczn.org> 2009), avec un renvoi à la décision de la Commission publié dans le *Bulletin de nomenclature zoologique*.



Figure 10. La Commission a rejeté *Holothuria guamensis* Quoy and Gaimard, 1833, jugeant que la manière dont le nom était appliqué, en l'absence de spécimens types et d'une description adéquate, prêtait à confusion. Même si les spécimens illustrés ici correspondent remarquablement bien à la description de *H. guamensis*, ce nom ne peut être valablement utilisé pour cette espèce (crédit photographique : G. Paulay).

- Ce nom doit être en usage depuis le plus de temps pour ce taxon. Le même nom est parfois appliqué à deux organismes différents par des auteurs différents, parce que ceux-ci ne sont pas au courant de leurs travaux respectifs. En ce cas, le nom le plus récent –

homonyme junior – est considéré comme non valide sauf si ce nom est protégé (*nomen protectum*) par décision de la CINZ.

Exemple 1 En 1889, Sluiter introduisit le nom *Holothuria lamperti*. Sluiter (1889) ne savait pas que Ludwig, en 1886, avait introduit exactement le même nom d'espèce pour une autre espèce. *Holothuria lamperti* Sluiter, 1889 est l'homonyme primaire junior d'*Holothuria lamperti* Ludwig, 1886 et est donc invalide. Ludwig (1891) mit de côté *Holothuria lamperti* Sluiter, 1886 et y substitua *Holothuria kurti* Ludwig, 1891.

Exemple 2 *Holothuria maculata* Lesueur, 1824, *H. maculata* Brandt, 1835 et *H. maculata* Kuhl and van Hasselt, 1869 sont tous trois des homonymes primaires junior de *H. maculata* Chamisso & Eysenhardt, 1821 et sont par conséquent invalides. Dans ce cas, les concepts d'espèces derrière chacun de ces noms établis après 1821 adoptent automatiquement l'autre nom le plus ancien disponible. Ainsi *Holothuria maculata* Brandt, 1835 a été remplacé par son synonyme subjectif junior valide *Holothuria (Microthele) nobilis* (Selenka, 1867).

- Ce ne peut pas être un « *nomen dubium* » ou nom douteux, c'est-à-dire un nom scientifique donné à une espèce particulière qui n'a pas de traits caractéristiques identifiables. Il appartient au taxinomiste de décider du traitement à accorder à un tel nom : stabilisation après re-description de matériel provenant (à peu près) de la localité du même type, ou remplacement d'un type porteur de nom non identifiable par un néotype (voir ci-dessous). Cette dernière option nécessite l'accord de la CINZ.

Exemple : *Ananus holothuroides* Sluiter, 1881 dont Théel (1886) pensait que le nom constitue probablement une déformation de *Holothuria pyxis* Selenka, 1867 ou d'une autre espèce, est un *nomen dubium*.

Les types, normes de référence permanentes et objectives à des noms scientifiques

Tout nom scientifique reconnu par le Code est (ou devrait être) défini objectivement par un type porte-nom. Cela s'applique du groupe famille au groupe espèce. Ainsi :

- au niveau de la famille (y compris les sous-familles et les tribus), un taxon se réfère à un genre, le « genre-type » ;
- au niveau du genre (y compris les sous-genres), un taxon se réfère à une espèce, « l'espèce-type » ;
- au niveau de l'espèce (y compris les sous-espèces), un taxon se réfère à un ou plusieurs spécimens-types.



Figure 11. *Stichopus* est le genre-type des Stichopodidae; *Stichopus chloronotus* Brandt, 1835 est l'espèce-type de *Stichopus*; *Stichopus moebii* Semper, 1868 est l'une des espèces du genre *Stichopus*, son holotype (cf. illustration) est déposé au Zoologisches Museum zu Universität Hamburg sous le numéro d'acquisition ZMH E. 2702. (crédit photographique : Y. Samyn)

Les types peuvent être désignés par l'auteur original (désignation originale) ou un auteur ultérieur (désignation ultérieure). Une espèce nominale ne peut toutefois être fixée comme l'espèce-type d'un genre (ou sous-genre) nominal que si elle était incluse à l'origine dans le genre nominal, au moment où un nom a été attribué au genre.

Exemple : En 1958, Deichmann a désigné *Holothuria sanctori* Delle Chiaje, 1823 comme l'espèce-type de *Microthele* Brandt, 1835. Ceci, comme l'a noté Clark & Rowe (1967), est inadmissible car *H. sanctori* n'était pas cité à sur la liste originale de Brandt parmi *Microthele*. L'espèce *H. (Microthele) maculata* Brandt, 1835 a été désignée par la suite (par Clark & Rowe, 1967 ; et non par Brandt, 1835) comme l'espèce-type. La typification de Clark et Rowe's (1967) stabilisa le concept originel de *Microthele*. *H. sanctori* (cf. illustration) fut par la suite désigné par un nouveau sous-genre : *Platyperona* Rowe, 1969.

Les identités des taxons de groupes d'espèces sont établies par la désignation des spécimens-types. Afin d'exclure tout conflit entre spécimens multiples censés représenter une espèce, qui pourrait s'avérer représenter plus d'une espèce, un seul spécimen-type, le type primaire, est pris en considération pour établir l'identité d'une espèce.

Toutes les espèces décrites après 1999 doivent être accompagnées de la désignation d'un type primaire, mais les descriptions plus anciennes n'avaient pas nécessairement de désignation type, et de fait, celle-ci était souvent absente. Cela pose un problème lorsque l'auteur ne désignait pas de type, ou bien lorsque des types multiples (syntypes) étaient désignés. Dans le premier cas, des réviseurs ultérieurs de cette espèce peuvent rechercher des spécimens, et tenter d'établir quels spécimens étaient étudiés par l'auteur (ou les auteurs) descripteur, et traiter ces spécimens, s'ils en trouvent, comme des syntypes (plusieurs spécimens) ou des holotypes (si un seul spécimen a été utilisé pour établir le concept d'espèce). Dans le

second cas (c'est-à-dire lorsqu'un auteur n'a pas établi un spécimen comme type primaire, soit parce qu'il a désigné une série de spécimens, soit qu'il est évident qu'il a étudié plusieurs spécimens) ces spécimens sont considérés comme une série de types, et ils sont appelés syntypes. Des auteurs ultérieurs peuvent ensuite choisir un spécimen unique dans cette série et le désigner comme type primaire. Le spécimen choisi devient alors un lectotype (c'est-à-dire un type primaire désigné ultérieurement) ; en même temps, tous les autres spécimens de la série deviennent des paralectotypes (c'est-à-dire des types secondaires désignés ultérieurement). Si l'on constate par la suite que le lectotype désigné n'était pas un syntype, il perd son statut de lectotype.

S'il ne reste plus de spécimens dans l'étude de l'auteur, un réviseur peut établir un néotype pour consolider le concept de cette espèce et stabiliser ainsi son nom. La désignation du néotype ne doit toutefois pas être prise à la légère, et le Code énonce un certain nombre de conditions à remplir. Il importe de ne pas désigner un néotype par routine, mais de considérer cette opération comme destinée à clarifier le statut taxinomique ou la localité typique d'une espèce. Les auteurs doivent aussi prouver que les autres types porteur de nom (holotype, lectotype, tous les syntypes ou le néotype établi antérieurement) sont perdus ou détruits.



Figure 12. En 2009, Massin et al. ont stabilisé l'identité de l'espèce commerciale *Holothuria scabra* Jaeger, 1833. Cette désignation était nécessaire parce que l'identité taxinomique de cette espèce n'était pas claire. (crédit photographique : S. Purcell).

Remerciements

Nous remercions vivement le docteur J. Van Goethem, de l'Institut royal belge des sciences naturelles, pour sa révision critique d'un premier jet de cet article. Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude au docteur S. Stöhr, du Museum suédois d'histoire naturelle, qui nous a donné des explications très précises sur l'orthographe correcte du nom « Forsskål », ainsi qu'au docteur Reich, de l'Université de Göttingen, qui nous a précisé le statut de *Holothuria lamperti* Sluiter, 1889. Nous remercions

également la Fondation des sciences naturelles des États-Unis d'Amérique pour son concours financier au projet PEET (Partnerships for Enhancing Expertise in Taxonomy), DEB-05297924. Nos remerciements vont aussi au Point focal belge pour l'Initiative Taxonomique Mondiale pour son soutien logistique et financier.

Bibliographie

- Brandt J.F. 1835. Echinodermata ordo Holothurina. p. 42-62. In: *Prodromus descriptionis animalium ab H. Mertensio in orbis terrarum circumnavigatione observatorum*. Petropolis: Sumptibus Academiae.
- de Chamisso A. and Eysenhardt C.C. 1821. De animalibus quibusdam e classe vermium linneana, in circumnavigatione terrae, auspicate Comite N. Romanzoff, Duce Ottone de Kotzebue, 1815-1818 peracta observatis. II. Nova Acta (Verhandlungen) Academia Caesarea Leopoldino-Carolina Germanica Naturae Curisorum 10:345-374., pls. 24-31.
- Clark A.M. and Rowe F.W.E. 1967. Proposals for the stabilization of the names of certain genera and species of Holothurioidea, Z.N. (S) 1782. *Bulletin of zoological Nomenclature* 24:98-115.
- Clark H.L. 1908. 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 States National Museum. *Smithsonian Contributions to Knowledge* 35:1-231, 14 pls.
- Clark H.L. 1921. The Echinoderm fauna of Torres Strait: its composition and its origin. *Carnegie Institution of Washington Publication* 214. 233 p., 10 pls.
- Clark H.L. 1938. Echinoderms from Australia. An account of collections made in 1929 and 1932. *Memoirs Museum Comparative Zoology, Harvard*. 55. 596 p., 64 figs., 28 pls.
- Deichmann E. 1958. The Holothurioidea collected by the Velero III and IV during the years 1932 to 1954, part II. Aspidochirotida. *Allan Hancock Pacific Expedition* 11:239-349, pls 1-9.
- Delle Chiaje S. 1823. *Memorie sulla Storia e Notomia degli Animali senza vertebre del Regno di Napoli*. Fratelli Fernandes, Napoli 1:1-184.
- Domantay J.S. 1933. Littoral Holothurioidea of Port Galera Bay and Adjacent Waters. *Natural Applied Science Bulletin, University Philippines* 3:41-101.
- Forsskål P. 1775. *Descriptiones animalium avium, amphibiorum, piscium, insectorum, vermium quae in itinere orientali observavit Petrus Forskål*. Post mortem auctoris edidit Carsten Nieburh. Adjuncta est materia medica kahirina atque tabula maris rubri geographica, Auniae. 140 p.
- ICZN (International Commission on Zoological Nomenclature). 1999. *International Code of Zoological Nomenclature*, 4th edition. International Trust for Zoological Nomenclature, London: i-xxix, 306 p.
- Jaeger G.F. 1833. *De Holothuriis. Dissertatio Inauguralis*. Turici. 40 p., 3 pls.
- Johnson R.I. 1969. *Semper's Reisen im Archipel der Philippinen, Wissenschaftliche Resultate, 1867-1916*. *Journal of the Society for Bibliography of Natural History* 5: 144-147.
- Kuhl H. and van Hasselt J.C. 1896. Echinodermes peintes d'après nature par les soins de membres de la commission pour l'exploration physique des possessions d'outre-mer Pays-Bas, publiées d'après les cartons du Musée royale d'Histoire naturelle à Leiden (Herklots, J.A. ed.). *Bijdragen Dierkunde, Amsterdam*. Aflev. 9. 12 p.
- de Lamarck J.B.P.A. 1816. *Histoire Naturelles des Animaux sans Vertèbres, présentant les caracteres généraux et particuliers des ces animaux, leur distribution, leurs classes, leurs familles, leurs genres, et la citation des principales espèces qui s'y rapportent*. 7 Volumes. Verdrière, Paris.
- Lesueur C.A. 1825. Description of several new Species of *Holothuria*. *Journal Academy Natural Sciences, Philadelphia*. 4:155-163.
- Linnaeus C. 1758. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Editio decima, reformata. Holmiae: Laurentii Salvii.
- Linnaeus C. 1766. *Systema naturae, per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Editio duodecima reformata. Laurentii Salvii: Holmiae.
- Ludwig H.L. 1886. Die von G. Chierchia auf der Fahrt der Kgl. Ital. Corvette 'Vettor Pisani' gesammelten Holothurien. *Zoologische Jahrbücher für Systematik, Geographie und Biologie* 2:1-36.
- Ludwig, H.L. 1889-92. Echinodermen: Die Zeewalzen. In: H.G. Bronn, ed. *Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs*, Bd 2, Abt. 3, Buch 1: i-vi, 460 p, 17 pls. C.F. Winter'sche, Leipzig.
- Mortensen T. 1938. Contributions to the study of the development and larval forms of Echinoderms. IV. *Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, Naturvidenskabelig mathematisk Afdeling Series* 9. Tome 7. No. 3. 59 p.
- Pawson D.L., Vance D.J. and Ahearn C. 2001. Western Atlantic sea cucumbers of the Order Molpadiida (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of the Biological Society of Washington* 10:311-327.

- Pearson J. 1914. Proposed re-classification of the genera Mülleria and Holothuria. *Spolya Zeylanica* 9:163–172.
- Quoy J.R.C. and Gaimard J.P. 1833. Holothuries. p. 108–133. In: *Voyage de la corvette de l'Astrolabe. Exécuté par ordre du roi pendant les années 1826–1829 sous le commandement de MJ. Dumont d'Urville – Zoologie: Zoophytes*. J. Tastu, Paris. 390 p, 26 pls.
- Rowe F.W.E. 1969. A review of the family Holothuriidae (Holothurioidea: Aspidochiro-tida). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology* 18:119–170.
- Selenka E. 1867. Beiträge zur Anatomie and Systematik der Holothurien. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 17:291–374, pls. 17–20.
- Semper C. 1867–1868. Reisen im Archipel der Philippinen. Holothurien. 2. Wissenschaftliche Resultate: i–x, 288 p., 40 pls. Leipzig.
- Simpson G.G. 1961. *Principles of Animal Taxonomy*. Colombia University Press, New York and London. 247 p.
- Sluiter C.P. 1881. Vorläufige Mittheilung über einige neue Holothrien von der Westküste Java's. *Verslagen en Mededelingen van de Koninkelijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Afdeling Natuurkunde* 16:282–285.
- Sluiter C.P. 1889. Nachträgliches Über die Echinodermen Fauna des Java-Meeres. *Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië* 49, 8ste serie, 10:105–110, 1pl.
- Théel H. 1886. Report on the Holothurioidea dredged by HMS. Challenger during the years 1873–1876. Part II. *Scientific Results of HMS. Challenger 1873–1876. Zoology*. IV(34): 290 p., 16 pls.

Biologie d'une population à forte densité de *Stichopus herrmanni* à One Tree Reef, sur la Grande barrière de corail (Australie)

Hampus Eriksson¹, Jon Fabricius-Dyg², Mads Lichtenberg², Victor Perez-Landa², Maria Byrne²

Résumé

La biologie de la population de *Stichopus herrmanni* résidant dans un habitat d'arrière-récif du complexe récifal de *One Tree Reef*, dans la partie sud de la Grande barrière de corail (Australie), a fait l'objet d'une étude. La densité de la population a été enregistrée à 736 individus par hectare, soit l'une des plus élevées jamais enregistrées pour cette espèce. Des individus ont été observés sur 67 % des transects parcourus. La distribution des fréquences de tailles de la population s'apparente à une distribution normale, la longueur moyenne des animaux étant de 344 mm. Aucun signe de la présence de petits spécimens ou de juvéniles n'a été repéré. La distance moyenne séparant les individus était de 221 cm. Il est probable que la réussite de la reproduction soit améliorée par cette forte densité, la taille élevée des individus et la courte distance qui les sépare. Cette population fera l'objet d'un suivi afin d'obtenir des données de référence sur la biologie des populations de *S. herrmanni* résidant dans une zone récifale inexploitée et, éventuellement, d'en faire un site de référence pour la pêche de cette espèce sur la Grande barrière de corail.

Introduction

Les eaux australiennes sont depuis très longtemps ciblées par les pêcheurs d'holothuries (MacKnight 1976; Uthicke 2004). À l'heure actuelle, plusieurs pêcheries d'holothuries y sont en activité, y compris la pêcherie de la côte est du Queensland (située le long de la Grande barrière de corail), celle du Territoire du Nord, celle du détroit de Torres, celle d'Australie occidentale et une pêcherie expérimentale à *Moreton Bay*, dans le sud du Queensland (Kinch et al. 2008a). En outre, au large de Broome, les eaux australiennes sont ciblées par des pêcheurs indonésiens qui y exploitent les ressources récifales (notamment les récifs Ashmore, South Scott et North Scott) (Skewes et al. 1999). La pêcherie de la côte est du Queensland vise les eaux le long de la Grande barrière de corail depuis 1997 (Kinch et al. 2008a). De 1997 à 2001, ces pêcheurs ont principalement prélevé des holothuries à mamelles (*Holothuria whitmaei*, *H. fuscogilva*) et, dans une moindre mesure, des holothuries de sable (*H. scabra*) (QDPIF 2007). Ces dernières années, les pêcheurs se sont tournés vers l'holothurie noire (*Actinopyga spinea*, *A. miliaris*), prélevant *Actinopyga spinea* à des profondeurs supérieures à 30 mètres (QDPIF 2007). Cette pêcherie vise également les espèces d'eaux peu profondes du genre *Stichopus* (*Stichopus herrmanni*, *S. ocellatus*, *S. vastus*). La pêcherie du Queensland est régie par un système d'alternance des secteurs autorisés à la pêche (Lowden 2005). Les stocks de *S. herrmanni* sont particulièrement visibles dans les eaux peu profondes de la partie méridionale de la Grande barrière de corail dans l'archipel des *Capricorn Bunker*, où ils occupent les eaux lagunaires peu profondes et les zones superficielles d'arrière-récif. L'espèce *S. herrmanni* est également visée dans d'autres activités de pêche des holothuries, notamment dans l'océan Indien occidental (Conand 2008), et dans de nombreuses îles du Pacifique (Kinch et al. 2008a). Elle figure également dans les prises vendues sur les marchés nationaux dans certaines régions (Lambeth 2000).

Les méthodes de gestion et de pêche actuellement employées pour l'holothurie dans l'ensemble de la région Indopacifique se sont soldées par une surpêche des ressources (Bell et al. 2008; Friedman et al. 2008). Il est ainsi impératif aujourd'hui d'adopter une approche de gestion évolutive fondée sur le principe de précaution en cas de développement de nouvelles pêcheries. Il est aussi nécessaire de comprendre les effets qu'a sur la résilience de l'écosystème le prélèvement d'holothuries à valeur marchande, qui sont souvent les plus grandes espèces benthiques des communautés récifales coralliennes (Wolkenhauer et al. 2009). Les holothuries tropicales jouent un rôle important dans le recyclage des nutriments, qui améliore à son tour la productivité benthique (Uthicke 1999; Uthicke and Klumpp 1998). Avec ces éléments en toile de fond, l'intérêt qui est porté depuis peu aux espèces du genre *Stichopus* en Australie orientale justifie à lui seul que l'on cherche à fixer des connaissances rigoureuses et référencées sur la biologie locale de ces espèces dans la région, connaissances actuellement absentes des publications scientifiques. Ces informations sont nécessaires pour étayer les décisions de gestion relatives à la pêche de ces espèces.

S. herrmanni est actuellement répertoriée parmi les espèces à valeur marchande faible à moyenne (Lambeth 2000; Choo 2008; Conand 2008). La transformation du tégument de cette espèce et d'autres espèces du genre *Stichopus* peut comporter certaines difficultés, la cuisson tendant à endommager la chair, ce qui réduit sa valeur commerciale (Lambeth 2000). Cette fragilité est due à la mutabilité du tégument. Au sein de la pêcherie de la côte est du Queensland, la transformation et la commercialisation du groupe *Stichopus* sous forme de produit congelé prêt à consommer permettent d'éviter ce problème et, partant, d'accroître la valeur du produit (QDPIF 2007). Le choix de commercialiser le produit congelé au détriment du produit séché traditionnel devrait se généraliser dans la pêcherie du Queensland (QDPIF 2007).

1. Department of Systems Ecology, Stockholm University, SE-106 91 Stockholm, Suède. Courriel: hampus@ecology.su.se
2. Schools of Medical and Biological Sciences, University of Sydney, Australie.

Le système lagunaire de *One Tree Reef* fait vivre un assemblage diversifié et abondant d'espèces d'holothuries. Ce complexe récifal est une zone de recherche scientifique interdite à la pêche depuis des décennies. L'abondance locale élevée et durable de *S. herrmanni* à *One Tree Reef* permet d'étudier la biologie d'une population de cette espèce sur un récif inexploité. Une approche semblable a été retenue pour des études sur les holothuries noires à mamelles dans des zones interdites à la pêche et des sanctuaires dans le parc marin situé à la pointe nord de la Grande barrière de corail (Byrne et al. 2004; Uthicke et al. 2004). Cette étude contribuera à l'obtention d'un ensemble de données chronologiques pour les populations de *S. herrmanni* épargnées par la pêche. Ces données constitueront d'importantes données de référence pour la pêche le long de la Grande barrière de corail et permettront des comparaisons avec d'autres populations de *S. herrmanni*, en particulier dans des zones exploitées par les pêcheurs.

Méthodes

L'étude s'est déroulée dans le complexe récifal de *One Tree Reef* (23°30' S, 152°05' E) dans l'archipel des *Capricorn Bunker* dans la partie sud de la Grande barrière de corail. Ce complexe se compose d'une plateforme récifale entourée d'un lagon fermé par un récif continu. La population résidente de *S. herrmanni* a été étudiée du 4 au 8 mai 2009 à « *Shark Alley* », zone d'arrière-récif située exactement au sud-ouest de *One Tree Island*. Selon l'état de la marée, la profondeur du site oscille entre 0,5 et 4 mètres. La zone de *Shark Alley* est soumise à l'action des vagues sur le platier à marée haute. Cela dit, à marée basse, la zone d'arrière-récif comprend des zones en mode calme riches en nutriments, comme en témoigne l'abondant couvert de microalgues benthiques posé sur des sédiments fins.

La population de *S. herrmanni* a été observée sur des transects de 40 mètres sur un mètre, à l'aide du protocole de l'Observatoire des pêcheries récifales (Secrétariat général de la Communauté du Pacifique) utilisé dans d'autres parties de la région océanique (Kim Friedman, communications personnelles). Cette méthode permet une observation exhaustive dans une zone où de nombreux transects peuvent être répétés, compte tenu de la rapidité de traitement de chaque transect. Les transects (n = 36) ont été disposés dans les zones d'arrière-récif en bordure du récif. Les données obtenues ont servi à estimer une densité par hectare (ha^{-1}).

Pour avoir une idée de la concentration des animaux, des mesures du plus proche voisin (proximité entre deux individus) ont été relevées de façon aléatoire pour les individus *S. herrmanni* observés en plongée libre dans la zone de *Shark Alley*. La taille des deux voisins et la distance les séparant ont été notées, ce qui donne une estimation grossière de la distance entre individus au sein des populations échantillonnées. La longueur des animaux observés lors de l'étude du voisin le plus proche a été mesurée pour calculer la distribution des fréquences de tailles de *S. herrmanni* à *One Tree Reef*.

Résultats

La densité moyenne de *S. herrmanni* le long de l'arrière-récif était de 736 animaux ha^{-1} (écart-type = 172, n = 36). L'espèce a été observée sur 67 % des transects (n = 36), le plus souvent dans les zones proches des principaux reliefs récifaux ou affleurements récifaux (figures 1a, b). Les individus de *S. herrmanni* ont été observés sur du sable, des débris et nichés entre des coraux vivants. La distribution des fréquences de tailles s'apparente à une distribution normale (figure 2), la longueur moyenne de individus étant de 344 mm (écart-type = 58 mm, n = 203, fourchette = 160–500 mm). Aucun petit adulte ou juvénile n'a été observé. La distance moyenne entre les individus de *S. herrmanni* était de 221 cm (écart-type = 50 cm, n = 82, fourchette = 0–3570 cm).

Discussion

One Tree Reef fait vivre un assemblage diversifié et abondant d'espèces d'holothuries aspidochiotes. Cela s'explique peut-être par le fort degré de rétention des nutriments dans ce système récifal, lié à sa structure qui restreint la circulation des eaux du lagon et la perte d'eaux riches en nutriments (Larkum et al. 1988). Une étude récente sur la translocation d'individus a révélé que les sables lagunaires peuvent permettre une croissance remarquable de ces individus, la croissance annuelle de la longueur pouvant atteindre 100 % chez *Holothuria atra* (Lee et al. 2008).

La densité de *S. herrmanni* dans les zones d'arrière-récif de *One Tree Island* (736 individus ha^{-1}) est très élevée et constitue probablement l'une des densités les plus élevées jamais enregistrées pour cette espèce. Nous reconnaissons que les comparaisons de densité sont in-



Figure 1. *S. herrmanni* est fréquemment présente à proximité et à la surface des reliefs récifaux de *Shark Alley* à *One Tree Reef*, sur la Grande barrière de corail (Australie).

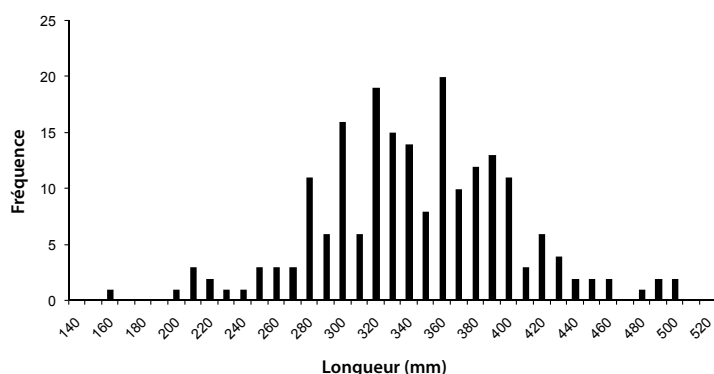


Figure 2. Diagramme des fréquences de tailles de *S. herrmanni* à One Tree Reef (n = 203).

fluencées par les différences entre les méthodes d'échantillonnage, la répétition des mesures et l'effort spatial. Dans le nord de la Grande barrière de corail, Hammond et al. (1985) ont signalé des densités de 10 animaux ha^{-1} (extrapolées à partir de 0,4 individu 400 m^{-2}). Dans le nord-ouest de l'Australie, (récifs Scott, Ashmore et Seringapatam) et dans le détroit de Torres, des densités de 0–14 individus ha^{-1} et 0–21 individus ha^{-1} ont été enregistrées respectivement (Skewes et al 1999, 2004). Les densités calculées pour *One Tree Reef* sont aussi très nettement supérieures à celles observées en Papouasie-Nouvelle-Guinée (0,1–31 individus ha^{-1} d'après Kinch et al. 2008b). *S. herrmanni* est fréquemment observée au sud de la Grande barrière de corail (Roelofs 2004), mais on ne sait pas si cette densité exceptionnellement élevée se retrouve de façon similaire dans d'autres parties de la région. Par conséquent, il est nécessaire de réaliser de nouvelles études dans les récifs voisins.

La notable population de *S. herrmanni* est présente depuis au moins vingt ans dans le site d'arrière-récif de *One Tree Reef* (Byrne, observations personnelles). Dans ce site, l'espèce réside sur les fonds sablonneux à la base des récifs coralliens et sur de petites patates de corail dans le lagon. La présence de *S. herrmanni* le long des strates de la bordure récifale a été observée dans le détroit de Torres (Skewes et al. 2004), mais, ailleurs, on retrouve plus souvent l'espèce dans les sédiments mous et les habitats d'herbiers (Desurmont 2003). À *One Tree Reef*, *S. herrmanni* a souvent été observée nichée entre des coraux vivants et peut être un important producteur de nutriments, sous forme de rejet d'ammoniaque (Uthicke and Klumpp 1998). Toutefois, les raisons de l'extrême abondance de *S. herrmanni* dans la zone lagonaire de *One Tree* restent inconnues. Une étude plus approfondie de la dynamique des sédiments et des nutriments dans la zone pourrait apporter des éléments de réponse. Dans d'autres régions du lagon de *One Tree*, *S. herrmanni*, quoique très présente, affiche des densités inférieures dans les substrats sablonneux plus éloignés des coraux (Eriksson and Byrne observations personnelles). Il est nécessaire de disposer de données pour définir les schémas de distribution. Des études suivies de la population résidant dans l'arrière-récif et de la zone lagonaire de façon plus générale permettront d'obtenir des données chronologiques sur les paramètres de la

population. L'état actuel des connaissances sur la dynamique des populations inexploitées et exploitées de *S. herrmanni* et d'autres espèces constitue un frein majeur à l'élaboration de stratégies durables d'exploitation. On ignore comment les stocks réagiraient s'ils étaient soumis à une activité de pêche. Pour bien gérer la pêche, il est essentiel de disposer de données empiriques sur la biologie des populations d'holothuries tropicales, non seulement pour la Grande barrière de corail, mais aussi dans l'ensemble des zones tropicales où les ressources en holothuries sont exploitées.

En ce qui concerne la biologie halieutique de *S. herrmanni*, la population stable et dense observée dans le site étudié est tout indiquée pour de futures recherches sur la dynamique des populations, la distribution, la ponte et les effets d'Allee. Nous avons pour objectif de recueillir des informations saisonnières sur la densité et la concentration des stocks. *S. herrmanni* pond en été à *One Tree Reef* (Eriksson and Byrne observations personnelles). Le stade larvaire planctonique des holothuries aspidochirotes tropicales est généralement de 14 à 21 jours (Ramofafia et al. 2003). La présente étude a été effectuée au mois de mai, mais aucun juvénile ou sous-adulte de petite taille n'a été observé. Les plus petits spécimens observés mesuraient 160 mm. La taille à la maturité sexuelle de *S. herrmanni* est estimée à 220 mm (Conand 1993), ce qui laisse penser que la plupart des individus recensés étaient matures. Pour la pêche du Queensland, la taille à la première maturité est de 140 mm, la taille minimale autorisée de capture proposée étant de 200 mm (Roelofs 2004). Si ce critère était appliqué à la population étudiée de *One Tree Reef*, la quasi-totalité de la population entrerait dans la catégorie des tailles autorisées de capture. Par comparaison, la taille minimale répertoriée pour la pêche de *S. herrmanni* du détroit de Torres est fixée à 270 mm (Lloyd and Prescott 2004).

La plupart des espèces d'holothuries évoluent dans différents habitats pour le recrutement, les nourriceries des juvéniles et les habitats adultes. Nous ne possédons pas de données sur l'emplacement de ces sites. Il est probable que les juvéniles de la population étudiée se trouvaient cachés dans les structures récifales et ne pourraient être observés qu'en détruisant ces structures. Aucun juvénile n'a été repéré la nuit (Eriksson, observations personnelles), ce qui prouve combien il est difficile d'observer et de définir des schémas de recrutement ainsi que les paramètres du cycle biologique des holothuries, même quand il s'agit d'une espèce aussi visible que *S. herrmanni* évoluant dans un récif protégé du complexe de *One Tree Reef*. Il est crucial de pallier ce manque de connaissances si l'on veut étayer les décisions de gestion à venir sur les espèces d'holothuries.

Remerciements

Nous tenons à remercier le personnel de la station de recherche de *One Tree Island*, qui relève de l'Université de Sydney (Australie), et le Département de l'écologie des systèmes de l'Université de Stockholm.

Bibliographie

- 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.
- Byrne M., Cisternas P., Hoggett A., O'Hara T. and Uthicke S. 2004. Diversity of echinoderms at Raine Island, Great Barrier Reef. p. 159–164. In: Heinzeller T. and Nebelsick J.H. (eds). *Echinoderms*: München. Taylor and Francis Group, London.
- Choo P.S. 2008. Fisheries, trade and utilization of sea cucumbers in Malaysia. 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 463. FAO, Rome.
- Conand C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 116:439–450.
- Conand C. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean. p. 143–193. 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. FAO, Rome.
- Desurmont A. 2003. Papua New Guinea sea cucumber and beche-de-mer identification cards. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 18:8–14.
- Friedman K., Purcell S., Bell J. and Hair C. 2008. Sea cucumber fisheries: A manager's toolbox. *ACIAR Monograph* No.135. 32 p.
- Hammond L.S., Birtles R.A. and Reichelt R.E. 1985. Holothuroid assemblages on coral reefs across the central section of the Great Barrier Reef. *Proceedings from the Fifth Coral Reef Congress, Tahiti, Vol 2*.
- Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman K. 2008a. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the western Central Pacific. p. 7–55. 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. FAO, Rome.
- Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman F. 2008b. 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). 2008. *Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. FAO, Rome. 317 p.
- Lambeth L. 2001. L'utilisation de *Stichopus variegatus* (aujourd'hui dénommée *S. hermanni*) à des fins alimentaires dans les îles du Pacifique. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 13:18–21.
- Larkum A.W.D., Kennedy I.R. and Muller W. 1998. Nitrogen fixation on a coral reef. *Marine Biology* 98:143–155.
- Lee J., Byrne M. and Uthicke S. 2008. The influence of population density of fission and growth of *Holothuria atra* in natural mesocosms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 365:126–135.
- Lowden R. 2005. Management of Queensland sea cucumber stocks by rotational zoning. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 22:47.
- Lloyd C. and Prescott J. 2004. Torres Strait beche-de-mer fishery – Draft assessment report.
- McKnight, C. 1976. *The voyage to Marege: Macassan trepanners in northern Australia*. Melbourne, Melbourne University Press.
- QDPIF. 2007. Annual status report east coast beche-de-mer fishery, April 2007. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland Government.
- Ramafolia C., Byrne M. and Batteglene S. 2003. Development of three commercial sea cucumber *Holothuria scabra*, *H. fuscogilva* and *Actinopyga mauritiana*: Larval structure and growth. *Marine Freshwater Research* 54:1–11.
- Roelofs A. 2004. Ecological assessment of the Queensland's east coast beche-de-mer fishery. A report to the Australian Government Department of Environment and Heritage on the ecologically sustainable management of a highly selective dive fishery. Queensland Government Department of Primary Industries.
- Skewes T.D., Dennis D.M., Jacobs D.R., Gordon S.R., Taranto T.J., Haywood M., Pitcher C.R., Smith G.P., Milton D. and Poiner I.R. 1999. Survey and stock size estimates of the shallow reef (0–15 m deep) and shoal area (15–50 m deep) marine resources and habitat mapping within the Timor Sea MoU74 Box. Volume 1: Stock estimates and stock status. CSIRO Marine Research.
- Skewes T., Dennis D., Koutsoukos A., Haywood M., Wasenberg T. and Austin M. 2004. Stock survey and sustainable harvest for Torres Strait beche-de-mer. Australian Fisheries Management Authority Torres Strait Research Program Final Report. AFMA Project Number: R01/1345.
- 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(1):129–141.
- Uthicke S. 2004. Overfishing of holothurians: Lessons from the Great Barrier Reef. p. 163–171. 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 463. FAO, Rome.
- Uthicke S. and Klumpp D.W. 1998. Microphytobenthos community production at a near-shore coral reef: Seasonal variation and response to ammonium recycled by holothurians. *Marine Ecology Progress Series* 169:1–11.
- Uthicke S., Welch D. and Benzie J.A.H. 2004. Slow growth and recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: Evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. *Conservation Biology* 18:1395–1404.
- Wolkenhauer S.-M., Uthicke S., Burrige C., Skewes T. and Pitcher R. 2009. The ecological role of *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) within subtropical seagrass beds. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 1–9.

Observations de pontes en milieu naturel

Stichopus monotuberculatus

Lieu: La Réunion, récif de Saint Leu,
à proximité de l'arrière récif.

Date: 28 Novembre 2008, 12:30 heure locale.

Observateur/photographe: Stéphanie Bollard

Note: Cette espèce est supposée nocturne.



Synapta maculata

Lieu: La Réunion, récif de Saint Leu, la Varangue.

Date: Avril 2009

Observateur/photographe: Sonia Ribes

Note: Plusieurs individus pondaient en même temps; ils rétractaient puis déployaient leurs tentacules avant d'expulser leurs gamètes.



Bohadschia vitiensis

Lieu: Mayotte, N'Gouja.

Date: Avril 2009.

Observateur/photographe: Lionel Bigot.



Communications...

De Mike Reich :

Chers collègues,

Je tiens à saisir cette occasion pour vous annoncer la tenue de notre septième conférence européenne sur les échinodermes. Le bulletin de préinscription peut être téléchargé depuis la page Web suivante : <http://www.ece2010.uni-goettingen.de/> (page principale ou page d'inscription). Vous êtes priés de vous préinscrire avant le 1^{er} février 2010 afin que nous puissions avoir une idée du nombre de participants et organiser la logistique en conséquence. Nous vous saurions également gré de nous donner votre avis sur le mode de publication des futurs actes de nos conférences sur les échinodermes. Un débat animé sur la question s'est déroulé sur le serveur de la liste de diffusion sur les échinodermes en septembre et en octobre 2009, centré notamment autour des avantages et inconvénients que présente notre éditeur actuel A.A. Balkema / Taylor & Francis Group. L'une des possibilités est de faire paraître ces actes dans la revue *Zoosymposia*, publiée par la maison d'édition Magnolia Press (www.mapress.com ; Auckland, Nouvelle-Zélande). On a pu récemment y lire les actes de la neuvième conférence internationale sur les polychètes, ainsi qu'un large éventail d'articles. Publier dans *Zoosymposia*, ou dans sa revue sœur *Zootaxa*, permet une impression plus rapide, un facteur d'impact, des réimpressions et un accès libre au contenu. Malheureusement, je ne peux vous donner plus de précisions sur les frais d'inscription tant que les détails de la conférence ne seront pas connus. Si vous avez des questions, n'hésitez pas à prendre contact avec moi ou avec l'équipe d'organisation (tstegem@gwdg.de). Vous pourrez prendre connaissance de tous les détails de cette manifestation dans une seconde circulaire qui sera diffusée en mars 2010.

De Chantal Conand :

Le sixième colloque scientifique international de l'Association des sciences de la mer de l'océan Indien occidental s'est tenu à La Réunion en septembre 2009. Les travaux présentés paraîtront dans plusieurs revues en 2010. La séance sur les holothuries était notamment consacrée aux exposés oraux suivants :

The effects of fishing on the population structure and reproductive output of the commercial sea cucumbers *Holothuria fuscogilva* and *H. scabra* in Kenya

Muthiga N.A.

Sea cucumber fisheries in the Western Indian Ocean, learning from the South Pacific

Eriksson H., De La Torre Castro M. and Friedman K.

Sea cucumber Aquaculture – Promising opportunity for sustainable sea cucumber fishery in the Indo-Pacific region

Giraspy, D.A.B. and Ivy, W.G.

Sea cucumber fisheries and mariculture in the Indian Ocean: present status and perspectives

Conand C.

Parmi les affiches présentées figuraient :

Diversity of the holothuroid fauna (Echinodermata) in La Reunion (Western Indian Ocean)

Conand C., Michonneau F., Paulay G., Bruggemann H.

Effect of food quality and rearing density on survival and growth of endobenthic juveniles of *Holothuria scabra*

Lavitra T., Rasolofonirina R. and Eeckhaut I.

Sea cucumber fishery structure, management and importance in Zanzibar.

de la Torre-Castro M., Raymond C., Eriksson H and Jiddawi N

How much is known about sea cucumber fisheries in Mozambique

Macamo C. and Muaves L.

Claude Massin, ancien conservateur de la Section malacologie de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique, a pris sa retraite. Au cours de son formidable parcours, Claude a publié d'innombrables travaux qui font aujourd'hui autorité et qui ont incommensurablement enrichi notre discipline. Nous lui adressons tous nos vœux de réussite pour ses prochaines aventures et, en guise de consolation, nous espérons que son immense passion pour notre science l'amènera à répondre présent professionnellement pendant longtemps encore.

Le groupe de travail sur les aspidochiotes consiste en une équipe de taxinomistes venus du monde entier et chargés de réviser la taxinomie des holothuries aspidochiotes. Ce travail est généreusement financé par la *National Science Foundation* des États-Unis d'Amérique (NSF) dans le cadre du programme *Partnerships for Enhancing Expertise in Taxonomy* (PEET). Ce programme a pour vocation de « soutenir des projets de recherche évalués de manière concurrentielle qui ciblent des organismes mal connus ». Il vise à encourager la formation de nouvelles générations de taxinomistes et à traduire les connaissances actuelles en bases de données électroniques et en autres modes de présentation de données largement accessibles aux milieux scientifiques. Un complément de financement a été accordé dans le cadre de *Synthesys and the Global Taxonomy Initiative* (<http://www.guammarinelab.com/peetcukes/index.html>) aux membres de l'Union européenne qui participent au groupe de travail sur les aspidochiotes.

Résumés et nouvelles publications

Taxinomie du complexe fortement exploité d'holothuries de sable de l'Indopacifique (Echinodermata: Holothuriidae)

Claude Massin, Sven Uthicke, Steven W. Purcell, Frank Rowe et Yves Samyn

Source : *Zoological Journal of the Linnean Society* (2009) 155:40–59

Deux espèces d'holothuries à valeur marchande, l'holothurie de sable et l'holothurie mouton (variété versicolor), ont une couleur variable et présentent des difficultés d'identification taxinomique, débouchant sur des identifications d'espèces incertaines. D'après une étude moléculaire récente, la variété putative *Holothuria (Metriatyla) scabra* var. *versicolor* Conand, 1986 (holothurie mouton) est une espèce distincte de *H. (Metriatyla) scabra* Jaeger, 1833 (holothurie de sable), mais les deux espèces pourraient bien s'hybrider. L'examen d'éléments du squelette et de la morphologie externe de ces espèces corrobore cette découverte. L'identité de *H. (M.) scabra* a été définie sans équivoque grâce à la création et à la description d'un néotype, et plusieurs synonymes putatifs ont été réexaminés de façon critique. Le taxon *H. (Metriatyla) timama* Lesson, 1830, rejeté sur le plan de la nomenclature, et *H. (M.) scabra* var. *versicolor* (un *nomen nudum*) sont ici reconnus comme des taxons conspécifiques et sont attribués à une nouvelle espèce, *Holothuria lessoni* sp. nov., dont des types ont été décrits. En outre, l'holotype et le seul spécimen connu de *H. aculeata* Semper, 1867, a été remplacé et décrit à nouveau. Il est considéré comme une espèce valide. Une description taxinomique plus claire de cette espèce fortement exploitée devrait contribuer à sa conservation et permettre une gestion monospécifique de la pêche.

Marquage effectif par un fluorochrome de juvéniles d'holothuries aux fins de pacage en mer et de réensemencement des stocks

Steven W. Purcell et Bernard F. Blockmans

Source : *Aquaculture* (2009) 296:263–270

Pour le pacage en mer et le réensemencement des stocks, les spicules dermiques (sclérites) des holothuries d'élevage peuvent être marqués à l'aide d'un marqueur fluorescent, ici de la tétracycline et de la calcéine, mais les conditions optimales d'immersion ne sont pas encore connues. Les effets mortels et non mortels et l'efficacité du marquage des spicules des juvéniles d'holothurie de sable (*Holothuria scabra*) ont été examinés dans différentes conditions d'immersion. En général, la luminescence et la proportion de spicules marqués augmentaient proportionnellement avec la concentration et la durée d'immersion. La fréquence d'enfouissement (indicateur de stress) des holothuries de sable augmentait en présence des deux fluorochromes à des concentrations supérieures à 50 mg L⁻¹. Au cours des deux semaines qui ont suivi le marquage, la croissance à des concentrations d'immersion de 50 et 100 mg L⁻¹ était identique à la croissance des spécimens témoins, mais semblait inhibée par une immersion dans des solutions à 200 et 400 mg L⁻¹ de tétracycline ou de calcéine. Le marquage séquentiel à la tétracycline (jaune) et à la calcéine (vert) a révélé, quel que soit l'ordre de marquage, que la calcéine se dépose sur une proportion supérieure de spicules. Trois autres fluorochromes associés à des couleurs différentes, l'alizarine-complexon, le bleu de calcéine et l'orangé de xylénol, se fixaient également aux spicules des holothuries de sable, étendant la gamme de combinaisons dichromatiques possibles. L'intensité de la tétracycline tout comme celle de la calcéine était supérieure chez les juvéniles marqués à 26 ou 30 °C à celle des juvéniles marqués à 21 °C, cette faible température semblant également réduire la proportion de spicules marqués par la tétracycline. Notre étude montre que la température de l'eau de mer devrait être régulée pour tout marquage par immersion *ex situ*. Les sensibilités comportementales et biologiques des holothuries de mer imposent que les fluorochromes soient administrés avec soin. L'immersion dans des solutions à 100 mg L⁻¹ de fluorochrome pendant 24 heures à une température ≥ 26 °C constitue un bon compromis entre la réduction de la valeur adaptative des juvéniles relâchés et la garantie de marqueurs efficaces utilisés dans des études sur la croissance et la survie des holothuries introduites dans le milieu naturel.

Le rôle écologique d'*Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) dans les herbiers subtropicaux

Svea-Mara Wolkenhauer, Sven Uthicke, Charis Burridge, Timothy Skewes et Roland Pitchera

Source : *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*

doi:10.1017/S0025315409990518 (About doi). Published online by Cambridge University Press 09 Jul 2009

Certaines espèces d'holothuries sont soumises à une pêche intense et sont commercialisées sous forme de bêche-de-mer sur les marchés asiatiques de l'agroalimentaire. Aujourd'hui, la fonction écologique qu'assurent ces animaux au sein de leur écosystème suscite un intérêt croissant, d'autant que les populations de certaines espèces très cotées sont en recul partout dans le monde. La présente étude cherche à définir le rôle écologique d'*Holothuria scabra*, espèce tropicale à valeur marchande qui évolue dans les herbiers. La productivité des herbiers, leur biomasse et celles des microalgues benthiques et la matière organique ont été mesurées au cours de deux expériences d'exclusion réalisées *in situ* dans des cages mouillées pour une période de deux mois, une fois en 2003 et une fois en 2004. La densité de *H. scabra* a été manipulée de trois façons : cages où les animaux étaient exclus (densité proche de zéro, « EX »), holothuries témoins mises en cage (densité naturelle, « CC ») et holothuries témoins dans le milieu naturel (densité naturelle, « NC »). La croissance de l'herbier était inférieure lorsque les holothuries étaient exclues du milieu (5 % en 2003, 12 % en 2004). La

biomasse de l'herbier s'est affaiblie dans les trois cas de figure, mais la baisse était plus marquée dans les cages EX que chez les holothuries témoins (18 % en 2003, 21 % en 2004). La biomasse des microalgues benthiques comme la matière organique augmentait plus dans les cages EX qu'en présence des holothuries témoins NC/CC (in 2004). En introduisant plusieurs variables, on a obtenu un diagramme à double projection pour l'analyse des composantes principales dans lequel EX était séparé des deux types de témoins en 2004, et cette séparation a été confirmée par des tests à plusieurs variables reposant sur quatre attributs. Ces résultats indiquent que les systèmes d'herbiers peuvent pâtir de l'absence d'holothuries. Toutefois, l'importance de l'effet différerait d'une expérience à l'autre, peut-être parce que les deux expériences ont été menées à différentes époques de l'année. Néanmoins, nos résultats donnent à penser que la surpêche des holothuries pourrait avoir une incidence négative sur la productivité des systèmes d'herbiers.

Une nouvelle méthode d'induction de la maturation des ovocytes chez les holothuroïdes (Echinodermata)

Aline Léonet, Richard Rasolofonirina, Ruddy Wattiez, Michel Jangoux et Igor Eeckhaut

Source : Invertebrate Reproduction and Development (2009) 53(1):13–21

La maturation des ovocytes d'holothuries s'arrête pendant la méiose à la prophase I. La maturation s'achève naturellement juste avant la ponte et donne des ovocytes matures, prêts à être fécondés. Bien que des chocs thermiques, appliqués à des individus matures, puissent induire la ponte, il n'est pas possible, jusqu'à présent, de réaliser à coup sûr la fécondation *in vitro* d'ovocytes d'holothuries. Le présent article fait état de la découverte d'un nouveau procédé très efficace induisant la maturation ovocytaire, portant le nom de MIF (pour *Maturation Inducing Fractions*, fractions inductrices de maturation). Les effets du procédé MIF sur les ovocytes de l'espèce commercialisée *Holothuria scabra* ont été analysés et comparés à ceux obtenus avec la poignée d'inducteurs de maturation ovocytaire décrits dans la littérature. Le procédé MIF permet d'induire la maturation et la fécondation de plus de 90 % des ovocytes, contre des taux de maturation ovocytaire variant de 28 à 90 % avec les autres inducteurs (le 1-Méthyladénine, le dithiothréitol (DTT), le dimercapto-propanol (BAL) et la L-cystéine) selon l'inducteur mis à l'essai. En outre, l'utilisation d'autres inducteurs débouche sur des taux de fécondation qui n'excèdent jamais 40 %, et les larves ainsi obtenues présentent souvent des anomalies de développement. L'action de la fraction inductrice sur les ovocytes de *H. scabra* est efficace tout au long de l'année même en dehors de la période de ponte de l'espèce. Son action est efficace sur les ovocytes de toutes les espèces d'aspidochirotes testées jusqu'à présent, mais uniquement lorsqu'elle est extraite du frai d'une femelle oursin cyclée.

État et gestion des ressources en holothuries de la Grande Terre, en Nouvelle-Calédonie

Steven W. Purcell, Hughes Gossuin et Natacha S. Agudo

Source : WorldFish Center Studies and Reviews N° 1901 (2009). The WorldFish Center, Penang, Malaysia. 136 p.

En Nouvelle-Calédonie, la pêche d'holothuries se pratique depuis les années 1840. En 2007, la valeur déclarée des exportations d'holothuries par la Nouvelle-Calédonie (environ 5,3 millions de dollars des États-Unis) était deux fois supérieure à celle des exportations de thon, ce qui en fait la deuxième exportation de produit marin la plus rentable du pays après la crevette d'élevage. Ce projet a été mis en œuvre par le WorldFish Center d'octobre 2006 à mai 2008, grâce au concours financier du programme territorial ZoNéCo. Nous avons eu recours à des comptages des populations sur le terrain, à des enquêtes sur les prises débarquées et à des enquêtes socioéconomiques auprès des pêcheurs et des producteurs de bêche-de-mer. Un séminaire qui a réuni les différentes parties prenantes de cette filière a également été organisé afin d'évaluer les ressources en holothuries de la Grande Terre et de formuler des recommandations concernant leur gestion.

Les populations d'holothuries, de trocas et de bénitiers ont été inventoriées sur 50 sites lagunaires et de récif-barrière le long de transects en bande répétés et stratifiés, géoréférencés par GPS. Plus de 6 000 holothuries ont été comptées. En outre, nous avons mesuré et pesé 1 724 holothuries, présentant une valeur marchande moyenne ou élevée, prélevées sur les 1 475 transects du projet. Nous avons utilisé un questionnaire structuré pour interroger 26 pêcheurs et sept producteurs en vue de décrire le contexte social entourant cette ressource marine. Nous avons mesuré et pesé 2 433 individus au cours de 54 opérations de débarquement par les pêcheurs des six régions étudiées.

Environ 12 espèces d'holothuries à valeur marchande moyenne à élevée sont exploitées. La distribution des individus était peu homogène pour la plupart des espèces. En moyenne, nous avons observé huit espèces distinctes d'holothuries sur chaque site. La diversité des espèces observées n'affichait pas de variation majeure d'une Province à l'autre, ou encore entre les récifs situés dans des réserves et ceux où la pêche est autorisée. Les populations de quelques espèces commercialisées semblent épuisées, à savoir *Holothuria fuscogilva*, *Holothuria lessoni* et *Actinopyga lecanora*. Les populations de plusieurs autres espèces sont assez clairessemées : *A. mauritiana*, *A. miliaris* et *H. scabra*. La plupart des autres espèces commercialisées sont assez répandues et comptent des populations de reproducteurs sur certains sites, ce qui devrait permettre de recruter de nouveaux individus.

La comparaison entre, d'une part, les fréquences de tailles des holothuries capturées et débarquées et, d'autre part, celles des holothuries observées dans leur milieu naturel semble indiquer que les pêcheurs tendent à sélectionner les individus de plus grande taille, mais pas dans toutes les régions. La plupart des pêcheurs d'holothuries sont des hommes âgés de 30 à 50 ans et des pêcheurs chevronnés. Les holothuries représentent la principale source de revenus de la majorité des pêcheurs interrogés et nombre d'entre eux ne pêchent que deux jours par semaine. Les prises par unité d'effort

(PUE) des pêcheurs diffèrent d'une région à l'autre. Opérant loin des entreprises de transformation, les pêcheurs de la Province Nord transforment plus souvent eux-mêmes leurs captures que ceux de la Province Sud. Si l'on compare les PUE anciennes perçues aux estimations des PUE actuelles (calculées d'après les données sur les prises débarquées et les entretiens avec les pêcheurs), on constate que les taux de capture ont fléchi dans certaines régions. Les PUE sont à la hausse à proximité de Nouméa et plus au sud, mais les pêcheurs ciblent désormais, en plus des captures habituelles, de nombreuses espèces à faible valeur marchande qui peuvent être prédominantes dans le volume de prises.

Certains stocks d'holothuries de Nouvelle-Calédonie sont probablement capables de supporter un impact de pêche continu, si les niveaux de pêche sont modestes. Les stocks de certaines autres espèces sont maigres ou appauvris. Dans ce cas, il convient d'introduire des réglementations de gestion pour éviter que leurs populations de reproducteurs ne continuent de s'amenuiser. Dans certaines zones, les pêcheurs poursuivent une pêche intensive des holothuries alors que les tailles moyennes des individus sont en baisse et qu'ils pensent que leur abondance est aussi en déclin. Au vu des réponses obtenues lors des enquêtes et du fait que des petits individus sont parfois pêchés, les agents des services des pêches doivent rendre régulièrement visite aux pêcheurs pour les sensibiliser.

Nous recommandons et expliquons 13 mesures que doivent prendre les services des pêches et des réglementations sur la pêche qui feront obligation aux pêcheurs. En particulier, nous préconisons une interdiction de pêche pour plusieurs espèces et conseillons l'adoption de réglementations visant à restreindre la pêche de type industriel. Il est nécessaire de mettre au point promptement un plan de gestion dans les Provinces de Nouvelle-Calédonie dans le but de sauvegarder le potentiel de reproduction des populations d'holothuries et leur biodiversité sur les récifs. Nous préconisons une méthode de gestion évolutive, qui permettra de modifier le plan de gestion à mesure que de nouvelles informations tirées d'études sociologiques et écologiques sont disponibles.

Biologie de la reproduction d'*Actinopyga echinites* et d'autres holothuries à La Réunion (océan Indien occidental) : implications pour la gestion de la pêche

Sophie Kohler, Sylvie Gaudron et Chantal Conand.

Source : Western Indian Ocean Journal of Marine Science (in press)

La pêche de l'holothurie est une activité florissante dans plusieurs pays de l'océan Indien occidental, mais elle est souvent mal gérée. Un programme régional MASMA (sciences de la mer au service de la gestion), financé par l'Association des sciences de la mer de l'océan Indien occidental (WIOMSA), fournit des informations sur la reproduction de certaines espèces d'holothuries commercialisées. À La Réunion, deux espèces sont visées : *Actinopyga echinites* et *Holothuria leucospilota*. Elles sont très abondantes sur les récifs frangeants et des échantillons ont été prélevés chaque mois en 2005-2006. Des données sur la structure des populations et le cycle de reproduction d'*Actinopyga echinites* sont présentées ici. Les principaux résultats sont les suivants : 1) la distribution des tailles (exprimées en poids éviscéré) au sein de la population du site de Planch'Alizés est plurimodale, le principal mode se situant à 85-95 g, 2) la proportion des sexes penche en faveur des femelles, 3) l'anatomie des gonades est décrite en cinq stades de maturité, 4) le cycle de reproduction est saisonnier, avec un épisode principal de ponte de décembre à janvier et un épisode secondaire en avril, 5) la taille à la première maturité sexuelle EW_{50} égale à 45 g est déterminée à partir d'un autre site (herbier abritant des juvéniles). Ces résultats sont intégrés à des données concernant d'autres espèces d'holothuries, telles que *H. leucospilota*, *H. atra* et *Stichopus chloronotus* qui ont fait l'objet de précédentes études sur l'île de La Réunion, et seront utiles à de prochaines recherches sur la biologie de la reproduction des holothuries, menées dans les autres pays de l'océan Indien occidental. Instaurer une fermeture saisonnière de la pêche en fonction des informations disponibles sur la saison de ponte en saison chaude et fixer une taille minimale de capture à partir de la taille à la première maturité sexuelle sont autant d'outils qui permettront de renforcer la gestion durable de ces ressources marines.

RÉSUMÉS DE THÈSES DOCTORALES

Phylogénie, taxinomie, dynamique des populations et nutrition des holothuroïdes aspidochirotés (Echinodermata) dans un herbier de *Posidonia oceanica* en Algérie

Karim Mezali

Université de Mostaganem, Algérie

Les holothuries aspidochirotés, aussi appelées concombres de mer dans le langage courant, sont un acteur majeur de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Elles jouent un rôle important dans le recyclage de la matière organique et l'oxygénation des sédiments benthiques.

L'étude taxinomique des holothuries aspidochirotés de la Méditerranée a commencé au XIX^e siècle, époque où toutes ces espèces ont été décrites sur le plan morphologique et anatomique. L'identification des espèces, la validité des espèces identifiées et les différences entre elles ont fait l'objet de nombreux débats tout au long du XX^e siècle, principalement du fait des importantes variations intraspécifiques observées et du faible nombre de paramètres de différenciation interspécifique. À ce jour, la délimitation des espèces et leurs relations au sein de cet assemblage n'ont pas été étudiées par des techniques moléculaires. En conséquence, notre étude se propose de décrire et de déterminer la phylogénie, la taxinomie, la dynamique des populations et la nutrition de cette classe d'échinodermes sur les côtes algériennes.

L'étude taxinomique a été réalisée à l'aide de méthodes modernes de taxinomie moléculaire et de morphologie (groupement par grappes). Ces deux méthodes nous ont permis de différencier dix formes d'holothuries échantillonnées [*Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Roweothuria) polii*, *Holothuria (Holothuria) stellati*, *Holothuria (Panningothuria) forskali* et les deux morphotypes d'*Holothuria (Platyperona) sanctori*]. De nombreux individus de chaque espèce ont été échantillonnés dans divers lieux du littoral algérien, en particulier dans deux stations de recherche : Sidi-Fredj et Tamentefoust. Ces individus ont été photographiés vivants, leur ADN a été analysé à partir d'une fraction de gène (ARNr 16S) et la morphologie de leur endosquelette a été décrite et mesurée. La présente étude a permis de mettre au point un test de référence des frontières interspécifiques entre les espèces résidant dans les eaux de la Méditerranée et a révélé que :

- Les deux morphes de couleur d'*Holothuria (P.) sanctori*, sujets à débats dans certains écrits scientifiques, sont identiques sur le plan génétique et appartiennent donc à la même espèce ;
- *Holothuria (H.) stellati*, dont l'identification confuse a toujours été reconnue, est une espèce bien définie, distincte sur le plan génétique, et présente des signes de caractérisation particuliers tant sur le plan morphologique que sur le plan génétique ;
- *Holothuria (H.) tubulosa*, l'espèce la plus répandue et la « mieux connue » de la mer Méditerranée, n'est pas une espèce unique, mais bien deux espèces cryptiques dont l'existence n'a pas encore été reconnue, voire n'était pas soupçonnée jusqu'alors. Nous les avons différenciées sur les plans génétique, morphologique, anatomique et endosquelettique ;
- Toutefois, peu de spécimens d'holothuries analysés dans notre collection ont révélé des données de séquences inhabituelles. Il nous reste à les confirmer en analysant d'autres données de séquences grâce à de nouveaux marqueurs moléculaires qui permettront d'interpréter ces spécimens. Cela dit, de toute évidence, un spécimen donné représentera probablement soit une espèce distincte, qui était jusque-là inconnue, soit un hybride entre deux espèces connues [à savoir *H. (R.) polii* et *H. (H.) stellati* pour le spécimen non identifié d'*Holothuria (R.) polii* B].

L'évolution saisonnière du rapport biomasse/densité présentait un maximum en été et un minimum en automne pour les deux espèces [*H. (H.) tubulosa* et *H. (R.) polii*]. La valeur minimale du rapport entre la biomasse et la densité peut être interprétée comme une indication de recrutement. L'abondance moyenne de *H. (R.) polii* dans la station polluée (Tamentefoust) était significativement inférieure à celle de la station non polluée (Sidi-Fredj). Les données recueillies confirment l'important rôle de *H. (R.) polii* en tant qu'indicateur de pollution.

L'analyse du contenu de l'appareil digestif de plusieurs espèces illustre la spécificité alimentaire de chacune d'entre elles : les holothuries qui ingèrent des sédiments grossiers et fins [*H. (H.) tubulosa*, *H. (L.) polii* et *H. (H.) stellati*] et les holothuries qui préfèrent les sédiments fins et très fins [*H. (P.) forskali* et *H. (P.) sanctori*]. En ce qui concerne la sélectivité de la matière organique, *H. (P.) forskali* est l'espèce la plus sélective, suivie par *H. (P.) sanctori*, *H. (H.) tubulosa*, *H. (H.) stellati* et *H. (L.) polii*.

Caractérisation d'un agent induisant la maturation ovocytaire chez des holothuries aspidochirotés dont *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833), espèce à haute valeur commerciale

Aline Léonet

Biologie marine, Université de Mons, Belgique

Promoteur: Igor Eeckhaut

Certaines holothuries, telles qu'*Holothuria scabra*, sont considérées comme une ressource alimentaire à forte valeur nutritive par les populations asiatiques. La pêche intensive de ces animaux a entraîné une forte diminution de leurs populations lors des dernières décennies, en particulier sur les côtes de Madagascar. De ce constat très alarmiste est né un projet interuniversitaire impliquant les laboratoires de Biologie Marine de l'U.L.B. et de l'Umons ainsi que l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Tuléar (Madagascar). De ce projet est né une société, « Madagascar Holothurie SA », la première de tout l'ouest de l'Océan Indien. Le but de cette société est de vendre des holothuries produites en aquaculture. Un des obstacles majeurs à surmonter pour que ce genre de société soit rentable est l'obtention d'un maximum d'individus à vendre en un minimum de temps. Il faut donc, au départ de l'élevage, une quantité maximale d'œufs fécondés. Cependant lorsque les ovocytes d'holothuries sont prélevés par dissection, ils restent bloqués en prophase I de méiose, blocage qui n'est naturellement levé que lors de la ponte. Il existe bien entendu différentes techniques d'induction de ponte, toutefois ces méthodes sont très aléatoires et ne peuvent être pratiquées que lors de la période de reproduction des holothuries qui, dans le cas de Madagascar, s'étale de novembre à mars. Le projet belgo-malgache a mis au point un procédé breveté tout à fait unique qui permet d'obtenir en continu des millions d'œufs fécondés (i.e. à n'importe quel moment de l'année). Ce procédé se base sur la maturation et la fécondation in vitro d'ovocytes prélevés sur des géniteurs. Il implique l'utilisation d'un nouvel extrait appelé nitrine. La nitrine a pour effet de faire mûrir les ovocytes d'holothuries qui sont bloqués en prophase I de la méiose et qui ne se débloquent, naturellement, que lors de la ponte. Le présent travail a eu pour buts de comprendre le mécanisme d'action du principe actif de la nitrine, de déterminer sa nature, de l'isoler et de l'identifier. Les holothuries expérimentées étaient *Holothuria scabra*, une espèce indo-pacifique à haute valeur commerciale, retrouvée à Madagascar et *Holothuria tubulosa*, une espèce méditerranéenne manipulée dans notre laboratoire en Belgique.

THÈSE DE DOCTORAT EN COURS

Biologie des symbioses en milieu marin : caractérisation des adaptations épidermiques et branchiales des poissons carapidés associés aux échinodermes

Maité Todesco

(Superviseur: Igor Eeckhaut)

Les récifs coralliens présentent une diversité biologique extrêmement riche. Qualifiées de symbioses, les associations intimes existant entre organismes hétérospécifiques y sont très diversifiées et impliquent des espèces variées. Certains poissons peu connus, les *Onuxodon*, *Carapus* et *Encheliophis* de la famille des Carapidae (Ophidiiformes), présentent un mode de vie similaire à celui des poissons-clowns acclimatés à leur anémone. Ces poissons anguilliformes ont en effet la capacité de pénétrer et séjourner au sein de différents hôtes invertébrés tels des ascidies, des bivalves, des étoiles de mer ou plus fréquemment des holothuries. Ils y vivent dans leur pharynx, dans leur cavité palléale, dans leur cavité générale ou dans leurs troncs arborescents (i.e., système respiratoire chez les holothuries). Seules les douze espèces des genres *Carapus* et *Encheliophis* sont capables de vivre avec des échinodermes.

Récemment, de nombreux aspects de la biologie des carapidés symbiotiques ont été élucidés (Parmentier 2003). Les points principaux de leur biologie, qui sont maintenant bien établis, peuvent se résumer de la façon suivante : (i) les *Carapus* sont des commensaux qui se servent de leurs hôtes uniquement comme abri et les *Encheliophis* des parasites qui se nourrissent essentiellement des gonades des échinodermes; (ii) leur cycle vital passe par un stade larvaire libre ; (iii) ces poissons sont opportunistes et infestent souvent plus d'une espèce-hôte ; (iv) un même échinoderme renferme très rarement plusieurs espèces de carapidé; (v) ces poissons sont capables de communiquer en émettant des sons.

Les carapidés associés aux échinodermes semblent insensibles aux moyens de défense de leurs hôtes. En particulier, ceux associés aux holothuries ne subissent pas l'attaque des tubes de Cuvier, organes de défense organisés en plusieurs centaines de tubules qui s'attachent à la base du tronc arborescent gauche (Vanden Spiegel et al. 2000). Ces tubules, qui se déchargent lorsque l'animal est dérangé, sont collants et toxiques. Les toxines (également retrouvées dans l'épiderme des astéries et des holothuries) sont des saponines, dérivés de triterpénoïdes à forte action hémolytique (Haeblermel et Krebs 1990, Kalinin et al. 1996). En milieu naturel, ces toxines ont principalement un effet dissuasif (Bryan et al. 1997, Hamel et Mercier 1999) sur des prédateurs, tels que des crabes ou des poissons, mais elles sont létales en aquarium (Nigrelli 1952, Bakus 1968). Les carapidés ont ceci de remarquable qu'ils ne s'engluent pas au contact des tubes de Cuvier. De plus, des observations préliminaires (Parmentier, obs. pers.) montrent que lorsque des carapidés sont placés en aquariums avec d'autres poissons en présence de tubes de Cuvier, les poissons meurent dans les trois minutes à l'exception des carapidés. En toute hypothèse, les carapidés devraient avoir des adaptations tout à fait remarquables au niveau de leur épiderme, de leur mucus et de leurs branchies comme c'est le cas pour les poissons-clowns acclimatés à leurs anémones (Mebs 1994). C'est à ces adaptations que mon travail s'intéresse. Il porte en particulier sur la caractérisation microscopique et biochimique de ces trois structures chez les carapidés symbiotiques d'échinodermes et comprend trois volets complémentaires : une étude physio-comportementale, une analyse microscopique des structures pré-citées et une analyse biochimique de la composition du mucus et des stérols membranaires.

NOUVELLE THÈSE DE DOCTORAT

Doctorant: Guillaume Caulier

(Superviseurs: Patrick Flammang, Igor Eeckhaut)

Les symbioses sont essentielles à la structuration des écosystèmes. Ces relations hétérospécifiques nécessitent une reconnaissance entre l'hôte et le symbiote. La communication qui permet cette sélection de l'hôte est généralement de type chimique, et elle implique des signaux olfactifs, qualifiés de kairomones, qui exercent un pouvoir attractif sur un hôte commensal ou parasite. La présence de ces kairomones a déjà été démontrée lors de nombreuses études, mais la nature chimique précise de ces métabolites n'a jamais été mise en évidence dans aucune relation symbiotique marine. Le présent projet va essentiellement s'intéresser à l'identification et aux effets de ces kairomones permettant la reconnaissance d'holothuries et de crinoïdes par leurs hôtes respectifs: le crabe Harlequin *Lissocarcinus orbicularis* (Dana, 1952) et la crevette *Synalpheus stimpsoni* (De Man, 1888). Des expériences comportementales seront réalisées afin d'étudier l'attraction potentielle des différentes kairomones sur les symbiotes. La mise en évidence de ces molécules sera réalisée par spectrométrie de masse et la chémoréception sera étudiée en microscopie électronique et IMS (Imaging Mass Spectrometry).

Publications de Chantal Conand sur les holothuries

Thèse de doctorat

Conand C. 1988. Les holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Thèse de Doctorat d'Etat es-Sciences Naturelles, Université de Bretagne Occidentale : 388 p.

Publiée sous la référence:

Conand C. 1989. Les Holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Études et Thèses, O.R.S.T.O.M., Paris : 393 p.

Livres et chapitres de livres

Conand C. 1986. Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Deuxième partie : Les Holothuries. FAO Document technique sur les pêches. No. 272.2. Rome, FAO. 108 p.

Conand C. and Sloan N. 1989. World fisheries for Echinoderms. In : F.J. Caddy (ed.). Marine Invertebrate Fisheries. Wiley and Sons. 647–663.

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

Conand C. 1998. Holothurians. p. 1157–1190. In: K Carpenter and V. Niem (eds). FAO species identification guide. The marine living resources of the Western Central Pacific. Vol. 2: cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks.

Conand C. 1999. Manuel de qualité des holothuries commerciales du Sud-Ouest de l'Océan Indien. Commission Océan Indien. 39 p.

Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. (eds.). 2004. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. 425 p.

Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilisation: an international overview. p. 13–23 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. 425 p.

Conand C. 2005. Commercial sea cucumbers and trepang markets. In: Fisheries and Aquaculture, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved November 6, 2005]

Conand C. 2006a. Sea cucumber biology: taxonomy; distribution; biology; conservation status. P. 33–50 In Bruckner A.W. (ed). The Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum. 244 p.

Conand C. 2006b. Harvest and trade: utilization of sea cucumbers; sea cucumber fisheries; current international trade; illegal, unreported and unregulated trade; bycatch; socio-economic characteristics of the trade in sea cucumbers. p. 51–73 In: Bruckner, A.W. (ed). The Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum. 244 p.

Conand C. and Muthiga N. (eds). 2007. Commercial Sea Cucumbers: A Review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5, 66 pp.

Conand C. and Frouin P. 2007. Sea cucumbers in La Reunion. p. 21–29. In: Conand C. and Muthiga N. (eds). Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5. 66 p.

Conand C. 2007. Introduction: p. 1–7. In: Conand C. and Muthiga N. (eds). Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5. 66 p.

Conand C. and Muthiga N. 2007. Conclusion and recommendations. p. 57–63. In: Conand C. and Muthiga N. (eds). Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5. 66 p.

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., Vasconcellos M. (eds). Sea cucumbers. A global review on fishery and trade. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome, FAO. 2008. 319 p. [<http://www.fao.org/docrep/011/i0375e/i0375e00.htm>]

Aumeeruddy R. and Conand C. 2008. Seychelles: a hotspot of sea cucumber fisheries in Africa and Indian ocean. p. 207–221. In: Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M. (eds). Sea cucumbers. A global review on fishery and trade. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome, FAO. 2008. 319 p.

Articles dans les journaux internationaux

Conand C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. Bulletin of Marine Sciences 31(3):523–544.

Conand C. 1982. Reproductive cycle and biometric relations in a population of *Actinopyga echinites* (Echinodermata : Holothuroidea) from the lagoon of New Caledonia, Western Tropical Pacific. p. 437–442. In: J.M. Lawrence (ed). Echinoderms: Proceedings of the International Conference Tampa Bay. Balkema, Rotterdam.

Conand C. 1985. Distribution, reproductive cycle and morphometric relationships of *Acanthaster planci* in New Caledonia, Western Tropical Pacific. p. 499–506. In: Echinoderms: Proceedings of the 5th International Conference, Galway. Balkema, Rotterdam.

Conand C. and Chardy P. 1985. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie sont-elles de bons indicateurs des structures récifales ? p. 291–296. In: Proceedings of the Fifth International Coral reef Congress, Tahiti.

Conand C. 1989. Comparison between estimations of growth and mortality of two Stichopodid Holothuries: *Thelenota ananas* and *Stichopus chloronotus* (Echinodermata: Holothuroidea). p. 661–665. In: Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Australia, vol. 2.

- Conand C. 1989. Croissance et mortalité de quelques holothuries de Nouvelle-Calédonie. *Vie Marine* 10:160–176.
- Conand C. and De Ridder C. 1990. Reproduction asexuée par scission chez *Holothuria atra* (Holothuroidea) dans des populations de platiers récifaux. p. 71–76. In: De Ridder, Dubois, Lahaye et Jangoux (eds). *Echinoderm Research*. Balkema, Rotterdam.
- Conand C. 1991. Les exploitations d'holothuries dans l'Indo-Pacifique tropical : une approche de leur variabilité spatiale et temporelle. p. 609–619. In: Durand, Lemoalle et Weber (eds). *La recherche face à la pêche artisanale*. Paris, ORSTOM, t. II.
- Conand C. 1991. Long-term movements and mortality of some tropical sea-cucumbers monitored by tagging and recapture. p. 169–175. In: Yanagisawa, Yasumasu, Oguro, Suzuki and Motokawa (eds). *Biology of Echinodermata*. Balkema, Rotterdam.
- Conand C. 1992. Évolution récente des exploitations mondiales d'holothuries. p. 171–172. In: Scalera-Liaci L. and Canicatti C. (eds). *Echinoderm Biology*, Balkema, Rotterdam.
- Tuwo A. and Conand C. 1992. Reproductive biology of the holothurian *Holothuria forskali* (Echinodermata). *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 72: 745–758.
- 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.
- Conand C. 1993. Reproductive biology of the characteristic holothurians from the major communities of the New Caledonia lagoon. *Marine Biology* 116:439–450.
- Conand C. and Byrne M. 1994. Recent evolution of the world fisheries for sea cucumbers. *Marine Fisheries Review* 55(4):1–13.
- Tuwo A. et Conand C. 1994. La fécondité de trois holothuries tempérées à développement pélagique. 8th Echinoderm Conference, Dijon. p. 561–568. In: David B., Guille A., Féral J.P. and Roux M. (eds). *Echinoderms through Time*. Balkema, Rotterdam :.
- Conand C. 1996. Asexual reproduction by fission in *Holothuria atra*: Variability of some parameters in populations from the tropical Indo-Pacific. *Oceanologica Acta* 19(3): 209–216.
- Tuwo A. and Conand C. 1996. Commercial holothurians in Southwest Sulawesi (Preliminary observations). *Torani Bulletin*. 35–42.
- Conand C. 1997. Are holothurian fisheries for export sustainable? In: Lessios, H.A. and I.G. Macintyre (eds.) *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*. Vol. 2. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama.
- Sewell M., Tyler P., Young C. and Conand C. 1997. Ovarian development in the class Holothuroidea: a reassessment of «the tubule recruitment model». *Biology Bulletin* 192:17–26.
- Conand C. 1998. Overexploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. p. 449–454. In: R. Mooi and M. Telford (eds). *Echinoderms*: San Francisco. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Conand C. 1999. Overview of sea cucumber exploitation and trepang markets. p. 1–10. In: Baine M. (ed.). *Conservation of sea-cucumbers in Malaysia*.
- 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 of the Institute of Royal Sciences, Belgique*, 69:151–160.
- Conand C. 2001. Overview of sea cucumbers fisheries over the last decade - What possibilities for a durable management? p. 339–344. In: Barker, M. (ed.) *Echinoderms 2000*. *Proceedings of the 10th International Echinoderm Conference*, Dunedin, New Zealand. Swets and Zeitlinger. Lisse (Balkema).
- Hamel J-F, Conand C., Pawson D.L. and Mercier A. 2001. Biology of the sea cucumber *Holothuria scabra* (holothuroidea: echinodermata) and its exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology* 41:129–223.
- Uthicke S., Conand C. and Benzie J.A.H. 2001. Population genetics of the fissiparous holothurians and *Stichopus chloronotus* and *Holothuria atra* (Aspidochirotida): a comparison between Torres Strait and La Réunion. *Marine Biology* 139:257–265.
- Conand C., Uthicke S. and Hoareau T. 2002. Sexual and asexual reproduction of the holothurian *Stichopus chloronotus* (Echinodermata) : a comparison between La Réunion (Indian Ocean) and east Australia (Pacific Ocean). *Invertebrate Reproduction & Development* 41(1–3):235–242.
- 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 and Nebelsick (eds). *Echinoderms*: München. Taylor and Francis Group, London.
- Flammang P. and Conand C. 2004. Functional morphology of the tentacles in the apodid holothuroid *Synapta maculata*. p. 327–333. In: Heinzeller and Nebelsick (eds). *Echinoderms*: München. Taylor and Francis Group, London.
- Uthicke S. and Conand C. 2005. Amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis indicates importance of both asexual and sexual reproduction in the fissiparous holothurian *Stichopus chloronotus* (Aspidochirotida) in the Indian and Pacific Ocean. *Coral reefs* 24(1):103–111
- Gaudron S., Kohler S. and Conand C. 2008. Reproduction of the sea cucumber *Holothuria leucospilota* in the fringing reef of Reunion Island (Western Indian Ocean): biological and ecological aspects. *Invertebrate Reproduction & Development* 51(1):19–31.
- Conand C. and Muthiga N. 2009 The sea cucumber resources and fisheries management in the Western Indian Ocean: Current status and preliminary results from a WIOMSA regional research project. *Int Echinoderm Conf*, Durham
- Kohler S., Gaudron S. and 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. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 8(1).

- Uthicke S., Byrne M. and Conand C. (in press). Genetic barcoding of commercial Bêche-de-mer species (Echinodermata: Holothuroidea). *Molecular Ecology Resources* (accepted)
- Conand C., Michonneau F., Paulay G. and Bruggemann H. (in press). Diversity of the holothuroid fauna (Echinodermata) in La Réunion (Western Indian Ocean). *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* (submitted).

Autres articles

- Conand C. 1979. Bêche-de-mer en Nouvelle-Calédonie : évolution du poids et de la longueur de quelques espèces d'holothuries au cours de leur préparation. *Lettre d'Information sur les Pêches de la CPS* 19:14–17.
- Conand C. 1983. Méthodes d'étude de la croissance des holothuries et premiers résultats d'une expérience de marquage en Nouvelle-Calédonie. *Lettre d'Information sur les Pêches de la CPS* 26:33–40.
- Conand C. 1983. Premiers résultats d'une expérience de marquage d'holothuries. 3ème Séminaire International sur les Echinodermes. Orléans, septembre 1983. *Symbiose* 15(4):247–248.
- Conand C. 1987. Exploitation des Holothuries : historique en Nouvelle-Calédonie et marché mondial. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest France*, Suppl. H.S. : 169-174.
- Conand C. 1988. Biologie et exploitation des holothuries en Nouvelle-Calédonie. Actes du Colloque sur les Ressources Halieutiques côtières du Pacifique, CPS, Nouméa, WP 5: 11 p.
- Bradbury A. and Conand C. 1991. The dive fishery of sea cucumbers in Washington State, USA. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 3:2–3.
- Conand C. and Hoffschir C. 1991. Recent trends in sea cucumbers exploitations in New Caledonia. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 3:5–7.
- Tuwo A. and Conand C. 1992. Developments in beche-de-mer production in Indonesia during the last decade. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 4:2–3.
- Conand C. 1993. Recent evolution of Hong Kong and Singapore sea cucumber markets. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 5:4–7.
- Conand C. et Tuwo A. 1996. Pêche et mariculture des holothuries d'importance commerciale dans les Célèbes du Sud (Indonésie). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 8:17–21.
- Conand C., Morel C. et Mussard R. 1997. Une nouvelle observation de reproduction asexuée chez les holothuries : scission dans des populations de *Holothuria leucospilota* à La Réunion, Océan Indien. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 9:5–11.
- Conand C., Galet-Lalande N., Randriamiarana H. et Razafintseho G. et De San M. 1997. Les holothuries de Madagascar : problèmes de gestion durable de la pêche. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 9:4–5.
- Conand C., De San M., Refeno G., Razafintseho G., Mara E., Galet-Lalande N. et Andriajato N. 1998. Gestion durable de la filière holothuries a Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 10:7–9.
- Rasolofonirina R. et Conand C. 1998. L'exploitation des holothuries dans le sud-ouest de Madagascar, région de Toliara. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 10:10–13.
- Conand C., Jerome A., Dijoux N. et Garryer J. 1998. Reproduction asexuée par scission dans une population de *Stichopus chloronotus*, La Réunion, océan Indien. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 10:15–23.
- Jaquemet S., V. Rousset V. et Conand C. 1999. Paramètres de la reproduction asexuée et influence de la scission sur une population de l'holothurie *Holothuria atra* sur un récif frangeant de la Réunion (océan Indien). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 11:12–18.
- Jaquemet S. et Conand C. 1999. Le commerce des bèches-de-mer en 1995 et 1996 et l'évaluation des échanges réciproques entre les principaux marchés mondiaux. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 12:11–14.
- Jangoux M., Rasolofonirina R., Vaitilingon D., Ouin J-M, Seghers G., Mara E. et Conand C. 2001. Un projet pilote d'écloserie et de mariculture d'holothuries a Tulear (Madagascar). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 14:2–5.
- Conand C. 2001. Le marché de détail de l'holothurie de Singapour. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 14:12.
- Hoareau T. et Conand C. 2001. Reproduction sexuée de *Stichopus chloronotus*, holothurie scissipare, à La Réunion (océan Indien). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 15:4–12.
- Conand C. et Mangion P. 2002. Les holothuries des récifs frangeants de La Réunion : diversité, distribution, abondance et structure des populations. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 17:27–33.
- Conand C. 2004. Suivi de la population scissipare de *Holothuria atra* d'un récif frangeant de l'île de La Réunion (Océan indien). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 20:22–25.
- Conand C. 2004. Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) : conservation et commerce des holothuries. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 20:3–5.
- Uthicke S. et 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.
- Conand C., Dinhut V., Quod J.-P. et Rolland R. 2005. Eléments pour l'inventaire des holothuries de Mayotte, sud-ouest océan Indien . *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 22:19–22.
- Conand C., Muthiga N., Aumeeruddy R., De La Torre Castro M., Frouin P., Mgaya Y., Mirault E., Ochiewo J. et Rasolofonirina R. 2006. Projet triennal sur les holothuries dans l'océan Indien Sud-Ouest: analyses nationales et régionales en vue d'améliorer la gestion. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 23:11–15.
- Muthiga N. and Conand C. (eds.) 2006. Regional sea cucumber project: Proceedings of the start-up workshop, Mombasa Kenya, 26–29 January 2006. 20 p. (www.wiomsa.org)
- Conand C. et Reich M. 2007. Douzième Conférence internationale sur les échinodermes, 7-11 août 2006, Université du New Hampshire, Durham, NH. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 25:3.

- Mulochau T., Quod J.-P. et Conand C. 2007. Les holothuries et autres échinodermes du Banc de Geyser (Mayotte - Océan Indien). La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 26:7–13.
- Aumeeruddy R. et Conand C. 2007. La pêche de l'holothurie aux Seychelles : données sur les produits transformés et sur d'autres paramètres. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 26:19–25.
- Hoareau T., Boissin E. and Conand C. 2008. Première observation de la reproduction asexuée chez *Holothuria (Mertensiothuria) hilla* sur un récif frangeant de l'île de La Réunion, dans l'ouest de l'océan Indien. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 27:24.
- Toral V., Lovatelli A., Vasconcellos M. et le comité scientifique. 2008. Séminaire international sur l'exploitation durable et la gestion des pêcheries d'holothuries, Puerto Ayora, Iles Galapagos, Ecuador, 19-23 novembre 2007. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 27:2–3.
- Uthicke S., Po-Sze et Conand C. 2008. Observation de deux espèces d'holothuries (*Holothuria theeli* et *H. portovallartensis*) des Galapagos. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 27:4.
- Mulochau T. et Conand C. 2008. Les holothuries et autres échinodermes des îles Glorieuses (îles éparses - Océan Indien). La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 28:34–39.

Publications de Claude Massin sur les holothuries

- Massin C. and Jangoux M. 1976. Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. poli* et *H. forskali* (Echinodermata, Holothuroidea) et comportement alimentaire de *H. tubulosa*. Cahiers de Biologie Marine 18:45–59.
- Massin C. 1978. Etude de la nutrition chez les holothuries aspidochirotes (Echinodermes): comportement alimentaire, structure et fonction de l'appareil digestif. Thèse de Doctorat, ULB, 204 p.
- Massin C., Sibuet M. et Jangoux M. 1978. Description d'*Ixorreis psychropotae* nov. gen., nov. spec., coccidie parasite du tube digestif de l'holothurie abyssale *Psychropotes longicauda* Théel. Protistologica 14(3):253–259.
- Massin C. 1980. The sediment ingested by *Holothuria tubulosa* Gmel. (Echinodermata, Holothuroidea). p. 205–208. In: Jangoux M. (ed). Echinoderms present and past. Balkema, Rotterdam.
- Massin C., Bouland C. and Bricourt E. 1980. The buccal tentacles of *Holothuria forskali* D. Chiaje (Echinodermata, Holothuroidea). p. 259. In: Jangoux M. (ed). Echinoderms present and past. Balkema, Rotterdam.
- Massin C. 1980. Morphologie fonctionnelle du tube digestif d'*Holothuria tubulosa* Gmel. (Echinodermata, Holothuroidea). p. 261–270. In: Jangoux M. (ed). Echinoderms present and past. Balkema, Rotterdam.
- Massin C. 1982. Food and feeding mechanism: Holothuroidea. p. 42–45. In: Jangoux M. and Lawrence J. (eds). Echinoderm's nutrition. Balkema, Rotterdam.
- Feral J.P. and Massin C. 1982. Structure and function of the digestive organs: Holothuroidea. p. 191–212. In: Jangoux M. and Lawrence J. (eds). Echinoderm's nutrition. Balkema, Rotterdam.
- Massin C. 1982. Environmental effect of feeding activity: Holothuroidea. p. 493–497. In: Jangoux M. and Lawrence J. (eds). Echinoderm's nutrition. Balkema, Rotterdam.
- Bouland C., Massin C. and Jangoux M. 1982. The buccal tentacles of *Holothuria forskali* D. Chiaje (Echinodermata, Holothuroidea). Zoomorphologie 101:133–149.
- Massin C. et Sibuet M. 1983. Découverte dans le bassin profond du Cap de l'espèce antarctique *Psychropotes scotiae* (Vaney, 1908) (Echinodermata, Holothuroidea). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris 4ème ser., 5, Sect. A, 11:169–174.
- Massin C. 1984. Structures digestives d'holothuries Elapipoda (Echinodermata): *Benthogone rosea* Koehler, 1896 et *Oneirophanta mutabilis* Théel, 1879. Archives de biologie 95(2): 153–185 + 1 pl.
- Jangoux M. and Massin C. 1986. Catalogue commenté des types d'échinodermes actuels conservés dans les collections nationales belges. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 56: 83–87.
- Massin C. and Doumen C. 1986. Distribution of some holothurians on the reef flat of Laing Island (Papua New Guinea). Marine Ecology Progress Series 31: 185–195.
- Massin C. 1987. Holothuries nouvelles et peu connues récoltées en Indonésie au cours de la Snellius-II Expedition. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 57:97–121.
- Massin C. 1987. Revue de livre: "Livre guide des échinodermes de Nouméa". Indo Malayan Zoology 4(1):187–188.
- Massin C. 1988. Note sur deux holothuries nouvelles pour la faune Belge. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 58:71–74.
- Jangoux M., De Ridder Ch., Massin C. and Darsono P. 1989. The holothuroids, echinoids and asteroids (Echinodermata) collected by the Snellius-II Expedition. Netherlands Journal of Sea Research 23(2):161–171.
- Massin C. and De Ridder Ch. 1989. Les échinodermes de Belgique. Compte-rendus du Symposium Invertébrés de Belgique, IRSNB, Bruxelles 395–402.
- Claereboudt M., Massin C. and Bouillon J. 1989. A general survey of Laing Island environment (Papua New Guinea). Indo Malayan Zoology 6:1–23.
- Massin C. et Vandenspiegel D. 1990. Holothuries. Des microcosmes ambulants. Oceanorama 15:5–10.
- Massin C. and Lane D.J.W. 1991. Description of a New Species of Sea Cucumber (Stichopodidae, Holothuroidea, Echinodermata) from the eastern Indo-Malayan Archipelago: *Thelenota rubralineata* n. sp. Micronesica 24(1):57–64.
- Massin C. 1992. Holothurians (Echinodermata) from Marion and Prince Edward Islands: New and little-known species. Zoologica Scripta 21(3):311–324.
- Massin C. 1992. Three new species of Dendrochirotida (Holothuriodea, Echinodermata) from the Weddell Sea (Antarctica). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 62:179–191.

- Vandenspiegel D., Ovaere A. and Massin C. 1992. On the association between the crab *Hapalonotus reticulatus* (Crustacea, Brachyura, Pilumnidae) and the sea cucumber *Holothuria* (*Metriatyla*) *scabra* (Echinodermata, Holothuriidae). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 62:167–177.
- Massin C. 1993. On the taxonomic status of the genus *Parathyone* (Echinodermata, holothurioida, Dendrochirotida). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 63:257–258.
- Massin C. 1993. The holothurians (Echinodermata) collected during the Tyro Mauritania-II Expedition 1988. Zoologische Mededel, Leiden 67:397–429.
- Branch M.L., Jangoux M., Alva V., Massin C. and Stampanato S. 1993. The Echinodermata of subantarctic Marion and Prince Edward Islands. South African Journal of Antarctic Research 23(1 and 2):37–70.
- Massin C. 1994. Calcareous deposit variations in holothurians illustrated by Antarctic dendrochirotes (Echinodermata). p. 529. In: David B., Guille A., Féral J.-P. and Roux M. (eds). Echinoderms through Time. Proceedings of the 8th Conference on Echinoderms, Dijon, Balkema, Rotterdam.
- Massin C. 1994. Ossicle variation in Antarctic dendrochirote holothurians (Echinodermata). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 64:129–146.
- Massin C. and Tomascik Th. 1996. Two new holothurians (Echinodermata, Holothuroidea) from an anchialine lagoon of an uplifted atoll, Kakaban Island, East Kalimantan, Indonesia. Raffles Bulletin of Zoology 44(1):157–172.
- Massin C. 1996. The holothurians of Easter Island. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 66:151–178.
- Massin C. 1996. The holothuroidea (Echinodermata) collected during the Rumphius Biohistorical Expedition at Ambon. Zoologische Mededel, Lieden 307:1–53.
- Massin C. 1996. Holothuries (Echinodermata) récoltées sur le talus continental méditerranéen lors de la Campagne DEPRO 96. Mésogée. 55:43–48.
- Massin C. 1997. First record of a Psolidae (Holothuroidea, Echinodermata) in the Mediterranean Sea (Sicilian Channel). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 67:101–106.
- Sheridan R. et Massin C. 1998. Guides de la faune et flore sous-marines de Zélande. R. Sheridan and C. Massin (eds). 320 p.
- Massin C. 1999. Reef dwelling holothurians (Echinodermata) of the Spermonde Archipelago (South-West Sulawesi, Indonesia). Zoologische Verhand, Leiden 329:1–144.
- 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* (Quoy and Gaimard, 1833). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 69:151–160.
- Massin C., Mercier A. and Hamel J.-F. 2000. Ossicle change of *Holothuria scabra* with a discussion on ossicle evolution within the Holothuriidae (Echinodermata). Acta Zoologica 81(2):77–91.
- Samyn Y. Massin C. and Muthiga N.A. 2001. A new species of *Holothuria* (Holothuroidea, Echinodermata) from Kenya. Annals of Science, Zoology 285 (Miscellanea):101–110.
- Massin C., Zulfigar Y., Tan Shau Hwai A. and Rizal Boos S.Z. 2002. The genus *Stichopus* (Echinodermata: Holothuroidea) from the Johor Marine Park (Malaysia) with the description of two new species. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 72:73–99.
- Samyn Y. and Massin C. 2003. The subgenus *Mertensiothuria* (Echinodermata, Holothuroidea) revisited. Journal of Natural History 37(20):2487–2519.
- Massin C. and Dupont S. 2003. Study on *Leptoconchus* species (Gastropoda, Coralliophilidae) infesting Fungiidae (Anthozoa: Scleractinia). 1. Presence of nine Operational Taxonomic Units (OTUs) based on anatomical and ecological characters. Belgian Journal of Zoology 133(2):121–126.
- Massin C., Samyn Y. and Thandard A. 2004. The genus *Labidodemas* (Echinodermata, Holothuroidea, Holothuriidae) revisited with the description of three new species and with the repositioning of *Holothuria* (*Irenothuria*) *maccullochi* Deichmann, 1958. Journal of Natural History 38:1811–1847.
- Massin C. and Heterier V. 2004. On a new species of apodid, *Taeniogyrus magnibaculus* n. sp. (Echinodermata, Holothuroidea), from Antarctica, living on the spines of cidarid echinoids. Polar Biology 27:441–444.
- Massin C., Appeltans W., Van Hoey G., Degraer S. and Vincx M. 2005. *Leptosynapta minuta* (Becher, 1906) (Echinodermata, Holothuroidea), a new species for Belgian marine waters. Belgian Journal of Zoology 135(1):83–86.
- Samyn Y., Vandenspiegel D. and Massin C. 2005. Sea cucumbers of the Comoros Archipelago. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 22:14–18.
- Massin C. 2005. New Records of Dendrochirotida (Echinodermata: Holothuroidea) from Papua New Guinea. Bulletin de l'IRSNB, Biologie 75:61–80.
- Samyn Y., Massin C. and Vandenspiegel D. 2006. A new Indo-west Pacific species of *Actinopyga* (Holothuroidea: Aspidochirotida: Holothuriidae). Zootaxa 1138:53–68.
- Rowe F.W.E. and Massin C. 2006. On a new species of *Actinopyga* Bronn, 1860 (Echinodermata, Holothuroidea) from the Indo-west Pacific. Zoosystema 28(4):955–961.
- Vandenspiegel D., Samyn Y. and Massin C. 2006. Les holothuries des Comores. In: ABC Taxa, Brussels. 130 p.
- De Ridder Ch., David B., Heterier V. and Massin C. 2005. A new case of brooding in an Antarctic holothuroid. IX International Antarctic Biology Symposium, Curitiba, Brazil, Poster; abstract book, p 127.
- Massin C. 2007. Redescription of *Stichopus naso* Semper, 1868 (Echinodermata, Aspidochirotida, Stichopodidae). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 77:123–130.
- Zintzen V., Norro A., Massin C. and Mallefet J. 2008. Temporal variation of *Tubularia indivisa* (Cnidaria, Tubulariidae) and associated epizoots on artificial habitat communities in the North Sea. Marine Biology 153(3):405–420.
- Massin C., Uthicke S., Purcell S.W., Rowe F.W.E. and Samyn Y. 2009. Taxonomy of the heavily exploited Indo-Pacific sandfish complex (Echinodermata: Holothuriidae). Zoological Journal of the Linnean Society 151(1):40–59.