

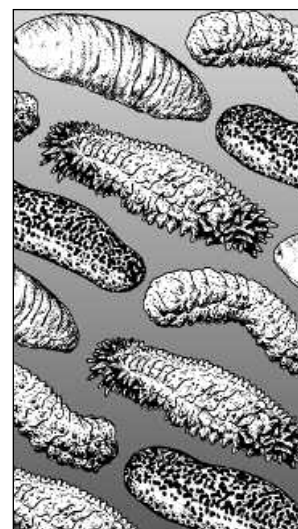


Secrétariat général
de la Communauté du Pacifique

LA BÊCHE-DE-MER

Numéro 24 – Décembre 2006

BULLETIN D'INFORMATION



Rédacteur en chef: Chantal Conand, Université de la Réunion, Laboratoire de biologie marine, 97715 Saint-Denis Cedex, La Réunion, France. Fax: +262 938166; [Chantal.Conand@helios.univ-reunion.fr] — **Production:** Section information, division Ressources marines, CPS, B.P. D5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie. Fax: +687 263818; [cfpinfo@spc.int] — **Imprimé avec le concours financier de l'Union européenne.**

Éditorial

Le dernier numéro de notre bulletin a été publié il y a environ sept mois, mais comme vous le découvrirez au fil des pages, nous avons reçu suffisamment d'informations nouvelles pour vous livrer un numéro d'une grande richesse.

Hearn inaugure le bulletin avec un article contenant des informations de référence sur les holothuries *Stichopus horrens* des Galápagos (p. 3). À la suite d'un effondrement des populations de *Isostichopus fuscus* dans la réserve marine des Galápagos, les pêcheurs ciblent à présent *Stichopus horrens*, victime de la pêche illégale depuis 2004. Il est à espérer que, si la pêche de cette espèce vient à être légalisée, les informations de référence recueillies dans cet article soient exploitées pour en assurer une gestion durable.

Nous mettons ensuite le cap sur le Proche-Orient. Dar et Ahmad nous livrent en effet un article sur le comportement alimentaire sélectif de trois holothuries vivant dans les eaux peu profondes de la mer Rouge, *Holothuria atra*, *H. hawaiiensis* et *Bohadschia vitiensis*, et sur leur rôle écologique dans le remaniement des sédiments (p. 11). Par ailleurs, Tehranifard et al. étudient le cycle de reproduction de *Stichopus hermanni* sur l'île de Kish, en Iran, et vous font part de leurs conclusions à la page 22.

Comme nous l'avons montré dans de précédents numéros de ce bulletin, l'aquaculture des holothuries est bien développée dans certaines parties du globe, telles que la Chine. Toutefois, elle n'en est qu'à ses premiers balbutiements dans la région du Pacifique. Dans l'est de l'Australie, Ivy et Giraspy travaillent dans la seule exploitation commerciale d'élevage d'holothuries de l'ensemble de la région du Pacifique tropical. Ils évaluent à la page 28 la faisabilité d'un élevage massif en éclosure de l'holothurie de sable *Holothuria scabra versicolor*. Conscients du fait que le développement de l'aquaculture des holothuries aboutira probablement à l'introduction de nouvelles maladies, Yasoda et al. abordent la possibilité d'utiliser des probiotiques pour faire face aux pathogènes tout en respectant l'environnement (p. 45).

Lavitra et al. évaluent l'abondance des larves d'échinodermes, dont les larves d'holothuries, dans le lagon du Grand Récif de Toliara au sud-ouest de Madagascar (p. 35). Les auteurs ont prélevé plus de 9 000 larves d'échinodermes, ce qui a permis de mettre en évidence des va-

Sommaire

Informations de référence sur les stocks de *Stichopus horrens* sur l'île de Santa Cruz, archipel des Galápagos, avant le début de la pêche illégale
A. Hearn et F. Pinillos p. 3

Le comportement alimentaire sélectif et le rôle écologique des holothuries vivant dans les eaux peu profondes de la Mer Rouge
M.A. Dar et H.O. Ahmad p. 11

Cycle de reproduction de *Stichopus hermanni* – Île de Kish (Iran)
A. Tehranifard et al. p. 22

Dans le Queensland (Australie), élaboration de techniques de production en éclosure à grande échelle de *Holothuria scabra* var. *versicolor* (Conand, 1986), espèce très prisée sur les marchés
G. Ivy et D.A.B. Giraspy p. 28

Abondance saisonnière des larves d'holothuries du grand récif de Toliara (Madagascar)
T. Lavitra et al. p. 35

Nouvelle approche pour mesurer *Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus* aux fins d'évaluations de stocks
E.N. Laboy-Nieves et J.E. Conde p. 39



Les probiotiques et l'élevage d'holothuries
H.N. Yasoda et al. p. 45

Fiches techniques et guide
d'identification relatifs aux espèces
d'holothuries d'intérêt commercial
M.V. Toral-Granda p. 49

Observation de la ponte d'*Holothuria
tubulosa* en milieu naturel
H. Moosleitner p. 53

Observation de la ponte de *Bohadschia
vitiensis* en milieu naturel
S. Gaudron p. 54

Résumés et publications p. 55

riations saisonnières en fonction des différents stades larvaires. Les larves d'holothuries étant mal connues, cet article constitue une contribution utile à la littérature scientifique.

Si les tailles minimales réglementaires des holothuries vivantes sont souvent utilisées comme outil de gestion, il peut être extrêmement difficile d'effectuer les mesures. Laboy-Nieves et Conde ont mis au point une nouvelle méthode consistant à immerger les individus dans de l'eau de mer froide (à environ 8 °C) afin d'obtenir une contraction maximale en moins de 10 secondes (p. 39).

Après la publication par la CPS de fiches d'identification des holothuries avant et après traitement (axées sur 22 espèces à forte valeur marchande dans le Pacifique occidental), il a été jugé nécessaire d'élaborer un guide qui exposerait les principales espèces présentant un intérêt commercial dans les autres régions du monde. Ainsi, Toral, de la Fondation Charles Darwin (Galápagos), a lancé un projet de préparation d'un tel guide (p. 49) avec la collaboration et le concours financier de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), qui se chargera de la publication. Ce projet constitue l'occasion rêvée de rassembler les informations disponibles sur la biologie, l'écologie, la transformation et les débouchés commerciaux des holothuries, y compris des photographies et des descriptions des espèces présentant un intérêt commercial aux différentes étapes du traitement.

Nous continuons de publier des observations de la reproduction des holothuries dans leur milieu naturel. Il s'agira cette fois de descriptions venues de la Méditerranée (p. 52) et de l'océan Indien, plus précisément de la Réunion (p. 53). Comme à l'accoutumée, vous pourrez lire notre section "Résumés, publications, colloques et conférences" (p. 55).

Pour rappel, le présent numéro ainsi que les bulletins précédents sont disponibles en format PDF sur le site Web de la CPS: <http://www.spc.int/coastfish/indexf>. Les quelque 600 articles et notices bibliographiques publiés à ce jour dans notre bulletin peuvent faire l'objet d'une recherche par titre, auteur(s), nom scientifique, région ou pays dans la base de données constituée par la Section Information halieutique de la CPS, laquelle peut être consultée sur le site Web de la CPS à l'adresse suivante: http://www.spc.int/coastfish/news/search_bdm.asp.

Enfin, j'attire l'attention des auteurs sur les nouvelles consignes à l'intention des auteurs et des réviseurs, publiées par la Section Information halieutique de la CPS (<http://www.spc.int/coastfish/news/SIG-instructions.pdf>). Nous recevons aujourd'hui un nombre tel d'articles que nous ne pouvons tous les publier dans un numéro de 50 à 60 pages. Cet "engouement" peut partiellement s'expliquer par deux facteurs. D'une part, les stocks d'holothuries ont récemment connu une expansion (et souvent un effondrement) dans de nombreuses régions du monde, ce qui en fait une question brûlante de la gestion de cette ressource, et à notre connaissance, le bulletin Bêche-de-mer est la seule publication entièrement consacrée à ce sujet. D'autre part, la longévité du bulletin et son excellente qualité amènent les auteurs à proposer spontanément leurs articles.

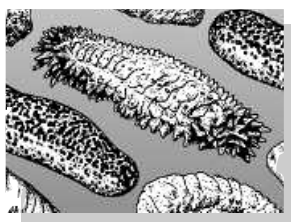
Cependant, cet engouement pour notre bulletin présente un inconvénient. Les ressources humaines et financières nécessaires à la publication de deux volumineux numéros par an (et *La Bêche-de-mer* est l'un des sept bulletins d'information publiés par la Section Information halieutique de la CPS) sont considérables. Par conséquent, nous devons trouver un moyen de réduire cette nouvelle charge de travail. Ainsi, nous n'accepterons désormais que les articles qui requièrent un travail minimal de révision et d'édition de la langue française et qui sont rédigés conformément aux consignes publiées par la CPS. Si vous souhaitez soumettre un article à notre bulletin et que votre langue maternelle est autre que le français, nous vous recommandons vivement de faire appel aux services d'un rédacteur-correcteur de langue française qui révisera votre travail avant son envoi. Si cela est impossible ou peu pratique, nous vous suggérons de demander à un collègue francophone de relire votre manuscrit avant de le soumettre. Ainsi, vous vous assurez que votre article sera pris en compte.

La Bêche-de-mer vient de fêter son dix-septième anniversaire et nous devons faire en sorte que le bulletin vogue sans difficulté jusqu'à son vingtième anniversaire, et bien au-delà. Je suis convaincue que vous nous aiderez à atteindre cet objectif.

Chantal Conand



Produit avec le soutien financier de l'Union européenne par l'intermédiaire du projet UE/CPS PROCFish.
Les opinions exprimées dans ce bulletin appartiennent à leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique ou de l'Union européenne



Informations la bêche-de-mer nouvelles

Informations de référence sur les stocks de *Stichopus horrens* sur l'île de Santa Cruz, archipel des Galápagos, avant le début de la pêche illégale

Alex Hearn¹ et Fernando Pinillos

Résumé

Alors que les stocks des holothuries *Isostichopus fuscus* de la Réserve marine des Galápagos se sont appauvris et effondrés, l'holothurie *Stichopus horrens*, pêchée illégalement depuis 2004, fait à présent l'objet de toutes les attentions. La présente étude expose les résultats d'une enquête menée sur un site méridional de l'île de Santa Cruz avant que n'y commence la pêche illégale. Elle fournit les seules informations de référence disponibles à ce jour sur cette espèce. *S. horrens* affiche une variation diurne plus prononcée que chez *I. fuscus* et peut enregistrer des densités supérieures à 100 individus pour 100 m² la nuit. La longueur totale des individus varie entre 9 et 31 cm, avec une moyenne de 20 cm. L_{∞} a été estimée à 37,7 cm et le rapport Z/K à 4,95. Aucun épisode de reproduction n'a été observé. Le rapport longueur-poids est linéaire, mais caractérisé par de grandes variations, ce qui laisse entendre que l'instauration d'une taille réglementaire minimale pour la pêche ne serait pas appropriée pour cette espèce. Avant d'autoriser la pêche de cette espèce, il est nécessaire de tirer les enseignements de l'échec qu'a connu la gestion d'une pêche viable de *I. fuscus*, et d'élaborer un plan de gestion, comprenant les aspects de commercialisation.

Introduction

Créée en 1998, la Réserve marine des Galápagos chevauche l'équateur à 600 milles marins des côtes équatoriennes (figure 1). La confluence des eaux chaudes du courant de Panama au Nord, des eaux froides du courant de Humboldt au Sud, et des courants froids ascendants

de Cromwell à l'Ouest, confère à la réserve son caractère unique, à savoir la grande variété d'espèces et de communautés concentrées sur un espace relativement petit (Edgar et al., 2004).

Compte tenu des multiples fonctions de la réserve marine, la pêche y est permise, mais elle reste limitée à la pêche artisanale et aux pêcheurs locaux déclarés. Au début des années 90, pour faire face à l'effondrement des stocks de l'holothurie *Isostichopus fuscus* sur les côtes équatoriennes, les pêcheurs ont afflué vers les Galápagos, où cette espèce n'était pas beaucoup exploitée. En 1994, à titre d'expérience, la pêche a été ouverte pendant deux mois, et le quota autorisé pour cette période était de 500 000 individus. Cependant, la saison s'est clôturée à peine six semaines plus tard, alors que le nombre total estimé de prises s'élevait déjà à 8 à 12 millions d'individus (DeMiras et al., 1996). Après quatre années supplémentaires de pêche illégale et une forte pression politique, en 1999, la pêche de l'espèce *Isostichopus fuscus* a finalement été autorisée sur la base d'une série de réglementations et d'une ouverture saisonnière. À peine sept ans plus tard, en dépit des réglementations (Toral et Martinez, 2004; Altamirano et al., 2004; Shepherd et al., 2004; Hearn et al., 2005a; Toral et al., 2005), les stocks de *I. fuscus* ont fait l'objet

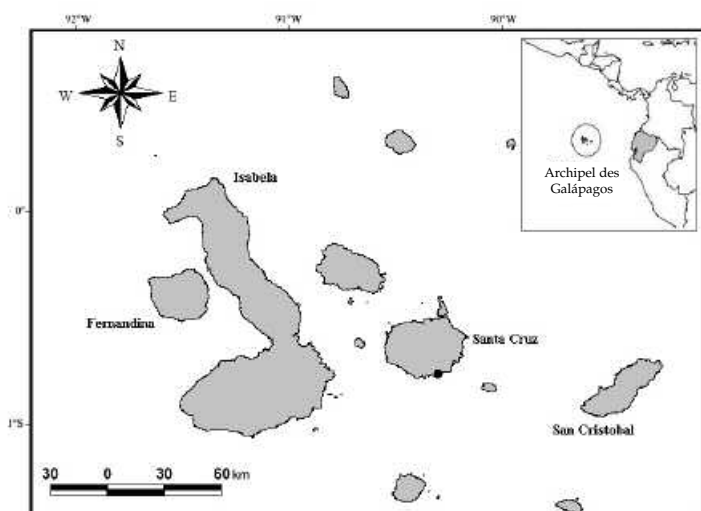


Figure 1. Archipel des Galápagos
Le site de l'étude (•) se trouve à la pointe méridionale de l'île de Santa Cruz.

1. Département de la recherche et de la conservation, Fondation Charles Darwin, Puerto Ayora, Santa Cruz, îles Galápagos, Équateur. Tél: +593 52 526 146/7, poste 221. Courriel: ahearn@fcdarwin.org.ec

d'une surexploitation telle que ce secteur n'est plus viable aujourd'hui (figure 2), et le nombre de pêcheurs déclarés est passé à un millier (figure 2).

Dans la foulée du déclin, puis de l'effondrement, des stocks de *I. fuscus*, les pressions se sont accrues pour que l'on autorise la pêche d'autres espèces d'holothuries. L'une des espèces proposée par la filière de la

pêche en 2004 est l'holothurie *Stichopus horrens* Selenka, 1867 (figure 3).

On trouve *Stichopus horrens* dans l'océan Pacifique, de la Malaisie à l'archipel de la Société, en Polynésie française, du sud du Japon à Hawaii en passant par la Nouvelle-Calédonie (Massin et al., 2002), et dans l'archipel des Galápagos, où l'espèce habite les substrats rocheux situés à

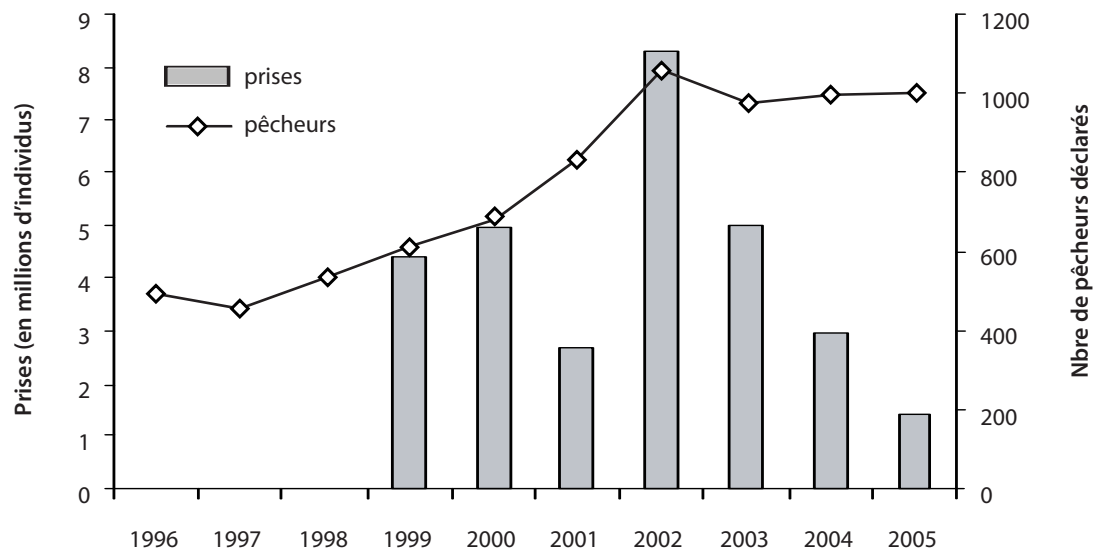


Figure 2. Prises annuelles officielles d'holothuries de l'espèce *Isostichopus fuscus* depuis l'autorisation de la pêche en 1999 et nombre de pêcheurs déclarés dans la Réserve marine des Galápagos (source: archives du Parc national des Galápagos et de la Fondation Charles Darwin).



Figure 3. *Stichopus horrens* (photo: Alex Hearn)

5–20 mètres de profondeur (Hickman, 1998). Cryptique et léthargique le jour, elle trouve refuge dans les fissures, les grottes et les crevasses du substrat rocheux. La nuit, elle en sort pour se nourrir et de larges rassemblements peuvent être observés (Hearn et al., données non publiées).

Cette espèce fait l'objet d'une exploitation commerciale dans d'autres parties du monde, comme à Madagascar (Rasolofonirina et al., 2004) ou en Malaisie (Baine et Choo, 1999) où l'holothurie est pêchée pour les propriétés médicinales de son liquide coelomique, connu sous le nom de "gamat". Dans l'archipel des Galápagos, des expéditions illicites de *S. horrens* ont été découvertes durant la saison de pêche de *I. fuscus* en 2004. Depuis lors, une exploitation illégale étendue s'est développée (Hearn et al., 2004; Toral et al., 2005) et le Parc national des Galápagos a procédé à plusieurs saisies de cargaisons de *S. horrens* (Tableau 1). Dans le même temps, l'industrie locale de la pêche a eu recours à plusieurs voies de droit pour faire pression sur les autorités, et le Conseil local de gestion en participation a demandé que soit réalisée une étude de référence sur la viabilité de l'exploitation de cette espèce. Néanmoins, après deux années de pêche illégale, il est peu probable qu'une étude réalisée dans un futur proche sur la structure par taille et sur l'abondance de l'espèce donne des résultats qui reflètent fidèlement la population indemne.

Tableau 1. Cargaisons et sites de pêche illicites de *Stichopus horrens* ayant fait l'objet de descentes du service du parc national des Galápagos (source: archives du service du parc national des Galápagos).

Date	Site	Île	Nbre de <i>S. horrens</i>
07 oct. 04	Puerto Ayora	Santa Cruz	20 448
03 juin 05	Campement illégal	Santa Cruz	5 934
27 juil. 05	BP Calipso	En mer	1 355
14 oct. 05	Campement illégal	Santiago	1 752
19 oct. 05	Campement illégal	Isabela	7 141
20 oct. 05	Campement illégal	Isabela	3 986
09 jan. 06	Campement illégal	Santa Cruz	13 000
23 fév. 06	Bellavista	Santa Cruz	13 343
Total			66 959

Le présent article a pour objet de faire état des conclusions d'une étude pilote menée en 2003 au sud de l'île de Santa Cruz, conclusions qui constituent les seules informations disponibles sur cette espèce avant le début de la pêche illégale dans l'archipel des Galápagos.

Matériel et méthodes

Les études ont été réalisées à une profondeur de 6 mètres à Punta Estrada, Academy Bay, île de Santa Cruz (00,7622° S; 090,3019° O), au centre de l'archipel des Galápagos (figure 1). Les fonds marins y sont caractérisés par un fond de roches volcaniques en pente sous un littoral formé de falaises.

Afin d'étudier les variations diurnes de l'abondance de *S. horrens* par rapport à celles de l'espèce commercialisée *I. fuscus*, deux transects permanents de 100 m² ont été installés à Academy Bay. L'abondance de *S. horrens* et de *I. fuscus* a été évaluée aux heures suivantes: 00:00, 06:00, 08:00, 12:00, 18:00 et 20:00. Chaque transect a été observé deux fois par tranche horaire. Les deux ensembles de données ont été normalisés de manière à permettre la comparaison des variations présentées par chaque espèce durant la journée.

Des études nocturnes sur une zone circulaire fixe couvrant 100 m² ont été menées en septembre, en octobre et en décembre 2003 ainsi qu'en janvier 2004, en suivant la méthode de Richmond et Martinez (1993). La zone de 100 m² a été étudiée une fois par mois: tous les individus de *S. horrens* ont été prélevés par un plongeur et mesurés sous l'eau afin de réduire les manipulations étant donné que cette espèce est réputée pour son éviscération immédiate lorsqu'elle est attrapée à la main (Kohtsuka et al., 2005). La longueur totale (distance de la bouche à l'anus sur la face dorsale) de chaque individu a été consignée.

Environ 25 individus situés en dehors des transects ont été collectés chaque mois et emportés au laboratoire où les mesures suivantes ont été effectuées en vue d'analyses morphométriques: longueur totale (± 1 mm), circonférence maximale (± 1 mm), poids frais total (± 1 g), volume (± 1 mL) et poids frais éviscéré (poids total une fois les gonades, les viscères et le liquide coelomique retirés, ± 1 g) (voir Conand, 1990).

Si l'on part du principe que la population est stable et que la distribution par taille n'est pas affectée par l'exploitation, on peut recourir à la méthode de Powell-Wetherall pour estimer L_{∞} et Z/K , Z représentant le taux de mortalité total (Powell, 1979; Wetherall et al., 1987; Sparre et Venema, 1992). Cette méthode repose sur l'équation de Beverton et Holt (1956), qui calcule Z dans une population stable.

$$Z = K [(L_{\infty} - L)/(L - L')] \quad (1)$$

L représente la longueur moyenne des individus de taille égale ou supérieure à L' , et L' est une longueur à partir de laquelle les individus sont pleinement exploités. Il existe une relation linéaire entre une série de longueurs L' retenues arbitrairement et les longueurs moyennes L correspondantes des différentes tailles pleinement exploitées, d'où:

$$L - L' = a + (b \times L') \quad (2)$$

avec $Z/K = -(1 + b)/b$ and $L_{\infty} = -a/b$

Résultats

Rapport longueur-poids

Stichopus horrens fait montre d'une grande plasticité et peut se contracter ou s'étendre rapidement. Les individus observés le jour (non inclus dans la présente analyse) se trouvaient habituellement dans des crevasses ou sous des roches dans un état fortement contracté. Le

rapport longueur-poids des individus relâchés permet de déduire une vague corrélation positive accompagnée de grandes variations autour de la moyenne (figure 4).

Modèles d'abondance diurne

Le jour, les abondances de *S. horrens* et de *I. fuscus* étaient semblables et basses (environ 7 individus pour 100 m²). L'abondance des deux espèces augmentait la nuit même si la hausse était beaucoup plus marquée chez *S. horrens* que chez *I. fuscus* (figure 5).

Structure par taille et densité

La distribution des fréquences de taille observée chez *S. horrens* chaque mois entre septembre 2003 et janvier 2004 (N = environ 100 individus par mois) était normale

et stable. L'individu le plus petit mesurait 9 cm et le plus grand, 31 cm. La longueur moyenne s'élevait à 19,6 cm. Aucune progression modale et aucun épisode de reproduction n'ont été observés (figure 6).

D'après la distribution des fréquences de taille, le premier groupe où tous les individus étaient exploitables s'étalait sur la fourchette 20–21,9 cm. Si l'on applique la méthode de Powell-Wetherall pour calculer les différentes valeurs des groupes pleinement exploitables, on obtient $L_{\infty} = 37,7$ cm et $Z/K = 4,95$, r^2 étant égal à 0,967 (figure 7).

Dans les quatre études réalisées, la densité de *S. horrens* dépassait 100 individus pour 100 m² (figure 8). Les individus ont généralement été observés en pleine extension sur des surfaces rocheuses et semblaient très mobiles par rapport à l'espèce *I. fuscus*, plus sédentaire.

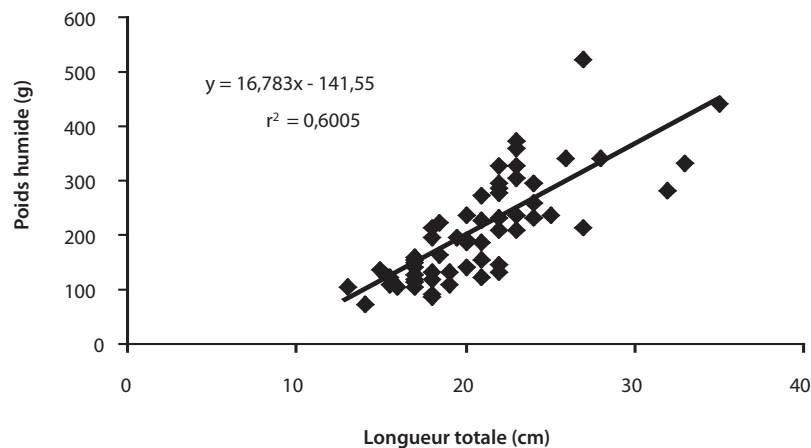


Figure 4. Rapport longueur-poids de *Stichopus horrens* à l'état relâché (n=59).

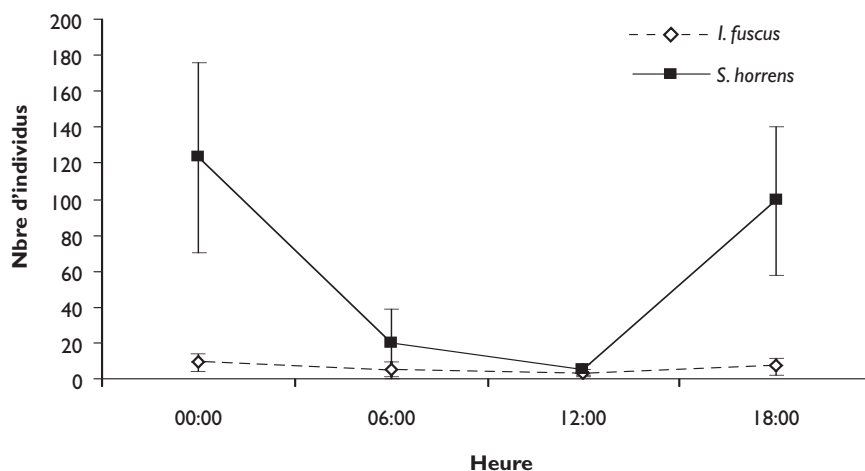


Figure 5. Abondance moyenne (intervalles de confiance à 95 %) de *Stichopus horrens* et de *Isostichopus fuscus* sur une période de 24 heures à Academy Bay, île de Santa Cruz, au moyen de comptages visuels en plongée.

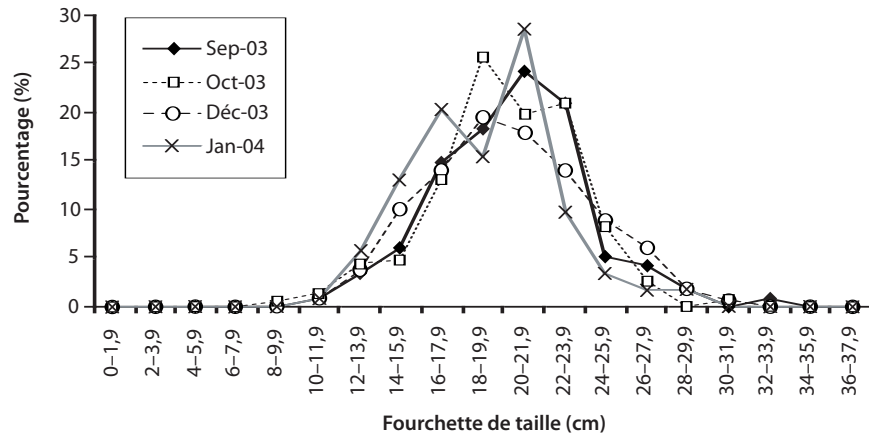


Figure 6. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *S. horrens* à Academy Bay, île de Santa Cruz.

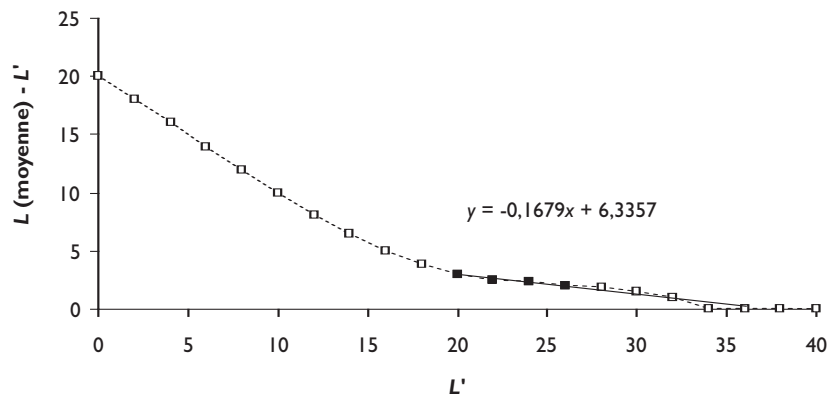


Figure 7. Graph de Powell-Wetherall pour *S. horrens*, régression linéaire basée sur les carrés noirs qui ont servi au calcul de L_{∞} et de Z/K .

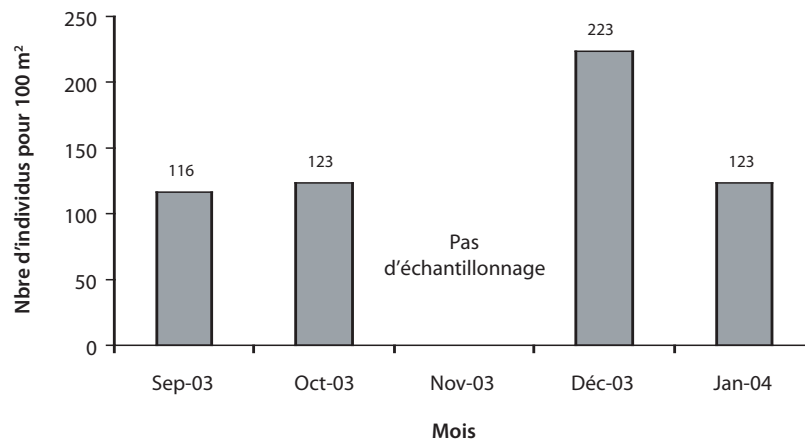


Figure 8. Densité de la population de *S. horrens* exprimée en nombre d'individus pour 100 m² à Academy Bay, île de Santa Cruz.

Discussion

Les stocks d'holothuries suivent généralement un modèle d'expansion rapide suivie d'un effondrement. On retrouve également dans ce modèle l'appauvrissement en série tant des espèces à forte valeur marchande que des espèces à faible valeur (Conand, 1990, 2004, sous presse; Uthicke et Benzie, 2000). Les Galápagos ne semblent pas échapper à la règle (Shepherd et al., 2004; Hearn et al., 2004, 2005a; Toral et al., 2005). Ces modèles peuvent s'expliquer par des raisons tant biologiques qu'économiques. Sur le plan biologique, les holothuries se déplacent lentement, sont faciles à attraper, grandissent lentement et leur dynamique de reproduction n'est guère connue. Les stocks de *I. fuscus* des côtes équatoriennes se sont effondrés au début des années 90 et ne se sont toujours pas reconstitués (Altamirano et al., 2004; Toral-Granda et Martinez, 2004; Toral et al., 2005). En outre, les ressources mondiales en holothuries sont en général mal gérées et sont en plein déclin (Lovatelli et al., 2004; Bruckner, sous presse).

L'exploitation commerciale des holothuries a été stimulée par des investisseurs d'Extrême-Orient, qui offrent des prix peu élevés pour une ressource au départ abondante et subventionnent souvent les opérations des pêcheurs. À mesure que les stocks diminuent, ils sont prêts à payer davantage, et une fois la ressource tarie, ils se déplacent vers une autre zone. En conséquence, les communautés sont confrontées à des problèmes d'ordre socioéconomique, puisqu'elles sont devenues tributaires de revenus mirobolants et peu réalistes, qui ne durent que très peu de temps (Christy, 1995; Carranza Barona et Andrade Echeverría, 1996). Dans l'archipel des Galápagos, la quête d'emplois ou de ressources de substitution pour les pêcheurs d'holothuries s'est caractérisée par des attentes irréalistes, des activités illégales (telles que le prélèvement d'ailerons de requins) et de fréquents troubles de l'ordre civil (Hearn et al., 2004; Shepherd et al., 2004).

Il faut analyser la possibilité d'autoriser la pêche de *S. horrens* en tenant compte des capacités d'action de la Réserve marine des Galápagos et de l'échec des tentatives de gestion durable de *I. fuscus*. En ce sens, on peut très probablement expliquer le silence du secteur de la pêche, face à la demande du Conseil de gestion en participation d'élaborer et de présenter une étude de faisabilité sur l'exploitation de *S. horrens* par l'aisance avec laquelle la pêche illégale est pratiquée, ce qui élimine la notion d'urgence de la légalisation. Un pêcheur a expliqué aux auteurs qu'il pouvait collecter 40 caisses de *S. horrens* en une seule nuit (ce qui équivalait à quelque 4 000 individus), qu'il vend 2 000 dollars É.U.

Actuellement, les individus *S. horrens* pêchés illégalement sont traités de la même façon que *I. fuscus* (bouillis, salés et séchés). Cependant, dans certaines parties de la Malaisie, on collecte *S. horrens* pour les propriétés médicinales (Baine et Choo, 1999) de son liquide coelomique (appelé eau de gamat). Dans le cadre d'une étude de faisabilité conduite dans les Galápagos, les débouchés commerciaux des holothuries devraient être examinés non seulement pour déterminer quel produit tiré de l'espèce revêt la plus forte valeur, mais aussi pour éviter que les

pêcheurs locaux ne viennent à dépendre économiquement des grands commerçants et des revendeurs.

Les résultats de ces études préliminaires ont montré que la structure de taille des populations se caractérisait par l'absence de juvéniles, la taille modale avoisinant les 20 cm, et que les densités étaient probablement très élevées et comparables aux densités estimées des populations originales de *I. fuscus* (Shepherd et al., 2004). Cependant, au moment d'élaborer un plan de gestion de l'exploitation de *S. horrens*, il sera nécessaire de tenir compte du caractère relativement peu contraignant des réglementations qui ont été imposées pour la pêche de *I. fuscus*. Des mesures de gestion telles que des tailles minimales réglementaires pour la pêche ne sont peut-être pas appropriées pour une espèce qui fait preuve d'une telle plasticité et dont la taille de maturité reste inconnue. Le régime de zonage côtier provisoire (Danulat et Edgar, 2002) a pour but de créer un espace pour les différentes parties intéressées (pêcheurs, touristes et scientifiques) et ne convient pas à la gestion des ressources benthiques. Il convient d'élaborer des règles précises sur la façon de fixer des quotas de prises à partir des résultats des études. En dépit des problèmes qu'ont posés les quotas individuels transférables dans le cas de *I. fuscus* en 2001 (Murillo et al., 2003), il est nécessaire de définir d'une façon ou d'une autre des droits privés afin d'éviter la course à la pêche qui a marqué l'effondrement de *I. fuscus*.

Fondé sur le principe de précaution, le plan de gestion de la réserve marine des Galápagos a pour objectif d'assurer l'exploitation durable des ressources de la réserve. À ce jour, les principales ressources marines de la réserve sont dans un état d'appauvrissement grave et peu de mesures ont été prises pour les gérer durablement (Toral et al., 2005; Hearn et al., 2005b). À moins que les exploitants eux-mêmes n'ouvrent les yeux, l'autorisation de la pêche de *S. horrens* dans le contexte du régime de gestion actuel constituera probablement le prochain maillon de la chaîne d'effondrements en série des stocks que connaît la réserve marine des Galápagos.

Remerciements

La présente étude a été réalisée avec le concours des membres du Département de la recherche et de la conservation de la Fondation Charles Darwin et du Parc national des Galápagos. Cet article a été élaboré dans le cadre de travaux de recherche sur les holothuries financés par le Royal Caribbean Cruises Ocean Fund for Marine Research. Nos remerciements vont également au programme de bourses de recherche sur la conservation des ressources marines du Pew Charitable Trusts et au Pew Collaborative Initiative Fund Award. Le présent article constitue la contribution n°1037 de la Fondation Charles Darwin.

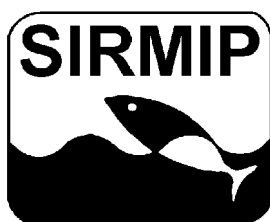
Bibliographie

Altamirano M., Toral-Granda M.V. and Cruz E. 2004. The application of the adaptive principle to the management and conservation of *Isostichopus fuscus* in the Galapagos Marine Reserve. In: Lovatelli A. et al. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Technical Paper 463. 247–258.

- Baine M. and Choo P.S. 1999. Sea cucumber fisheries and trade in Malaysia. p. 49–63. In: Baine M. (ed). The conservation of sea cucumbers in Malaysia — their taxonomy, ecology and trade: Proceedings of an international conference. Department of Agriculture, Kuala Lumpur, Malaysia. February 1999. Heriot-Watt University, Orkney, Scotland.
- Beverton R.J.H. and Holt S.J. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapports et Procès Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 140: 67–83.
- Bruckner A. (ed). in press. The Proceedings of the CITES Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring.
- Carranza-Barona C.C. and Andrade-Echeverría M. 1996. Retrospectiva de la pesca de pepino de mar a nivel continental. Unpublished Report, Comisión Permanente para las Islas Galápagos, Fundación Charles Darwin and ORSTOM, Quito, Ecuador. 53 p.
- Christy F.T. 1995. The development and management of marine fisheries in Latin America and the Caribbean: issues and options for the Inter-American Development Bank. Unpublished Report. Inter-American Development Bank, Washington DC, USA. 80 p.
- Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries. Part 2: Holothurians. *FAO Fisheries Technical Paper*, n° 272.2. 143 p.
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. p. 13–24. In: Lovatelli A. et al. (eds). *Advances in sea cucumber management*. FAO Technical Paper 463.
- Conand C. in press. Harvest and trade: Utilization of sea cucumbers; sea cucumbers fisheries trade; current international trade, illegal, unreported and unregulated trade; bycatch, socio-economic characteristics of the trade in sea cucumbers. In: Bruckner A. (ed.) *The Proceedings of the CITES Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae*. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring.
- Danulat E. and Edgar G.J. 2002. Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad. Fundación Charles Darwin & Servicio Parque Nacional de Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. 484 p.
- De Miras C., Andrade M. and Carranza C. 1996. Evaluación socioeconómica de la pesca experimental de pepino de mar en Galápagos. Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos/ORSTOM, Quito. 191 p.
- Edgar G.J., Banks S., Fariña J.M., Calvopiña M. and Martínez C. 2004. Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos archipelago. *Journal of Biogeography* 31:1–18.
- Hearn A., Martínez P., Toral-Granda M.V., Murillo J. and Polovina J. 2005a. Population dynamics of the exploited sea cucumber *Isotichopus fuscus* in the Western Galapagos Islands, Ecuador. *Fisheries Oceanography* 14(5):377–385.
- Hearn A., Castrejón M., Reyes H., Nicolaidis F., Moreno J. and Toral M.V. 2005b. Evaluación de la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus penicillatus* y *P. gracilis*) en la Reserva Marina de Galápagos 2004. Fundación Charles Darwin, Santa Cruz, Galapagos, Ecuador. 37 p.
- Hearn A., Toral M.V., Castrejón M., Nicolaidis F., Moreno J., Reyes H., Altamirano M. and Vega S. 2004. Evaluación de la pesquería de pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en la Reserva Marina de Galápagos. p. 1–60. In: *Evaluación de las pesquerías en la Reserva Marina de Galápagos. Informe Compendio 2004*. Fundación Charles Darwin, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.
- Hickman C.P. 1998. Guía de campo sobre estrellas de mar y otros equinodermos de Galápagos. Serie vida marina de Galápagos. Sugar Spring Press, Virginia, USA. 83 p.
- Kohtsuka H., Arai S. and Uchimura M. 2005. Observation de la reproduction asexuée par scissiparité naturelle de *Stichopus horrens* Selenka, dans l'île d'Okinawa, Japon. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 22:23.
- Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. (eds). 2004. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463. 425 p.
- Massin C., Zulficar Y., Tan Shau Hwai A. and Rizal Boss S.Z. 2002. The genus *Stichopus* (Echinodermata: Holothuroidea) from the Johore Marine Park (Malaysia) with the description of two new species. *Biologie* 72:73–99.
- Murillo J.C., Andrade R., Vizcaino J., Bautil B. and Hearn A. 2003. Pesquería de pepino de mar en Galápagos durante el 2002. Análisis comparativo con las pesquerías 1999, 2000 y 2001. p. 1–39. In: *Evaluación de las pesquerías en la Reserva Marina de Galápagos. Informe compendio 2002*. B. Bautil (ed) Fundación Charles Darwin and Servicio Parque Nacional Galápagos: Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.
- Powell D.G. 1979. Estimation of mortality and growth parameters from the length-frequency in the catch. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 175:167–169.
- Rasolofonira R., Mara E. and Jangoux M. 2004. Sea cucumber fishery and mariculture in Madagascar – a case study of Toliara, southwest 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 Technical Paper 463.
- Richmond R. and Martínez P.C. 1993. Sea cucumber fisheries in the Galápagos Islands: Biological aspects, impacts and concerns. *World Conservation Union (IUCN) Technical Report*. 16 p.
- Shepherd S.A., Martínez P., Toral-Granda M.V. and Edgar G. 2004. The Galápagos sea cucumber fishery: management improves as stocks decline. *Environmental Conservation* 31(2):102–110.
- Sparre P. and Venema S.C. 1992 *Introduction to tropical fish stock assessment*. Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Pap. No. 306/1 FAO, Rome. 376 p.

- Toral-Granda M.V. and Martinez P. 2004. Population density and fishery impacts on the sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the Galapagos Marine Reserve. p. 91–100. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Technical Paper 463.
- Toral M.V., Murillo J.C., Piu M., Nicolaidis F., Moreno J., Reyes H., Castrejón M. and Hearn A. 2005. La pesquería de pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en la Reserva Marina de Galápagos en el año 2005. Fundación Charles Darwin/Parque Nacional Galápagos. Puerto Ayora, Santa Cruz. 41 p.
- Uthicke S. and Benzie J.A.H. 2000. Effect of beche-de-mer fishing on densities and size structure of *Holothuria nobilis* (Echinodermata: Holothuroidea) populations on the Great Barrier Reef. Coral Reefs 19:271–276.
- Wetherall J.A., Polovina J. and Ralston S. 1987. Estimating growth and mortality in steady state fish stocks from length-frequency data. ICLARM Conference Proceedings 13:53–74.

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 à mettre l'informa-



Système d'Information sur les Ressources
Marines des Îles du Pacifique

tion 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.

Le comportement alimentaire sélectif et le rôle écologique des holothuries vivant dans les eaux peu profondes de la Mer Rouge

Mahmoud A. Dar¹ et Hamdy O. Ahmad

Résumé

Cette étude est axée sur le comportement alimentaire sélectif et le rôle écologique des principales espèces d'holothuries — *Holothuria atra*, *Holothuria hawaiiensis* et *Bohadschia vitiensis* — vivant sur les platiers découverts à marée basse et les eaux peu profondes de la mer Rouge à Hurghada, en Égypte. Les sédiments retrouvés dans l'appareil digestif de ces trois espèces varient beaucoup en fonction du poids total de l'animal. Les individus ayant un poids moyen ont besoin de consommer d'importantes quantités d'aliments pour grandir et développer leurs gonades, et il s'est avéré qu'ils absorbent davantage de gravier que les holothuries ayant un poids élevé ou faible. Ce comportement sélectif des holothuries permet d'expliquer pourquoi les graviers et le sable grossier constituent les principaux sédiments retrouvés dans l'appareil digestif de l'animal au cours des différentes saisons. Pendant la période de reproduction (début de l'été jusqu'à l'automne), les individus tendent à assimiler plus de sédiments fins que de sédiments grossiers, peut-être parce qu'ils ont davantage besoin de matières organiques.

Le remaniement sédimentaire par les différentes espèces varie au cours de l'année et dépend du nombre d'individus, de la disponibilité des aliments, de la taille des individus et des conditions locales. Les effets de l'alimentation de ces trois espèces d'holothuries sur le remaniement sédimentaire ont été le plus marqués en juillet (été) et en novembre (automne) pour *H. atra*, en automne et en hiver (septembre et décembre) pour *H. hawaiiensis*, et principalement en été (mai à août) pour *B. vitiensis*. Il a été observé que le remaniement s'étale de la fin du printemps à la fin de l'automne, période pendant laquelle deux phases importantes de la reproduction des holothuries se déroulent: la maturation et la ponte.

Introduction

La macrofaune, dont se nourrissent les holothuries, domine, en nombre et en biomasse, de nombreux écosystèmes littoraux (Coulon et Jangoux, 1993) et substrats d'eaux marines peu profondes abritées (Conde et al., 1991).

La disponibilité des aliments constitue un important facteur de régulation de la dynamique des populations benthiques, surtout des holothuries. Les dépositivores figurent parmi les plus grands consommateurs de matières détritiques des fonds marins, jouant ainsi un rôle important dans le déblaiement, le recyclage et le reconditionnement des nutriments, surtout des matières organiques (Jumars et Self, 1986). La technique employée par les diverses espèces d'holothuries pour puiser leurs aliments dans la couche supérieure des sédiments varie fortement en fonction de leurs tentacules et de la morphologie de leur appareil digestif (Roberts et al., 2001). Les holothuries s'alimentent soit en ingérant les matières situées à la surface du substrat, soit en absorbant des sédiments riches en nutriments. Les sédiments ingérés par les holothuries dépositivores se composent principalement de matières inorganiques (débris de corail, restes de coquillages, corallines, squelettes – ou tests – de foraminifères, restes inorganiques du benthos, silicates), de matières détritiques organiques (plantes marines, algues, animaux morts en décomposition), de microorganismes (bactéries, diatomées, protozoaires et cyanophycées), ou de boulettes fécales expulsées par l'holothurie elle-même ou par d'autres animaux (Massin, 1982; Moriarity, 1982).

La quantité et la qualité des matières organiques varient d'année en année en fonction de nombreux facteurs, notamment des sédiments sous-jacents et, sans doute, des niveaux de pollution (Dar, 2004). On sait que les trois espèces d'holothuries étudiées (*Holothuria atra*, *Holothuria hawaiiensis* et *Bohadschia vitiensis*) — s'alimentent plus rapidement le jour que la nuit et qu'elles doivent probablement se nourrir en continu pour acheminer les sédiments dans leur appareil digestif (Hammond, 1982).

Cette étude porte sur:

- 1) le comportement alimentaire des holothuries tout au long de l'année;
- 2) le caractère sélectif des habitudes alimentaires des holothuries;
- 3) les périodes où les effets du remaniement des sédiments par les holothuries sont le plus marqués;
- 4) le rapport entre les saisons de reproduction et le type de sédiments consommés.

Matériel et méthodes

Géomorphologie du site et travaux de recherche sur le terrain

Trois sites du platier intertidal de Hurghada, en Égypte, ont été sélectionnés aux fins de l'échantillonnage (figure 1). Ils étaient tous trois caractérisés par l'abondance des trois espèces d'holothuries suivantes: *Holothuria atra*, *H. hawaiiensis* et *Bohadschia vitiensis*.

Le site n°1 est situé à 4 km au nord de l'Institut national de recherche océanographique et halieutique. Le fond sa-

1. Institut national de recherche océanographique et halieutique, Hurghada, mer Rouge, Égypte. Mahmoud_rady@yahoo.com.

blonneux, fin et relativement hétérogène, se compose principalement de sédiments d'origine biologique, à savoir de débris coralliens et de restes de coquillages. Ce site présente des patates de corail étendues et saines ainsi que des herbiers, et la profondeur des eaux y varie de 0,5 m à marée basse à 1,5 m à marée haute.

Le site n°2 est à l'abri du déferlement des vagues et se situe à une profondeur supérieure à celle du site n°1. De par sa morphologie, la zone qui entoure le site est qualifiée de bassin de sédimentation naturel. Ce site est caractérisé par une fine couche de sédiments meubles, partiellement recouverts de plantes marines et de macro-algues.

Le site n°3 est situé à 4 km au sud de l'Institut national de recherche océanographique et halieutique. Ce site est caractérisé par une couche épaisse et homogène de sédiments, composés d'un mélange de sables d'origine biologique et terrestre. La turbidité y est élevée, surtout lorsqu'il y a du vent, et il y a très peu de patates de corail par rapport aux deux premiers sites.

Entre avril 2003 et mars 2004, au moins 10 individus de chaque espèce d'holothuries ont été prélevés chaque mois de façon aléatoire, sur la base d'une division de l'espace des sites sélectionnés en quadrats (10 m x 10 m). Par ailleurs, cinq échantillons de sédiments ont été prélevés sur chaque site, afin de comparer les types de sédiments présents sur les sites et ceux retrouvés dans l'appareil digestif des holothuries qui y vivent.

Analyses

Les individus collectés ont été pesés afin d'estimer le poids total de l'animal dans son milieu naturel. Le contenu de l'appareil digestif de chaque individu a été séché et pesé. À l'aide d'un jeu de tamis d'une progression de 1 phi selon la méthode de Folk (1974), le contenu a été tamisé et une analyse granulométrique a été réalisée afin d'évaluer les différentes fractions du contenu stomacal. Après avoir séché et tamisé les échantillons de sédiments benthiques on a étudié le degré de coïncidence ou de divergence entre ces sédiments et ceux retrouvés dans le contenu de l'appareil digestif des animaux. Sept fractions ont été obtenues: graviers ($\emptyset 1$), sable très grossier ($\emptyset 0$), sable grossier ($\emptyset 1$), sable à grains moyens ($\emptyset 2$), sable fin ($\emptyset 3$), sable très fin ($\emptyset 4$) et vase ($\emptyset 5$). Chaque fraction a été pesée et exprimée en pourcentage du poids total.

Les sédiments et les contenus ont été classés dans trois catégories: sédiments grossiers ($\emptyset 1 + \emptyset 0 + \emptyset 1$), sédiments à grains moyens ($\emptyset 2 + \emptyset 3$), et sédiments fins ($\emptyset 4 + \emptyset 5$). Cette classification permet de déterminer avec le plus d'efficacité les variations entre les sédiments prélevés dans les différents sites et dans ceux retrouvés dans l'ap-

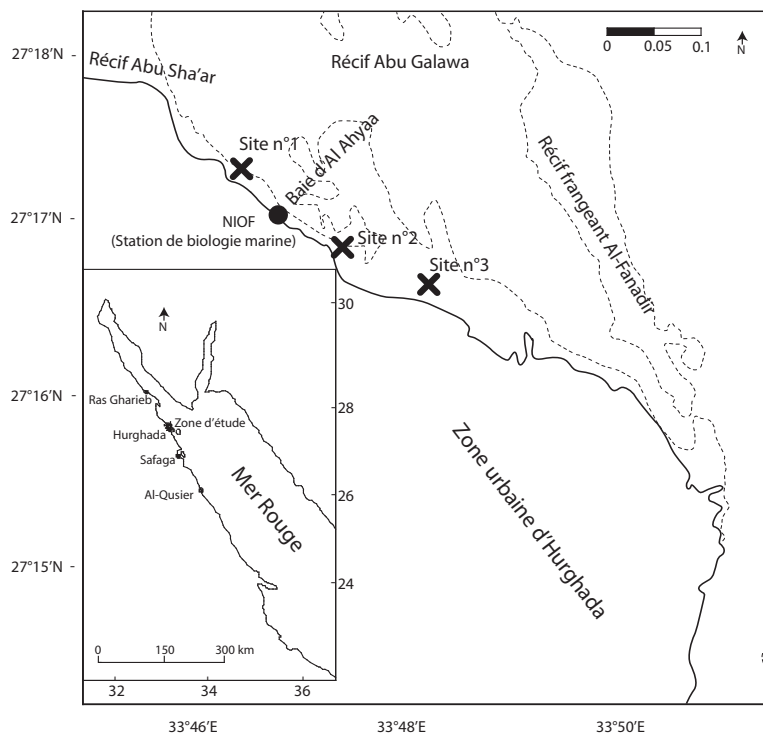


Figure 1. La zone d'étude et les trois sites retenus.

pareil digestif des individus, et donne ainsi une indication du comportement alimentaire réel des animaux se nourrissant sur les sites étudiés.

La teneur en matières organiques totales (MOT) dans le contenu de l'appareil digestif des animaux et dans les sédiments a été définie comme la fraction de masse perdue lors d'une calcination à 550 °C (Yingst, 1976; Brenner et Binford, 1988), exprimée en milligramme par gramme (mg g^{-1}).

Résultats et discussion

Les sédiments observés sur les sites d'étude se composent de graviers d'origine biologique, de sable et de vase. Sur le site n°1, la proportion moyenne de gravier s'élevait à 23,83 %, contre 75,34 % de sable et 0,82 % de vase. Sur le site n°2, il y avait en moyenne 18,53 % de gravier, 80,05 % de sable et 1,44 % de vase. Enfin, le site n°3 était composé en moyenne de 23,03 % de gravier, de 76,12 % de sable et de 0,85 % de vase. La teneur en matières organiques totales avoisinait 47 mg g^{-1} sur le site n°1, 41,6 mg g^{-1} sur le site n°2, et 45 mg g^{-1} sur le site n°3. Sur le site n°1, une moyenne de 55,17 % de tous les sédiments appartenait à la catégorie des sédiments grossiers, 43,22 % aux sédiments à grains moyens et 1,77 % aux sédiments fins. On retrouve une moyenne de 45,93 % de sédiments grossiers, de 46,80 % de sédiments à grains moyens et de 7,29 % de sédiments fins sur le site n°2 et une moyenne de 71,37 % de sédiments grossiers, de

24,21 % de sédiments à grains moyens et de 4,42 % de sédiments fins sur le site n°3 (tableau 1).

Holothuria atra et *H. hawaiiensis*

Le poids des individus *H. atra* variait de 50 à 590 g, le poids minimal ayant été relevé en février et le poids maximal en avril. Le poids moyen du contenu de l'appa-

reil digestif (58,26 g) le plus élevé a été enregistré en juillet, période à laquelle la proportion moyenne du contenu de l'appareil digestif des individus par rapport au poids total a atteint son maximum (33,72 %). La moyenne la plus basse (13,28 g) a, quant à elle, été consignée en juin alors que le pourcentage du contenu de l'appareil digestif par rapport au poids total était au plus bas (2,10 %) (tableau 2).

Tableau 1. Pourcentages des fractions et des catégories de sédiments et teneurs en matières organiques totales (MOT) des sédiments des fonds marins des sites d'étude.

	Échantillon	Gravier (%)	Sable (%)	Vase (%)	($\emptyset_{-1}+\emptyset_0+\emptyset_1$) (%)	($\emptyset_2+\emptyset_3$) (%)	($\emptyset_4+\emptyset_5$) (%)	TOM (mg g ⁻¹)
Site n°1	1	24,22	73,26	2,52	48,93	45,64	5,43	55,00
	2	24,49	74,65	0,85	59,5	39,03	1,29	51,00
	3	26,93	72,81	0,26	74,55	25,90	0,55	43,00
	4	26,08	73,60	0,32	48,74	49,98	1,26	45,00
	5	17,45	82,40	0,15	44,11	55,53	0,34	41,00
	Moyenne	23,83	75,34	0,82	55,17	43,22	1,77	47,00
	SD	3,74	4,00	0,99	12,22	11,41	2,09	5,83
Site n°2	1	15,45	83,92	0,72	47,60	44,65	7,75	55,00
	2	17,38	80,47	2,15	39,73	53,33	6,94	51,00
	3	11,19	87,98	0,83	28,46	61,29	10,25	34,00
	4	24,56	72,30	3,10	60,91	33,40	5,69	33,00
	5	24,07	75,56	0,38	52,97	41,32	5,71	35,00
	Moyenne	18,53	80,05	1,44	45,93	46,80	7,27	41,60
	SD	5,74	6,29	1,15	12,45	10,80	1,88	10,53
Site n°3	1	27,39	71,81	0,80	75,91	21,63	2,46	64,00
	2	26,07	73,84	0,09	77,7	21,08	1,23	41,00
	3	22,85	76,15	1,00	66,93	28,95	4,14	32,00
	4	14,29	84,05	1,66	54,9	32,17	12,93	35,00
	5	24,55	74,76	0,69	81,43	17,24	1,33	53,00
	Moyenne	23,03	76,12	0,85	71,374	24,214	4,418	45,00
	SD	5,17	4,70	0,57	10,64	6,14	4,90	13,32

Tableau 2. Poids corporel, pourcentages de sédiments retrouvés dans l'appareil digestif des individus par rapport au poids total, masse de sédiments remaniée annuellement, et teneur en MOT (mg g⁻¹) pour *H. atra*.

		Poids corporel (g)	Poids des sédim. (g)	Sédim. (%)	Masse remaniée (kg an ⁻¹)	Gravier (%)	Sable (%)	Vase (%)	TOM (mg g ⁻¹)
Printemps	Avr-03	315,88	22,98	7,99	18,28	19,89	78,86	1,25	65,00
	Mai-03	369,17	29,20	8,43	23,23	17,54	81,35	1,12	67,80
	Juin-03	209,00	13,28	6,32	10,56	27,21	70,34	2,45	63,00
	Moyenne	298,01	21,82	7,58	17,36	21,55	76,85	1,61	65,27
	SD	66,60	6,55	0,91	5,21	4,12	4,71	0,60	1,97
Été	Juil-03	178,00	58,26	33,72	46,36	3,15	95,18	1,67	70,30
	Août-03	225,00	22,92	10,24	18,24	31,56	66,30	2,08	58,40
	Sep-03	277,50	17,52	6,75	13,94	16,13	80,73	3,15	51,50
	Moyenne	226,83	32,90	16,91	26,18	16,95	80,74	2,30	60,07
	SD	40,64	18,07	11,97	14,38	11,61	11,79	0,62	7,77
Automne	Oct-03	206,00	30,15	14,56	23,99	2,97	90,97	6,06	64,20
	Nov-03	121,00	19,16	16,15	15,25	31,75	65,69	2,56	51,40
	Déc-03	133,50	18,89	14,94	15,03	28,13	69,46	2,41	63,80
	Moyenne	153,50	22,73	15,22	18,09	20,95	75,37	3,68	59,80
	SD	37,47	5,24	0,68	4,17	12,80	11,14	1,69	5,94
Hiver	Jan-04	135,00	21,02	16,55	16,73	37,05	61,57	1,38	65,10
	Fév-04	115,50	18,15	18,72	14,44	18,58	76,91	4,51	60,60
	Mar-04	141,25	18,07	12,98	14,38	27,11	70,66	2,22	61,40
	Moyenne	130,58	19,08	16,08	15,18	27,58	69,71	2,71	62,37
	SD	10,97	1,37	2,37	1,09	7,55	6,30	1,32	1,96

H. hawaiiensis a affiché son poids moyen le plus élevé (745 g) en février et le moins élevé (323 g) en janvier. En décembre, le poids maximal du contenu de l'appareil digestif a été relevé à 68,97 g, et le poids minimal a été enregistré en juillet à 11,20 g. C'est durant ces mêmes mois que la proportion du contenu de l'appareil digestif des individus par rapport au poids total était respectivement la plus élevée (18,51 %) et la moins élevée (1,50 %). Les individus *H. hawaiiensis* étaient bien plus lourds que *H. atra* et ils consommaient donc une quantité relative plus élevée de sédiments que *H. atra* (tableau 3).

Les individus de poids moyen des espèces *H. atra* et *H. hawaiiensis* consomment proportionnellement plus de sédiments que les individus de poids faible et élevé. *H. atra* consomme environ l'équivalent d'un tiers (voire de la moitié) de son poids total contre à peu près 22,74 %

pour *H. hawaiiensis*. Cette forte consommation pourrait s'expliquer par la croissance de l'animal ainsi que par le développement de ses organes sexuels (maturation), qui requièrent une dépense importante d'énergie. La plus forte proportion moyenne de gravier (37,05 %) a été enregistrée en janvier pour *H. atra*, alors que les moyennes les plus basses ont été relevées en novembre, décembre et février (moins de 1 %). Pour ce qui est du pourcentage de sable, la moyenne la plus élevée (95,18 %) a été calculée en juillet, et la moins élevée (61,57 %) en janvier. La proportion de vase a oscillé entre 0,19 % en novembre et 25,88 % en février, alors que la moyenne maximale a été calculée à 6,06 % en octobre. Chez *H. hawaiiensis*, la proportion moyenne de gravier a fluctué de 3,53 % en octobre à 38,86 % en décembre. Ces chiffres ont varié de 60,12 % en novembre à 98,13 % en août pour le pourcentage moyen de sable, et de 0,36 % en septembre à 7,59 % en février pour le pourcentage moyen de vase.

La proportion de gravier retrouvée dans l'appareil digestif de certains individus *H. atra* et *H. hawaiiensis* atteignait environ 75 % des sédiments de l'appareil digestif alors que ce chiffre s'élevait à moins de 1 % chez d'autres individus. Le pourcentage de gravier observé dans l'appareil digestif des individus était environ trois fois supérieur à celui des sédiments benthiques. La teneur en sable dans le contenu de l'appareil digestif variait, quant à elle, en fonction du pourcentage de gravier, alors que le pourcentage de vase était extrêmement variable. En effet, la plupart du temps, la teneur en vase dans le contenu total était légèrement supérieure à la teneur en sédiments benthiques, mais en octobre et en novembre, la proportion de vase est subitement passée à des quantités environ onze et neuf fois supérieures à celle des sédiments, et en février, ce chiffre a grimpé à environ 25 fois la proportion de sédiments. Cette proportion a également été observée chez les individus de poids faible.

Il se peut que les individus légers ne puissent pas consommer de grosses particules, leurs tentacules étant fins et minuscules, ou qu'ils préfèrent la qualité à la quantité, absorbant ainsi les particules les plus fines, riches en substances organiques, plutôt que les sédiments grossiers. Cette conclusion est étayée par les teneurs en MOT relevées chez *H. atra*, qui peuvent être jusqu'à deux fois supérieures à la teneur en sédiments benthiques.

H. atra a atteint sa teneur en MOT maximale (99 mg g⁻¹), ainsi que sa teneur en vase maximale (25,88 %), en février. Quand à *H. hawaiiensis*, elle a enregistré sa teneur moyenne en MOT la plus élevée (95,72 mg g⁻¹) en avril et sa moyenne la plus faible (42,90 mg g⁻¹) en août (tableaux 2 et 3).

La teneur en MOT dans le contenu de l'appareil digestif des individus appelait deux observations. D'une part, la teneur en MOT la plus élevée coïncidait avec la proportion de vase la plus haute. D'autre part, les teneurs moyennes en MOT les plus importantes ont été relevées non pas chez les individus de poids moyen, mais chez les individus lourds et légers. En d'autres termes, les individus lourds et les individus légers tendent à consommer plus de sédiments riches en matières

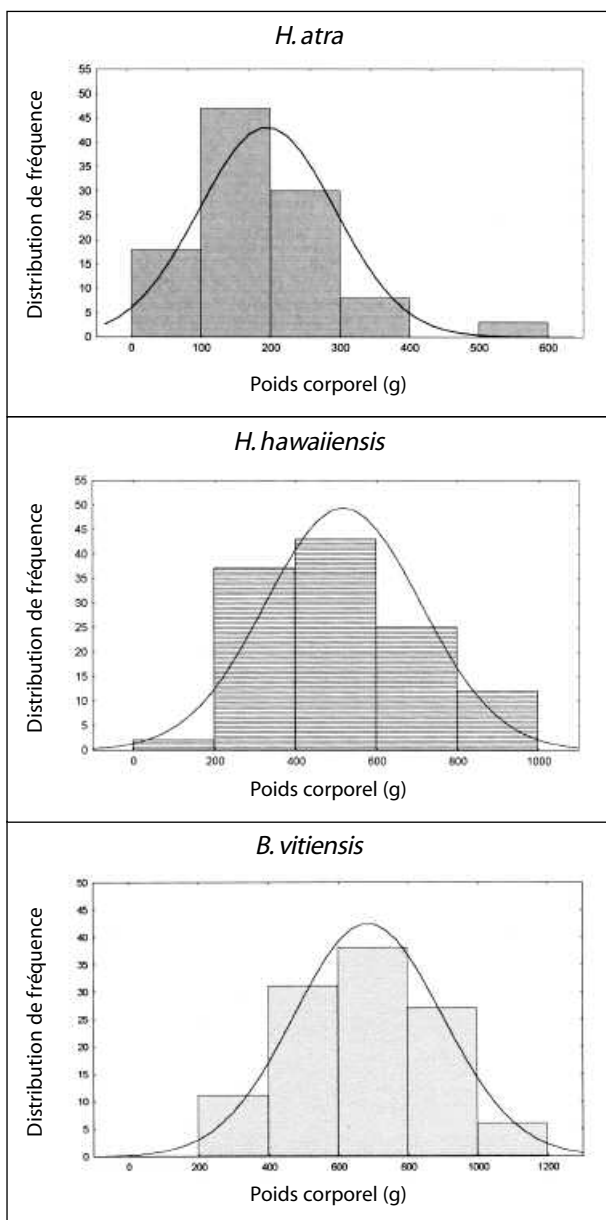


Figure 2. Distribution de fréquence de poids chez *H. atra*, *H. hawaiiensis* et *B. vitiensis*.

Tableau 3. Poids corporel, pourcentages de sédiments retrouvés dans l'appareil digestif des individus par rapport au poids total, masse de sédiments remaniée annuellement, et teneur en MOT (mg g⁻¹) pour *H. hawaiiensis*.

		Poids corporel (g)	Poids des sédim. (g)	Sédim. (%)	Masse remaniée (kg an ⁻¹)	Gravier (%)	Sable (%)	Vase (%)	TOM (mg g ⁻¹)
Printemps	Avr-03	573,50	21,24	3,58	16,90	15,34	82,11	2,55	95,72
	Mai-03	455,56	16,03	4,64	12,76	7,90	57,36	21,42	85,50
	Juin-03	510,00	43,67	8,68	34,75	21,37	77,43	1,20	51,55
	Moyenne	513,02	26,98	5,63	21,47	14,87	72,30	8,39	77,59
	SD	48,20	11,99	2,20	9,54	5,51	10,73	9,23	18,88
Été	Juil-03	739,00	11,20	1,50	8,92	5,92	91,80	2,27	51,95
	Août-03	508,00	56,95	11,11	45,32	24,98	74,42	0,60	42,90
	Sep-03	480,00	67,78	14,03	53,93	24,57	75,06	0,36	52,25
	Moyenne	575,67	45,31	8,88	36,05	18,49	80,43	1,08	49,03
	SD	116,06	24,52	5,35	19,51	8,89	8,05	0,85	4,34
Automne	Oct-03	720,50	65,10	9,02	51,80	3,53	89,73	6,74	85,30
	Nov-03	406,50	59,49	14,86	47,34	32,76	65,63	1,67	52,80
	Déc-03	379,50	68,97	18,51	54,88	38,86	60,12	1,01	78,90
	Moyenne	502,17	64,52	14,13	51,34	25,05	71,83	3,14	72,33
	SD	154,78	3,89	3,91	3,09	15,42	12,86	2,56	14,06
Hiver	Jan-04	323,00	47,42	14,94	37,73	26,78	72,19	1,02	63,00
	Fév-04	745,00	39,14	5,33	31,15	17,12	75,29	7,59	52,60
	Mar-04	346,50	50,01	14,91	39,79	14,66	78,53	6,82	50,60
	Moyenne	471,50	45,52	11,72	36,22	19,52	75,34	5,14	55,40
	SD	193,63	4,63	4,52	3,69	5,23	2,59	2,93	5,44

organiques que d'autres types de sédiments, alors que les individus de poids moyen pourraient bien absorber des particules de toutes tailles pour faire face à l'accroissement de leurs activités organogènes. En outre, les teneurs en MOT du contenu de l'appareil digestif des animaux étaient supérieures à celles des sédiments benthiques. Cela indique que *H. atra* et *H. hawaiiensis* absorbent sans doute le riche film biologique qui se trouve à la surface des fonds marins (les 5 mm supérieurs de la surface des sédiments).

Durant l'étude, certains individus ont été stockés dans des bassins d'eau à la Station de biologie marine d'Hurghada. Ces bassins étaient reliés à la mer et leurs sédiments étaient recouverts d'un important bio-film de matières organiques. Avec le temps, il semble que les holothuries se soient acclimatées à ce film organique, et l'eau de mer contenue dans les bassins semblait plus claire que l'eau des bassins ne contenant aucune holothurie. Cette observation montre que les holothuries peuvent, sans doute, se nourrir de sources organiques autres que les sédiments. Cependant, il se peut qu'elles aient besoin de sédiments, en particulier des particules grossières, pour exécuter d'autres fonctions.

Lorsque l'on examine le contenu de l'appareil digestif de *H. atra*, on remarque qu'il se compose principalement de sédiments grossiers, et ce, quelle que soit la saison. La catégorie des sédiments fins représentait 26,60 % du contenu en été, et 20,39 % en automne, contre seulement 7,10 % en hiver et 9,23 % au printemps. La catégorie des sédiments grossiers était présente de façon prédominante dans le contenu de l'appareil digestif de *H. hawaiiensis* tandis que les pourcentages de sédiments fins étaient constants tout au long de l'année. C'est en automne que le poids moyen de sédiments le plus élevé a été relevé dans l'appareil digestif de l'animal (64,52 g), la propor-

tion de sédiments et de gravier étant respectivement de 14,13 % et 25,05 %.

Bohadschia vitiensis

Le poids corporel moyen le plus élevé de l'ensemble de l'étude (863 g) a été relevé chez *B. vitiensis*. Cette moyenne maximale a été calculée en juin alors que la moyenne minimale (372,50 g) a été enregistrée en mars (tableau 4). Le poids du contenu de l'appareil digestif a oscillé entre 25,50 g en mars et 56,22 g en août. La proportion représentée par ce contenu par rapport au poids total a fluctué entre 3,33 % en juin et 7,23 % en mars. Le pourcentage moyen de gravier a atteint son maximum (23,83 %) en avril et son minimum (1,61 %) en novembre. Quant aux pourcentages de vase, ils ont varié de 0,09 % en mai à 43,06 % en février. Le poids du contenu de l'appareil digestif de *B. vitiensis* était supérieur à celui de *H. atra* et pratiquement égal à celui de *H. hawaiiensis*. La proportion de sédiments dans le contenu de l'appareil digestif augmentait progressivement à mesure que le poids corporel diminuait, ce qui indique que les individus relativement légers ingèrent proportionnellement bien plus de sédiments que les individus lourds. Les graviers constituaient l'élément principal relevé dans les sédiments de l'appareil digestif de l'animal, surtout dans le cas des individus légers. En d'autres termes, les individus de poids moyen et de poids élevé préféraient les petites particules riches en matières organiques aux particules grossières. Les pourcentages de vase et les teneurs en MOT viennent étayer cette découverte. Aux teneurs en MOT les plus élevées correspondaient les plus fortes teneurs en vase, généralement observées dans l'appareil digestif des individus lourds.

Le poids moyen le plus élevé (772,15 g) et le poids moyen maximal de sédiments présents dans l'appareil digestif

Tableau 4. Poids corporel, pourcentages de sédiments retrouvés dans l'appareil digestif des individus par rapport au poids total, masse de sédiments remaniée annuellement, et teneur en MOT (mg g⁻¹) pour *B. vitiensis*.

		Poids corporel (g)	Poids des sédim. (g)	Sédim. (%)	Masse remaniée (kg an ⁻¹)	Gravier (%)	Sable (%)	Vase (%)	TOM (mg g ⁻¹)
Printemps	Avr-03	496,90	25,49	5,29	20,28	23,83	75,54	0,63	72,60
	Mai-03	672,00	42,55	6,19	33,86	16,57	82,17	1,27	58,15
	Juin-03	863,00	29,25	3,33	23,27	5,69	91,14	3,17	73,20
	Moyenne	677,30	32,43	4,94	25,80	15,36	82,95	1,69	67,98
	SD	149,51	7,32	1,20	5,83	7,45	6,39	1,08	6,96
Été	Juil-03	782,50	37,90	4,97	30,15	4,81	83,82	11,37	58,31
	Août-03	854,44	56,22	6,64	44,73	14,41	83,22	2,37	67,61
	Sep-03	679,50	43,66	6,53	34,74	6,06	86,47	7,48	42,85
	Moyenne	772,15	45,93	6,05	36,54	8,42	84,51	7,07	56,26
	SD	71,79	7,65	0,77	6,09	4,26	1,41	3,69	10,21
Automne	Oct-03	691,88	42,28	6,78	33,64	2,12	87,71	10,17	68,94
	Nov-03	742,00	38,69	5,25	30,79	1,61	84,91	13,47	53,60
	Déc-03	704,00	43,73	6,30	34,80	5,04	81,47	13,50	57,30
	Moyenne	712,63	41,57	6,11	33,07	2,92	84,70	12,38	59,95
	SD	21,35	2,12	0,64	1,68	1,51	2,55	1,56	6,54
Hiver	Jan-04	697,00	38,49	5,53	30,62	5,66	81,04	13,30	58,00
	Fév-04	628,50	39,14	6,13	31,15	5,32	68,57	26,10	49,00
	Mar-04	372,50	25,50	7,23	20,29	11,47	75,32	13,21	55,13
	Moyenne	566,00	34,38	6,30	27,35	7,48	74,98	17,54	54,04
	SD	139,65	6,28	0,70	5,00	2,82	5,10	6,06	3,75

de l'animal (45,93 g) ont été relevés en été. La proportion moyenne maximale de sédiments retrouvés dans l'appareil digestif par rapport au poids total (6,30 %) et la plus forte proportion moyenne de vase (17,54 %) ont été relevées en hiver (tableau 4).

Comportement alimentaire

Les trois espèces d'holothuries ont consommé de grandes quantités de sédiments benthiques. Cependant, elles ne dépendaient pas entièrement de cette source d'alimentation. Les teneurs en MOT relevées dans l'appareil digestif des animaux et dans les sédiments des sites montrent que le contenu de l'appareil digestif des holothuries est bien plus riche en matières organiques que l'environnement avoisinant et que les holothuries ingèrent des matériaux particuliers extraits de la colonne d'eau, en balayant le bio-film organique qui se trouve dans les cinq premiers millimètres de sédiments (comme indiqué par Moriarty en 1982).

Le poids moyen le plus élevé et le pourcentage moyen de sédiments le plus faible chez *H. atra* ont été calculés au printemps. C'est à cette époque de l'année que la plupart des individus sont au stade qui précède la maturation et se préparent à la période de reproduction qui a lieu en juin et en juillet. Les poids moyens de sédiments les plus élevés ont été enregistrés en été, lorsque les individus ont besoin des sédiments pour se contracter et expulser leurs gamètes. En automne, *H. hawaiiensis* ingère davantage de sédiments que durant le reste de l'année afin de permettre la croissance de ses organes sexuels et l'expulsion des gamètes. Les faibles niveaux de poids moyens en hiver indiquent que les animaux souffrent d'une pénurie d'aliments et/ou en sont aux premiers stades de leur développement (figure 5).

Les variations saisonnières du poids corporel de *B. vitiensis* étaient relativement maigres. La saison de reproduction a débuté en mai et s'est poursuivie en juin, juillet et août. Les périodes de maturation, de ponte et de post-ponte se situent à la fin du printemps et au début de l'été. La teneur moyenne en MOT était la plus élevée au printemps, lorsque les individus ont besoin de plus d'énergie pour la maturation et la ponte.

Comportement alimentaire sélectif des holothuries dépositivores

On entend par sélectivité des holothuries vis-à-vis des particules le fait que les individus sélectionnent certaines tailles de grains ou les particules les plus riches en matières organiques au sein d'une formation sédimentaire donnée ou d'un micro-habitat donné. Quant à la sélectivité vis-à-vis des formations sédimentaires, elle décrit le fait qu'un organisme mobile choisit de puiser ses aliments dans les formations sédimentaires qu'il préfère au sein d'un environnement hétérogène (Uthicke et Karez, 1999). D'après Trefz (1958), les holothuries sont capables de sélectionner les sédiments les plus riches en matières organiques. Il se peut que la diversité dans la structure des tentacules et dans le mode d'alimentation des holothuries permette une certaine sélectivité, mais les études axées sur les holothuries vivant en eaux profondes n'ont permis d'établir aucune corrélation entre la structure des tentacules et le contenu de l'appareil digestif de l'animal (Wigham et al., 2003).

D'après Yingst (1976), la sélection des tailles de grains par les holothuries est en général peu fréquente. Uthicke et Karez (1999) ont conclu dans leurs études que *H. atra* et *H. edulis* n'affichaient de préférence pour aucun type d'aliments, mais que *S. chloronotus* optait, d'une façon significative, pour les sédiments contenant les plus fortes

teneurs en micro-algues. Miller et al. (2000) ont montré que les dépositivores de surface opèrent, pour s'alimenter, une très forte sélection entre les particules déposées sur les fonds marins. *Stichopus tremolus* se nourrit principalement de particules grossières (Hauksøn, 1979), et *H. scabra* tend à ingérer les plus grosses particules au détriment des plus fines fractions (Basker, 1994). Il se peut que l'espèce *S. japonicus* sélectionne aussi les sédiments qu'elle absorbe étant donné que les matières fécales qu'elle expulse contiennent davantage de matières organiques que les sédiments benthiques dont elle se nourrit (Michio et al., 2003). Dar (2004) a fait état d'habitudes alimentaires très sélectives chez certaines espèces d'holothuries présentes dans la mer Rouge: *H. atra*, *B. marmorata* et *H. leucospilota* fouillent bien plus les sédiments grossiers à la recherche de nourriture qu'elles ne le font dans les sédiments à grains moyens ou dans les sédiments fins.

Les individus de poids moyen sélectionnaient leurs aliments avec le plus d'efficacité. La plupart d'entre eux en étaient au stade précédant la maturation alors que les individus de poids moyen à élevé et les individus de poids élevé avaient atteint l'âge adulte. Les animaux adultes tendaient à ingérer des sédiments plus fins qui satisfont leurs besoins pendant la croissance, la maturation des gamètes et la ponte, alors que les animaux au stade précédant la maturation avaient tendance à consommer des sédiments plus grossiers.

Les auteurs estiment que la présence de particules grossières dans l'appareil digestif des individus peut les aider à exécuter des fonctions essentielles telles que les fonctions suivantes: 1) la contraction permettant à l'animal d'effectuer des déplacements verticaux d'une profondeur à l'autre ainsi que des mouvements horizontaux (dans de nombreux endroits, de longs filaments formés par les boulettes fécales rejetées par l'animal ont été observés le long de sa trajectoire) d'un site pauvre en aliments vers des sites riches en matières organiques, ainsi que de sites caractérisés par une température éle-

vée vers des sites plus froids; 2) la digestion; 3) l'expulsion des tubes de Cuvier de *B. vitiensis* (lorsqu'elle se sent menacée); 4) fonction la plus importante, l'expulsion des gamètes durant la reproduction.

L'alimentation sélective des holothuries à travers les saisons a été examinée dans le cadre de cette étude (figure 3). Les individus choisissaient tour à tour des sédiments grossiers et des sédiments fins au cours des différentes saisons en fonction de leurs besoins organogènes et de la disponibilité des aliments. La teneur relativement élevée de sédiments fins et particulaires dans le contenu de l'appareil digestif des holothuries en été montre que l'animal a besoin d'ingérer des quantités suffisantes de sédiments pour exécuter certaines fonctions biologiques (figure 3). On considère que *H. hawaiiensis* est une grande consommatrice de sédiments grossiers.

Il existe des différences nettes entre les mécanismes d'alimentation des holothuries en fonction des différentes saisons, correspondant aux différents stades de développement de l'animal (stade immature, stade avant la maturation et stade de maturation).

Rôle écologique des holothuries dans le remaniement sédimentaire

Les holothuries jouent un rôle très important dans les populations benthiques, car elles modifient de façon significative la composition des sédiments qui couvrent les fonds marins. Sur les platiers découverts à marée basse et les zones côtières abritées, les algues mortes et les résidus organiques d'autres espèces benthiques engendrent souvent l'apparition de conditions anaérobies. Cela s'explique par le fait qu'au fil du temps, les sédiments s'enrichissent en matières organiques qui, en se décomposant, provoquent une hypoxie (Michio et al., 2003). Acteurs actifs du remaniement sédimentaire, les holothuries altèrent la stabilité des fonds (Rhoads et Young, 1971) en réduisant les concentrations en sulfures

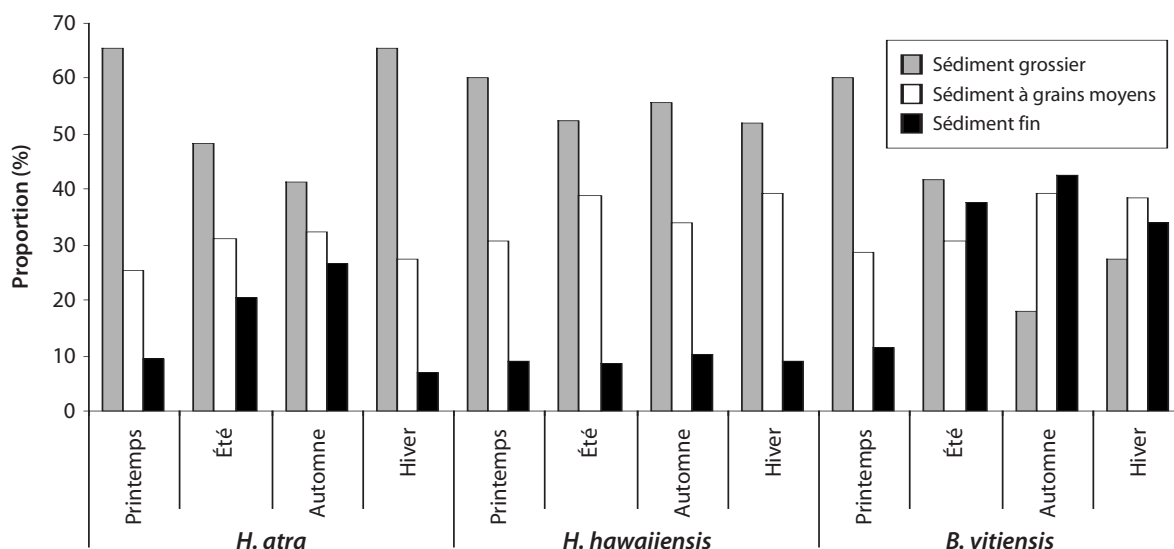


Figure 3. Pourcentage des trois catégories de taille de sédiments dans le contenu de l'appareil digestif de *H. atra*, *H. hawaiiensis* et *B. vitiensis*.

volatiles et en augmentant le potentiel d'oxydo-réduction. Les holothuries jouent également un rôle important dans le recyclage des nutriments inorganiques et font ainsi partie intégrante du cycle fermé des nutriments (Uthicke et Karez, 1999). Les boulettes fécales de *H. mexicana* et de *Isostichopus dadionotus* ont une influence sur le cycle des nutriments: les matières organiques provenant des boulettes fécales en décomposition peuvent être remises en suspension sous l'action des vagues, des courants et du biote et ainsi contribuer au remplacement des nutriments dissouts par des matières particulaires (Conde et al., 1991). Lorsque des populations très denses de *H. arenicola* sont présentes dans des lagons peu profonds, le volume remanié peut atteindre, en moins d'un mois, les trois centimètres supérieurs des sédiments (Powell, 1977). Si les populations de *H. atra* et de *Stichopus chlorontus* sont suffisamment denses, elles peuvent retravailler les cinq premiers centimètres des sédiments des platiers au moins une fois par an (Uthicke, 1999). Pawson (1966) a expliqué dans ses travaux que dans une petite baie (1,7 km²) enclavée des Bermudes, les espèces *Stichopus* faisaient passer entre 500 et 1000 t de substrat dans leur intestin chaque année. Coulon et Jangoux (1993) ont écrit que *H. tubulosa* n'ingère que les premiers millimètres des sédiments. Kaufmann et Smith (1997) ont estimé que sept espèces d'holothuries présentes dans le Pacifique Nord-est remanient plus de 100 % de la surface des sédiments en environ 400 jours.

H. atra pourrait bien ingérer jusqu'à 40 g de sédiments par jour, contenant entre 80 et 216 mg de matières organiques et il faut environ onze heures pour que les sédiments soient assimilés et expulsés par un spécimen de 25 cm de long (Trefz, 1958). D'après les travaux de Klinger et al. (1993), la consommation totale de sédiments par *H. atra* et *H. leucospilota* dans le lagon et le platier de Horn Island était respectivement de 3,93 et de 12,76 g par mètre carré et par jour. Uthicke (1999) a démontré que les individus *H. atra* de taille moyenne (125–129 g) consomment quelque 67 g par jour de sédiments (poids sec). Selon Rhoads et Young (1971), *Molpadia oolitica* sélectionne, pour se nourrir, les sédiments à particules fines et engendre un classement granulométrique vertical des sédiments, des interactions eau-sédiments superficiels ainsi

que la formation de la topographie des fonds marins. Dar (2004) a indiqué que les holothuries consomment des grandes quantités de sédiments de surface tout au long de chaque période d'alimentation: la masse annuelle de sédiments remaniés par chaque individu de *B. marmorata*, de *H. atra* et de *H. leucospilota* a été estimée à 45,78 kg an⁻¹, 28,72 kg an⁻¹ et 21,23 kg an⁻¹ respectivement.

Le remaniement des sédiments par les holothuries s'est révélé le plus efficace en juillet (46,36 kg an⁻¹ par individu) et en été (27,77 kg an⁻¹ par individu) dans le cas de *H. atra*; en décembre (54,88 kg an⁻¹ par individu) et en automne (51,34 kg an⁻¹ par individu) dans le cas de *H. hawaiiensis*; et en août (44,73 kg an⁻¹ par individu) et en été (36,71 kg an⁻¹ par individu) dans le cas de *B. vitiensis*. Il a été observé que les opérations de remaniement les plus intenses ont lieu de la fin du printemps ou début de l'automne (figure 4). Cette période couvre les trois principaux stades de la reproduction des holothuries: la maturation, la ponte et la post-ponte. Cela montre que les opérations efficaces de remaniement s'intensifient durant les périodes de maturation et de reproduction comme l'indiquent les figures 5, 6 et 7 et Wiedemeyer (1992), qui a écrit que le poids sec des sédiments remaniés quotidiennement représentait 46,5 % et 45,2 % du poids corporel égoutté de *H. atra* respectivement durant les périodes de ponte et de post-ponte.

Conclusion

Holothuria atra, *Holothuria hawaiiensis* et *Bohadschia vitiensis* sont présentes dans les eaux peu profondes et les habitats intertidaux de la mer Rouge. Ces espèces se distinguent par un comportement alimentaire sélectif. Les sédiments retrouvés à l'intérieur de l'appareil digestif des animaux varient grandement en fonction des saisons, du poids de l'animal, des conditions locales et de l'état de maturation de l'individu. Proportionnellement, les individus de poids moyen peuvent absorber des quantités plus importantes de sédiments que les individus légers et lourds.

Les individus légers et les individus lourds tendent à consommer davantage de sédiments riches en matières organiques que d'autres types de sédiments, alors que

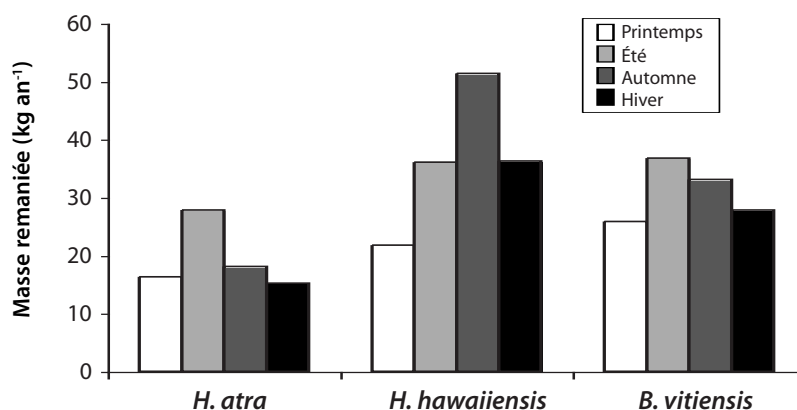


Figure 4. Masse de sédiments remaniée par an par les trois espèces d'holothuries étudiées en fonction des saisons.

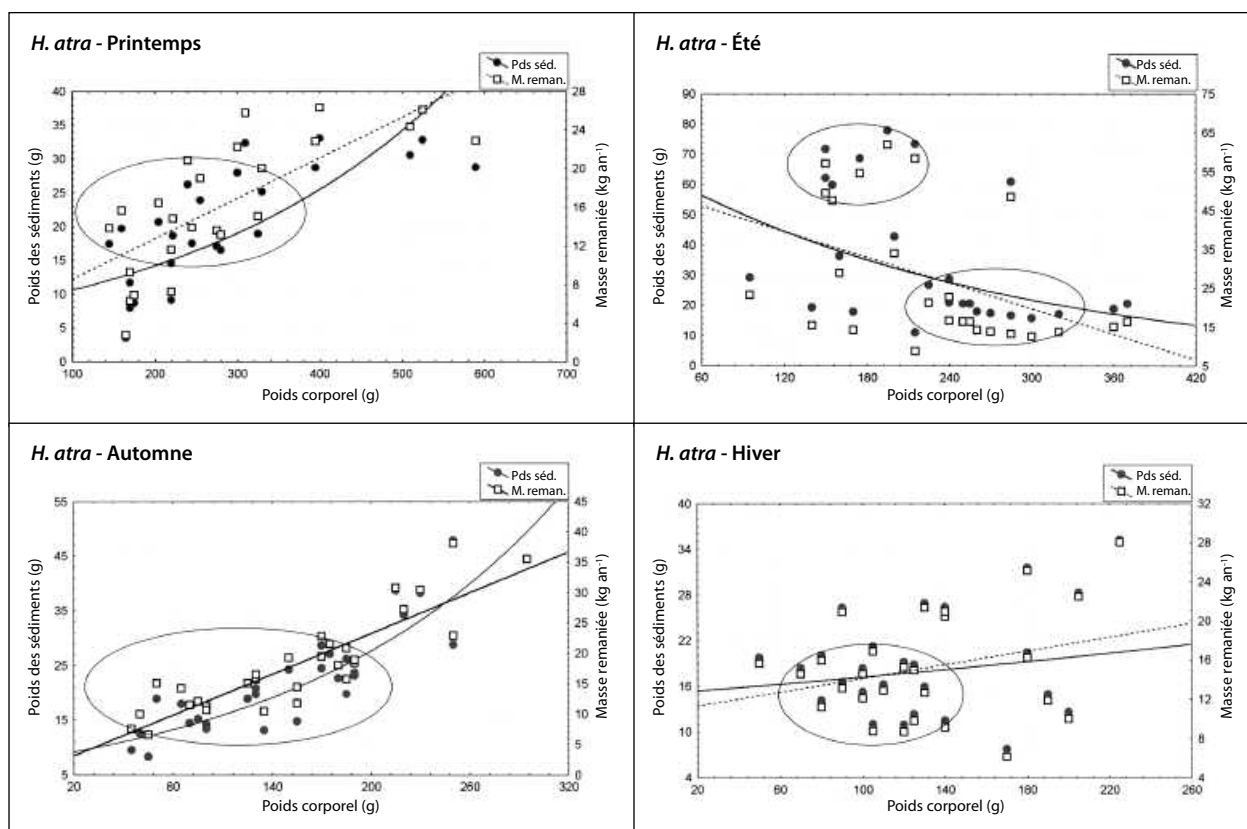


Figure 5. Rapport entre le poids corporel de *H. atra*, le poids des sédiments et la masse de sédiments remaniée par *H. atra* durant les différentes saisons.

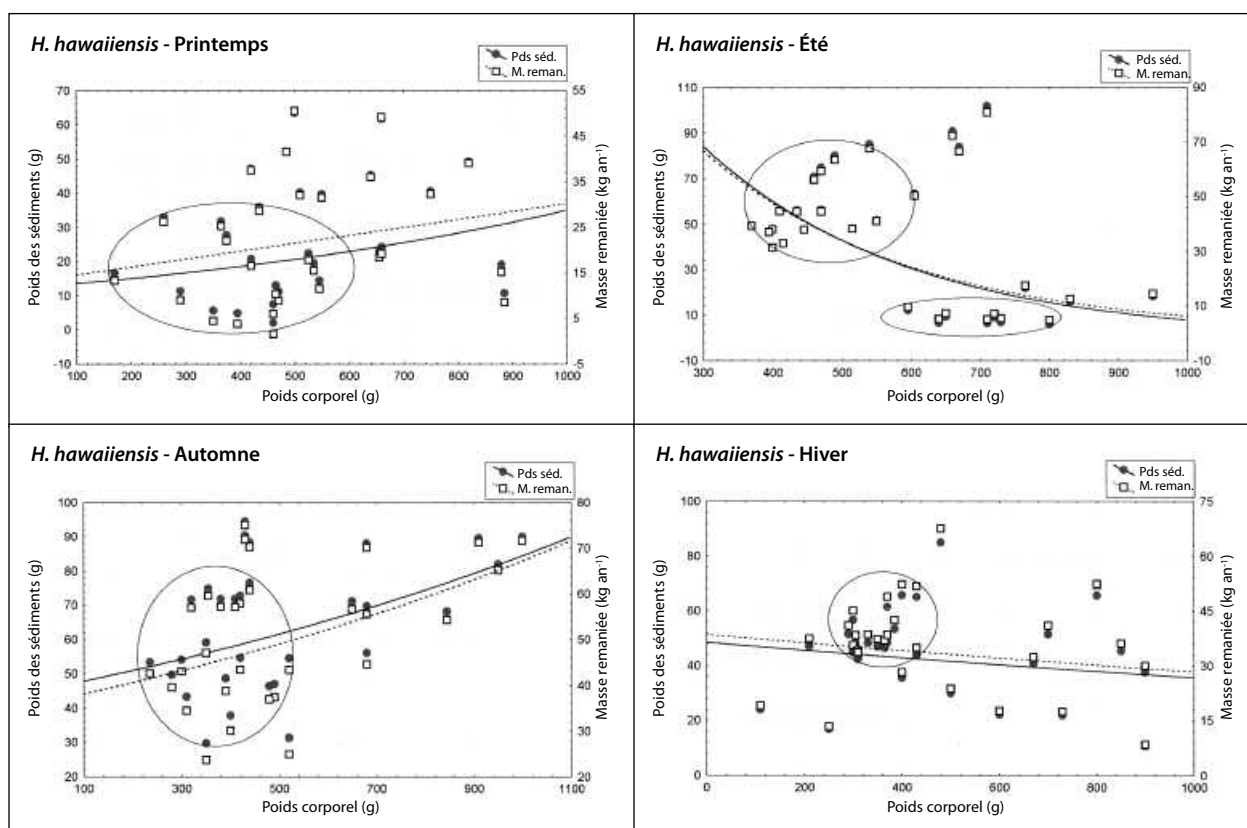


Figure 6. Rapport entre le poids corporel de *H. hawaiiensis*, le poids des sédiments et la masse de sédiments remaniée par *H. hawaiiensis* durant les différentes saisons.

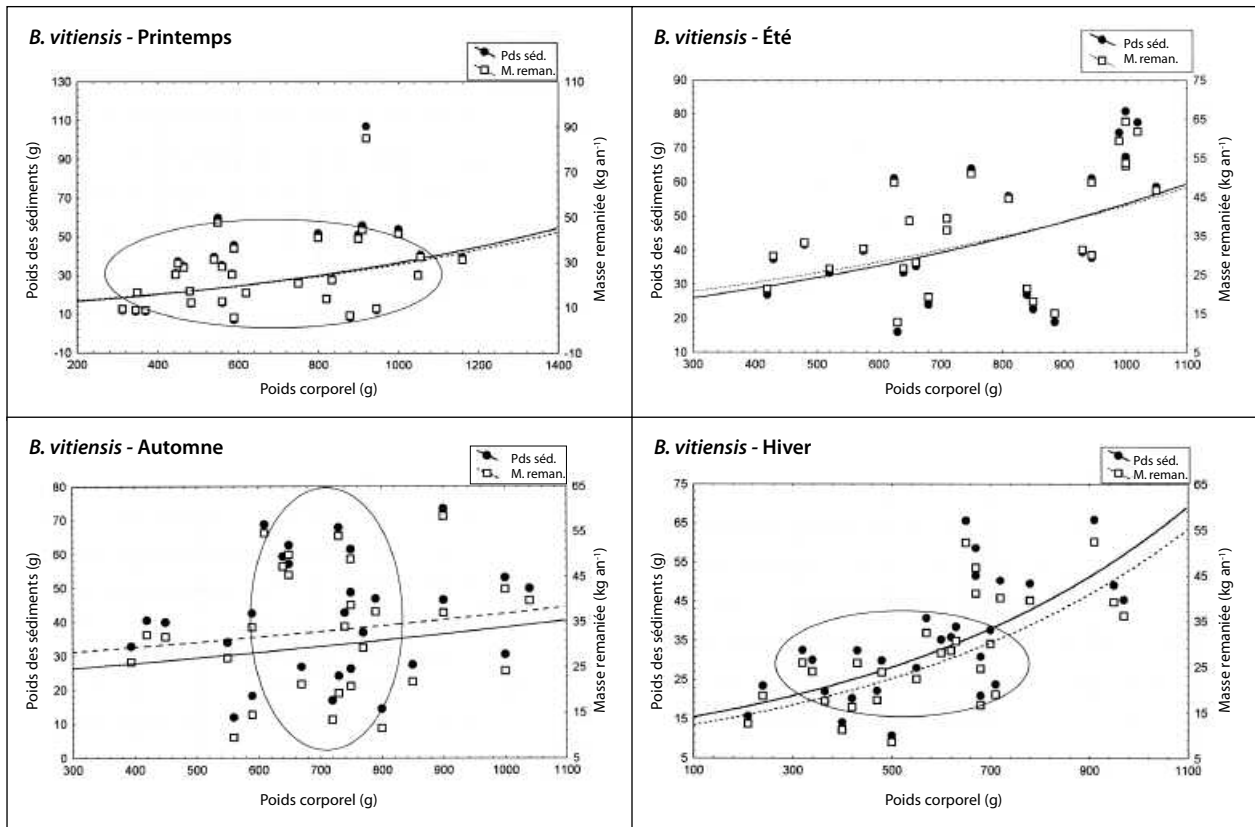


Figure 7. Rapport entre le poids corporel de *B. vitiensis*, le poids des sédiments et la masse de sédiments remaniée par *B. vitiensis* durant les différentes saisons.

les individus de poids moyen absorbent des particules de toutes tailles afin de trouver les éléments nécessaires à leurs activités organogènes. Il se peut que les sédiments grossiers soient non seulement une source d'alimentation, mais aussi un élément indispensable à certaines fonctions biologiques de l'animal, notamment au processus de contraction/motion qui régule la dynamique des dépositivores, contribue à la digestion et facilite la ponte.

Le comportement alimentaire sélectif des holothuries à travers les différentes saisons a montré que, si le contenu de l'appareil digestif des individus se compose principalement de sédiments grossiers quelle que soit la saison, la proportion de sédiments grossiers et de sédiments fins est variable. En effet, les individus choisissent de consommer l'une ou l'autre catégorie de sédiments durant les différentes saisons en fonction de leurs besoins organogènes et de la disponibilité des aliments. Le comportement alimentaire et le mécanisme d'alimentation des holothuries au cours des différentes saisons sont liés au stade de maturation sexuel de l'animal.

Le remaniement des sédiments s'intensifie à mesure que la quantité de sédiments ingérés par les holothuries augmente. La masse de sédiments remaniés dépend du nombre d'holothuries présentes, de leur taille et de leur stade de maturation sexuelle, ainsi que de la disponibilité des aliments et des conditions locales. Le remaniement intensif des sédiments par *H. atra*, *H. hawaiiensis* et *B. vitiensis* a débuté à la fin du printemps et s'est poursuivi jusqu'à la fin de l'automne.

Remerciements

Les auteurs tiennent à adresser leurs sincères remerciements et à témoigner leur reconnaissance au professeur Chantal Conand, de l'Université de La Réunion, pour ses conseils et sa révision du présent article.

Bibliographie

- Baskar B.K. 1994. Some observations on the biology of the holothurian *Holothuria scabra*. Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute 46:39-43.
- Brenner M. and Binford M.W. 1988. Relationships between concentrations of sedimentary variables and trophic state in Florida Lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45:294-300.
- Conde E.C., Diaz H. and Sambrano A. 1991. Disintegration of holothurian fecal pellets in beds of the seagrass *Thalassia testudinum*. Journal of Coastal Research 7(3):853-862.
- Coulon P. and Jangoux M. 1993. Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed of Ischia Island, Italy. Marine Ecology Progress Series 92:201-204.
- Dar M.A. 2004. Holothurians role in the marine sediments reworking processes. Sedimentology of Egypt 12:173-183.

- Folk R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. University of Texas: Hemphill Publishing Co. 182 p.
- Hamel J.F. and Mercier A. 1998. Diet and feeding behavior of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* in the St. Lawrence estuary, eastern Canada. Canadian Journal of Zoology 76:1194–1198.
- Hammond L.S. 1982. Patterns of feeding activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. Bulletin of Marine Science 32(2):549–571.
- Hauksøn E. 1979. Feeding biology of *Stichopus tremolus* a deposit feeding holothurian. Sarsia 64:155–159.
- Hudson I.A., Wigham B.D., Billett D.S. and Tyler P.A. 2003. Seasonality and selectivity in the feeding ecology and reproductive biology of deep-sea bathyal holothurians. Progress in Oceanography 59:381–407.
- Jumars P.A. and Self R.F. 1986. Gut-marker and gut-fullness methods for estimating field and laboratory effects of sediment transport on ingestion rates of deposit-feeders. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 98(3):293–310.
- Kaufmann R.S. and Smith K.L. 1997. Activity patterns of mobile epibenthic megafauna at an abyssal site in the eastern North Pacific: results from a 17-month time-lapse photographic study. Deep-Sea Research I, 44:559–579.
- Klinger T.S., Johnson C.R. and Jell J. 1993. Sediment utilization, niche breadth and niche overlap of Aspidochirotida (Holothuroidea: Echinodermata) in the lagoon and reef flat of Heron Island, Great Barrier Reef. The 8th Echinoderm International Conference, 6–10 September, Dijon, France.
- Massin C. 1982. Effects of feeding on the environment: Holothuroidea. p. 493–497. In: Jangoux M. and Lawrence J.M. (eds). Echinoderm nutrition. Rotterdam: A.A. Balkema.
- Michio K., Kengo K., Yasunori K., Hitoshi M., Takayuki Y., Hideaki Y. and Hiroshi S. 2003. Effects of deposit feeder *Stichopus japonicus* on algal bloom and organic matter contents of bottom sediments of the enclosed sea. Marine Pollution Bulletin 47:118–125.
- Miller R.J., Smith C.R., DeMaster D.J. and Fornes W.L. 2000. Feeding selectivity and rapid particle processing by deep-sea megafaunal deposit feeders: A ²³⁴Th tracer approach. Journal of Marine Research 58:653–673.
- Moriarty D.J. 1982. Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. Australian Journal of Marine and Freshwater Resources 33:255–263.
- Pawson D.L. 1966. Ecology of holothurians. p. 63–71. In: Boolootian R.A. (ed.). Physiology of echinodermata. New York: John Wiley & Sons.
- Powel E.N. 1977. Particle size selection and sediment reworking in funnel feeder, *Leptosynapta tenuis* (Holothuroidea, Synaptidae). Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie 62:385–408.
- Rhoads D.C. and Young D.K. (1971). Animal sediment relations in Cap Cod Bay, Massachusetts. II. Reworking by *Molpadia oolitica* (Holothuroidea). Marine Biology 11:255–261.
- Roberts D., Moore H.M., Berges J., Patching J.W., Carton M.W. and Eardly D.F. 2001. Sediment distribution, hydrolytic enzyme profiles and bacterial activities in the guts of *Oneirophanta mutabilis*, *Psychropotes longicauda* and *Pseudostichopus villosus*: What do they tell us about digestive strategies of abyssal holothurians? Progress in Oceanography, 50(1–4), 443–458.
- Trefz S.M. 1958. The physiology of digestion of *H. atra* Jager with special reference to its role in the ecology of coral reefs. Ph.D. Thesis. University of Hawaii.
- Uthicke S. 1999. Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria (Holodeima) atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians at Lizard Island, Great Barrier Reef. Bulletin of Marine Science 64:129–141.
- Uthicke S. and Karez R. 1999. Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothuroidea: Aspidochirotida) analyzed with multiple choice experiments. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 236(1):69–87.
- Wiedemeyer W.L. 1992. Feeding behaviour of two tropical holothurians, *Holothuria scabra* and *H. atra* from Okinawa, Japan. Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium. Guam, vol. 2.
- Wigham B.D., Hudson I.R., Billett D.S.M. and Wolff G.A. 2003. Is long-term change in the abyssal Northeast Atlantic driven by qualitative changes in export flux? Evidence from selective feeding in deep-sea holothurians. Progress in Oceanography 59: 409–441.
- Yingst J.Y. 1976. The utilization of organic matter in shallow marine sediments by an epibenthic deposit-feeding holothurian. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 23:55–69.

Cycle de reproduction de *Stichopus herrmanni* – Île de Kish (Iran)

Akram Tehranifard¹, Shahrbanoo Uryan, Gholamhossein Vosoghi,
Seid Mohamadreza Fatemy et Alireza Nikoyan

Résumé

Cette étude porte sur la biologie de la reproduction de *Stichopus herrmanni*. La morphologie de la gonade de *Stichopus herrmanni* de l'Île de Kish (Iran) est semblable à celle d'autres populations. Sa couleur n'est pas un indicateur fiable du sexe de l'holothurie, sauf à maturité. La gamétogenèse débute à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à l'été. Le stade d'activité coïncide avec l'augmentation de la photopériode et de la température. Une très faible activité de ponte a été constatée hors saison alors qu'un pic incontestable a été observé en été. La longueur moyenne du corps à la première maturité est de 310 mm et le diamètre moyen des ovocytes matures est de 200 µm. Les fécondités relatives et absolues se situent aux alentours de 8×10^3 ovocytes.

Introduction

Plusieurs études ont été menées sur la biologie de la reproduction des différentes espèces du genre *Stichopus*: *Stichopus tremulus* (Jespersen 1971), *Stichopus variegatus* (= *herrmanni*) (Conand 1993a), *Stichopus japonicus* et *Stichopus chloronotus* (Uthicke 1997; Conand et al. 2002). Toutefois, aucun travail n'a été publié sur la biologie de la reproduction des holothuries d'Iran. Ce document fournit des informations détaillées sur certains aspects de la reproduction sexuée de l'holothurie *Stichopus herrmanni* de l'Île de Kish (Iran), dans le golfe Persique. Les résultats de cette étude de 16 mois sont basés sur l'examen histologique de gonades disséquées et de frottis.

Matériel et méthodes

Site de prélèvement

L'Île de Kish est située entre 26°29' et 26°35'N et 53°53' et 54°4'E, à quelque 18 km au sud des côtes iraniennes. Cette île corallienne de 90 km² — avec ses récifs frangeants — est non seulement l'un des plus grands sites récréatifs du littoral, mais également une zone franche. L'environnement marin est dès lors soumis à une forte pression qui a entraîné la destruction et la disparition de nombreux coraux et communautés coralliennes au cours des dix dernières années. Aujourd'hui, seuls subsistent quelques récifs coralliens épars situés sur la côte Est de l'île, où se déroulent la plupart des activités récréatives. C'est également à cet endroit que des plongeurs locaux, équipés de scaphandres autonomes, ont prélevé, sur une période de 16 mois, la majeure partie des échantillons. Un total de 220 spécimens de *Stichopus herrmanni* a été

récolté à différentes profondeurs, principalement sur la côte Est où les récifs sont plus denses et abritent la majeure partie des holothuries (figure 1).

Examen macroscopique

La longueur totale (TL), le poids frais du tégument (BW) et le poids frais des gonades (GW) ont été mesurés en laboratoire, et les gonades fixées à la formaline à 10 %. Le poids éviscéré (We) a également été enregistré. Les distributions de fréquence et les relations biométriques ont été déterminées. Pour chaque spécimen, des données ont été consignées sur le développement gonadique, le sexe et la couleur des tubules gonadiques. Le développement gonadique a été évalué en prélevant un fragment des tubules gonadiques à l'aide d'une pipette en verre asep-

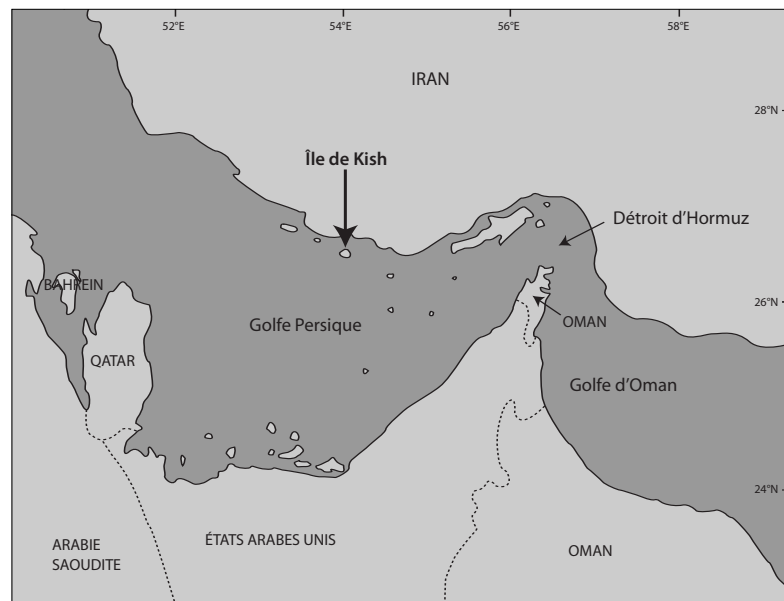


Figure 1. L'île de Kish, dans le golfe Persique

1. Department of Marine Biology, Science and Research Campus, Islamic Azad University, Téhéran, Iran.
Courriel: a_tehranifard2000@yahoo.co.uk

tique et en l'étalant sur une lame par frottis. Ces prélèvements ont été examinés à l'aide d'un microscope composé Zeiss à des grossissements $\times 400$ et $\times 1\,600$. Cinq stades ont pu être établis: 1^{er} stade – immaturité; 2^e stade – croissance; 3^e stade – croissance avancée; 4^e stade – maturité et ponte; et 5^e stade – post-ponte. Un rapport gonado-somatique ($GI = GW \times 100/BW$) a été calculé chaque mois pour les mâles et femelles. La fécondité a été mesurée sur des ovaires arrivés à maturité au 4^e stade. Un fragment des tubules gonadiques a été extrait, pesé et fixé dans du liquide de Gilson — 100 mL d'alcool à 60 % + 880 mL d'eau distillée + 15 mL d'acide nitrique à 80 % + 20 mL d'acide acétique (Hgcl) — pendant quatre heures (Conand 1990). Il a ensuite été immergé dans une solution saturée d'EDTA disodique, qui a été mélangée à l'aide d'un agitateur magnétique et filtrée avec un crible pour isoler les ovocytes qui ont ensuite été comptés. La fécondité absolue (Fa) a été calculée selon la formule $FA = n (GW/g)$. La fécondité relative a été également calculée selon la formule $Fr = Fa/Dw$ (Conand 1990).

Examen histologique des gonades

Les gonades de *Stichopodidae* sont caractérisées par deux touffes de tubules, situées de part et d'autre du mésentère, sur lesquelles se développent des saccules (Conand 1993b). Les gonades ont été immergées quatre semaines dans du liquide fixateur de Bouin, puis déshydratées à l'aide de différentes solutions à base d'alcool à 30, 50 et 70 %, en respectant un intervalle de deux heures entre le changement des solutions. Les échantillons ont alors été conservés dans de l'alcool à 70 %. Pour éviter tout épanchement du contenu des tubules pendant la fixation, celles-ci ont été coupées bien au-delà du segment prévu pour le sectionnement (Hamel et Mercier 1996). Pour chaque spécimen, six sections de 5 μm ont été prélevées sur les tubules. Les lames ont été colorées à l'hématoxyline-éosine.

Facteurs environnementaux

Les mesures continues de la température sur le site de prélèvement ont été réalisées tout au long de l'étude et les températures mensuelles moyennes ont été calculées. Les données relatives à la durée de la photopériode ont été obtenues à l'aéroport de Kish (figures 5C et D).

Résultats

Biométrie

Les distributions de fréquence – longueur totale, poids total, poids ouvert et poids éviscéré – ont été calculées à partir des échantillonnages mensuels illustrés sur la figure 2.

Morphologie gonadique

Les gonades de *Stichopus herrmanni* sont constituées de deux touffes de tubules sur lesquelles se développent des saccules. Les tubules se combinent pour former un seul gonoduc qui débouche sur un gonopore situé entre les podias buccaux. Le nombre de tubules est plus important chez les mâles (test z , $p > 0,01$).

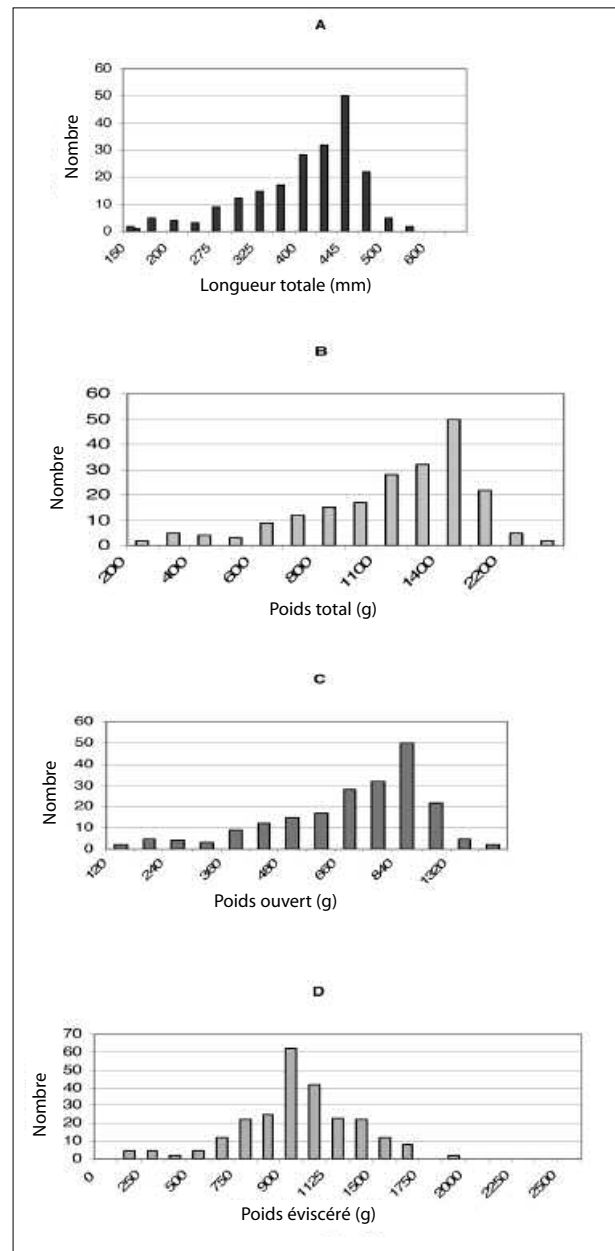


Figure 2. Biométrie de *Stichopus herrmanni*.
(a) longueur totale, (b) poids total,
(c) poids ouvert, et (d) poids éviscéré.

Spermatogenèse

La figure 3 illustre les stades de la spermatogenèse sur la base de données histologiques issues de préparations mensuelles s'étendant sur une période de 16 mois:

- 1^{er} stade (immature) (figure 3A): la paroi du tubule est épaisse et contient de petites quantités de spermatozoïdes.

- 2^e stade (croissance) (figure 3B): l'épaisseur de la paroi du tubule gonadique commence à diminuer et les spermatogonies sont abondantes le long de l'épithélium germinale. Le lumen des tubules contient une couche de spermatozoïdes.
- 3^e stade (croissance avancée) (figure 3C): la paroi du tubule est plus mince et le lumen est rempli de spermatozoïdes.
- 4^e stade (maturité et ponte) (figure 3D): les tubules sont étirés et complètement remplis de spermatozoïdes; les premiers stades de la spermatogenèse sont passés.
- 5^e stade (post-ponte) (figure 3E): dans les segments sectionnés, nous avons observé une zone vide sur toute la longueur des tubules.

La chromatine du noyau cellulaire est sombre dans les spermatogonies qui ne sont pas en contact avec la paroi du tubule. Il est possible de distinguer clairement les spermatocytes primaires et les spermatocytes secondaires, car la croissance nucléaire et cytoplasmique des spermatocytes primaires donnent un noyau plus foncé et indiquent une prophase de méiose dans les spermatocytes secondaires.

Ovogenèse

La figure 4 illustre le développement des gamètes femelles de *Stichopus herrmanni*.

- 1^{er} stade (immature) (figure 4A): La paroi du tubule gonadique est très épaisse. L'épithélium germinale comprend de petits ovocytes.
- 2^e stade (croissance) (figure 4B): La paroi du tubule reste très épaisse. De nombreux petits ovocytes et quelques ovocytes prévitellogéniques sont présents.
- 3^e stade (croissance avancée) (figure 4C): La paroi des tubules est plus fine et leur diamètre plus important. Le lumen des tubules contient deux grands ovocytes prévitellogéniques et vitellogéniques.
- 4^e stade (maturité et ponte) (figure 4D): La paroi des tubules est mince et remplie d'ovocytes arrivés à maturité. Chaque ovocyte contient une vésicule germinale. Aucun ovocyte immature n'est observé.
- 5^e stade (post-ponte) (figure 4E): La paroi des tubules gonadiques est mince. Certains ovocytes résiduels sont présents tout comme certaines zones vides.

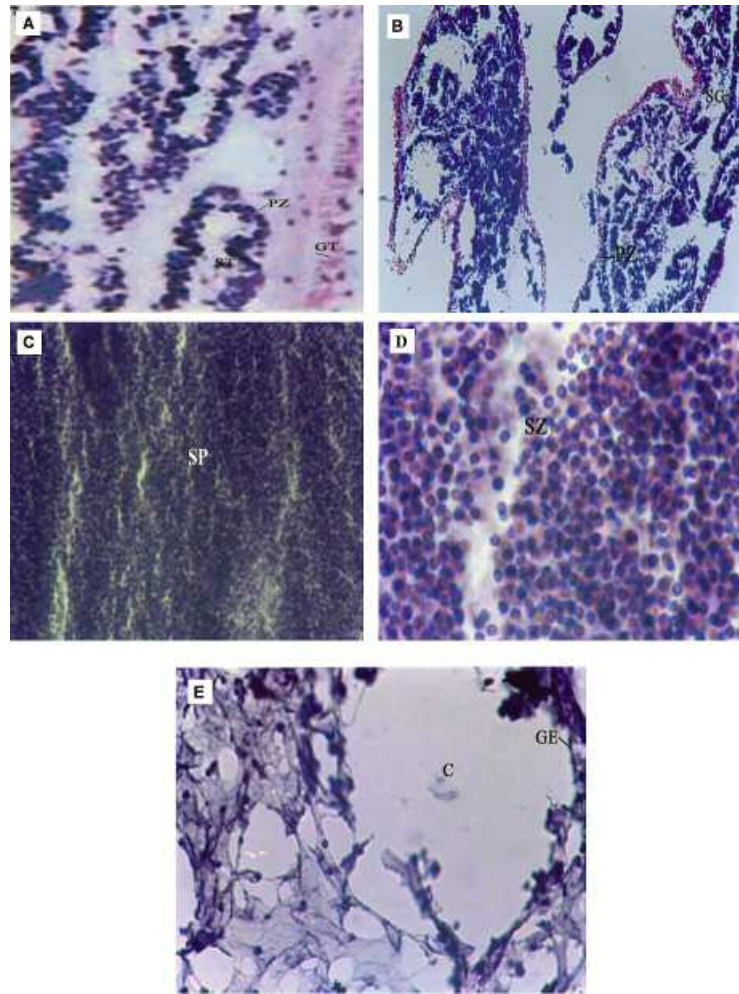


Figure 3. Examen au microscope optique de section testiculaire correspondant au cycle de la spermatogenèse de *Stichopus herrmanni*.

- Gonade immature: épithélium germinale (GE) et zone de prolifération (PZ);
- Stade de la croissance: zone de prolifération (PZ) et spermatogonies (SG);
- Stade de la croissance avancée: tubule gonadique et spermatozoïdes abondants (SP);
- Stade de la maturité: importantes quantités de spermatozoïdes (SZ) dans le lumen;
- Stade de la post-ponte: épithélium germinale (GE), voies empruntées par le sperme lors de la ponte et atrésie dans le lumen et des tubules.

Modifications saisonnières de la gamétogenèse

Les tubules ont suivi un cycle saisonnier directement lié au cycle du rapport gonado-somatique (figures 5A et B). La ponte est suivie d'une période d'inactivité jusqu'à la mi-mars et d'une augmentation progressive du ratio des stades de croissance et de croissance avancée entre mai et juin.

Les figures 5 et 6 indiquent qu'une gamétogenèse précoce a lieu en mars et en avril tandis que le 2^e stade intervient au mois de mai, le 3^e en juin, le 4^e en juillet et août, et le 5^e à la saison froide.

En juin et juillet, les gonades sont rapidement arrivées au stade de la maturité et de la ponte. Le 4^e stade — en juillet et en août — a coïncidé avec le pic estival de ponte et a été suivi d'une chute abrupte à la fin du mois d'août. En septembre, un déclin sensible du pourcentage de ponte de *Stichopus herrmanni* a été constaté (figures 6A et B).

Les deux indices suivent des cycles semblables à ceux mis en évidence par les examens histologiques, et permettent de conclure assez clairement à un pic de ponte en été (juillet-août). La figure 5C indique la température mensuelle moyenne de l'eau de mer. En décembre, janvier, février et mars, cette température oscille entre 15 et 20 °C. En avril, la température commence à s'élever et dépasse 30 °C en août avant de fléchir en septembre.

En résumé, le cycle de reproduction de *Stichopus herrmanni* est saisonnier et se caractérise par un pic de ponte en été (juillet-août) qui correspond à la période où les températures de l'eau de mer sont les plus élevées. Les stades de la sexualité qui ont été étudiés sur la base de préparations histologiques ainsi que de simples frottis de gonades suivent des cycles annuels similaires. Le diamètre moyen des ovocytes matures est de 200 µm. La fécondité absolue a été évaluée à $6-10 \times 10^3$ ovocytes, et la fécondité relative à 8×10^3 ovocytes par gramme du poids ouvert.

Discussion

Couleur de la gonade

La couleur de la gonade de la population de *Stichopus herrmanni* étudiée était rouge marron chez la femelle et orange chez le mâle à maturité, tandis que les gonades immatures étaient de couleur crème. Ces caractéristiques sont semblables à celles d'autres populations étudiées, à l'exception de la couleur des gonades chez la femelle mature en Nouvelle-Calédonie (Conand 1993a).

Gamétogenèse

On peut identifier le stade de maturité de *Stichopus herrmanni* par l'examen de la taille de ses gonades et l'examen au microscope des préparations histologiques des gonades. Plusieurs courbes des rapports gonado-somatiques

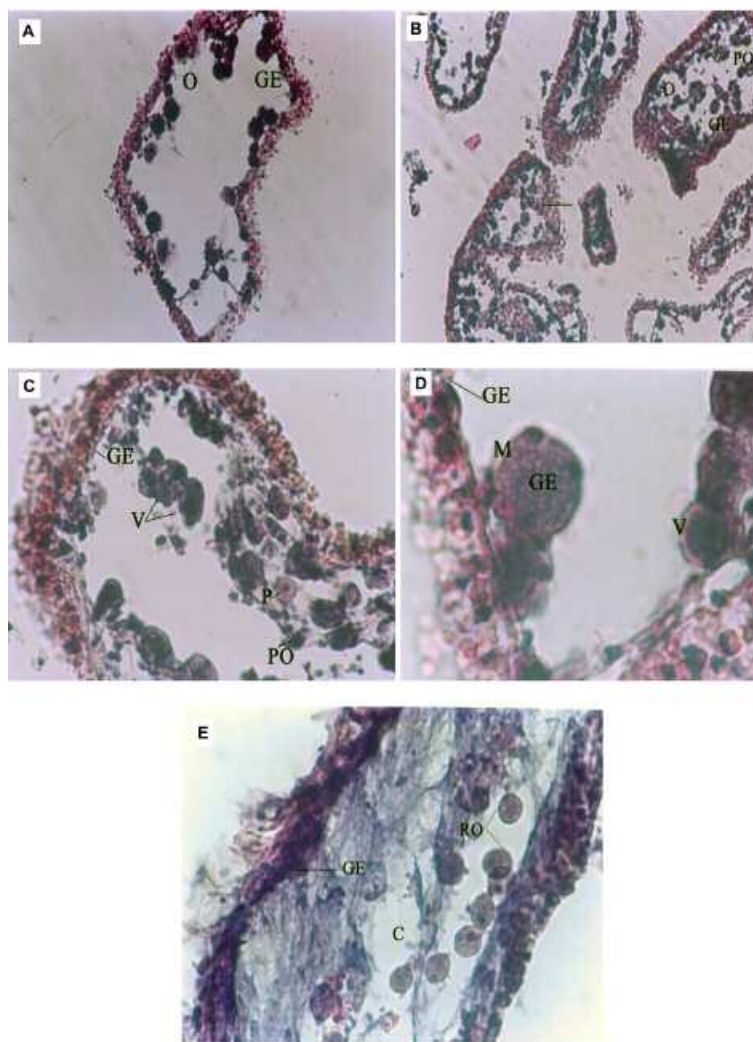


Figure 4. Les photos prises au microscope optique illustrent les sections d'ovaire représentatives du cycle ovogénique de *Stichopus herrmanni*.

- a) Stade immature: ovogonie (O) et épithélium germinal (GE);
- b) Stade de croissance: épithélium germinal (GE) de l'ovogonie (O);
- c) Stade de croissance avancée: épithélium germinal (GE), ovocytes primaires (PO), ovocytes vitellogéniques (V) et phagocytes (P);
- d) Stade de maturité: grands ovocytes matures (M) contenant la vésicule germinale (GV) et ovocytes vitellogéniques (V);
- e) Stade post-ponte: épithélium germinal (GE) et ovocytes résiduels (RO).

mis en évidence par les préparations histologiques et reproduites ici se sont révélées fiables.

Cycle de reproduction

Conand (1993b) a étudié *Stichopus variegatus* (= *herrmanni*) et a découvert qu'en Nouvelle-Calédonie, dans l'hémisphère sud, la maturation intervient entre septembre et novembre lorsque les températures de l'eau de mer s'élèvent, et que la ponte a lieu pendant les mois plus chauds de janvier et février.

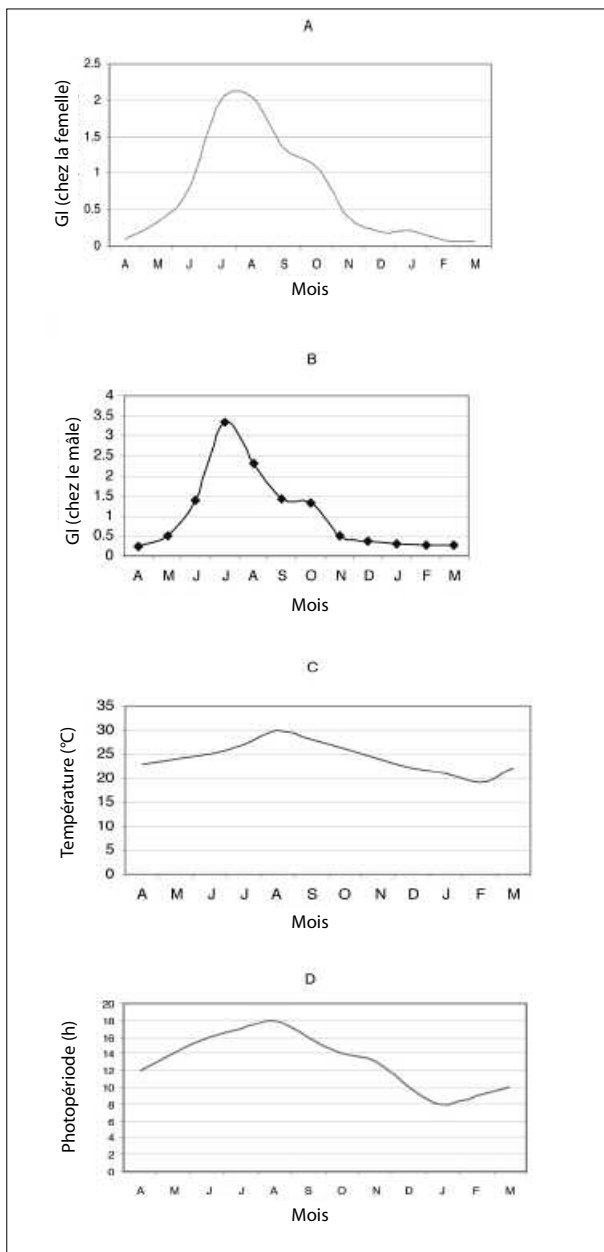


Figure 5. Variation mensuelle du rapport gonado-somatique chez la femelle (A), le mâle (B), la température (C) et la photopériode (D).

En Iran, un pic de ponte différent a été constaté en été (juillet et août), et la gamétogenèse est intervenue au printemps, ce qui correspond au cycle de plusieurs holothuries aspidochirotes (Harriot 1985; Franklin 1980; Conand 1981, 1993a, b).

Notre étude a duré 16 mois et a couvert l'ensemble des variations des stades sexuels et des rapports gonado-somatiques. Nous concluons que la température de l'eau de mer est le principal facteur déclencheur du pic estival de ponte. Toutefois, le seul changement environnemental notoire à la fin du mois de mars, lorsque la gamétogenèse de *S. herrmanni* commence, est le retour de l'al-

longement de la photopériode alors que la température de l'eau de mer n'a pas encore commencé à monter. Par conséquent, nous pensons que cette photopériode peut également jouer un rôle dans la gamétogenèse. Les expériences menées sur les oursins ont mis en évidence une corrélation entre la gamétogenèse et la photopériode (Pearse et al. 1986).

Dans le cas de *Stichopus herrmanni*, l'ovogenèse commence en janvier avec la production de cellules souches dans les tubules gonadiques. Pendant tout l'hiver et le printemps, ces cellules se transforment en ovogonies et en ovocytes primaires, et, l'été, de grands ovocytes migrent dans le lumen lors de la maturation. Enfin, ces grands ovocytes sont libérés lors de la ponte au milieu de l'été. Notre étude a également montré une spermatogenèse aussi longue que l'ovogenèse, qui commence par la production de cellules souches dans les tubules gonadiques au milieu de l'hiver. À la fin de l'hiver et au printemps, les spermatogonies, les spermatocytes et les spermatoïdes s'accumulent dans les tubules. En été, la production de spermatozoïdes augmente jusqu'à la ponte.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma plus sincère reconnaissance à Daneshian et à Shomalimoghadam qui m'ont aidé à prélever les échantillons. Je souhaite aussi remercier Conand, Hamel et Pawson de leur aide précieuse.

Bibliographie

- Conand C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin of Marine Science* 31:523-544.
- Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries. Part 2. Holothurians. FAO fisheries technical paper. 143 p.
- Conand C. 1993a. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonia Lagoon. *Marine Biology* 116:439-450.
- Conand C. 1993b. Ecology and reproductive biology of *Stichopus variegatus* an Indo-Pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of Marine Science* 52:970-981.
- Conand C. and Byrne M. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review* 55(4):1-13.
- Conand C., Uthicke S. and Hoareau T. 2002. Sexual and asexual reproduction of the holothurian *Stichopus chloronotus* (Echinodermata): A comparison between La Reunion (Indian Ocean) and east Australia (Pacific Ocean). *Invertebrate Reproduction and Development* 41(1-3): 35-242.
- Franklin S.E. 1980. The reproductive biology and some aspect of the population ecology of the holothurians *Holothuria leucospilota* and *Stichopus chloronotus*. *Journal of Marine Science* (169):342-363.

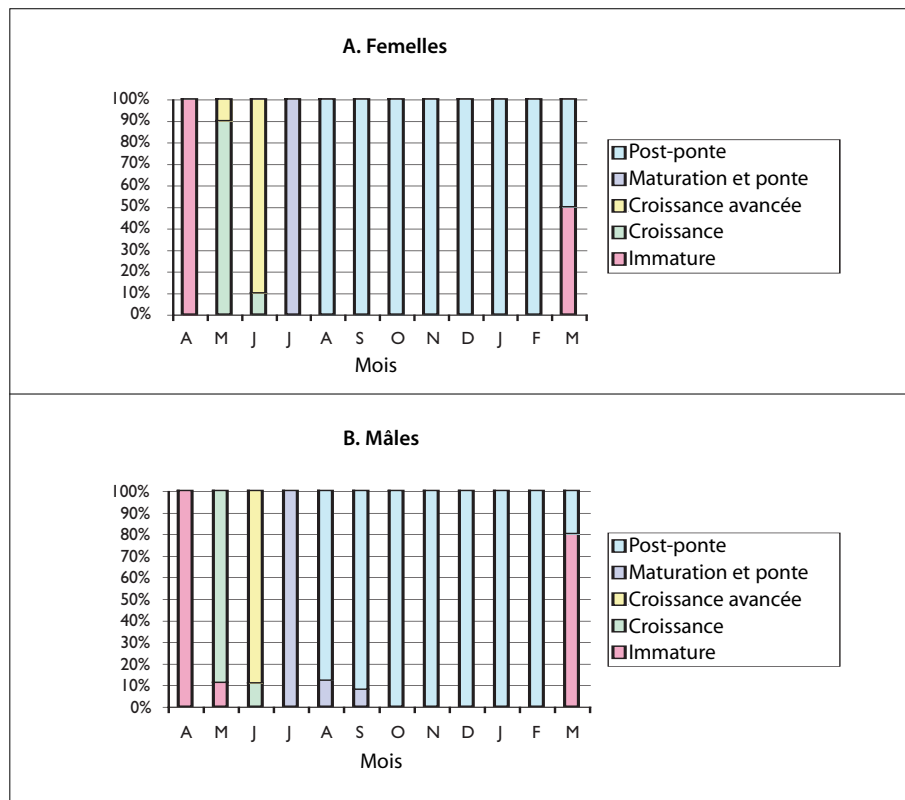


Figure 6. Cycle de reproduction de *Stichopus herrmanni*.

Hamel J.F. et Mercier A. 1996. Dispersion des gamètes et succès de la fécondation du concombre de mer *Cucumaria frondosa*. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 8:22–28.

Hamel J.F., Himmelman J.H. and Duferesne L. 1993. Gametogenesis and spawning of the sea cucumber *Psolus fabricii* (Duben and Koren). The Biological Bulletin 184:125–143.

Harriot V.J. 1985. Reproductive biology of three congeneric sea cucumber species *Holothuria atra*, *Holothuria impatiens* and *Holothuria edulis*, at Heron reef, Great Barrier Reef. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 36:51–57.

Jespersen A. and Lutzen J. 1971. On the ecology of the aspidochirote sea cucumber *Stichopus termulus*, Norway. Journal of Zoology 19:117–132.

Pearse J.S., Pearse V.B. and Davis K.K. 1986. Photoperiodic regulation of gametogenesis and gonadal growth in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. Journal of Experimental Zoology 237:107–118.

Smiley S. 1988. The dynamics of oogenesis and the annual ovarian cycle of *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea). The Biological Bulletin 175: 79–93.

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

Dans le Queensland (Australie), élaboration de techniques de production en éclosion à grande échelle de *Holothuria scabra* var. *versicolor* (Conand, 1986), espèce très prisée sur les marchés

Grisilda Ivy et Daniel Azari Beni Giraspy¹

Résumé

La surexploitation des ressources d'holothuries est un problème dans le monde entier. Il semble indispensable d'améliorer les plans de gestion des populations d'holothuries existantes et/ou de se lancer dans l'aquaculture d'espèces de stocks appauvris si l'on souhaite préserver les stocks naturels et garantir la durabilité de la pêche. Dans ce contexte, nous avons étudié la possibilité d'effectuer, en éclosion, une production en masse de *Holothuria scabra versicolor*, holothurie de sable, très prisée sur les marchés. Des plongeurs autonomes ont prélevé des spécimens adultes de *H. scabra versicolor* à Hervey Bay (Queensland, Australie) et on a procédé à l'induction de la ponte par augmentation de la température de l'eau. En 2004 et 2005, 18 femelles ont pondu plus de 46 millions d'œufs. Les larves issues de 9 millions d'œufs ont été élevées jusqu'au stade de juvénile, et plus de 300 000 juvéniles ont été produits lors des périodes d'élevage en éclosion en 2004 et en 2005. Les juvéniles qui atteignent 3 à 5 cm trois mois après la fixation ont une taille satisfaisante pour être relâchés dans la nature. Notre étude montre que cette espèce peut être élevée en éclosion sur une grande échelle afin de repeupler les stocks appauvris, ce qui permet de garantir une exploitation durable. Les données collectées au cours des essais effectués sur deux ans indiquent que le taux de survie s'est considérablement amélioré au cours de la deuxième année, à la suite des changements apportés aux techniques d'élevage. Les résultats obtenus sont plutôt prometteurs, et vu le potentiel commercial, la valeur industrielle, et la faisabilité technique de cet élevage, l'espèce étudiée semble être un candidat idéal pour un programme d'amélioration des stocks.

Introduction

La demande croissante de bêche-de-mer, conjuguée à l'augmentation constante des prix, a conduit à l'essor de la pêche d'holothuries dans le monde entier (Conand 2004). L'holothurie de sable versicolore, *Holothuria scabra versicolor*, est l'une des espèces les plus prisées en Asie. *H. scabra* et *H. scabra versicolor* se trouvent dans l'ensemble de l'océan Indien tropical et du Pacifique occidental. On a également enregistré leur présence à Madagascar, aux Îles Salomon et en Nouvelle-Calédonie (Conand 1998a). Même si *H. scabra* et *H. scabra versicolor* sont toutes deux présentes dans une vaste zone géographique, elles fréquentent généralement des microhabitats différents, *H. scabra versicolor* vivant souvent à de plus grandes profondeurs que *H. scabra* (Conand 1990). Malgré les nombreuses disparités dans la distribution écologique et les caractéristiques biologiques, on considère que *H. scabra versicolor* est une variété de *H. scabra*, de par l'absence de différences notables dans la structure des spicules et l'anatomie interne (Conand 1998b). Il est toutefois nécessaire d'étudier plus avant la question de savoir si *H. scabra versicolor* est une sous-espèce ou une nouvelle espèce (Conand 1990; Massin 1999). Les récentes analyses des alloenzymes et des séquences de l'ADNmt 16S de *H. scabra* et de *H. scabra versicolor* montrent que ces deux holothuries sont distinctes mais forment des espèces biologiques et phylogénétiques jeunes (Uthicke et al. 2005).

H. scabra versicolor est une holothurie détritivore (figure 1) que l'on trouve habituellement enfouie dans des

débris coralliens et dans les zones côtières lagonaires, et qui se nourrit des sédiments riches en nutriments présents sur le fond. Cette holothurie est parée de différentes couleurs: elle peut être noire, ou bien comporter quelques taches noires, ou bien être entièrement tachetée (Conand 1990). À cause du prix élevé des holothuries et de la forte demande sur les marchés asiatiques, l'holothurie de sable versicolore fait l'objet d'une pêche intensive, à l'instar d'autres espèces commerciales. La bêche-de-mer de grande qualité obtenue à partir des holothuries de sable versicolores peut atteindre jusqu'à 130 dollars des États-Unis le kilo sur les marchés d'exportation. La méthode de transformation de l'holothurie de sable versicolore est certes la même que celle utilisée pour l'holothurie de sable, mais le produit final est d'une couleur dorée, très différente de la couleur grisâtre et de l'apparence ridée de la bêche-de-mer obtenue à partir de l'holothurie de sable (figure 2).

L'offre mondiale de bêche-de-mer de qualité supérieure ne sera pas suffisante pour satisfaire la demande du marché asiatique, à moins qu'on n'assiste à l'essor de l'aquaculture d'holothuries qui permettrait de compenser en partie la diminution constante des stocks naturels. Les études aquacoles sur les espèces tropicales d'holothuries ont largement ciblé *H. scabra*, une holothurie très répandue et très prisée sur les marchés. Peu d'études ont porté sur *H. scabra versicolor* (Conand 1990, 1993; Hamel et al. 2001), et on dispose de peu d'information sur sa biologie, notamment au cours des premiers stades de sa vie. À ce jour, à notre connaissance, il n'y a jamais eu d'essai d'élevage de cette espèce en cap-

1. Directeur de l'éclosion, Bluefin Seafoods Sea cucumber Hatchery, 91, Shore Road East, Hervey Bay, Queensland 4655, Australie. Courriel: beni.giraspy@optusnet.com.au

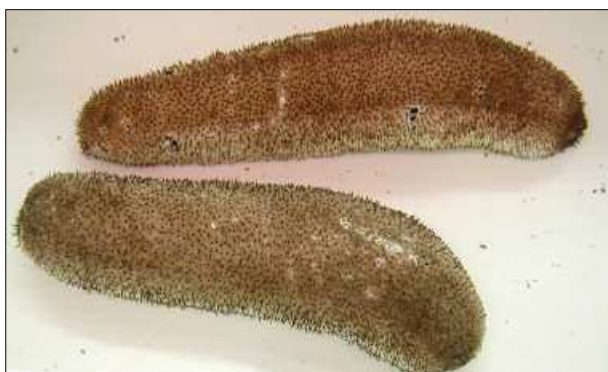


Figure 1. Holothuries de sable versicolores, *Holothuria scabra* var. *versicolor*.



Figure 2. *H. scabra* et *H. scabra versicolor* transformées.

tivité, mis à part les essais préliminaires réalisés à l'écloserie *Bluefin Seafoods* qui ont débouché sur la production de 33 500 juvéniles issus de la campagne de reproduction de 2004 (Giraspy et Ivy 2005).

Bluefin Seafoods Pty. Ltd., Hervey Bay (Queensland), a reçu une subvention en faveur de l'innovation de la part du gouvernement fédéral australien afin de perfectionner les techniques de production de masse, en écloserie, d'holothuries destinées à la reconstitution des stocks. Dans le cadre de ce projet, au cours des dernières années, l'écloserie a relâché des millions de juvéniles de *H. scabra* issus d'élevage dans les zones d'Hervey Bay réservées à l'aquaculture, afin d'accélérer la reconstitution de stocks appauvris et de permettre une pêche durable. Parallèlement aux recherches actuelles réalisées sur d'autres espèces d'holothuries, l'écloserie est désor-

mais en mesure de réaliser une production en masse de *H. scabra versicolor*. Les résultats préliminaires obtenus lors des pontes de 2004 ont permis de raffiner les techniques d'élevage et d'élaborer des techniques d'écloserie pour cette espèce. D'après nos résultats, l'élevage de l'holothurie de sable versicolore est possible et il pourrait permettre de contribuer à la reconstitution de populations naturelles appauvries, et, le moment venu, d'assurer une pêche durable.

Équipements et méthodes

Collecte des géniteurs

Entre octobre et décembre 2004, puis à la même saison en 2005, des plongeurs ont prélevé des spécimens d'holothuries de sable versicolores, *H. scabra versicolor*, à Hervey Bay, dans le Queensland (Australie). Ces spécimens furent immédiatement placés dans de petits bacs de 44 litres, faciles à transporter, remplis d'eau de mer fraîche. Chaque bac contenait au maximum trois animaux et était équipé d'un système d'aération fonctionnant en permanence. À l'arrivée au port, les géniteurs furent transportés jusqu'aux installations de l'écloserie (*Bluefin Seafoods sea cucumber hatchery*, Hervey Bay, Queensland). On les a alors placés dans des bacs de 10 000 litres équipés d'un système à circulation d'eau continue pendant 30 minutes, avant de tenter d'induire la ponte.

Induction de la ponte

Plusieurs essais d'induction de ponte ont été effectués en utilisant différentes méthodes et en combinant plusieurs méthodes: variations thermiques, projection d'un jet d'eau puissant sur des holothuries mises à sécher, ou adjonction d'Algamac et de poudre de gonades mâles. Il s'agissait de découvrir la meilleure méthode d'induction de ponte. Résultat: la stimulation thermique était la méthode la plus efficace et fut par conséquent utilisée par la suite. Pour chaque ponte, on lavait et rinçait délicatement 10 à 15 animaux afin de retirer les sédiments et autres petits organismes collés à leur corps, puis on les plaçait dans un bac de ponte de 1000 litres. On augmentait ensuite la température de l'eau de mer contenue dans le bac de 3 à 5 °C afin d'induire la ponte.

Après la ponte, les animaux étaient à nouveau placés dans les bacs de reproducteurs équipés d'un système à circulation d'eau de mer continue. Chaque jour, on versait dans ces bacs suffisamment de sable mélangé à des algues en poudre pour constituer une couche d'environ 1 cm d'épaisseur sur le fond.

On comptait les œufs après chaque ponte réussie en examinant un échantillon de 0,5 mL d'eau puisée dans le bac de ponte, à l'aide d'un microscope stéréoscopique et d'une cellule de numération utilisée pour le comptage du plancton. On mesurait également la taille des œufs à l'aide d'un microscope équipé d'un micromètre oculaire. Les œufs étaient ensuite extraits du bac de ponte au moyen d'un tamis de 80 µm, puis rincés pendant 10 minutes dans de l'eau de mer stérilisée aux ultraviolets et filtrée à l'aide d'un tamis de 1µm, afin d'enlever l'excès de sperme et les impuretés.

Élevage des larves

Les larves étaient élevées dans des bacs en fibre de verre d'une capacité de 1 000 L dont la température était maintenue entre 26 et 27 °C. Durant la période d'élevage des larves, la salinité oscillait entre 37,5 et 38 ppt, alors que le pH était maintenu à 8,2. L'examen d'échantillons de 40 larves, au moyen d'un microscope muni d'un oculaire à réticule gradué, permettait de vérifier la qualité des larves (présence de forme, de taille, et de stade de maturité insatisfaisants) et la taille moyenne des larves.

Selon les stades de développement, le régime alimentaire des larves consistait en différentes combinaisons des éléments suivants: *Rhodomonas salina*, *Chaetoceros calcitrans*, *C. mulleri*, *Tetraselmis chui*, *Isochrysis galbana* et *Pavlova lutheri*. La densité de la ration alimentaire de microalgues était progressivement augmentée, passant de 15 000 cellules par millilitre le troisième jour à 35 000 cellules par millilitre le quatorzième jour. Cette plus forte densité de la ration alimentaire (35 000 cellules par mL) était ensuite maintenue jusqu'à la métamorphose des larves en larves doliolaria. Les larves étaient nourries deux fois par jour, la densité cellulaire de la ration étant maintenue au niveau adéquat en permanence.

Tous les deux jours, les larves étaient extraites des bacs à l'aide d'un tamis, puis soumises à un rinçage pendant 10 minutes, avant d'être transférées dans de nouveaux bacs d'eau de mer filtrée à régulation de température. Le 17^e jour, on a transféré les larves, qui avaient atteint le stade doliolaria où elles ne s'alimentent pas, dans des bacs toujours équipés d'un système de renouvellement automatique de l'eau et contenant les différents facteurs de fixation suivants: extrait d'herbes, extrait d'algues, Algamac 2000, Algamac Protein Plus, algues mortes, diatomées benthiques (*Nitzschia* sp. et *Navicula* sp.) et spiruline. Les plaques de fixation ondulées se sont couvertes de substrats de fixation, ce qui facilite la fixation des larves pentacula au moment de la métamorphose. Au départ, les juvéniles ainsi fixés étaient nourris avec de l'Algamac 2000, de l'Algamac Protein Plus, des extraits et de la poudre d'herbes, ainsi que des extraits et de la poudre d'algues. Lorsqu'ils ont atteint une longueur moyenne de 10 mm, on les a nourris avec du sable fin mélangé aux

substances susmentionnées. On contrôlait le taux de croissance pour chaque type d'aliment.

Résultats

Les holothuries ont bien réagi à la stimulation thermique et présentaient des comportements pré-ponte en se tortillant et en se regroupant dans les coins des bacs de ponte (fig. 3). Plus de 75 % de nos essais de reproduction se sont avérés concluants chez les mâles, les femelles s'adonnant à la ponte dans moins de 35 % des essais. Les mâles étaient les premiers à réagir à la stimulation par choc thermique, dressant leur extrémité antérieure et se balançant tout en libérant leur sperme. Le balancement était moins vigoureux que celui de l'holothurie de sable commune *H. scabra*. 30 à 90 minutes plus tard, les femelles réagissaient en relevant leur extrémité antérieure et en restant dans cette position pendant quelques minutes avant d'expulser des ovocytes matures en de fortes projections intermittentes (fig. 4). Dans la plupart des cas, les mâles restaient dressés et libéraient leurs gamètes en continu pendant plus d'une heure, alors que les femelles se dressaient pendant moins de 15 minutes avant de pondre puis de retrouver leur position allongée.

En 2004, au cours de six essais de ponte, sept femelles ont produit un nombre total d'œufs de 14,23 millions, dont seulement 3 millions ont été utilisés pour l'élevage des larves. En 2005, lors de neuf essais de ponte réussis, onze femelles ont pondu 32,76 millions d'œufs fécondés, dont 6 seulement ont été utilisés pour les essais d'élevage de larves.

Le tableau 1 présente la cinétique de la croissance des larves de *H. scabra versicolor* à une température comprise entre 26 et 27 °C. Les œufs matures de *H. scabra versicolor* étaient sphériques et visibles à l'œil nu, avec une taille moyenne de $205,36 \pm 17,54 \mu\text{m}$ ($n = 40$). Les larves auricularia, qui commencent à apparaître presque 48 heures après la fécondation, correspondent au premier stade auquel les larves commencent à se nourrir. Les larves sont alors transparentes et elles se nourrissent bien au cours de la phase pélagique. Les larves du stade auricularia initial fraîchement écloses mesuraient $409,48 \pm 11,5 \mu\text{m}$ de long. À ce stade, les larves se développaient rapide-



Figure 3. Comportement reproducteur de *H. scabra versicolor*.



Figure 4. *H. scabra versicolor* mâle et femelle au moment de la reproduction dans le bac de ponte.

ment, atteignant le stade auricularia intermédiaire le 8^e jour et la fin de ce stade autour du 14^e jour. Au stade auricularia intermédiaire, les larves mesuraient $954,72 \pm 12,23 \mu\text{m}$.

Au cours de leur croissance, les larves accumulaient des nodules hyalins. Après 13 à 15 jours, elles atteignaient la fin du stade auricularia avec une taille maximale de 1,25 à 1,31 mm. Le 17^e jour, les larves passaient du stade auricularia final au stade doliolaria non trophique; elles mesuraient alors en moyenne $853,82 \pm 7,74 \mu\text{m}$. Le 19^e jour les larves doliolaria se métamorphosaient pour atteindre le stade de la larve rampante pentacula qui possède cinq tentacules primaires bien développées et un seul pied ventropostérieur. Les larves pentacula se parent de tentacules et de pieds ambulacraires et deviennent des juvéniles dotés de spicules plus visibles. La figure 5 montre le taux de survie et la croissance des larves jusqu'au stade pentacula.

Le taux de réussite de l'élevage, basé sur le taux de survie des œufs fécondés tout au long des différents stades larvaires, a augmenté de façon notable entre 2004 et 2005 (tableau 2). La croissance et la fixation des larves ainsi

que la croissance des juvéniles se sont avérées asynchrones: on pouvait voir dans un même lot des larves et des juvéniles de différentes tailles, et à différent stade de croissance. Le taux global de survie au stade de juvénile était de 1,12 % en 2004 et 4, 53 % en 2005. Les essais de fixation des larves ont montré que les juvéniles se fixaient sur les plaques de fixation ou au fond du bac et se nourrissaient du biofilm qui s'était formé.

Le mélange de *Nitzschia* sp. et de *Navicula* sp. a permis d'obtenir le meilleur taux de fixation des larves, devant l'utilisation d'un facteur de fixation unique, qu'il s'agisse de *Navicula* sp., de *Nitzschia* sp., d'Algamac 2000 ou d'Algamac Protein Plus. Les premiers juvéniles fixés, mesurant 1 à 1,5 mm, étaient clairement visibles sur le substrat de fixation après 25 jours d'élevage. On a noté pour tous les lots de grandes variations dans la croissance des juvéniles. Après six semaines, plus de 45 % des juvéniles avaient atteint une taille de 15 mm. En huit semaines, ils mesuraient 20 à 25 mm. Cependant, après la métamorphose, les juvéniles ont mis trois mois pour atteindre la taille moyenne de 30 mm, et ce, dans des conditions optimales de densité et d'alimentation (fig. 7).

Tableau 1. Cinétique de la croissance basée sur l'observation de quatre pontes de *H. scabra versicolor* en 2005.^a

Temps écoulé depuis la fécondation	Stade	Remarques
0	Œuf fécondé	Taille: $205,36 \pm 17,54 \mu\text{m}$
40 min	1 ^{ère} scission	2 cellules
2 h 10 min	2 ^e scission	4 cellules
3 h 40 min	3 ^e scission	8 cellules
9 h	Blastula	Mouvement de rotation
2 j	Fin de gastrula	Transition gastrula – auricularia
3 j 12 h	Stade auricularia initial	Formation des lobes préoraux
8 j	Stade auricularia intermédiaire	Extension de protubérances
14 j	Fin d'auricularia	Nodules hyalins distincts
17 j	Doliolaria	5 bandes ciliées
19 j	Pentacula	Disparition des bandes ciliées et vie benthique
22 j	Début de juvénile	Consommation de diatomées benthiques et de détritus

a. On considère que les larves ont atteint un stade de croissance donné lorsque plus de 50 % des larves sont arrivées à ce stade.

Tableau 2. Données relatives aux essais de reproduction de 2004 et 2005, et taux de survie des larves enregistrés dans les deux cas

Année	Nbre de pontes	Œufs (10 ⁶)	Éclosion (%)	Auricularia intermédiaire (%)	Auricularia final (%)	Doliolaria (%)	Nbre de jours avt la fixation
2004	6	14,23	87	64	46	32	21
2005	9	32,76	93	68	64	46	19

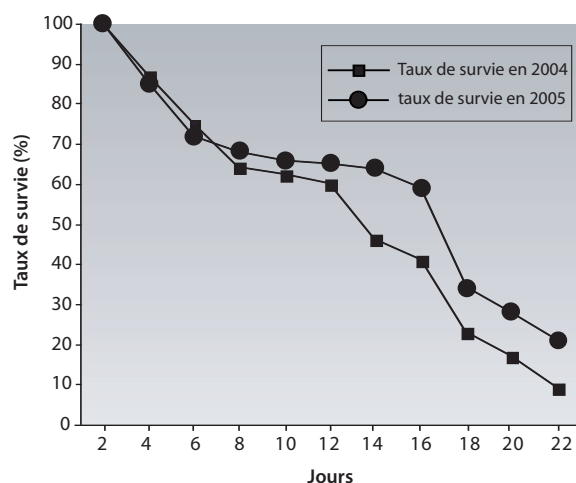


Figure 5. Taux de survie des larves de *H. scabra versicolor*.

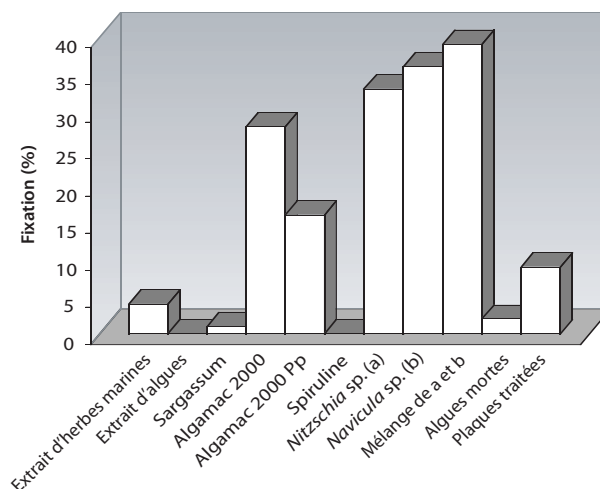


Figure 6. Fixation de *H. scabra versicolor* sur différents milieux de fixation.

Discussion

La forte demande de bêche-de-mer en Asie et la surexploitation systématique des stocks naturels plaident en faveur de l'élevage de l'holothurie. L'aquaculture peut être une nouvelle source d'approvisionnement du marché et peut également regarnir les pêcheries naturelles. Au cours des dix dernières années, on a noté une intensification significative des efforts visant à élaborer des techniques d'écloserie pour l'élevage d'espèces d'holothuries présentant un intérêt commercial important (James et al. 1994; James 1996a; Ramofafia et al. 1995; Ito 1995; Asha et Muthiah 2003; Lovatelli et al. 2004; Giraspy et Ivy 2005). Plusieurs organisations internationales se sont également lancées dans des projets d'élevage en écloserie et de grossissement d'holothuries afin de reconstituer les stocks d'espèces à forte valeur commerciale.

Parmi ces espèces d'holothuries, seules quelques unes ont fait l'objet d'expériences réussies d'induction de la ponte et d'élevage des larves en captivité. Au Japon, la production de juvéniles d'*Apostichopus japonicus* a commencé il y a presque 70 ans (Inaba 1937), les juvéniles étant élevés en captivité (Imai et al. 1950). Plus tard, on a réussi à élever cette espèce en Chine (Shuxu et Gengeheo 1981; Li 1987). Parmi les holothuries tropicales, *H. scabra* est une espèce à forte valeur et est considérée comme une des meilleures candidates à l'aquaculture (Battaglione 1999, 2000; Battaglione et Bell 1999). Plusieurs pays se sont lancés avec succès dans la production en masse de cette espèce: l'Inde (James et al. 1988; James 1996b), Madagascar (Jangoux et al. 2002), le Vietnam (Pitt et Duy 2004), et l'Australie (Giraspy et Ivy 2005). En Nouvelle-Calédonie, un projet du *WorldFish Center* porte actuellement sur l'élaboration de stratégies optimales de lâcher de juvéniles de *H. scabra* élevés en écloserie (Purcell et al. 2003). Toutefois, la production de juvéniles de *H. scabra versicolor* élevés en écloserie, faisant l'objet de cet article, est une première, et il n'existe aucune étude antérieure permettant d'établir des comparaisons.

Le choc thermique est une méthode bien connue d'induction de la ponte chez les holothuries (James et al. 1988; Morgan 2000; Battaglione et al. 1999, 2002; Giraspy et Ivy 2005). D'autres facteurs induisent la ponte: le stress provoqué chez les holothuries lors de la collecte et du transport, la projection d'un jet d'eau puissant sur des individus mis à sécher (James et al. 1994, 1996), et l'ajout d'algues séchées, *Schizochytrium* sp., (Battaglione et al. 2002). Dans tous nos essais de reproduction, les mâles ont réagi les premiers, émettant du sperme pendant plus de 30 minutes. Les femelles ont réagi plus tard, leur ponte durant moins d'une minute dans la plupart des cas. D'autres observations confirment que, généralement, ce sont les holothuries mâles qui démarrent le rituel de la reproduction, qui est plus facile à induire chez eux (Battaglione et al. 2002), et que les femelles sont stimulées par la présence de sperme dans la colonne d'eau (James et al. 1994a). Desurmont (2005) a rendu compte d'une observation très rare de ponte de *H. scabra versicolor* dans le milieu naturel en Nouvelle-Calédonie, trois jours avant la pleine lune et juste avant la marée haute.

Le cycle larvaire de l'holothurie de sable versicolore est similaire à celui de la plupart des holothuries aspidochirotes: phases initiale, intermédiaire et finale d'auricularia et métamorphoses ultérieures qui conduisent au stade doliolaria (caractérisée par l'absence d'alimentation) avant la fixation. Cependant, la durée du cycle larvaire et d'autres caractéristiques larvaires diffèrent des observations faites pour d'autres espèces, même de celles faites pour *H. scabra*. La larve de *H. scabra versicolor* a mis 17 jours pour atteindre le stade doliolaria non trophique; *H. scabra* (James et al. 1988), *H. spinifera* (Asha et Muthiah 2002) et *Actinophyga echinites* (Chen et Chian 1990) mettent moins de 15 jours pour atteindre ce stade, mais *H. atra* met 20 jours.

Dans les essais en question, selon les différents stades de croissance, les larves de *H. scabra versicolor* ont été nourries avec différentes proportions de *Rhodomonas salina*,

Chaetoceros calcitrans, *C. mulleri*, *Tetraselmis chui*, *Isochrysis galbana* et *Pavlova lutheri*. Dans une expérience antérieure, Battaglione et al. (1999) ont nourri des larves de *H. scabra* avec des espèces de microalgues telles que *Rhodomonas salina*, *Chaetoceros muelleri*, *C. calcitrans*, *P. salina* et *Tetraselmis chui*. Quant à James (2004), il a utilisé un mélange de cultures de *Chaetoceros* sp. et de *Isochrysis galbana* lors de ses expériences portant sur *H. scabra*.

Une densité de 0,75 larves par millilitre s'avère adaptée à l'élevage de *H. scabra versicolor*. James (1996) a suggéré une densité de 0,5 à 1 œuf par millilitre dans des bacs de 800 litres équipés d'un système d'aération légère à modérée. Battaglione et Bell (1999) ont indiqué que la densité larvaire adéquate était de 1 œuf par millilitre, soit une densité légèrement plus élevée que celle appliquée dans la présente expérience.

Dans l'expérience concernée, la croissance et le taux de survie des larves étaient très satisfaisants à une concentration d'algues de 4×10^4 cellules par millilitre. La concentration optimale d'algues pour l'ontogénèse des larves de *S. japonicus*, *H. scabra*, *H. atra* et *H. spinifera* se situait entre 2 et 3×10^4 cellules par millilitre (James et al. 1994; Ramofafia et al. 1995; Asha et Muthiah 2002). Archer (1996), qui a mené des expériences sur *S. mollis*, a découvert que la présence ininterrompue de fortes concentrations d'algues (plus de 6×10^3 cellules par millilitre) dans les bacs d'élevage réduisait le taux d'ingestion des larves. Si les larves de *H. scabra versicolor* présentent des taux de croissance et de survie optimaux pour des concentrations d'algues comparativement supérieures, c'est peut-être parce qu'elles ont un plus gros estomac que les larves de *H. scabra*.

On a observé des taux de mortalité plus élevés pendant la métamorphose des larves et les stades de fixation. Au cours d'expériences menées sur *H. scabra*, Battaglione (1999) a observé un taux de mortalité allant jusqu'à 35 % entre le moment de la survie et la fixation, le taux de mortalité le plus élevé correspondant au premier stade d'alimentation et à la première fixation. Dans l'élevage des holothuries, les substrats de fixation ont deux rôles importants: celui de signal biologique pour l'induction de la métamorphose des larves, et celui de nourriture pour les juvéniles fixés. Dans l'expérience en question, on a observé un taux de fixation plus élevé dans les substrats constitués d'un mélange de diatomées périphytiques avec ajout d'Algamac Protein Plus.

L'Algamac peut être un facteur de fixation et constituer un aliment pour les larves pentaculæ de *H. scabra* déjà fixées (Battaglione 1999). Asha et Muthiah (2002) ont observé par la suite que l'Algamac et les diatomées périphytiques étaient de bons substrats de fixation dans leur expérience d'élevage de *H. spinifera*. Les résultats de nos expériences portant sur *H. scabra versicolor* montrent que les techniques d'écloserie se sont considérablement améliorées au fil du temps et également dans différents lots successifs (1,12 % en 2004 et 4,53 % en 2005). L'amélioration des taux de survie et de fixation des juvéniles lors des essais de ponte de 2005 était due à un meilleur protocole d'élevage des larves, à des normes exigeantes en matière de culture des algues, et une modification des conditions d'élevage des larves après leur fixation.

Le taux de croissance des juvéniles de *H. scabra versicolor* observé dans cette étude excède celui de *H. scabra*. Battaglione et al. (1999) ont observé de grandes variations de croissance dans leurs expériences portant sur de très jeunes juvéniles de *H. scabra*. Les variations de croissance chez les holothuries d'élevage et également chez les juvéniles prélevés dans le milieu naturel sont monnaie courante (Ito 1995; James 1996). Mais il n'existe pas d'étude antérieure sur la croissance d'holothuries de sable versicolores d'élevage qui aurait pu servir de référence pour comparer nos résultats en matière de croissance des juvéniles. Toutefois, l'homogénéité des taux de croissance et de survie observés dans les différents lots d'élevage laisse à penser que le taux de croissance enregistré pour la production en écloserie est satisfaisant.

Remerciements

Nous tenons à remercier le professeur Conand de ses excellentes suggestions scientifiques et de son aide au moment de la rédaction de cet article.

Bibliographie

- Archer J.E. 1996 Aspects of the reproductive and larval biology and ecology of the temperate holothurian *Stichopus mollis* (Hutton). MSc Thesis. University of Auckland.
- Asha P.S. and Muthiah P. 2003. Ponte et élevage de larves de l'holothurie *Holothuria (Theelothuria) spinifera* Theel. La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS 16:11–15.
- Battaglione S.C. 1999. Culture of the tropical sea cucumbers for the purpose of stock restoration and enhancement. p. 11–25. In: Baine M. (ed) The conservation of sea cucumbers in Malaysia: Their taxonomy, ecology and trade. Proceedings of an International Conference. Department of Agriculture Kuala Lumpur Malaysia.
- Battaglione S.C. 2000. Culture of tropical sea cucumbers for the purposes of stock restoration and enhancement. NAGA ICLARM Publication 22:4–11.
- Battaglione S.C. and Bell J.D. 1999. Potential of the tropical Indo-Pacific sea cucumber, *Holothuria scabra*, for stock enhancement. p. 478–490. In: Howell B.R., Moskness E. and Svasand E. (eds). Stock enhancement and sea ranching. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Battaglione S.C., Seymour T.E. and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. Aquaculture 178:293–322.
- Battaglione S.C., Seymour T.E., Ramofafia C. and Lane I. 2002. Spawning induction of three tropical sea cucumbers, *Holothuria scabra*, *Holothuria fuscogilva* and *Actinophyga mauritiana*. Aquaculture 207:29–47.
- Chen C.P. and Chian C.S. 1990. Larval development of sea cucumber, *Actinopyga echinites* (Echinodermata: Holothuroidea). Bulletin of Institute of Zoological Academic Sinica 29(2):127–133.
- Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries. Part 2. Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper. 142 p.

- Conand C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 116:439–450.
- Conand C. 1998a. 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*.
- Conand C. 1998b. Manuel de qualité des holothuries commerciales du sud ouest de l'océan Indien. Programme Régional Environment, Indian Ocean Committee, Quatre Bornes, Mauritius. 44 p. (in French).
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilisation: an international overview. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463. Rome, FAO. p. 13–23.
- Desurmont A. 2005. Observations de pontes de *Bohadschia vitiensis* et *Holothuria scabra versicolor* en milieu naturel. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 21:28.
- Giraspy D.A.B and Ivy W. 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 de la CPS* 21:29–31.
- Hamel J.-F., Conand C., Pawson D.L. and Mercier A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): Its biology and exploitation as bêche-de-mer. *Advances in Marine Biology* 41:129–233.
- Imai I., Inaba D.I., Sato R. and Hatanaka M. 1950. The artificial rearing of the transparent flagellate larvae of *Stichopus japonicus*. *Tohoku Daigaku Nogakuhu Kenkyo Iho* 2(2):269–277.
- Inaba D. 1937. Artificial rearing of sea cucumber. *Suisen Kenkyushi* 35(2):241–246.
- Ito S. 1995. Studies on the technological development of the mass production for sea cucumber juvenile, *Stichopus japonicus*. Saga Prefectural Sea Farming Center, Japan. 87 p.
- James D.B. 1996a. Culture of sea cucumber. p. 120–126. In: Rengarajan K. (ed.). *Artificial reefs and seafarming technologies*. Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute, vol. 48.
- James D.B. 1996b. Culture of sea cucumbers. Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute 48:120–126.
- James D.B. 2004. Captive breeding of the sea cucumber *Holothuria scabra* from India. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463. Rome, FAO. p. 385–395.
- James D.B., Gandhi A.D., Palaniswamy N. and Rodrigo J.X. 1994. Hatchery techniques and culture of the sea cucumber *Holothuria scabra*. CMFRI (Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India) special publication. No. 57.
- James D.B., Lordson A.J., Ivy W.G. and Gandhi A.D. 1996. Experiments on rearing of the juveniles of *Holothuria scabra* Jaeger produced in the hatchery. p. 207–214. In: Samuel Paul Raj (ed.). *Proceedings of the Symposium Aquaculture for 2000*. Madurai Kamaraj University, Madurai.
- James D.B., Rajapandian M.E., Baskar B.K. and Gopinathan C.P. 1988. Successful induced spawning and rearing of holothurian, *Holothuria (Metriatyla) scabra*, Jaeger at Tuticorin. *Marine Fisheries Information Service, Technical and Extension Service* 87:30–33.
- Jangoux M., Rasolofonirina R., Vaitilingon D., Ouin J.M., Seghers G., Mara E. and Conand C. 2002. Un projet pilote d'écloserie et de mariculture d'holothuries à Tuléar, Madagascar. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 14:2–5.
- Li F. 1987. The artificial breeding and cultivation of *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Zoological Marine Drugs* 6(2):103–106.
- Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F., Mercier A. (eds). 2004. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463. Rome: FAO. 425 p.
- Massin C. 1999 Reef-dwelling Holothuroidea (Echinodermata) of the Spermonde archipelago (South-West Sulawesi, Indonesia). *Zoologische Verhandlungen Leiden, The Netherlands* 329:1–144.
- Morgan A.D. 2000. Induction of spawning in the sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea). *Journal of the World Aquaculture Society* 31(2):186–194.
- 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*. FAO Fisheries Technical Paper No. 463.
- Purcell S., Gardner D. and Bell J. 2003. Élaboration de stratégies optimales pour la reconstitution des stocks d'holothuries de sable : un projet conjoint mis en œuvre en Nouvelle-Calédonie. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 16:2–4.
- Ramofafia C., Gervis M. and Bell J. 1995. Reproduction et élevage de larves d'*Holothuria atra*. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 7:2–6.
- Shuxu X. and Gongehao G. 1981. Experiments on southward transportation and artificial breeding of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. *Journal of Fisheries, China* 5(2):147–155.
- Uthicke S., Purcell S. and Blockmans B. 2005. Natural hybridization does not dissolve species boundaries in commercially important sea cucumbers. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2005, 85:261–270.

Abondance saisonnière des larves d'holothuries du grand récif de Toliara (Madagascar)

Thierry Lavitra^{1,2}, Devarajen Vaïtilingon¹, Richard Rasolofonirina¹, Igor Eeckhaut^{1,2}

Résumé

L'abondance des larves d'échinodermes, particulièrement celle des holothuries, a été évaluée dans le lagon du Grand Récif de Toliara (sud-ouest de Madagascar) de décembre 2000 à mai 2002. Plus de neuf mille larves d'échinodermes ont été récoltées dont 33 % de la classe des holothuries. La densité larvaire moyenne varie fortement suivant les saisons. Les larves d'holothuries sont plus abondantes en saison chaude (de novembre à avril) avec en moyenne 77 larves pour 350 m³ qu'en saison fraîche (de mai à octobre) avec 1 larve pour 350 m³. C'est au moment de la diminution de la température (avril) que les larves d'holothuries abondent et représentent 50 % du nombre total des larves d'échinodermes observées; ces larves sont absentes du plancton de juin à octobre. Trois familles d'holothuries ont pu être distinguées: les Holothuriidae, les Stichopodidae et les Synaptidae. Les Holothuriidae sont fortement dominantes et représentent 86 % de l'ensemble des larves d'holothuries récoltées.

Introduction

Vers le début du XX^e siècle, les études sur les larves d'échinodermes ont concerné presque toutes des espèces d'Europe et d'Amérique du nord (Mortensen, 1921, 1931, 1937, 1938). Récemment, certaines études se sont intéressées au développement larvaire d'espèces tropicales (Byrne et Selvakumaraswamy, 2002; Emlet et al. 2002; McEdouard et al., 2002; Sewell et McEuen, 2002). A Madagascar, seules les larves de quelques espèces ont été étudiées (Rasolofonirina, 2004; Vaïtilingon, 2004). Aucune analyse n'a actuellement été menée sur la diversité et l'abondance saisonnière des larves d'échinodermes dans le Canal du Mozambique. Le présent travail est le premier à se consacrer aux larves d'échinodermes rencontrées dans la province néritique du sud-ouest de Madagascar. Elle a été menée pendant une durée de 18 mois dans le lagon du Grand Récif de Toliara et a pour objectif d'analyser l'abondance des larves d'holothuries et celle des larves d'échinodermes au cours de cette période.

Matériel et méthodes

Les collectes de plancton ont été réalisées de décembre 2000 à mai 2002 dans le lagon du Grand Récif de Toliara (sud-ouest de Madagascar) (23°21' S; 43°40' E). Des prélèvements d'eau de mer ont été faits une fois par semaine, en surface (0,5 m de profondeur) à l'aide d'un filet pélagique de 150 µm de maille et de 35 cm d'ouverture. Le filet était tiré derrière un bateau avec une corde en nylon de 10 m de long pendant 13 minutes. La distance parcourue était d'environ 900 m. Pour chaque trait planctonique, le volume d'eau de mer filtré était de 350 m³. Les traits planctoniques ont toujours été effectués à la même heure (17 heures) afin d'éviter toute fluctuation journalière des différents paramètres.

Après chaque trait, l'échantillon était apporté au laboratoire où il était fixé au formol 10 % en eau de mer. Le tri

et le comptage des larves s'effectuaient à l'aide d'une loupe binoculaire. Tout le contenu de chaque échantillon était analysé. En même temps que les traits de plancton, la température et la salinité de l'eau étaient relevées (quatre fois au cours d'un mois). La détermination des différents stades larvaires ainsi que l'identification des taxa ont été réalisées selon les descriptions de Mortensen (1921, 1931, 1937, 1938), Byrne et Selvakumaraswamy (2002), Emlet et al. (2002), McEdouard et al. (2002), Sewell et McEuen (2002) et Rasolofonirina (2004).

Résultats et discussion

La température et la salinité de l'eau du lagon montrent une légère variation au cours de l'année (figure 1). On note deux saisons différentes dans la région sud-ouest de Madagascar: une saison chaude (de novembre à avril) et une saison fraîche (de mai à octobre) pendant lesquelles la température moyenne de l'eau de mer est respectivement au-dessus ou en dessous de 26 °C. La salinité est généralement de 34 ‰ sauf durant la saison des pluies (mois de janvier principalement) où elle peut descendre jusqu'à 31,5 ‰.

Le tableau 1 indique le nombre total de larves des différentes classes d'échinodermes observées pendant la période d'étude, ainsi que leurs proportions respectives. Aucune larve de crinoïde n'a été observée. Les larves d'holothuries, d'échinides et d'ophiures se trouvent en proportions quasi identiques dans la baie de Toliara et représentent respectivement 33, 35 et 31 % du nombre total des larves d'échinodermes récoltées. Les larves d'astérides sont présentes mais en faible quantité par rapport à celles des trois autres classes citées (1 % de l'effectif total).

2954 larves d'holothuries ont été récoltées, parmi lesquelles 22 (soit 8 % de la collecte totale) n'ont pu être identifiées. Ces larves non identifiées sont constituées essentiellement de très jeunes individus dont les caracté-

1. Aqua-Lab, Institut Halieutique et des Sciences Marines, BP 601, Toliara, Madagascar

2. Laboratoire de Biologie marine, Université de Mons-Hainaut, 6 Av. Champ de Mars, 7000 Mons, Belgique

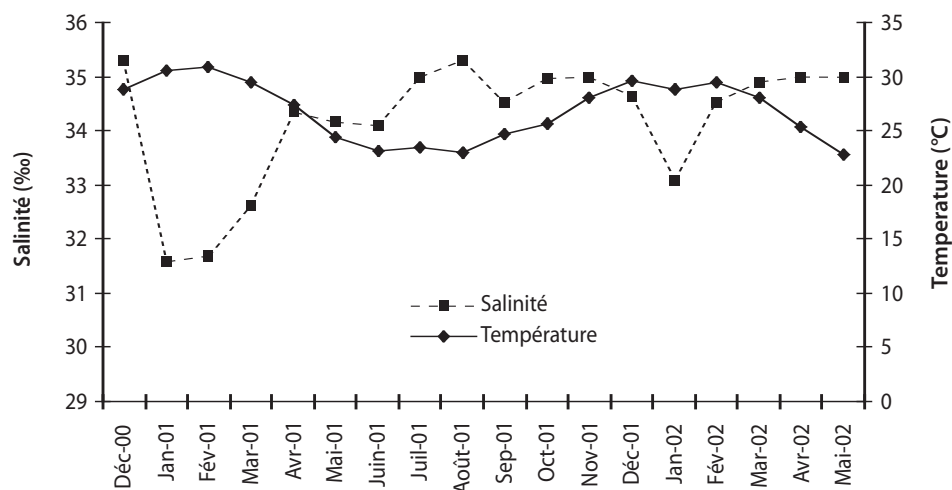
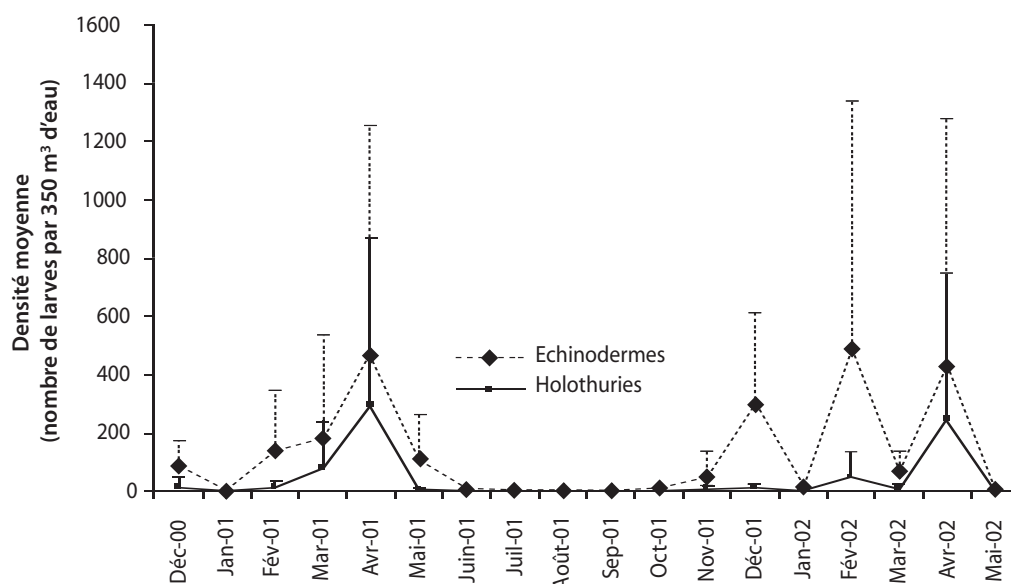


Figure 1. Variation saisonnière de la température et de la salinité moyenne de l'eau de mer dans le lagon de Toliara.



Holothuriidae	++		+	+++	+++							+	+	+	+++	+	+++	
Stichopodidae			+	++								+	+		+	+		
Synaptidae	+		+	++	+	+	+	+				+	+		+	+	+	
Larves non identifiées	+		++	+++	+++			+		+	+	++	+	+	+++	+	++	

+: Densité moyenne inférieure à 10 larves par trait (350m³); ++: entre 10 et 20 larves; +++: supérieure à 20 larves

Figure 2. Densités mensuelles moyennes des larves d'échinodermes (toutes classes confondues) et d'holothuries.

ristiques nécessaires à leur détermination ne sont pas encore visibles. Les larves de la famille des Holothuriidae dominent largement la récolte (86 % des larves d'holothuries), viennent ensuite celles de la famille des Synaptidae (5 %) et enfin celles des Stichopodidae (1 %).

Tableau 1. Nombres et proportions de larves des différents groupes d'échinodermes récoltés au Grand Récif de Toliara

Taxa	Nbre	Proportion (%)
Holothuroidea	2954	32,4
Holothuriidae	2547	86
Stichopodidae	32	1
Synaptidae	153	5
Non identifiées	222	8
Echinoidea	3209	35,2
Ophiuroidea	2822	31,0
Asteroidea	123	1,4
Total	9108	100

La figure 2 montre l'abondance saisonnière des larves d'échinodermes et celle des larves d'holothuries. Les larves d'échinodermes sont présentes et se trouvent presque toujours en abondance de novembre à mai, alors que leur densité moyenne devient nulle ou presque en dehors de cette période (15 larves pour 350 m³ d'eau de mer au maximum). La densité maximale est observée au mois d'avril pour l'année 2001 (467 larves pour 350 m³ d'eau de mer) et aux mois de février et d'avril pour l'année 2002 (moyennes respectivement de 488 et 429 larves pour 350 m³ d'eau de mer).

L'abondance saisonnière des larves d'holothuries suit grossièrement le profil de celle des larves d'échinodermes (Fig. 2). La densité moyenne des larves montre un pic très élevé en avril avec 295 larves pour 350 m³ d'eau de mer pour l'année 2001 et 248 larves pour 350 m³ d'eau de mer en 2002. Ces pics coïncident avec la chute de la température moyenne de l'eau de mer entre mars et avril (diminution de l'ordre de 3 °C).

La comparaison des nombres moyens de larves sur toute la période chaude — 228 larves d'échinodermes en moyenne par trait de plancton dont 34 % d'holothuries — et la période froide — 19 larves d'échinodermes dont 5 % d'holothuries — montrent bien l'abondance larvaire pendant les six mois qui constituent la période chaude.

Les larves des Holothuriidae se retrouvent généralement dans la colonne d'eau de novembre à avril, celle des Stichopodidae de novembre à mars et celles des Synaptidae de novembre à juillet. Pour ces trois familles, les larves semblent néanmoins très peu abondantes en janvier (en janvier 2001, aucune larve d'holothurie n'a été retrouvée, en janvier 2002, seules quelques holothuriidés ont été observés).

Le tableau 2 montre les effectifs et les proportions des différents stades larvaires d'holothuries récoltés. La majorité d'entre-elles étaient au stade auricularia (94 %), généralement dans une phase jeune (le corps larvaire ne présente pas encore toutes les proéminences latérales). Les autres larves étaient en métamorphose ou au stade doliolaria. Quelques individus étaient des embryons se transformant en auricularia.

Tableau 2. Nombres et proportions des différents stades larvaires d'holothuries (Holothuroidea)

Stage	Nbre	Proportion (%)
Embryon	131	4,43
Auricularia, stade initial	2226	75,36
Auricularia, stade avancé	545	18,45
En métamorphose	35	1,18
Doliolaria	17	0,58
Total	2954	100

L'ensemble de ces résultats indique que la saison chaude (de novembre à avril) est la période durant laquelle les larves d'échinodermes et en particulier celles des holothuries sont abondantes, surtout à la fin de cette période. Ceci est en accord avec les résultats de la littérature concernant le cycle de reproduction des holothuries tropicales (Conand, 1989; Mara et al., 1997; Rasolofonirina, 2004). Dans la région de Toliara, seuls les cycles de reproduction de quelques espèces d'holothuries sont connus (Mara et al., 1997; Rasolofonirina, 1997; Rasolofonirina et al., 2005). Celles-ci présentent un cycle de reproduction annuel; on observe des individus matures toute l'année mais beaucoup plus en fin d'été. La ponte des holothuries tropicales est généralement conditionnée par l'augmentation de la température et s'étale sur une période plus ou moins longue (Hyman, 1955). Cette période chaude correspond à l'abondance de phytoplancton dans le milieu. Ce phytoplancton servira directement de nourriture aux larves d'échinodermes. La faible densité des larves en saison fraîche peut être expliquée par le fait que la plupart d'entre elles ne peuvent pas résister à la baisse de température et/ou à l'insuffisance de nourriture (diminution de la biomasse de phytoplancton).

Les larves en métamorphose ainsi que les post-larves d'holothuries ne se trouvent qu'occasionnellement dans le plancton. La rareté de ces larves dans la colonne d'eau peut être expliquée par l'augmentation de leur poids et la régression de leur appareil ciliaire. Cette rareté est probablement aussi due à la courte durée du processus de métamorphose, qui ne dure en général pas plus d'une heure (Hyman, 1955) et à la forte mortalité larvaire qui caractérise cette phase.

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé par l'appui financier de la C.U.D. (Coopération Universitaire au Développement) de la communauté française de Belgique dans le cadre du

projet Echinoculture tropicale à Madagascar. Les auteurs tiennent à remercier toute l'équipe de l'IH.SM (Institut Halieutique et des Sciences Marines) de Toliara pour leur accueil et leur aide. Nous remercions le Professeur Chantal Conand pour la relecture de ce texte.

Bibliographie

- Byrne M. and Selvakumaraswamy P. 2002. Phylum Echinodermata: Ophiuroidea. p. 488–498. In: Young C.M., Sewell M.A. and Rice M.E. (eds). Atlas of marine invertebrate larvae. Florida, USA: Academic Press, Harbour Branch Oceanographic Institution.
- Conand C. 1989. Les holothuries Aspidichirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie (Biologie, écologie et exploitation). Études et thèses. Ed. ORSTOM. 393 p.
- Emlet R.B., Young C.M. and George S.B. 2002. Phylum Echinodermata: Echinoidea. p. 531–551. In: Young C.M., Sewell M.A. and Rice M.E. (eds). Atlas of marine invertebrate larvae. Florida, USA: Academic Press, Harbour Branch Oceanographic Institution.
- Hyman L.H. 1955. The invertebrates: Echinodermata. The coelomate Bilateria Vol. IV. American Museum of Natural History New York. 763 p.
- Mara E.R., Rasolofonirina R., Rabesandratana H.D., Conand C., Rakotoariniyo W., Rasoanandrasana N.B. and Ravelo V.I. 1998. Étude de la pêche aux holothuries et propositions de mesures d'aménagement dans le Sud-ouest de Madagascar. Report IH.SM/ONE/BM, Toliara. 40 p.
- McEdward L.R., Jaeckle W.B. and Komatsu M. 2002. Phylum Echinodermata: Asteroidea. p. 419–503. In: Young C.M., Sewell M.A. and Rice M.E. (eds). Atlas of marine invertebrate larvae. Florida, USA: Academic Press, Harbour Branch Oceanographic Institution.
- Mortensen T.H. 1921. Studies of the development and larval forms of Echinoderms. Copenhagen: GEC Gad. 252 p.
- Mortensen T.H. 1931. Contribution to the study of development and larval forms of Echinoderms I-II. Kongelige Danske Videnskaberues Seiskab Skrifter Naturvidenskabelige Og Mathematisk Afdeling 4(1): 1–65.
- Mortensen T.H. 1937. Contribution to the study of development and larval forms of Echinoderms III. Kongelige Danske Videnskaberues Seiskab Skrifter Naturvidenskabelige Og Mathematisk Afdeling 7(1): 1–65.
- Mortensen T. 1938. Contributions to the study of the development and larval forms of echinoderms. IV. Det Kongelige Danske Videnskaberues Seiskab Skrifter Naturvidenskabelig Og Mathematisk Afdeling 7(3):1–59.
- Rasolofonirina R. 1997. Écologie, biologie et exploitation de deux espèces d'holothuries aspidichirotes, *Bohadschia vitiensis* et *Holothuria scabra versicolor* sur le Grand Récif de Toliara (Sud-ouest de Madagascar). Mémoire de D.E.A en Océanologie appliquée. IH.SM/Université de Toliara. 84 p.
- Rasolofonirina R. 2004. Reproduction et développement de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833) (Holothuridae: Echinodermata). Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles. Bruxelles. 175 p.
- Rasolofonirina R., Vaïtilingon D., Eeckhaut I. and Jangoux M. 2005. Reproductive cycle of edible echinoderms from the South-Western Indian Ocean. II: The sandfish *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). Western Indian Ocean Journal of Marine Science 4(1):61–75.
- Sewell M.A. and McEuen F.S. 2002. Phylum Echinodermata: Holothuroidea. p. 513–530. In: Young C.M., Sewell M.A. and Rice M.E. (eds). Atlas of marine invertebrate larvae. Florida, USA: Academic Press, Harbour Branch Oceanographic Institution.
- Vaïtilingon D. 2004. The biology and ecology of the echinoid *Tripneustes gratilla* (Linnaeus, 1758) of Toliara (Madagascar): Feeding, reproduction, larval development, population dynamics and parasitism. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles. Bruxelles. 234 p.

Nouvelle approche pour mesurer *Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus* aux fins d'évaluations de stocks

Eddie N. Laboy-Nieves¹ et Jesús E. Conde²

Résumé

Des mesures ont été effectuées pour déterminer la longueur du corps ainsi que le poids frais et sec d'*Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus* provenant d'habitats situés à faible profondeur (< 4 m). Une nouvelle approche pour mesurer la longueur du corps a consisté à immerger les spécimens dans de l'eau de mer froide ($\pm 8^\circ\text{C}$) dans laquelle ils atteignent une contraction maximale en moins de 10 secondes. Une minute plus tard environ, les spécimens ont été mesurés et pesés, puis relâchés dans leur habitat. Notre méthode a été comparée à celle de Yingst (1982), qui obtenait une contraction maximale des spécimens par friction manuelle pour mesurer la longueur de leur corps. Bien que ces deux techniques ne présentent aucune différence majeure ($t = 1,65$), la nouvelle méthode a permis d'obtenir des mesures du corps fiables et s'est avérée adéquate pour évaluer rapidement sur site la répartition des holothuries par taille. Elle a également réduit la période d'éloignement des holothuries de leur habitat et les perturbations inhérentes aux manipulations. Les équations de régression établissant la corrélation des caractéristiques biométriques des deux espèces ont été déterminées et peuvent être appliquées pour évaluer les stocks et la biomasse dans le cadre des études sur le terrain, sans pour cela sacrifier des holothuries.

Introduction

L'obtention de mesures précises d'animaux à corps mou est une tâche difficile pouvant déboucher sur des données erronées. Dans le cas de nombreux invertébrés, comme le poids est souvent une fonction du cube de la longueur, les erreurs de mesure linéaire sont amplifiées lorsqu'il s'agit de déterminer les poids (Crisp 1990). La situation est évidente chez l'holothurie en raison de sa contractilité élevée (Pérez-Ruzafa et Marcos-Diego 1985; Conand 1990, 1993a), des difficultés à différencier les adultes contractés des juvéniles allongés (Laboy-Nieves 1997), et des informations lacunaires sur leur comportement et leur histoire biologique (Cutress 1996).

Les holothuries *Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus*, qui se nourrissent de sédiments, comptent parmi les plus grandes et les plus répandues dans les eaux peu profondes des Caraïbes. Elles colonisent ouvertement les herbiers, les fonds boueux des mangroves, les canaux et les substrats sablonneux à proximité des récifs coralliens (Laboy-Nieves 1997; Guzman et Guevara 2002). Leur aire de répartition s'étend aux côtes circumtropicales de l'océan Atlantique (Hendler et al. 1995).

Les holothuries sont pêchées depuis des siècles dans la région indo-pacifique (Conand 2004; Muthiga et Conand 2006) et des indices confirment un déclin des populations et certaines extinctions localisées (Samyn et al. 2005). Depuis l'épuisement des stocks d'holothuries en Asie, les efforts de pêche se concentrent sur les Amériques. L'exploitation anarchique des holothuries a atteint son paroxysme lorsque les Îles Galapagos ont été le théâtre de la tristement célèbre guerre du concombre (*guerra de los pepinos*) qui a attiré l'attention de la communauté internationale en 1994-1995 (Conde 1996; Toral-Granda et Martínez 2004). Au Mexique, la pêche d'*Isostichopus fuscus* durait depuis plus de 10 ans lorsqu'elle a

été interdite en raison d'une soi-disant menace d'extinction de l'espèce (Fuente-Betancourt et al. 2001). Au Panama, la pêche non réglementée a entraîné une surexploitation. (Guzman et Guevara 2002). Les holothuries – y compris les espèces revêtant une valeur commerciale – jouent un rôle important dans le recyclage des nutriments, ce qui accroît la productivité benthique des écosystèmes coralliens. L'élimination des holothuries par la pêche peut réduire la productivité globale des récifs coralliens touchés (Uthicke et al. 2004).

Bien que des données existent déjà sur la longueur du corps d'*H. mexicana* et d'*I. badionotus*, l'information disponible reste principalement limitée à des valeurs moyennes. Seuls Laboy-Nieves (1997) ainsi que Guzman et Guevara (2002) ont présenté des données de corrélation entre la longueur et le poids de ces espèces qui pourraient s'avérer utiles pour la surveillance sur site et l'évaluation des stocks. Cependant, les auteurs s'inquiètent du nombre de méthodes utilisées pour mesurer les holothuries tropicales. Cette situation pose plusieurs problèmes: 1) il est difficile d'établir des comparaisons, 2) la plupart des méthodes exigent de perturber physiquement les spécimens, 3) relâcher les holothuries après les avoir immergées dans une solution de permanganate de potassium (KMnO_4) est une procédure particulièrement laborieuse, et 4) les mesures de longueur effectuées sous l'eau peuvent être propices à l'erreur. Le présent document a pour but de 1) fournir une méthode d'évaluation des stocks sur site simple et économique en mesurant la longueur contractée de ces espèces, et de 2) déterminer le rapport entre la longueur et le poids pour établir des équations de régression entre ces variables.

Méthode

Une centaine de spécimens de chaque espèce a été ramassée de jour, à la main et au hasard, dans les eaux de

1. Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad del Turabo, Puerto Rico 00778. Courriel: elaboy@mail.suagm.edu
2. Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.

faible profondeur (< 4 mètres) du parc national de Morrocoy, au Venezuela (10°52' N, 68°16' O, température moyenne de l'eau voisine de 29 °C, Laboy-Nieves 1997). Un pied à coulisse et une balance ont été utilisés pour mesurer respectivement le poids frais et la longueur des spécimens contractés. La longueur a été déterminée en modifiant la méthode décrite par Yingst (1982). Au lieu d'obtenir une contraction maximale des spécimens par friction manuelle (Yingst 1982), la longueur a été mesurée de la bouche au podia anal, suivant la face latérale, après avoir immergé les spécimens dans un seau d'eau de mer froide et de glaçons. La ligne dorsale n'a pas été prise en considération, car *H. Mexicana* héberge un épibiote complexe et est recouverte d'autres matériaux solidement fixés (*I. badionotus* ne révèle aucun épibiote). Les ambulacres ventraux n'ont pas non plus été pris en considération, car les deux espèces forment un arc plus aigu après avoir atteint la contraction maximale. Une expérience a été réalisée afin de déterminer la température de l'eau qui déclenchait la contraction la plus rapide des holothuries. Il s'est avéré que les contractions intervenaient cinq secondes environ après l'immersion dans de l'eau à 10 °C ou moins. Les deux méthodes ont été comparées.

Les spécimens ont été placés dans un seau immergé à proximité du bateau, puis placés un par un dans un autre seau contenant de l'eau de mer froide. Une fois contractés leurs longueurs ont été mesurées. Ensuite, les échinodermes ont été relâchés dans leur habitat. Trente spécimens ont été sacrifiés en vue d'estimer le poids sec. Pour ce faire, ils ont été éviscérés et vidés de leur matériel épibiotique puis séchés au four à 80 °C pendant deux jours. Le poids éviscéré n'a pas été pris en considération car les spécimens ont été initialement pêchés pour les besoins d'une étude en cours sur le contenu en nutriments et la bioaccumulation d'éléments. Les équations de régression ont été déterminées en corrélant ces mesures.

Résultats

La taille de *H. mexicana* et de *Isostichopus badionotus* est assez différente. *H. mexicana* (poids frais) est constituée d'eau et de matières fécales à 88,8 %; cette valeur est de 95,6 % pour *I. badionotus*. Le tableau 1 fournit des informations statistiques descriptives de la longueur contractée et du poids frais pour les deux espèces. Les analyses ont révélé que la longueur et le poids d'*H. mexicana* étaient respectivement de 172,1 % et 273,7 % supérieurs à ceux d'*I. badionotus* (tableau 1). La longueur contractée de la plupart des spécimens (74 %) d'*H. mexicana* se situait entre 20 et 30 cm tandis que dans le cas d'*I. badionotus*, 77 % des valeurs se situaient entre 10 et 20 cm (figure 1). Les spécimens examinés ($x > 6,5$ cm, Cutress 1996) étaient adultes dans environ 95 % des cas. Les seuls juvéniles ramassés étaient des *I. badionotus*.

Tous les spécimens ont atteint une contraction maximale en moins de 10 secondes après avoir été immergés dans de l'eau froide. Les petits se sont contractés plus rapidement que les grands. Il a fallu environ une minute pour peser et mesurer chaque individu. Une fois mesurées, les holothuries ont été relâchées dans leur habitat où elles ont repris leurs activités normales après une dizaine de minutes. Certains individus (sept *H. mexicana* et quatre

I. badionotus) ont pondu après avoir été réintroduits dans l'eau tiède.

Le tableau 2 contient les équations de régression et les coefficients de corrélation correspondant aux variables biométriques d'*H. mexicana* et d'*I. badionotus*. Une corrélation étroite a été établie, pour les deux espèces, entre la longueur contractée et le poids frais. Par ailleurs, il a été constaté que la longueur contractée était nettement et directement proportionnelle aux poids frais et sec d'*H. mexicana* et au poids frais d'*I. badionotus*. Dans le cas du poids frais et sec, seule *H. mexicana* révélait d'importantes différences.

Aucune différence majeure ($t_s = 1,65$, $p = 0,121$) n'a été constatée après avoir comparé la longueur contractée à l'aide de la méthode de Yingst puis à l'aide de la procédure utilisée par les auteurs du présent document. La technique de Yingst passe par une friction manuelle des spécimens pour obtenir une contraction, mais cette manipulation peut endommager l'épiderme fragile d'*I. badionotus* et elle est parfois suivie d'une éviscération. En ce qui concerne *H. mexicana*, la friction manuelle a entraîné l'élimination de l'épibiote et d'autres fragments de débris marins collés à la peau. Pour la personne chargée de manipuler les holothuries, la méthode de Yingst provoque parfois de petites éraflures et de légères blessures occasionnées par des éléments durs (coquilles, cailloux, fragments de corail) fixés au corps *H. mexicana*. Notre méthode consistant à immerger les spécimens dans de l'eau froide comportait moins de risques que celle de Yingst, car les animaux n'étaient pas exposés aux perturbations inhérentes aux manipulations, sauf au moment d'être prélevés du substrat.

Discussion

L'absence d'une méthode normalisée pour mesurer la longueur des holothuries et, par conséquent, leur biomasse dans le cadre d'évaluation des stocks et de modélisation, pose des difficultés dès lors qu'il s'agit de comparer des données et de suivre des variations. Bien que chaque auteur recherche les données les plus objectives (Pérez-Ruzafa et Marcos-Diego 1985), la variété des méthodes et la complexité relative de certaines d'entre elles, déjouent les tentatives de normalisation. Conand (1989), cité par Dalzell et al. (1996), a rencontré différents problèmes liés à la plasticité des holothuries lorsqu'elle s'est proposé de mesurer leur taille linéaire. Elle a par la suite privilégié l'utilisation du ratio des gonades fraîches par rapport au poids ouvert (Conand 1993a) ou le poids pour exprimer la fréquence de taille (Conand 1995). Conand et Byrne (1993) ont reconnu que la diversité des techniques utilisées pour recenser les holothuries limitait les comparaisons de données et que des statistiques adéquates devaient être normalisées. À l'instar des auteurs du présent document, Conand (1993b) a procédé à des associations biométriques entre la longueur totale et le poids frais total, mais n'a pas spécifié la méthode utilisée pour mesurer la longueur totale.

Dans le cas particulier d'*Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus*, Sloan (1979) a utilisé la biomasse au lieu des mesures linéaires. Hammond (1982) a mesuré la longueur allongée moyenne, Yingst (1982) a préféré mesurer

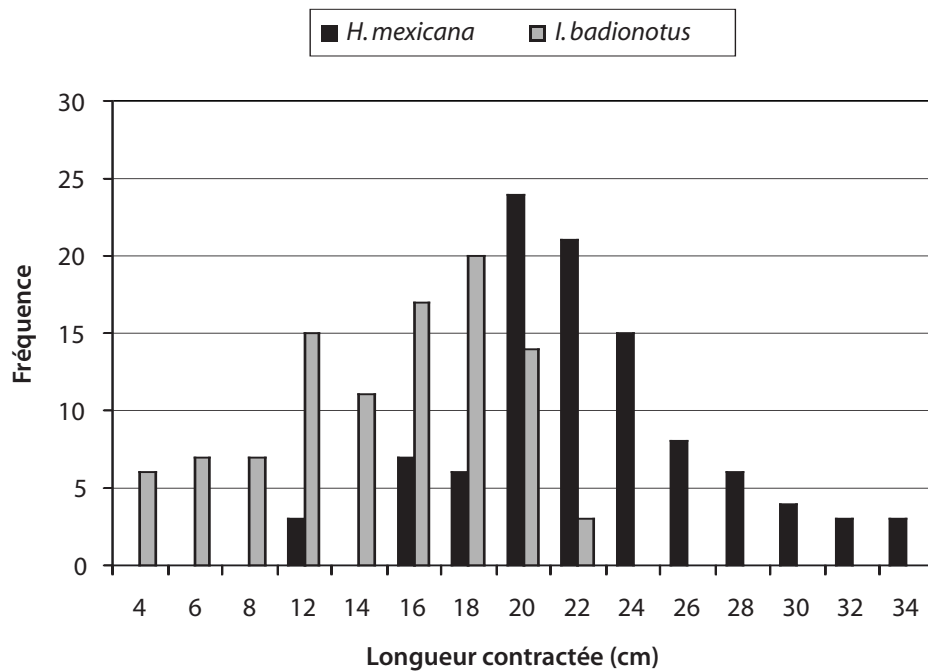


Figure 1. Répartition d'*Holothuria mexicana* et d'*Isostichopus badionotus* par longueur contractée (ANOVA $F = 260,37^{**}$)

Tableau 1. Longueur contractée (cm) et poids frais (g) d'*Holothuria mexicana* et d'*Isostichopus badionotus*

	<i>Holothuria mexicana</i>		<i>Isostichopus badionotus</i>	
	Longueur	Poids	Longueur	Poids
Moyenne	23,4	561,9	13,61	204,8
(écart-type)	(4,64)	(212,3)	(4,26)	(62,3)
Fourchette	12,2–5,6	163–1205	4,1–21,3	79–355

Tableau 2. Équations de régression pour la longueur contractée (CL), le poids frais (WW) et le poids sec (DW) d'*Holothuria mexicana* et d'*Isostichopus badionotus*. Les valeurs significatives ($0,01 < P < 0,05$) sont indiquées par un astérisque ($n = 30$, à l'exception de la longueur contractée et du poids frais: $n = 100$)

	<i>Holothuria mexicana</i>	<i>Isostichopus badionotus</i>
Longueur contractée et poids frais	$CL = 11,514 + 0,021 \times WW$ $r = 0,97^{**}$	$WW = 27,505 + 13,034 \times CL$ $r = 0,89^{**}$
Longueur contractée et poids sec	$CL = -70,610 + 5,724 \times DW$ $r = 0,76^*$	$DW = 4,226 + 0,371 \times CL$ $r = 0,24$
Poids frais et poids sec	$DW = -15,613 + 0,143 \times WW$ $r = 0,84^{**}$	$DW = 1,630 + 0,037 \times WW$ $r = 0,54^*$

la longueur contractée après avoir frictionné les spécimens, Sambrano (1987) a anesthésié ses spécimens pour en mesurer l'allongement maximal, et Guzman et Guevara (2002) ont immergé les holothuries dans du permanganate de magnésium et ont attendu environ cinq minutes avant de mesurer l'allongement.

La méthode initiale de Yingst (1982) répond à une approche pratique de la surveillance rapide sur site. Bien que nous n'ayons pas obtenu de différences majeures à l'issue de notre étude, notre nouvelle approche présente certains avantages sur celle de Yingst, car elle est non seulement plus simple et plus rapide, mais aussi inoffensive, tant pour les animaux que pour les personnes chargées des manipulations. Seul un seau d'eau froide est nécessaire pour contracter les spécimens, qui réagissent immédiatement une fois immergés. Ces facteurs permettent de prélever et de traiter davantage de spécimens lorsque le temps et les ressources sont limités.

Par rapport aux méthodes de Sambrano (1987) et de Guzman et Guevara (2002), notre technique représente une amélioration, car elle évite d'exposer les holothuries à des produits chimiques. Par ailleurs, contrairement à la méthode d'Hammond (1982), notre procédé réduit le temps nécessaire à l'établissement de mesures puisqu'il est inutile d'attendre que les spécimens atteignent une longueur allongée moyenne. Il n'est guère facile de mesurer des spécimens dans de l'eau de mer à température normale ($\pm 29^\circ\text{C}$) en régions tropicales, car les manipulations peuvent provoquer une éviscération des individus, des contractions et des étirements intempestifs, ainsi qu'une accélération du rythme respiratoire (observation personnelle). Un avantage de notre méthode consiste à immerger des individus dans de l'eau froide pour déclencher une contraction immédiate qui bloque la respiration cloacale et paralyse les mouvements du corps en moins de 10 secondes. Par conséquent, la manipulation et la mesure des spécimens sont plus rapides sans devoir recourir à l'utilisation de gants ou de produits chimiques pour frictionner ou tranquilliser les individus. Par ailleurs, l'épibiot type d'*H. mexicana* n'a pas été mécaniquement modifié, pas plus que le fragile épiderme d'*I. badionotus* n'a été endommagé comme cela a été le cas avec la méthode de Yingst qui requiert une friction des animaux. Notre méthode se traduit par une amélioration pour la personne chargée des opérations parce qu'elle réduit le risque de contact avec les liquides et les solides émanant de l'éviscération, ainsi que les blessures résultant des frictions sur les holothuries couvertes de débris tranchants tels que des coquillages brisés. Cette méthode pourrait également être utilisée pour pêcher les holothuries lorsque des dispositions légales règlementent leur taille.

Bruckner (2005) a souligné que les tailles minimales doivent être basées sur la taille à la première maturité sexuelle. Ce critère est avantageux pour la gestion des ressources halieutiques destinées à l'exportation, car la surveillance de son application est possible sur le marché même. L'approche présente toutefois un inconvénient en ce sens que les animaux rejetés en raison de leur taille insuffisante sont déjà morts, ce qui nuit à la capacité de reproduction du stock et porte un préjudice financier aux pêcheurs (Richmond 1996). En outre, l'uti-

lisation de tailles minimales n'offre aucune garantie de rendements optimaux, pas plus qu'elle ne donne d'indications sur la quantité d'holothuries pêchées. Lorsque la pêche est gérée uniquement en fonction du critère de la taille, les quantités initiales pêchées seront importantes, car tous les individus dont la taille est supérieure à la taille minimale sont susceptibles d'être pêchés. Au fil du temps, les individus plus grands se raréfieront et la pêche annuelle dépendra du nombre d'animaux qui atteignent la taille autorisée.

L'Australie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Îles Fidji et les Tonga ont introduit des tailles minimales pour la pêche d'holothuries, mais les règles sont soit basées sur la longueur de l'animal vivant, soit sur la longueur de l'animal sec, ce qui techniquement pourrait être à l'origine de divergences. Bruckner (2005) a affirmé que le critère de la taille minimale exige d'importantes quantités de données et que la majeure partie du travail incombe au pêcheur qui doit déterminer si chaque spécimen répond à ce critère, une tâche difficile lorsque l'on sait que la longueur d'une holothurie est étroitement liée au comportement de l'animal (selon qu'il est contracté ou pas). La méthode décrite ici (mesure de la longueur contractée) pourrait être une approche pratique de la normalisation des mesures de longueur. D'autres études doivent être menées pour comparer la longueur de l'holothurie contractées avec celle observée à la maturité sexuelle.

Les faibles variations de taille qui ressortent de cette étude indiquent que les populations d'*H. mexicana* et *I. badionotus* se composent principalement d'individus de taille semblable. Il a été constaté que les juvéniles peuplent les eaux plus profondes ou occupent d'autres habitats dans les eaux moins profondes (Cutress 1996). Cette situation s'explique par des rivalités au sein d'une même espèce ou entre espèces, la prédation et la disponibilité de nourriture (Laboy-Nieves 1997), une forte hétérogénéité de l'environnement (Laboy-Nieves et al. 2001), et différentes réactions physiologiques à la pollution (Laboy-Nieves et Conde 2001). Pour des raisons de logistique, tous les spécimens ont été ramassés pendant la journée, une période au cours de laquelle les juvéniles ne sont pas nécessairement actifs et n'exhibent aucun comportement peu explicite (Cutress 1996).

La longueur contractée de chaque espèce est étroitement liée à son poids frais et son poids sec. Bien que le lien entre ces variables se caractérise par des différences particulières, les équations de régression peuvent être appliquées pour évaluer ou estimer la biomasse dans le cadre d'études qui ne nécessitent pas de sacrifier ces animaux. Toutefois, il est impératif de tenir compte de la biologie et de la signification statistique, car aucune statistique ne peut dégager notre responsabilité des conclusions biologiques tirées de données biométriques.

Le fait que toutes les holothuries aient repris leurs activités environ 10 minutes après avoir été relâchées peut indiquer que le choc thermique de cinq secondes n'a eu aucune incidence sur leur état de santé. Les rares pontes observées après la réinsertion des holothuries dans les eaux tièdes sont conformes à l'effet de la stimulation thermique relevé par Mosher (1982), Baskar (2004) et Laxminarayana (2005).

Des membres de la famille Stichopodidae ont fait l'objet d'une surexploitation commerciale en Amérique du Sud (Powell et Gibbs 1995). Une exploitation clandestine de *I. badionotus* a été observée par l'auteur principal et rapportée par Conde (1996). Par conséquent, les facteurs humains peuvent fausser les observations sur site de populations naturelles de n'importe quelle autre holothurie dotée d'une valeur commerciale. Dans l'Est du Venezuela, *I. badionotus* a été exploitée sous surveillance, pendant quelques temps, mais les droits de pêche ont été suspendus en raison du manque d'information relative à la gestion, telles que les distributions des holothuries en fonction de la taille de leur corps et de leur poids (Buitrago et Boada 1996). Ces exemples illustrent le besoin urgent d'évaluer les stocks afin de déterminer la durabilité des ressources d'holothuries.

Pour promouvoir l'acquisition d'un plus grand nombre de données fiables et établir de nouvelles classes et catégories de taille, les facteurs susmentionnés ainsi que d'autres susceptibles d'avoir une incidence sur la taille du corps comme, par exemple, le développement des gonades (Conand 1993a), ou la température et l'oxygène dissout (Laboy-Nieves 1997), doivent être pris en considération. En attendant, la méthode décrite ici peut s'avérer utile pour une évaluation rapide des stocks d'holothuries dans les eaux peu profondes. L'importance des stocks ainsi que toute indication de l'état de ces derniers sont deux paramètres utiles à l'élaboration de stratégies de gestion efficaces. Ces paramètres peuvent alors être utilisés pour indiquer les niveaux de prise futurs qui permettent d'exploiter durablement les holothuries. Les systèmes de gestion des espèces aquatiques se caractérisent par une complexité variable, allant des modèles d'évaluation des stocks, qui reposent sur un volume important de données relatives aux prises et à la surveillance, à l'application de mesures relativement simples telles que les zones interdites et les tailles minimales autorisées. Selon la nature de la ressource, un système de gestion efficace ne doit pas nécessairement demander des mesures nombreuses et complexes pour pouvoir exploiter durablement la ressource. Cependant, l'équilibre est délicat entre l'autorisation de pêche à des niveaux probablement durables, et une prudence suffisante pour éviter toute menace à la survie des espèces.

Remerciements

Les auteurs remercient Carlos Carmona de son aide précieuse lors des recherches bibliographiques, ainsi qu'Antonio Boada et Edlin Guerra de leur assistance sur le terrain.

Bibliographie

- Bruckner A.W. 2005. Management and conservation strategies and practices for sea cucumbers: p. 1–35. In: Bruckner A.W. (ed). The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum 44. 239 p.
- Buitrago J. and Boada J.A. 1996. La pesca de la holoturia *Isostichopus badionotus* en el oriente de Venezuela. Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle 61:33–40.
- Conand C. 1989. Les holothuries aspidochirotés du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, exploitation. Études et thèses. OSTOM, Paris.
- Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper No. 272.2. 143 p.
- Conand C. 1993a. Reproductive biology of the characteristic holothurians from the major communities of the New Caledonia lagoon. Marine Biology 116:439–450.
- Conand C. 1993b. Ecology and reproductive biology of *Stichopus variegatus*: An Indo-Pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). Bulletin of Marine Science 52(3):970–981.
- Conand C. 1995. Asexual reproduction by fission in *Holothuria atra*: variability of some parameters in populations from the tropical Indo-Pacific. Oceanologica Acta 19(3–4):209–216.
- 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 No. 463. 425 p.
- Conand C. and Byrne M. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. Marine Fisheries Review 55(4):1–13.
- Conde J.E. 1996. Pepinos-do-mar. sobre sushi, sedimentos e coíça. Ciencia Hoje 20(117):36–42.
- Crisp D.J. 1990. Energy flow measurements. p. 284–372. In: N.A. Holme and A.D. McIntyre (eds), Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications. London.
- Cutress B.M. 1996. Changes in dermal ossicles during somatic growth in Caribbean littoral sea cucumbers (Echinoidea: Holothuroidea: Aspidochirotida). Bulletin of Marine Science 58(1):44–116.
- Dalzell P., Adams T.J.H. and Polunin N.V.C. 1996. Coastal Fisheries in the Pacific Islands. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review 34:395–531.
- Fuente-Betancourt M.G., Jesús-Navarrete A., Sosa-Cordero E. and Herrero-Perezrul M.D. 2001. Assessment of the sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) as potential fishery resource in Banco Chinchorro, Quintana Roo, Mexico. Bulletin of Marine Science 64:59–67.
- Guzman H. and Guevara C.A. 2002. Population structure, distribution and abundance of three commercial species of sea cucumbers (Echinodermata) in Panama. Caribbean Journal of Science 38(3–4): 230–238.
- Hammond L.S. 1982. Patterns of feeding and activity in deposit holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. Bulletin of Marine Science 32:549–571.

- Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L. and Kier P.M. 1995. Sea stars, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institutions Press. Washington, D.C. USA. 390 p.
- Laboy-Nieves E.N. 1997. Factores que limitan la distribución y abundancia de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* en el Parque Nacional Morrocoy. Doctoral Dissertation. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas, Venezuela. 279 p.
- Laboy-Nieves E.N. and J.E. Conde. 2001. Metal levels in eviscerated tissue of shallow-water deposit-feeding holothurians. *Hydrobiologia*. 459(1-3):19-26.
- Laboy-Nieves E.N., Klein K., Conde J.E., Losada F., Cruz J.J. and Bone D. 2001. Mass mortality of tropical marine communities in Morrocoy, Venezuela. *Bulletin of Marine Science* 68(2):163-179.
- Laxminarayana, A. 2005. Induction de la ponte et élevage des larves des holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra* à l'île Maurice. *La Bêche-de-mer*, Bulletin de la CPS 22:48-52.
- Mosher C. 1982. Spawning behavior of the aspidochirote holothurian *Holothuria mexicana* Ludwig. p. 467-468. In: J.M. Lawrence (editor), International Echinoderm Conference. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Muthiga, N and Conand, C. (eds) 2006. Regional sea cucumber project: Proceedings of the start-up workshop, Mombasa Kenya, 26-29 January 2006. 20p.
- Pérez-Ruzafa A. and Marcos-Diego C. 1985. Técnicas de recolección y estudio en la clase *Holothuroidea* y generalidades, sistemática, ecología, biología y comportamiento. *Anales de Biología* 3:13-35.
- Powell J.R. and Gibbs J.P. 1995. A report from Galápagos. *Trends in Ecology and Evolution* 10(9):351-354.
- Richmond R.H. 1996. Suggestions for the management of sea cucumber resources in Micronesia. Results of the workshop "A Regional Management Plan for a Sustainable Sea Cucumber Fishery for Micronesia". Technical Report 101. University of Guam Marine Laboratory. 68 p.
- Sambrano A. 1987. Actividad sedimentívora de *Holothuria mexicana* e *Isostichopus badionotus* (Echinodermata: Holothuroidea) en bajos de *Thalassia*. Tesis de Licenciatura. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. 135 p.
- Samyn Y., Vanden Spiegel D. and C. Massin. 2005. Les holothuries de l'archipel des Comores. *La Bêche-de-mer*, Bulletin de la CPS 22:14-18.
- Sloan N.A. 1979. Microhabitat and resource utilization in cryptic rocky intertidal echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Marine Biology* 54:269-279.
- Toral-Granda M.V. and Martinez P.C. 2004. Population density and fishery impacts on the sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the Galapagos Marine Reserve: p. 91-100. 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.
- Uthicke S., Welch D. and Benzie J.A.H. 2004. Slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: Evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. *Conservation Biology* 18(5):1395-1404.
- Yingst J.Y. 1982. Factors influencing the rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding holothurian. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 14:119-134.

Les probiotiques et l'élevage d'holothuries

Hirimuthugoda Nalini Yasoda^{1,2,*}, Zhenming Chi¹ et Zhu Kai Ling¹

Résumé

L'essor de l'élevage d'holothuries devrait entraîner l'apparition de nouvelles maladies dans un avenir proche. Afin de prévenir les maladies liées à l'aquaculture, on utilise généralement les antibiotiques en grande quantité même si leur application illimitée se solde par l'apparition de nouveaux pathogènes virulents. La méthode consistant à utiliser des probiotiques est rapidement en train de faire de nombreux adeptes grâce à son efficacité en matière de lutte contre les microorganismes pathogènes. Cet article met l'accent sur l'utilisation des probiotiques pour lutter contre les pathogènes dans le cadre de l'élevage d'holothuries.

Introduction

L'holothurie est l'échinoderme le plus largement consommé et ce, depuis la nuit des temps. Même si la pêche de l'holothurie a une histoire ancienne, l'aquaculture des holothuries s'est seulement développée au cours des dernières décennies. Cette activité est désormais bien établie dans de nombreux pays tels que l'Australie, la Chine, les Îles Galapagos, l'Indonésie, le Japon, la Malaisie et les Philippines (voir Conand 2004 pour un tour d'horizon). Les produits bruts étaient consommés à l'intérieur des pays producteurs, alors que les produits transformés étaient pour l'essentiel exportés vers la Chine, Hong Kong, et Taiwan (Conand 2004; Vannuccini 2004).

Les bêtes-de-mer sont consommées non seulement pour leurs propriétés gustatives mais également pour leurs vertus médicinales. Elles sont en effet couramment utilisées pour traiter l'anémie, l'impuissance, la constipation et la miction fréquente (Hamel et Mercier 2004). Elles sont également très riches en vitamines, en oligo-éléments, en polysaccharides (sulfate de chondroïtine), qui soulagent les douleurs arthritiques et inhibent l'activité virale, et en glycosides saponines qui inhibent l'activité cancéreuse (Hamel et Mercier 2004).

L'augmentation rapide de la demande commerciale a débouché sur une surexploitation des populations naturelles d'holothuries dans le monde entier. Résultat: des entreprises pérennes disposant de techniques d'élevage modernes ont été mises sur pied dans plusieurs pays. Vu la faible consommation d'oxygène des holothuries, certains entrepreneurs se sont lancés dans l'élevage mixte de crevettes et d'holothuries, rentable sur le plan économique sans avoir besoin de prévoir un système d'aération supplémentaire ni un renouvellement fréquent de l'eau (Hamel et Mercier 2004). L'essor rapide de l'élevage intensif a conduit à une augmentation des diverses maladies pathogènes qui sont devenues une contrainte majeure pour la filière. En l'absence d'informations relatives aux maladies et aux mesures préventives, il est difficile de garantir les bénéfices attendus par la filière en cas d'épidémie.

Les holothuries sont sujettes aux infections par des parasites, notamment par des protozoaires, des bactéries, et des métazoaires (Becker et al. 2003; Eeckhaut et al. 2004). La forte densité d'animaux dans les bacs d'écloserie et dans les bassins favorise la propagation des pathogènes, et le milieu aquatique (avec adjonction régulière d'aliments riches en protéines) est idéal pour le développement des microorganismes pathogènes ou non. Même en l'absence de bactéries ou de virus pathogènes, les aquaculteurs utilisent les antibiotiques en grandes quantités comme mesure de prophylaxie. Résultat: on constate une augmentation du nombre de bactéries désormais résistantes à de multiples antibiotiques et du nombre de pathogènes fortement virulents. Par conséquent, l'utilisation de bactéries bénéfiques qui ralentiraient le développement des bactéries pathogènes sous l'effet d'une concurrence directe est une meilleure solution que l'administration d'antibiotiques. Cet article a pour objet de débattre de l'opportunité d'utiliser des probiotiques, comme méthode écologique et biologique de lutte contre les maladies dans le cadre de l'élevage d'holothuries.

Maladies des holothuries et microorganismes associés

Comme l'élevage d'holothuries est une activité relativement nouvelle, les connaissances relatives à l'émergence de maladies dans cette activité sont limitées par rapport à celles relatives aux maladies observées dans d'autres filières aquacoles majeures sur le plan économique. Toutefois, l'atelier sur "les progrès dans l'aquaculture et la gestion des concombres de mer" qui s'est tenu en Chine en 2003, a permis de mettre en lumière plusieurs maladies que l'on retrouve dans le monde entier et qui concernent différentes espèces.

Très peu d'études ont porté sur l'identification des agents causaux des maladies touchant les holothuries. Zhan et Yu (1993) ont identifié des sporozoaires parasites. La plupart de ces parasites sont présents dans le système hémal et dans les intestins des holothuries.

Afin de recenser les maladies microbiennes, Sun et Chen (1989) ont conduit des études sur l'île de Ling Shan (Chine) et ils ont isolé 11 genres de bactéries provenant

1. UNESCO Chinese Center of Marine Biotechnology, Ocean University of China, No. 5, Yushan Road, Qingdao, Chine
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Ruhuna, Mapalana, Kamburupitiya, Sri Lanka
* Auteur correspondant: nyhirimuthugoda@yahoo.com

de la partie antérieure et de la partie postérieure des intestins, du liquide coelomique, et du tégument de *Stichopus japonicus*. Les bactéries appartenaient aux genres suivants: *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Neisseria*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Xanthomonas*, *Corynebacterium*, *Caulobacter*, et *Alcaligenes*. Quatre genres de levure ont également été découverts dans des holothuries (*Torulopsis*, *Rhotorula*, *Cryptococcus* et *Debaryomyces*); et, dans les milieux vaseux, *Achromobacter* et *Bacillus* étaient les genres dominants. Les souches de *Bacillus* se retrouvent communément dans la vase mais on en a retrouvées quelques unes chez l'espèce *Stichopus japonicus* (Sun et Chen 1989).

Dans l'écloserie Aqualab, à Madagascar, une dermatose ulcéreuse très contagieuse est apparue sur un juvénile d'*Holothuria scabra* et s'est rapidement propagée (Becker et al. 2003). On a également relevé cette maladie chez *Aspoticopus japonicus* en Chine, chez *Isostichopus fuscus* en Équateur, et chez *H. scabra* en Australie et en Nouvelle-Calédonie (Becker et al. 2003). Les conclusions de cette étude indiquent qu'une combinaison d'événements et d'agents, notamment des bactéries, est nécessaire pour provoquer la maladie. On a identifié chez les animaux malades des espèces *Vibrio* (proche de *V. harvey* et *V. alginolyticus*), des espèces bactéroïdes et des protéobactéries "alpha".

Vu l'abondance des holothuries en Chine, des études sont fréquemment réalisées afin d'améliorer la gestion et pour lutter contre les maladies. Wang et al. (2004) ont décrit plusieurs maladies n'ayant pas fait l'objet de déclaration chez *Apostichopus japonicus*, notamment des syndromes liés à une infection des lobes larvaires, des ulcérations de l'estomac chez les larves auricularia, et l'autolyse des petits juvéniles, maladies provoquées par des agents bactériens. Lors d'élevage en extérieur, divers pathogènes, dont des bactéries, des champignons et des parasites, ont provoqué des dermatoses ulcéreuses, des érosions épidermiques, et des œdèmes du corps. Entre 2002 et 2004, les auteurs ont noté qu'un taux de mortalité élevé avait entraîné de graves pertes économiques, et ce, à cause de trois maladies à caractère épidémique, appelées "le syndrome de l'infection des lobes larvaires" ("syndrome of rotting edges"), "le syndrome de la suppression d'adhérence" ("syndrome of off-plate") et le "syndrome de l'infection tégumentaire" ("syndrome of skin erosion"). L'espèce *Vibrio* était à l'origine de toutes ces maladies, et les résultats de l'étude permettaient de conclure que la vibriose est la principale maladie affectant les holothuries d'élevage. Les auteurs recommandaient l'utilisation d'antibiotiques comme mesure préventive. Les *Vibrio* se développent en se fixant sur des algues et, pour la plupart, ils atteignent une forte densité de population après avoir été ingérés avec les algues puis expulsés des tubes digestifs avec des algues lysées dans les boulettes fécales; les *Vibrio* sont des bactéries intestinales des animaux aquatiques, dont le zooplancton (Sun et Chen 1989).

Efficacité des probiotiques dans la lutte contre les maladies

On peut définir un probiotique comme un complément alimentaire microbien vivant ou issu de l'élevage, exerçant une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant

son équilibre intestinal (microbien) (Fuller et al. 1989). Verschuere et al. (2000) ont élargi la définition pour inclure un complément microbien vivant qui exerce une action bénéfique sur l'hôte en modifiant la communauté microbienne ambiante ou associée, en optimisant l'utilisation de la nourriture ou en augmentant sa valeur nutritionnelle, et en améliorant la qualité du milieu ambiant.

Sur la base d'éléments probants recueillis au cours des dernières décennies, Irianto et Austin (2002) ont révélé que des microalgues (tétrahélabies), des levures (*Debaryomyces*, *Phaffia* et *Saccharomyces*), des bactéries à gram positif (*Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Micrococcus*, *Streptococcus* et *Weissella*), des bactéries à gram négatif (*Aeromonas*, *Alteromonas*, *Photobacterium*, *Pseudomonas* et *Vibrio*) et des immunostimulants (polysaccharides, glycanes) peuvent être utilisés comme des probiotiques avec succès. Malheureusement, aucune recherche n'a porté sur l'application des probiotiques à l'élevage d'holothuries.

Les substances humiques que l'on trouve dans les sédiments de fond, en mer ou dans les lacs, dans le sol, dans la tourbe ou les charbons, et qui proviennent de la décomposition de matières organiques, notamment de végétaux morts, sont constituées d'un mélange de macromolécules complexes présentant des structures phénoliques polymériques (Flaig et al. 1975; Kupryszewski et al. 2001). Kupryszewski et al. (2001) ont analysé les propriétés microbiennes de 12 préparations de substances humiques isolées provenant d'eau de mer, de sédiments de fonds marins, et d'eau de lac. L'analyse des substances humiques, des acides humiques et des acides fulviques a mis en évidence des activités antimicrobiennes variées que l'on peut exploiter avec succès dans la lutte contre les maladies. Verschuere et al. (2000) ont indiqué que l'utilisation d'antibiotiques non seulement ne permet pas de lutter contre les microbes, mais qu'elle peut entraîner des modifications nuisibles du microbiote. L'établissement d'un microbiote intestinal normal peut être considéré comme complémentaire à l'établissement de l'appareil digestif, et, dans des conditions normales, le microbiote sert de barrière contre les pathogènes envahissants.

Récemment, Gorski et al. (2003) ont observé que les bactériophages se fixent sur les cellules animales, notamment les lymphocytes, et qu'ils exercent peut-être une action immunomodulatrice. Les bactériophages auraient un effet spectaculaire sur l'infection, produisant une réduction de 98 % de la teneur en bactéries. On pourrait utiliser ces bactériophages dans le cadre d'une simple stratégie de vaccination, consistant dans l'administration orale de bactériophages sous forme de comprimés ou de suspensions liquides (Gorski et al. 2003). Verschuere et al. (2000) ont indiqué que la plupart des probiotiques proposés dans les mesures de lutte biologique sont des bactéries lactiques (par exemple *Lactobacillus*, *Carnobacterium*), des *Vibrio* (par exemple *V. alginolyticus*), des *Bacillus* et des *Pseudomonas*. Une variété de *Vibrio* phages est prédominante dans le Golfe du Mexique (Kellogg et al. 1995). Moebus et Nattkemper (1983) ont révélé que 362-366 bactéries sensibles aux phages, prélevées dans l'Atlantique, appartenaient à la famille des Vibrionaceae et que 280 d'entre elles appartenaient à l'espèce *Vibrio*.

Tableau 1. Hôtes des grands groupes de phages (Ackermann 2003)

Groupe de phages	Groupe ou genre bactérien
<i>Caudovirales</i>	<i>Eubacteria, Euryarchaeota</i>
<i>Microviridae</i>	<i>Enterobacteria, Bdellovibrio, Chlamydia, Spiroplasma</i>
<i>Corticoviridae</i>	<i>Alteromonas</i>
<i>Tectiviridae</i>	(a) <i>Enterics, Acinetobacter, Pseudomonas, Thermus, Vibrio</i> (b) <i>Bacillus, Alicyclobacillus</i>
<i>Leviviridae</i>	<i>Enterics, Acinetobacter, Caulobacter, Pseudomonas,</i>
<i>Cystoviridae</i>	<i>Pseudomonas</i>
<i>Inoviridae</i>	
(a) <i>Inovirus</i>	<i>Enterics, Pseudomonas, Thermus, Vibrio, Xanthomonas</i>
(b) <i>Plectrovirus</i>	<i>Acholeplasma</i>
<i>Plasmaviridae</i>	<i>Acholeplasma</i>
<i>Lipothrixviridae</i>	<i>Crenarchaeota: Acidians, Sulfolobus, Thermoproteus</i>
<i>Rudiviridae</i>	<i>Crenarchaeota: Sulfolobus</i>
<i>Fuselloviridae</i>	(a) <i>Crenarchaeota: Acidians, Sulfolobus</i> (b) <i>Euryarchaeota: Methanococcus, Pyrococcus</i>

Verschuere et al. (2000) et Irianto et Austin (2002) ont décrit les activités des microorganismes utilisés comme probiotiques ou comme agents de lutte biologique. Par exemple l'utilisation de probiotiques dans l'élevage des crevettes, particulièrement efficace, est monnaie courante dans le monde entier. Ackermann (2003) a montré qu'on pouvait lutter contre la plupart des bactéries pathogènes à l'aide de leur phage hôte (tableau 1).

Tovar et al. (2002) ont signalé que certaines souches de levures produisent des polyamines qui permettent à la levure d'adhérer au mucus intestinal. Dans cette étude, il s'est avéré que la levure *Debaryomyces hansenii* HF1 (DH), isolée dans les intestins de poissons, peut sécréter des polyamines en quantités significatives.

Villasin et Pomory (2000) ont mis au point une méthode d'extraction de substances présentant des activités antibactériennes chez les holothuries. Ainsi, un extrait d'acétone méthanol issu du tégument de l'holothurie *P. parvimensis* présentait des propriétés antibactériennes contre deux espèces de bactéries (*Bacillus subtilis* et *Enterococci coli*). Ridzwan et al. (1995) ont testé des extraits provenant de *H. atra*, *H. scabra* et *Bohadshia argus* contre sept espèces de bactéries, et ils ont découvert que les extraits de lipide et de méthanol n'avaient pas d'effet inhibiteur, alors qu'un soluté salin tamponné aux phosphates en avait un. Comme les holothuries ne sont pas dotées d'un système immunitaire très développé et qu'elles peuvent ingérer des bactéries pathogènes avec leur nourriture, certaines substances antibactériennes actives doivent être présentes sous une forme ou une autre dans leur corps à des fins de défense (Ridswan et al. 1995).

Discussion

Les océans couvrant les trois-quarts de la planète, les phages marins sont probablement la forme de vie la plus répandue. En 1981, on a recensé près de 2 100 bac-

tériophages, auxquels on en ajoute une centaine tous les ans, ce qui donne actuellement un total de plus de 4 000. Plusieurs bactériophages ont fait l'objet d'études moléculaires intensives, et on comprend bien les relations existant, en laboratoire, entre ces bactériophages et leurs hôtes (Frank et Russell 2000). La majorité des bactéries pathogènes associées aux holothuries sont des espèces pathogènes communes et les bactériophages potentiels ont fait l'objet de recherches. Des recherches complémentaires devraient se concentrer sur l'utilisation des probiotiques dans la lutte contre les maladies touchant les holothuries. L'utilisation de désinfectants et de médicaments antimicrobiens a connu un succès limité dans la prévention et la guérison des maladies bactériennes, car ils sont susceptibles de produire des gènes résistants et de transférer des gènes d'une génération à une autre. Cependant le succès de la lutte contre les maladies grâce à la production et à l'utilisation

de probiotiques dépend des informations dont on dispose sur la relation entre une espèce donnée et différentes souches de bactéries.

Une gestion appropriée de la qualité de l'eau améliore la santé des animaux d'élevage. Dans une ferme piscicole installée dans les terres, les méthodes de désinfection que l'on utilise pour traiter les eaux usées sont les suivantes: exposition à des rayons ultraviolets, ozonation, et chloration. Comme les effluents piscicoles sont généralement constitués de substances solides en suspension, de matières organiques et de différentes souches de microorganismes dangereux, il est indispensable de mettre l'accent sur la désinfection des effluents et de l'environnement des bassins afin de garantir l'absence de tout microorganisme pathogène, ce qui permet d'éviter l'apparition de maladies. Bomo et al. (2003) ont décrit l'utilisation de systèmes de filtration bon marché, comme les filtres à sable, qui peuvent se substituer à l'utilisation de produits chimiques dangereux pour l'environnement lors de la désinfection des eaux usées provenant d'une ferme piscicole.

Certains microorganismes associés trouvés chez les holothuries présentent la capacité de sécréter de la chitinase (Sun et Chen 1989) et d'autres polysaccharides. La chitine est un polymère naturel qui exerce une action antibactérienne, et il serait bon de prêter une plus grande attention à l'utilisation de substances naturelles comme agents de lutte contre les maladies. De nombreux autres extraits d'holothuries révèlent une activité antimicrobienne qui peut être mise à profit dans les méthodes de lutte contre les maladies.

Il y a lieu de penser qu'il est possible de lutter de façon écologique contre les maladies qui se déclarent dans cette nouvelle filière afin d'éviter les accès de maladie et de ne pas créer de pathogènes résistants aux antibiotiques à l'avenir. Les auteurs de cette étude ont isolé plusieurs bactéries marines et espèces de levure associées aux holo-

thuries: des recherches taxonomiques ont permis d'identifier deux souches de levure, *Yarrowia lipolytica* et *Candida tropicalis*, capables de produire de la phytase. Les souches de levure identifiées ont été déposées auprès du *National Center for Biotechnological Information* (Centre national pour l'information biotechnologique), situé aux États-Unis, sous les numéros d'accès suivants: DQ438177 et DQ515959 respectivement. Les auteurs réalisent actuellement des recherches complémentaires sur ces microorganismes.

Bibliographie

- Ackermann H.W. 2003. Bacteriophage observations and evolution. *Research in Microbiology* 154:245–251.
- Becker P., Gillan D., Lanterbecq D., Jangoux M., Rasolofonirina R., Rakotovo J., Eeckhaut I. 2003. The skin ulceration disease in cultivated juveniles of *Holothuria scabra* (Holothuroidea, Echinodermata). *Aquaculture* 242:13–20.
- Bomo A.M., Husby A., Stevik T.K. and Hanssen F.J. 2003. Removal of fish pathogenic bacteria in biological sand filters. *Water Research* 37:2618–2626.
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: An international overview. p. 13–25. 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 Reports No. 463, FAO, Rome. 425 p.
- Eeckhaut I., Parmentier E., Becker P., Gomez da Silva S. and Jangoux M. 2004. Parasites and biotic diseases in field and cultivated sea cucumbers. p. 311–325. 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 Report No. 463, FAO, Rome. 425 p.
- Flaig W., Beutelspracher H. and Rietz E. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances. In: Gieseking J.E. (ed). *Soil components*. New York: Springer. 1211 p.
- Frank T.R. and Russell T.H. 2000. Bacterial viruses and hosts: Influence of culturable state. In: Colwell R.R. and Grimes D.J. (eds). *Non-culturable microorganisms in the environment*. Washington. D.C: ASM press.
- Fuller R. 1989. A review: Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology* 66: 365–378.
- Gorski A., Nowaczyk M., Weber-Dabrowska B., Kniotek M., Boratynski J., Ahmed A., Dabrowska K., Wierzbicki P., Switala-Jelen K. and Opolski A. 2003. New insights into the possible role of bacteriophages in transplantation. *Transplantation Proceedings* 35: 2372–2373.
- Hamel J.F. and Mercier A. 2004. Synchronous gamete maturation and reliable spawning induction method in holothurians. p. 359–372. 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 Reports No. 463, FAO, Rome. 425 p.
- Irianto A. and Austin. B. 2002. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 25:1–10.
- Kellogg C.A., Rose J.B., Jiang S.C., Thurmond J.M. and Paul J.H. 1995. Genetic diversity of related vibriophages isolated from marine environments around Florida and Hawaii, USA. *Marine Ecology Progress Series* 120:89–98.
- Kupryszewski G., Pempkowiak J. and Kedzia A. 2001. The effect of humic substances isolated from a variety of marine and lacustrine environments on different microorganisms. *Oceanologia* 43(2):257–261.
- Moebus K. and Nattkemper H. 1983. Taxonomic investigations of bacteriophage sensitive bacteria isolated from marine waters. *Helgolander Meeresunters* 36:357–373.
- Ridzwan B.H., Kaswandi M.A., Azman Y. and Fuad M. 1995. Screening for antimicrobial agents in three species of sea cucumbers from coastal areas of Sabah. *General Pharmacology* 26(7):1539–1543.
- Sun Y. and Chen D. 1989. Study of in vitro and in vivo physical characters of different types of microbes in sea cucumber. *Oceanologia et Limnologia Sinica* 20:300–307. (in Chinese).
- Tovar D., Zambonino-Infante J.L., Cahu C., Gatesoupe F.J., Vazquez-Juarez R. and Lesel R. 2002. Effect of live yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in sea bass larvae. *Aquaculture* 204:113–123.
- Vannuccini S. 2004. Sea cucumbers: A compendium of fishery statistics. p. 399–414. 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 Report No. 463, FAO, Rome. 425 p.
- Verschuere L., Rombaut G., Sorgeloos P., and Verstraete W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64:655–671.
- Villasin J. and Pomory M.C. 2000. Antibacterial activity of extracts from the body wall of *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea). *Fish and Shellfish Immunology* 10:465–467.
- Wang Y.G., Zhang C.Y., Rong X.J., Chen J.J., Shi C.Y., Sun H. L. and Yan J.P. 2004. Diseases of cultured sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) in China. p. 297–310. 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 Report No. 463, FAO, Rome. 425 p.
- Zhan W.B. and Yu K.K. 1993. Diseases of sea cucumber and sea urchin. *Journal of Oceanology and Limnology* 1:95–100. (in Chinese).

Fiches techniques et guide d'identification relatifs aux espèces d'holothuries d'intérêt commercial

María Verónica Toral-Granda¹

Ces dernières années, les thèmes de l'exploitation durable et de la conservation des holothuries ont fait l'objet de débats nourris dans diverses enceintes (par exemple les ateliers ASCAM et CITES). Ces discussions ont permis de mettre en lumière la nécessité d'élaborer un guide exhaustif afin d'aider les responsables de l'application des règlements et les chercheurs. Même si, au départ, cette publication de la FAO devait être un simple guide d'identification des principales espèces d'holothuries prisées sur les marchés, elle est apparue comme l'occasion idéale de rassembler les données scientifiques disponibles sur la biologie, l'écologie, la commercialisation et les opérations de traitement des espèces commercialisables, ainsi que des photos et des descriptions des différentes étapes du traitement.

En collaboration avec Alessandro Lovatelli (FAO), nous avons élaboré un questionnaire de deux pages, afin de demander aux parties prenantes des informations sur les thèmes susmentionnés. Le format permet aux utilisateurs de saisir les informations à l'aide d'un ordinateur, et de m'envoyer ensuite le questionnaire rempli par voie électronique ou postale. Par la suite, les informations seront compilées sous la forme d'un ouvrage publié par la FAO, en collaboration directe avec la Fondation Charles Darwin. Le questionnaire a déjà été transmis par voie électronique à nos collègues qui travaillent sur les holothuries (c'est-à-dire les chercheurs, les gestionnaires). Cependant, si vous pensez pouvoir contribuer à ce projet, mais que vous n'avez pas reçu le questionnaire, veuillez me le faire savoir et je vous le ferai parvenir par courrier électronique.

Une brève description des informations demandées pour chaque espèce figure dans l'encadré 1. Si les personnes interrogées ont des questions, elles sont priées de me joindre. Le guide inclura même les espèces pour lesquelles il existe peu ou pas du tout d'information, les meilleures données disponibles étant alors utilisées. L'ouvrage fera mention en bonne et due forme de toutes les personnes ayant contribué, et un exemplaire leur sera gracieusement envoyé.

À ce jour, sur la base des travaux de Chantal Conand et des travaux complémentaires réalisés au cours de l'atelier CITES organisé à Kuala Lumpur en mars 2004, 43 espèces ont été identifiées. Toutefois, cette liste d'espèces (tableau 1) n'est pas définitive, et il est possible d'amender, de supprimer et de modifier les données pour chaque espèce. C'est là que nos collègues qui conduisent des recherches sur les holothuries auront un rôle important à jouer: j'apprécierais toutes les informations que vous souhaiteriez apporter sur telle ou telle espèce. Si vous connaissez d'autres espèces qui devraient figurer

dans la liste, veuillez remplir le questionnaire et me le retourner. Si vous connaissez une autre espèce, sans être en mesure de fournir toutes les informations demandées, veuillez m'envoyer les coordonnées d'un expert de cette espèce afin que je puisse joindre cette personne pour l'interroger.

En plus des informations précises relatives à chaque espèce, il est nécessaire de fournir des photos 1) de l'animal vivant, 2) de l'animal après transformation (selon différents procédés), et 3) des spicules calcaires.

La façon d'obtenir des spicules est relativement simple, et en suivant les étapes énumérées ci-dessous, cela ne prend que quelques heures.

- Couper une tranche (1 cm² x 1 mm d'épaisseur) sur la face dorsale.
- Mettre l'échantillon dans un petit tube à essai où l'on a versé 3 mL d'eau de javel ordinaire (NaOCl) et étiqueter le tube pour reconnaître l'échantillon plus tard.
- Laisser l'échantillon dans le tube à essai pendant 30 minutes environ, ou jusqu'à ce que le tégument soit dissous et que les spicules, réduits en fins sédiments blancs, se déposent au fond.
- À l'aide d'une pipette, transférer les fins sédiments blancs sur une lame de microscope, la recouvrir d'une lamelle couvre-objet, puis examiner le sédiment avec un microscope à grossissement de 100 x.
- Positionner les spicules sur la lame de microscope et prendre une photo. Veiller à ce que la taille de la photo soit au minimum de 12 cm x 9 cm avec une résolution de 350 dpi (ou 1 600 x 1 200 pixels).

Afin d'éviter les erreurs et de fournir un produit de la plus haute qualité possible, la FAO a demandé à Jean-François Hamel, à Annie Mercier, à Sven Uthicke, à Steve Purcell, et à Chantal Conand de participer aux travaux d'un comité directeur dont la fonction sera de superviser les travaux et de corriger les erreurs le cas échéant.

Certains d'entre vous ont participé à l'atelier de la FAO sur les progrès de l'élevage et de la gestion des holothuries (ASCAM) (qui s'est tenu à Dalian, Chine, en octobre 2003) ou au séminaire de la CITES (Kuala Lumpur, Malaisie, mars 2004) et certains parmi vous envoient régulièrement des articles à la rédaction du Bulletin d'information Bêche-de-mer de la CPS. Aussi vos avis et votre aide sont-ils importants. Toutes les suggestions que vous pourrez faire seront les bienvenues. Je me permets de solliciter votre soutien. Grâce à vous nous pourrions produire un précieux outil qui contribuera au bien-être des espèces d'holothuries commercialisables.

1. Fondation Charles Darwin / Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
Courriel: vtoral@fcdarwin.org.ec: vtoral@fcdarwin.org.ec

Notre ambition est de disposer de toutes les informations nécessaires pour ce guide d'ici à la fin 2006; c'est pourquoi je vous demande de bien vouloir remplir votre

questionnaire le plus vite possible, afin de soumettre toutes les informations pertinentes à la FAO. Je compte sur vous.

Encadré 1: Description des informations demandées

1. **Nom scientifique:** genre et espèce de votre espèce commercialisée, et nom de la personne qui a nommé cette espèce.
2. **Nom commun anglais:** appellation en anglais de votre espèce commercialisée. S'il n'existe pas de nom commun en anglais, fournir la meilleure traduction possible du nom local.
3. **Nom local:** le nom sous lequel votre espèce commercialisée est connue localement. Identifier la langue dans laquelle l'espèce est nommée (c'est-à-dire Pepino de mar, espagnol).
4. **Préparé/compilé par:** votre nom en tant que collaborateur à cet ouvrage. Des détails supplémentaires concernant votre affiliation et vos coordonnées seront fournis à la fin de la fiche.
5. **Famille:** famille taxonomique à laquelle votre espèce commercialisée appartient (par exemple, Holothuriidae, Stichopodidae, Cucumaridae).
6. **Origine:** région ou zone d'où proviennent les informations relatives à votre espèce commercialisée. Préciser le pays et le continent.
7. **Région FAO:** code de la région FAO d'où proviennent les informations relatives à votre espèce commercialisée.
8. **Photo:** photographie d'un spécimen VIVANT appartenant à votre espèce commercialisée faisant l'objet de la fiche. Si possible, dans son environnement naturel. Indiquer le nom du photographe.
9. **Aspect de l'animal vivant:** description écrite de votre espèce commercialisée vivante. Préciser la couleur, la texture et l'apparence générale.
10. **Poids moyen de l'animal frais (g):**
11. **Longueur moyenne de l'animal frais (cm):**
12. **Croissance:**
13. **Zone de distribution:** aire de répartition géographique où l'on trouve votre espèce commercialisée.
14. **Habitat:** indiquer le substrat et la profondeur de prédilection.
15. **Biologie de la reproduction:** information sur la taille à maturité, ou la taille à laquelle 50 % de la population est en mesure de se reproduire. Merci de préciser si la taille donnée correspond au poids ou à la longueur, et à un spécimen frais, éviscéré ou séché; indiquer si la saison de reproduction est annuelle, bisannuelle, ou permanente; et à quel mois de l'année la reproduction a lieu. Préciser également le taux de fécondité moyen, le nombre moyen d'œufs par gonade, la nature du développement larvaire (lécitotrophique ou planctotrophique), le diamètre moyen des œufs en microns (μm).
16. **Type de pêche:** (i) On parle de pêche **vivrière** lorsque le produit capturé est consommé directement par les familles des pêcheurs, plutôt que d'être acheté par un(e) intermédiaire pour le vendre sur un plus grand marché; ou, "pêche dans laquelle le poisson capturé est partagé et consommé directement par les familles des pêcheurs au lieu d'être acheté par des intermédiaires et vendu sur un plus grand marché"^a. (ii) La pêche **artisanale** est pratiquée par des opérateurs compétents mais ne travaillant pas de façon industrialisée; il s'agit généralement d'une pêcherie à petite échelle et décentralisée, qui s'apparente normalement à la pêche vivrière même si parfois les prises sont vendues. Les sorties en mer sont généralement de courte durée, et le long des côtes, et les embarcations sont de petites tailles³; ou encore, "pêche traditionnelle pratiquée par des ménages de pêcheurs (par opposition à des sociétés commerciales) qui utilisent des quantités relativement faibles de capital et d'énergie, des navires de pêche relativement petits (voire aucun), effectuent de courtes sorties de pêche, à proximité du rivage, et travaillent principalement pour la consommation locale. La pêche artisanale peut être de subsistance ou commerciale, ciblant la consommation locale ou l'exportation. Elle est parfois appelée petite pêche"^b. (iii) On parle de pêche **semi-**

a. <http://www.fao.org/glossary>

b. <http://www.fishbase.org/Glossary>

industrielle lorsqu'il y a une certaine mécanisation des méthodes de pêche, les bateaux de pêche sont plus grands et sont dotés de plus grandes capacités de stockage. Enfin, (iv) la pêche **industrielle** se pratique avec de plus grands navires disposant de capacités de stockage encore plus grandes, et selon des techniques de pêche non artisanales, les prises étant vendues.

17. **À la connaissance de l'auteur, le statut de la population est le suivant:** cette indication correspond aux connaissances de l'auteur sur la santé de la population de l'espèce commercialisée.
18. **Marché principal:** c'est vers ce marché que cette espèce est essentiellement exportée, le cas échéant comme premier maillon de la chaîne commerciale.
19. **Utilisation principale:** principale utilisation de votre espèce commercialisée par les hommes. Si "autre," merci de préciser. Le cas échéant, fournir des renseignements complémentaires au n° 30.
20. **Gestion de la pêcherie (si vous cochez cette case, merci de préciser):** cela permettra de disposer d'informations sur les différents règlements en vigueur en matière de contrôle de la pêche des holothuries. Pour chaque case cochée, merci de donner des détails.
21. **Méthodes/ engins de pêche utilisés:** il peut s'agir de plongée autonome, de plongée au narguilé (avec un compresseur d'air à la surface, qui fournit de l'air via un tuyau), de ramassage à la main, d'hameçons lestés, etc.
22. **Consommation locale:** merci d'indiquer si votre espèce commercialisée est également consommée localement. Merci de fournir des données quantitatives (par exemple, 30 % des prises totales sont consommées à l'échelon local).
23. **Technique de transformation:** expliquer sous quelle forme vous avez obtenu le produit final (c'est-à-dire bêche-de-mer, baume d'holothuries, viscères, etc.).
24. **Facteurs de conversion:** il s'agit de la modification de poids entre l'animal vivant et le produit en saumure, ou entre l'animal vivant et le produit séché.
25. **Photo de l'animal après transformation:** photographie d'un spécimen traité de votre espèce commercialisée. Indiquer le nom du photographe.
26. **Aspect de l'animal après transformation:** description écrite de l'aspect de votre espèce commercialisée, une fois traitée. Indiquer la couleur, la texture et décrire l'aspect général.
27. **Prix local (en US\$):**
28. **Photo des spicules:** photographie des spicules d'un spécimen de votre espèce commercialisée. Indiquer le nom du photographe.
29. **Description des spicules:** préciser les types de spicules trouvés dans le tégument de la face dorsale de votre espèce.
30. **Autres informations utiles:** vous êtes invité à ajouter toutes les informations qui vous semblent intéressantes pour ce guide. Développer l'un ou l'autre des points précédents.

Références: inclure les références utilisées pour les points susmentionnés car il s'agit d'un guide scientifique. Fournir les références complètes des travaux cités. Les références figureront à la fin du guide.

Coordonnées de l'auteur: merci de fournir vos coordonnées, qui figureront à la fin du guide sous la forme de brefs renvois aux experts en holothuries et aux collaborateurs qui ont contribué à cet ouvrage.

Autorisation: afin de publier les informations, la FAO a besoin de votre autorisation pour utiliser les informations et les photos fournies dans votre fiche. Les autorisations fournies pour ce guide ne seront pas utilisées dans un autre contexte. Si vous n'êtes pas l'auteur des photographies fournies, veuillez indiquer les coordonnées du photographe; je me mettrai en rapport avec la personne en question.

Qualité des photos: veuillez vous assurer que les photos mesurent au minimum 12 cm x 9 cm, avec une résolution de 350 dpi (ou 1 600 x 1 200 pixels). Veuillez enregistrer chaque photo en indiquant le nom de l'espèce, la région et le nom du photographe (par exemple: VIVANT-I.fuscus-Galapagos-VTorai.jpg), et les envoyer sous le format .jpg. Inclure une échelle en cm.

Tableau 1. Principales espèces commerciales, estimation de l'état des stocks et noms communs.

#	Espèce ^a	Famille	Valeur commerciale	État des stocks ^b	Nom(s) commercial(aux) le(s) plus commun(s)
1	<i>Athyonidium chilensis</i>	Cucumariidae		3	Pepino de mar
2	<i>Cucumaria frondosa</i>	Cucumariidae		3	Pumpkins; Orange footed cucumber
3	<i>Pattalus mollis</i>	Cucumariidae		5	Pepino de mar
4	<i>Actinopyga lecanora</i>	Holothuriidae	Moyenne	3	Stonefish
5	<i>A. agassizi</i>	Holothuriidae		4	
6	<i>A. echinites</i>	Holothuriidae	Faible	2	Deep-water redfish
7	<i>A. mauritiana</i>	Holothuriidae	Moyenne	2	Surf redfish
8	<i>A. miliaris^a</i>	Holothuriidae	Moyenne	2	Blackfish; Hairy blackfish
9	<i>A. palauensis</i>	Holothuriidae	Moyenne	4	
10	<i>Bohadschia argus</i>	Holothuriidae	Faible	3	Tigerfish; Leopardfish
11	<i>B. atra</i>	Holothuriidae	Faible	5	
12	<i>B. marmorata vitiensis^a</i>	Holothuriidae	Faible	4	
13	<i>B. similis</i>	Holothuriidae	Faible	4	Chalkfish; Brownspeckled sandfish
14	<i>B. subrubra</i>	Holothuriidae	Faible	5	
15	<i>B. vitiensis^a</i>	Holothuriidae	Faible	4	Brown sandfish
16	<i>Holothuria arenicola</i>	Holothuriidae	Faible	5	
17	<i>H. (Halodeima) atra</i>	Holothuriidae	Faible	4	Lollyfish
18	<i>H. cinerascens</i>	Holothuriidae	Faible	5	
19	<i>H. coluber</i>	Holothuriidae	Faible	4	Snakefish
20	<i>H. edulis</i>	Holothuriidae	Faible	4	Pinkfish
21	<i>H. fuscogilva^a</i>	Holothuriidae	High	1	White teatfish
22	<i>H. fuscopunctata</i>	Holothuriidae	Faible	3	Elephant trunkfish
23	<i>H. impatiens</i>	Holothuriidae	Faible	5	
24	<i>H. leucospilota</i>	Holothuriidae	Faible	4	
25	<i>H. mexicana</i>	Holothuriidae		4	Donkey dung
26	<i>H. nobilis^a</i>	Holothuriidae	Moyenne	1	Black teatfish
27	<i>H. scabra</i>	Holothuriidae	Haute	1	Sandfish
28	<i>H. scabra versicolor^a</i>	Holothuriidae	Haute	2	Golden sandfish
29	<i>H. whitmaei</i>	Holothuriidae			Black teatfish
30	<i>Pearsonothuria graeffei</i>	Holothuriidae	Faible	4	Flowerfish; Blackspotted sea cucumber
31	<i>Astichopus multifidus</i>	Stichopodidae		4	
32	<i>Isostichopus badionotus</i>	Stichopodidae		3	
33	<i>I. fuscus</i>	Stichopodidae	Moyenne	1	Brown sea cucumber
34	<i>Parastichopus californicus</i>	Stichopodidae		3	Giant red sea cucumber
35	<i>P. parvimensis</i>	Stichopodidae		4	Warty sea cucumber
36	<i>Stichopus mollis</i>	Stichopodidae		5	Pepino de mar
37	<i>S. (Apostichopus) japonicus</i>	Stichopodidae	Haute	4	
38	<i>S. chloronotus</i>	Stichopodidae	Moyenne	2	Greenfish
39	<i>S. hermanni (S. variegatus)^a</i>	Stichopodidae	Moyenne	2	Curryfish
40	<i>S. horrens</i>	Stichopodidae	Moyenne	2	Warty sea cucumber; Selenka's sea cucumber
41	<i>Thelenota anax</i>	Stichopodidae	Moyenne	3	Amberfish
42	<i>T. ananas</i>	Stichopodidae	Haute	1	Prickly redfish
43	<i>T. rubralineata</i>	Stichopodidae	Faible	4	

a. Espèces dont la taxonomie est en cours de révision.

b. Estimation de l'état des stocks: 1 = très préoccupant, 2 = préoccupant dans certains pays, 3 = potentiellement préoccupant avec l'accroissement de l'effort de pêche, 4 = pas préoccupant, et 5 = espèce "mineure" de peu d'importance commerciale. Modifié à partir de Bruckner (2006).

Observation de la ponte d'*Holothuria tubulosa* en milieu naturel

Observateur: Horst Moosleitner

Dates (cycles lunaires):

- août 1972 (cycle lunaire inconnu)
- 18 et 19 août 1994 (3 et 4 jours avant la pleine lune)
- 9 et 10 juillet 1997 (5 et 6 jours après la nouvelle lune)
- 11 juillet 2003 (2 jours avant la pleine lune)
- 18 juillet 2003 (5 jours après la pleine lune)

Créneau d'observation: toujours entre 16 et 17 h

Lieu: mer Méditerranée, mer Égée autour de la péninsule de Chalkidiki

Profondeur: 3 à 10 m

Marée: sans doute sans importance (moins de 50 cm)

Description

La reproduction d'*Holothuria tubulosa* dans la Méditerranée est bien connue, mais la plupart des observations ont été publiées dans des livres et des magazines à grand tirage (Erhardt et Moosleitner 1995, Moosleitner 1974, Riedl 1963, et Weinberg 1992) et jamais dans des revues scientifiques. Riedl (1963) a peut-être été le premier à constater que les espèces *Holothuria* étaient capables de se dresser sur deux tiers de leur corps pour émettre du sperme et pondre des œufs.

J'ai assisté, pour la première fois, à la ponte d'*H. tubulosa* en 1967 et j'ai publié un article dans la revue *Submarine Magazine* (1974). Depuis lors, j'ai souvent eu l'occasion d'observer le phénomène et j'ai consigné des notes lorsque j'ai pris des photos (cf. ci-après).

Holothuria tubulosa est l'espèce d'holothurie la plus répandue en Méditerranée; on la retrouve sur les fonds meubles, parfois en concentrations élevées. Elle pond pendant les mois d'été (en juillet, août et septembre), l'après-midi entre 16 et 18 heures, et parfois jusqu'au crépuscule. Les observations ont permis d'établir que seuls quelques spécimens amorçaient cette phase, avant d'être suivis par beaucoup d'autres. Les scientifiques avancent l'hypothèse selon laquelle le déclenchement serait le fait d'une poignée de mâles dont le sperme contiendrait des éléments qui inciteraient les autres mâles et femelles à participer à la reproduction.

Le rapport entre le créneau de reproduction et les cycles lunaires n'est pas clairement établi, même si la reproduction semble intervenir plus souvent en période de pleine lune (cinq à six jours avant ou après).

Seuls quelques spécimens isolés d'*Holothuria polii* (reconnaissables à l'extrémité blanche de leur podia et de leur papille dorsale) ont été observés en phase de reproduction en même temps qu'*H. tubulosa* (aucune donnée exacte n'est disponible).

Notons par ailleurs que certains poissons (*Chromis chromis* et *Coris julis*) se nourrissent des gamètes expulsées (voir photo).

Bibliographie

Erhardt H. and Moosleitner H. 1995. Mergus Verlag, Melle, Deutschland. Meeerwasseratlas 3:1178–1179.

Moosleitner H. 1974. Wenn Seegurken rauchen. Heering Verlag, Munich, Deutschland. Submarine Magazine 5:20–21.

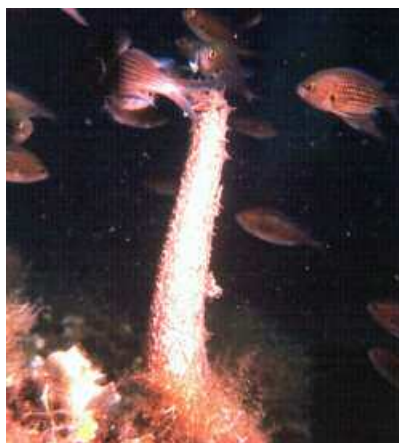
Riedl R. 1963. Flora & Fauna der Adria, p 450, Parey Verlag, Hamburg, Berlin.D.

Weinberg S. 1992. Découvrir: La Méditerranée. Éditions Nathan, Paris. France. 212.

Images: Horst Moosleitner



Holothuria tubulosa en phase de reproduction.



Un groupe de *Chromis chromis* se nourrissant des gamètes de *H. tubulosa*.



Holothuria polii en phase de reproduction.

Observation de la ponte de *Bohadschia vitiensis* en milieu naturel

Observatrice: Sylvie Gaudron¹

Date: 19 février 2006

Créneau d'observation: entre 15 h 30 et 18 h 15

Lieu: Lagon de St Gilles-les-Bains, La Saline, Trou d'Eau, Île de la Réunion, océan Indien

Profondeur: 0,5-1 m arrière-récif

Marée: reflux

Cycle lunaire: 6 jours après la pleine lune

Espèce: *Bohadschia vitiensis*

Description

Les observations sur la reproduction de *Bohadschia vitiensis* en milieu naturel ont déjà fait l'objet de description dans d'autres numéros du présent *Bulletin d'information* (Desurmont 2005, 2006, Nouvelle-Calédonie; Durville 1996; et Rard 2004, La Réunion) et dans les revues de McEuen (1988) et de Conand (1989).

La reproduction est intervenue de jour, après une tempête tropicale, lorsque le débit des ruissellements d'eau douce dans le lagon a augmenté. La première observation a été consignée, en milieu d'après-midi (15 h 30), un spécimen ayant été aperçu en position dressée caractéristique de la phase de reproduction. Dès que l'observatrice s'est approchée du spécimen, celui-ci s'est allongé sur le sol meuble. Une heure plus tard, 20 autres *B. vitiensis* ont été observés, couverts d'une fine couche de sédiments, dans un rayon de 100 m² autour du spécimen. À 16 h 45, deux autres spécimens ont été vus redressés, l'un d'entre eux dégageant un filet de sperme blanc par son gonopore gonflé. Le spécimen ne se balançait pas. Il a par la suite été observé émettant du sperme en position allongée. Les observations se sont poursuivies pendant 90 minutes supplémentaires, mais aucun autre dégagement n'a été constaté. Plusieurs auteurs ont décrit ces deux positions (dressée ou allongée) des espèces *Bohadschia* sur le substrat en vue de la reproduction (ex.: McEuen 1988).

Rard (2004) a observé la reproduction de deux spécimens de *Bohadschia vitiensis* en position dressée, au même endroit, à la fin du mois d'avril 2004 à 17 heures, comme l'avait fait son collègue Durville (1996) le 15 février 1995.

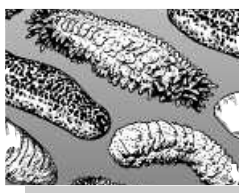
Cette reproduction spontanée était-elle due à la pression environnementale engendrée par la tempête tropicale sur le milieu ambiant? Seules des données supplémentaires sur la reproduction des holothuries en milieu naturel permettront d'apporter une réponse à cette question.

Bibliographie

- Conand C. 1989. Les Holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Études et Thèses, ORSTOM, Paris: 393 p.
- Desurmont A. 2005. Observations de pontes de *Bohadschia vitiensis* et *Holothuria scabra versicolor* en milieu naturel. La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS 21:28.
- Desurmont A. 2006. Observation de la reproduction naturelle de *Bohadschia vitiensis*. La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS 23:38.
- Durville P. 1996. Spawning and asexual reproduction of tropical holothurians. SPC Beche-de-Mer Information Bulletin 8:41.
- McEuen F.S. 1988. Spawning behaviors of northeast Pacific sea cucumbers (Holothuridae: Echinodermata). Marine Biology 98:565-585.
- Rard M. 2004. Observations de pontes naturelles. La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS 20:37.



Bohadschia vitiensis en phase de reproduction.



Résumés & publications

la bêche-de-mer

Publication

Repeuplement et amélioration des stocks d'invertébrés marins

J.D. Bell, P.C. Rothlisberg, P.C. J.L. Munro, N.R. Loneragan, W.J. Nash, R.D. Ward et N.L. Andrew

Source: *Advances in Marine Biology* 49, 370 p.

De nombreuses filières des pêches dans le monde connaissent des difficultés – elles ne génèrent plus ni les rendements ni les profits potentiels d'autrefois. Les principaux problèmes sont la surexploitation et la destruction d'importants habitats. La "surpêche" désigne la prise excessive de reproducteurs adultes et de juvéniles. Les habitats qui sous-tendent la vie de ces stocks ont été endommagés par la pollution et l'exploitation anarchique du littoral. Les méthodes de pêche destructives, comme la pêche au chalut de fonds et aux explosifs, ont perturbé les habitats au point qu'ils ne peuvent plus subvenir aujourd'hui aux besoins d'une population halieutique aussi importante.

Les pouvoirs publics font face à cette crise en menant des campagnes de sensibilisation aux problèmes et en légiférant pour réhabiliter et protéger les habitats et réduire l'effort de pêche. Ils s'intéressent également aux derniers progrès des techniques aquacoles pour accélérer la reconstitution des stocks.

Grâce à l'aquaculture, il est désormais possible d'obtenir en éclosure des juvéniles de nombreuses espèces marines. La technique consistant à lâcher des juvéniles d'élevage est un moyen intéressant d'augmenter les stocks, car il est possible de voir les poissons rejoindre le milieu marin et de conclure que davantage de ressources pourront être prises.

Néanmoins, ces lâchers peuvent être une arme à double tranchant. La technique de production peut s'avérer très onéreuse, auquel cas le nombre de juvéniles lâchés ne suffira pas pour faire réellement la différence. Des pratiques inadéquates dans les éclosures peuvent aussi donner des juvéniles "inadaptés", dont la constitution génétique est différente, et qui peuvent dès lors transmettre des maladies aux espèces du milieu naturel. L'élevage en éclosure peut également pousser les pêcheurs à accorder moins d'importance à la surexploitation, convaincus que les programmes de repeuplement permettront de réparer leurs dégâts. Par conséquent, nombreux sont ceux qui considèrent que les ressources financières consacrées à l'élevage en éclosure devraient plutôt être investies dans d'autres types de gestion comme par exemple un contrôle plus rigoureux des prises totales autorisées, des tailles minimales et des aires d'interdiction.

L'inconvénient est que certaines zones de pêche ont fait l'objet d'une telle surexploitation qu'il faudra attendre des dizaines d'années avant qu'elles ne se reconstituent et qu'elles ne puissent être à nouveau exploitées. Dans ces cas, l'introduction de juvéniles d'élevage pourrait donner un sérieux élan à la reconstitution des stocks de reproducteurs et permettre ainsi de régénérer la ressource. L'introduction de juvéniles à cette fin s'appelle le "repeuplement".

Dans d'autres cas, bien qu'il y ait suffisamment de reproducteurs, certaines zones où l'habitat est préservé ne produisent pas suffisamment de poissons, même lorsque l'exploitation est strictement réglementée. C'est par exemple le cas lorsque de petits juvéniles sont emportés par les courants au cours de leur migration vers les habitats où ils vont évoluer, comme les mangroves et les herbiers. Dans ce cas, les stocks à exploiter seront moins importants lorsque ces juvéniles auront grandi. L'action de placer des juvéniles dans un habitat auquel ils ne parviendraient pas naturellement s'appelle l'"amélioration du stock".

Cet ouvrage résume les connaissances sur le repeuplement et l'amélioration des stocks pour ce qui est des mollusques et crustacés à valeur commerciale (palourdes, coquilles Saint-Jacques, ormeaux, lambis, trocas, crevettes, langoustes, oursins et holothuries). La recherche menée pour surmonter les obstacles liés au repeuplement et à l'amélioration des stocks est évaluée attentivement. Des consignes précises sont fournies aux chargés de gestion sur la procédure à suivre pour décider si la technique de l'élevage de juvéniles en éclosure peut représenter une valeur ajoutée par rapport aux méthodes qu'ils utilisent pour reconstituer les stocks.

Pour passer votre commande, rendez-vous à

http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/706346/description#description

Résumés

Repeuplement des stocks d'holothuries dans la région océanienne

S.C. Battaglene et J.D. Bell

Source: p. 109-128. – Bartley D.M. et Leber, K.M. (eds.). Marine ranching. Document technique de la FAO sur les pêches n° 429. Rome, FAO. 213 p. (2004).

Le repeuplement à l'aide de juvéniles élevés en éclosérie offre un potentiel important aux États et Territoires insulaires océaniques pour résoudre le problème de développement "en dents de scie" de la filière de l'holothurie. Il présente l'avantage majeur de pouvoir régénérer rapidement les stocks qui peuvent alors être exploités de manière durable.

Quatre étapes sont nécessaires pour garantir l'efficacité du repeuplement: 1) mettre au point des méthodes de production de juvéniles à grande échelle, 2) apprendre à lâcher les holothuries dans leur milieu naturel en assurant un taux de survie élevé, 3) protéger les holothuries lâchées dans leur milieu naturel jusqu'à ce que les stocks soient reconstitués, et 4) gérer la ressource reconstituée de manière à pouvoir exploiter durablement les holothuries de première catégorie (grande taille). La technique du repeuplement peut également servir à renforcer la productivité des stocks reconstitués en lâchant des juvéniles élevés dans le cadre de programmes d'amélioration des stocks afin de surmonter les limites inhérentes au recrutement. Elle permettrait de produire la quantité d'holothuries nécessaire pour atteindre la capacité de charge de l'habitat.

Bien que la méthode à suivre pour reconstituer et gérer les ressources d'holothurie dans le Pacifique soit désormais claire, seules certaines des techniques et des procédures requises pour atteindre ces objectifs sont aujourd'hui en place. En outre, les recherches ont été principalement axées sur une espèce, l'holothurie de sable (*Holothuria scabra*). La reconstitution des stocks d'holothuries de sable continue de poser des défis majeurs: il est impératif d'apprendre à appliquer les techniques de production en éclosérie sur une plus grande échelle afin d'obtenir les centaines de milliers de juvéniles nécessaires pour avoir une incidence sur l'abondance des stocks; élaborer des stratégies efficaces pour lâcher les juvéniles élevés en éclosérie dans le milieu naturel; et évaluer la viabilité économique de l'amélioration des stocks. Dans les trois cas, la situation se présente sous de bons augures. Si les recherches menées actuellement pour déterminer le potentiel de l'élevage mixte de l'holothurie de sable et de la crevette sont concluantes, la production de masse de juvéniles d'holothuries pourra être envisagée en association avec l'élevage de crevettes. Dans le cas contraire, il devrait être possible de produire des holothuries de sable à grande échelle dans des bassins prévus à cet effet, mais à un coût plus élevé. Il n'existe bien sûr aucun obstacle à l'élaboration de stratégies de lâcher des holothuries, pas plus qu'il n'y a de raisons évidentes pour que les lâchers ne se déroulent dans de bonnes conditions. Par exemple, des directives sont en vigueur pour gérer les stocks de géniteurs de manière à préserver la diversité génétique, et le risque d'introduction de maladies propres à cette espèce ainsi qu'à d'autres semblent faibles. Par ailleurs, le fait que l'holothurie de sable se trouve à un échelon assez bas de la chaîne alimentaire signifie que les répercussions sur les autres espèces seront vraisemblablement faibles, voire nulles. Les estimations préliminaires font aussi état de la viabilité économique de la reconstitution des stocks qui se traduira par des retombées économiques pour les pêcheurs artisanaux, même si nous nous empressons de faire remarquer que cette évaluation restera incomplète tant que les recherches nécessaires ne sont pas terminées.

Le meilleur moyen d'exploiter les avantages potentiels de l'amélioration des stocks d'holothuries de sable est de compter sur le soutien des institutions de recherches régionales et internationales, des communautés de pêcheurs, des pouvoirs publics et des organismes de développement. Les organisations de recherche régionales et internationales doivent achever la mise au point de méthodes de reconstitution des stocks d'holothuries de sable économiquement viables de sorte qu'elles puissent être appliquées immédiatement dans toute la région océanienne. Les communautés de pêcheurs doivent être prêtes à suspendre les prises jusqu'à ce que les stocks soient reconstitués puis à respecter les conseils et les réglementations destinés à garantir l'obtention de rendements élevés au fil des ans.

Les pouvoirs publics doivent définir le cadre de cette procédure en appliquant un moratoire sur les exportations d'holothuries de sable jusqu'à ce que les stocks soient reconstitués, en imposant un quota d'exportation total basé sur des rendements durables lorsque les activités seront de nouveau autorisées, et en veillant à ce que ces lois soient respectées. Enfin, comme la plupart des États et Territoires insulaires océaniques ne disposent pas des ressources humaines et financières nécessaires pour produire les importantes quantités de juvéniles nécessaires à la reconstitution des stocks, il est nécessaire de pouvoir compter sur l'appui des organismes de développement pour les programmes de repeuplement. Ces institutions spécialisées peuvent également contribuer au financement de l'élaboration des mesures nécessaires à la gestion des stocks reconstitués.

En général, les résultats des reconstitutions de stocks d'holothuries de sable semblent particulièrement prometteurs, et tout doit être fait pour informer les communautés de pêcheurs, les pouvoirs publics et les organismes de développement de l'existence de cet outil de gestion potentiel pour qu'ils se tiennent prêts à appuyer et à mettre en œuvre les programmes de repeuplement dès que la palette complète des méthodes requises sera disponible.

Reconstitution des stocks d'*Holothuria scabra*: évaluation de la taille des sanctuaires par une modélisation du mouvement des individus

Steven W. Purcell et David S. Kirby

Source: Fisheries Research 80:53-61 (2006)

Espèce particulièrement prisée, *Holothuria scabra*, plus connue sous le nom d'holothurie de sable, peut jouer un rôle potentiel dans leur repeuplement. Toutefois, il existe peu d'informations pour déterminer la taille des sanctuaires permettant de protéger les animaux lâchés pour qu'ils constituent des noyaux de reproducteurs. À cette fin, nous avons évalué, sur le court terme, les trajectoires des holothuries de sable, à la fois des juvéniles (1–105 g) lâchés en milieu naturel et des adultes (130–690 g) issus de ce milieu, dans un herbier en Nouvelle-Calédonie. Nous avons alors élaboré un modèle individu-centré afin de prévoir l'éparpillement à long terme des holothuries de sable lâchées à l'état de juvéniles (1–16 g), à raison de un individu par mètre carré sur une superficie de 1 ha, en se basant sur les répartitions de vitesse ainsi que les directions et le rapport entre la vitesse et le poids de l'animal, à partir de données obtenues sur le terrain. Les mouvements étaient non aléatoires sur l'échelle d'échantillonnage utilisée, les animaux ayant tous tendance à virer de moins de 90 degrés en l'espace de deux heures. Nous avons évalué des scénarios de faible et de forte croissances en appliquant 50 % et 25 % des taux modélisés des holothuries de sable évoluant dans des bassins en terre (propices à une croissance plus rapide). L'éparpillement des holothuries de sable lâchées devait, selon les prévisions, être limité au cours des deux premières années avant d'acquies un rythme plus rapide par la suite. Après 10 ans, 6 à 12 % des animaux ayant survécu devaient rester cantonnés dans le périmètre du site de lâcher initial de 1 ha. Pour protéger les holothuries de sable survivantes en tant que noyau de reproducteurs pour une période de 10 ans, et compte tenu d'un débordement de 10 %, le sanctuaire devrait être de 19 à 40 ha. Les résultats de cette étude sont utiles pour la gestion du repeuplement ainsi que pour la définition préliminaire de la taille des sites pour les études consacrées aux recaptures. Notre modèle permet d'utiliser des valeurs spécifiées par l'utilisateur pour procéder à de nouveaux lâchers, et doit être applicable à d'autres invertébrés marins sédentaires pour lesquels des données élémentaires sur les mouvements et la croissance sont disponibles.

Efficacité des marques chimiques et physiques pour les lâchers à grande échelle d'holothuries exploitées

S.W. Purcell, B.F. Blockmans et W.J. Nash

Source: Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 334:283-293 (2006)

Les juvéniles obtenus en éclosérie doivent se distinguer des holothuries du milieu naturel pour évaluer le succès des expériences de repeuplement et d'amélioration des stocks. *Holothuria scabra*, appelé également "holothurie de sable", a non seulement une valeur commerciale mais également un rôle potentiel à jouer dans l'amélioration des stocks; malheureusement, des marques résistantes et peu onéreuses n'ont pas encore été mises au point. Nous avons évalué cinq marques non génétiques sur la base de plusieurs critères: le coût, la facilité d'application, le taux de rétention et la facilité de repérage. Dans le cadre d'une expérience d'un mois, l'emploi de marques en T et d'implants en élastomère visibles s'est avéré inadéquat pour les juvéniles d'holothuries de sable élevés en éclosérie. La pose de marques métalliques codées et l'utilisation de deux fluorochromes, la tétracycline et la calcéine, se sont révélées plus prometteuses, aussi les taux de rétention de ces marques ont-ils été testés pendant un an sur des juvéniles élevés dans un bassin en terre rempli d'eau de mer. Un total de 60 % de juvéniles ont conservé au moins une des deux marques métalliques codées pendant un an. Sous l'effet des UV, les spicules du tégument des holothuries de sable immergés dans des solutions de tétracycline sont jaunes, tandis que les spicules teintés à la calcéine sont verts. Dans les 12 premiers mois suivant l'immersion, le pourcentage moyen de spicules teintés est tombé de 40 % à 8 % avec la tétracycline et de 54 % à 5 % avec la calcéine. Après un an, des spicules teintés ont été repérés dans tous les animaux immergés, c'est-à-dire que le taux de rétention était de 100 %. Les spicules teintés du tégument ventral des juvéniles étaient en nombre plus élevé et leur fluorescence était plus intense que les spicules du tégument dorsal. La densité de spicules était supérieure à 7 000 par mm² sur le tégument des juvéniles de 2 à 13 g, et diminuait proportionnellement au poids. La fluorescence est un outil de diagnostic simple pour repérer les individus marqués et garantit l'innocuité de l'échantillonnage. Quelques millimètres carrés du tégument extérieur suffisent pour permettre le repérage de la marque. La teinture par immersion à l'aide de fluorochrome est privilégiée par rapport aux marques métalliques codées, et constitue un dispositif de marquage par lot économique et fiable pour différencier les holothuries lâchées de celles du milieu naturel.

Évaluation expérimentale de l'élevage mixte de juvéniles d'holothuries de sable *Holothuria scabra* (Jaeger), et de crevettes bleues *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson)

Steven W. Purcell, Jacques Patrois et Nicolas Fraisse

Source: Aquaculture Research 37:515-522 (2006)

L'élevage mixte de juvéniles d'holothuries de sable *Holothuria scabra* (Jaeger) et de crevettes bleues *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) a fait l'objet d'expérimentations, des groupes ayant été élevés conjointement et séparément pendant trois semaines dans des bassins contenant un substrat sablonneux enrichi. L'alimentation a été fournie sur des plateaux

uniquement accessibles aux crevettes. Le taux de survie des crevettes et des holothuries de sable était élevé dans tous les cas de figure (de 73 à 100 %). La croissance des crevettes était la même, qu'elles soient élevées seules ou conjointement avec les holothuries, alors que ces dernières affichaient une croissance nettement moins rapide dans le cadre d'un élevage mixte ($P = 0,03$), même si les crevettes ne perturbaient apparemment ni leur enfouissement dans le sable ni leur alimentation en surface ($P = 0,76$). Toutefois, la présence des crevettes dans les bassins augmentait le niveau total d'ammoniaque-N qui était inversement proportionnel à la croissance des holothuries de sable ($P = 0,04$). En revanche, les holothuries de sable ne semblaient pas nuire à la qualité de l'eau pour l'élevage des crevettes. Bien qu'elles assurent la bioturbation des sédiments et absorbent les dépôts organiques, les juvéniles n'ont pas réduit de manière significative le contenu organique du sable dans les bassins. L'élevage mixte de juvéniles des deux espèces dans des bassins en terre semble possible, sans porter préjudice à la production de crevettes, et représente une méthode rentable pour élever des holothuries de sable jusqu'à ce qu'elles atteignent une taille suffisante pour être lâchées et contribuer au repeuplement. Les résultats de cette expérience confirment l'opportunité de réaliser de nouvelles études afin de tester la viabilité des élevages mixtes, à des fins commerciales, des holothuries de sable et des crevettes bleues à des stades ultérieurs du cycle de production des crevettes.

Effet du marquage invasif sur l'activité d'*Holothuria whitmaei* [Echinodermata : Holothuroidea]: une méthode adéquate de recapture des marques pour des études à court terme sur le terrain du comportement des holothuries

G. Shiell

Source : Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 39(2):153–162 (2006)

Bien que les techniques de marquage-recapture soient couramment utilisées pour obtenir des données écologiques, le marquage des holothuries au corps mou s'est avéré difficile et l'incidence de l'utilisation de marques invasives sur le comportement des holothuries reste floue. Dans cette étude, les cycles d'activité diurnes de l'holothurie commerciale *Holothuria whitmaei* (holothuries noires à mamelles) ont été observés après avoir marqué superficiellement le tégument à l'aide d'un chiffre de 30 x 20 mm (sur une profondeur inférieure ou égale à 2 mm). Les taux d'activité des spécimens marqués ont augmenté de manière significative dans les heures qui ont suivi le marquage, et sont restés plus élevés que ceux observés chez les animaux de référence non marqués pendant une durée allant jusqu'à trois jours après la procédure. Ces résultats indiquent a) que le marquage du tégument peut entraîner une perturbation du comportement des holothuries et que, b) des mesures plus fiables peuvent être obtenues sur l'activité des holothuries après une période de récupération raisonnable. Ces résultats sont utiles compte tenu du besoin de mieux connaître la biologie des holothuries à valeur commerciale, y compris les cycles diurnes et saisonniers de leur comportement.

L'influence des aliments contenant des fèces de bivalve séchées ou de l'algue en poudre sur la croissance et la distribution d'énergie de l'holothurie *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata : Holothuroidea)

Xiutang Yuan, Hongsheng Yang, Yi Zhou, Yuze Mao, Tao Zhang et Ying Liu

Source : Aquaculture 256(1-4):457-467. (2006).

Ces dernières années, les fèces de bivalve et les algues en poudre ont été utilisées en Chine pour alimenter les holothuries. La présente étude vise à quantifier la croissance et le budget énergie des holothuries de mer *Apostichopus japonicus* (Selenka), dont le poids frais initial est de $32,5 \pm 1,0$ g (moyenne $\pm$ SE, $n = 45$) et l'alimentation constituée de cinq tourteaux contenant des fèces de bivalve séchées et des algues en poudre — dans une eau d'une température de $13,2$ à $10,8$ °C et d'une salinité de 30 à 32 ‰ — afin de déterminer, d'une part, dans quelle mesure cette alimentation a une incidence sur la croissance et la distribution énergétique et, d'autre part, choisir l'alimentation adéquate pour élever cette espèce en éclosion. Les résultats ont indiqué que le régime alimentaire avait une incidence sur l'ingestion des aliments, la production des fèces, le coefficient de transformation des aliments et de digestion apparents, et, par conséquent, la croissance et le budget énergie. Ainsi, les holothuries nourries aux fèces de bivalve séchées absorbaient et assimilaient plus difficilement l'énergie, d'où une croissance plus lente que les holothuries s'alimentant des quatre autres tourteaux. Cette différence peut s'expliquer par le séchage des fèces qui élimine de nombreux éléments nutritifs. Par conséquent, l'utilisation exclusive de fèces de bivalve séchées ne convenait pas aux holothuries dans le cadre d'un élevage intensif. Le mélange de fèces de bivalve séchées et d'algues en poudre a donné des résultats prometteurs pour l'élevage de sous-adultes de l'espèce *Apostichopus japonicus* tandis que les animaux s'alimentant exclusivement d'algues en poudre n'ont pas enregistré la meilleure croissance. Selon le taux de croissance spécifique des animaux testés, une formule de 75 % de fèces et de 25 % d'algues en poudre constitue le meilleur régime alimentaire pour l'élevage de ces espèces. Les tourteaux ont été utilisés pour cette expérience afin de surmonter les inconvénients liés aux aliments en poudre traditionnels. Néanmoins, il semble y avoir une différence entre les fèces de bivalve séchées pour former le tourteau et les fèces fraîches qui contiennent les nutriments bactériologiques nécessaires. L'holothurie consacre moins d'énergie à sa croissance que les autres échinodermes et la majeure partie de l'énergie qu'elle ingère se perd dans les déjections de fèces. Ces informations détaillées pourraient être utiles pour mettre au point des aliments plus appropriés à l'élevage de l'holothurie.

Alimentation et croissance grâce aux biodépôts du bivalve dépositivore *Stichopus japonicus* Selenka (Echinodermata : Holothuroidea) dans le cadre d'élevages mixtes dans des filets en lanternes

Yi Zhou, Hongsheng Yang, Shilin Liu, Xiutang Yuan, Yuze Mao, Ying Liu, Xinling Xu et Fusui Zhang

Source : Aquaculture 256(1-4):510-520. (2006).

L'aquaculture en suspension de bivalves qui s'alimentent en filtrant l'eau se développe rapidement dans les zones côtières du monde entier, en particulier en Chine. Des études ont révélé que les denses populations de bivalves de ce type, évoluant dans des eaux de faible profondeur, pouvaient produire d'importantes quantités de fèces et de pseudofèces (biodépôts) susceptibles de nuire l'environnement benthique. Pour déterminer si le dépositivore *Stichopus* (*Apostichopus*) *japonicus* Selenka peut se nourrir de biodépôts de bivalves et si l'holothurie peut être élevée en présence de bivalves en suspension dans des filets en lanternes, trois expériences ont été réalisées, deux dans des bassins en laboratoire et une sur site. Cette expérience continue, d'une durée de trois mois, a montré que les holothuries croissaient sans problème, avec un taux atteignant 1,38 % par jour lorsqu'elles étaient élevées au fond des bassins (10 m³ d'eau) dans lesquels des coquilles Saint-Jacques étaient élevées en suspension dans des filets en lanternes. En outre, les résultats d'une autre expérience en laboratoire ont indiqué que les holothuries pouvaient parfaitement survivre en s'alimentant de biodépôts de bivalves, avec un taux d'alimentation de $1,82 \pm 0,13$ g de biodépôts par individu et par jour, une efficacité d'absorption de la matière organique des biodépôts de $17,2 \% \pm 5,5 \%$, et un taux de croissance spécifique moyen de 1,60 % par jour. Les deux expériences à plus long terme que nous avons menées dans deux baies côtières (les baies de Sishili et de Jiaozhou dans le nord de la Chine) ont révélé que l'élevage de *S. japonicus* en présence de bivalves donnait de bons résultats avec des taux de croissance (poids frais de 0,09-0,31 g par individu et par jour) selon la taille individuelle. Les résultats indiquent que les filets en lanternes de bivalves peuvent fournir un habitat adéquat aux holothuries et que l'élevage mixte de mollusques bivalves et d'holothuries peut fournir un autre type d'élevage à valeur ajoutée sans composants alimentaires supplémentaires.

Thèses de maîtrise et de doctorat

Habitats et faune des macroinvertébrés du sommet récifal à Rarotonga, Îles Cook : implications pour les zones de pêche et la gestion de conservation

Drumm D.J.

Source: PhD Department of Marine Science. University of Otago, Dunedin, New Zealand (282 + xvii p.) (2004)

Dans toute la région océanienne, de nombreuses espèces d'échinodermes et de mollusques ont une valeur culturelle et sont exploitées de manière extensive dans le cadre d'activités vivrières. Beaucoup de ces espèces sont sédentaires et souvent associées à différents habitats du sommet récifal. Malgré l'importance des habitats récifaux et de leur faune, notamment pour la pêche et la biodiversité, il existe peu d'informations concernant la répartition de ces habitats et leur influence sur la faune des sommets récifaux dans les Îles Cook. La présente thèse prône une nouvelle approche pour évaluer l'état des sommets récifaux en eau peu profonde à Rarotonga (Îles Cook) et fournir ainsi des données indispensables à la gestion des pêches ainsi qu'aux chargés de la protection de l'environnement. La méthode est basée sur la télédétection (photographies aériennes avec vérification au sol) en vue de cartographier avec précision la topographie et l'étendue de l'ensemble des habitats du sommet récifal, ainsi que les données historiques sur les vents et la forme du littoral en vue de déterminer les versants sur et sous le vent de l'île. Les cartes de l'habitat benthique et le degré d'exposition aux vents ont été utilisés pour élaborer et mettre en œuvre un programme d'échantillonnage stratifié visant à déterminer la répartition et l'abondance de la faune de macroinvertébrés épibenthiques sur le sommet récifal. J'ai quantifié la répartition et l'abondance de ces derniers et décrit la manière dont ils variaient selon l'habitat. J'ai évalué l'efficacité d'un *ra'ui* (aire marine protégée) classique pour la conservation des stocks de *Trochus niloticus* et d'autres invertébrés, et j'ai étudié la biologie reproductive ainsi que l'effet de prises traditionnelles de gonades sur *Holothuria leucospilota*.

Quatre grands des habitats pouvaient être observés (débris/roche, corail/sable, crête algale et sable), le plus important étant celui constitué de débris et de roches (45 %) et de corail et de sable (35 %). Les études ont permis d'établir que le degré d'exposition aux vents avait une incidence sur le développement des récifs et sur la répartition des habitats.

La composition de l'assemblage était très différente pour chaque grand type d'habitat. Les habitats de débris et de roches se caractérisaient par la plus grande hétérogénéité du substrat et la plus grande complexité de la structure ainsi que le plus grand nombre d'espèces et de spécimens. L'abondance générale de la faune était dominée par les holothuries (68 %) et les équinoïdes (30 %), tandis que *Trochus niloticus* et *Tridacna maxima* représentaient les 2 % restants du total de l'assemblage des invertébrés. La séparation nette des habitats a également été constatée pour les adultes et les juvéniles de *Trochus niloticus* and *Tridacna maxima*.

Dans les zones de pêche traditionnelles d'*Holothuria leucospilota*, les gonades arrivées à maturité chez les mâles sont prélevées en incisant le tégument de l'animal, après quoi l'holothurie est replacée dans son milieu naturel pour permettre la reconstitution des stocks. Les collectes mensuelles d'*H. leucospilota* ont été utilisées pour décrire la biologie repro-

ductive de cette espèce. La libération des gamètes mâles et femelles était synchrone et la reproduction intervenait chaque année, en été, lorsque la température de l'eau était la plus élevée et la photopériode la plus longue. Bien que l'incision du tégument et le prélèvement des gonades n'aient eu aucun effet sur le taux de survie d'*H. leucospilota* dans des cages, ils ont eu une incidence sur le poids et les comportements des animaux liés à la recherche d'un abri et à leur alimentation. Les gonades ont mis 41 jours à se régénérer, ce qui permet de penser que la reproduction des individus pêchés a été très retardée.

En 1998, cinq collectivités de Rarotonga ont réintroduit le *ra'ui*, système traditionnel de gestion des ressources, interdisant toute pêche et toute récolte dans leur récif. À Nikao, l'efficacité du *ra'ui* qui avait été mis en place pour reconstituer les stocks de trocas, a fait l'objet d'une étude. Les comparaisons des compositions d'assemblage et des densités d'espèces de macroinvertébrés ont été effectuées dans trois cas de figure, c'est-à-dire des zones exploitées jouxtant le *ra'ui*, dans le *ra'ui* après deux ans de protection, et dans ce même *ra'ui* après que la protection ait été levée pendant trois semaines pour permettre des prises de trocas à des fins commerciales. L'examen de la variance des données relatives au décompte pour les 12 espèces les plus abondantes, et une analyse multidimensionnelle non métrique ont indiqué qu'il n'y avait aucune différence dans le microhabitat ou la composition d'assemblage des invertébrés entre ces trois épisodes. Toutefois, des différences sensibles ont été constatées entre les types d'habitat, à savoir le milieu constitué de débris et de roches et celui constitué de corail et de sable. Les résultats concernant l'efficacité du *ra'ui* à Nikao sont ambigus en raison de la petite taille de l'échantillonnage et de la variabilité entre les échantillons, ce qui a été mis en évidence par l'ampleur des intervalles de confiance.

Cette étude met en lumière l'importance de l'habitat pour la faune de macroinvertébrés sur les sommets récifaux ainsi que le besoin de cartographier avec précision cet habitat afin d'accroître la rentabilité des prochaines études menées sur ses ressources, de fournir des informations aux fins de gestion, et de concevoir des aires marines protégées. Les méthodes de cartographie et de lever doivent être fiables et reproductibles au regard des échéanciers, et des disponibilités en matière de compétences, de financements et de ressources. Les résultats fournissent de précieuses informations aux chargés de la gestion de la pêche et de la protection des espèces à Rarotonga ainsi que dans d'autres États et Territoires insulaires océaniques afin de mettre en place des programmes d'échantillonnage rigoureux permettant d'évaluer l'état des ressources des sommets récifaux, et d'évaluer et de planifier la mise en place d'aires marines protégées.

© Copyright Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 2006

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, division Ressources marines, Section Information
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>