

Numéro 32 – Juillet 2012

LA BÊCHE-DE-MER

bulletin d'information

Sommaire

Marquage chimique à l'oxytétracycline de juvéniles d'holothurie de sable, *Holothuria scabra* – rapport préliminaire
M. Simoes et J. Knauer p. 3

Étude des caractéristiques macroscopiques et microscopiques des tubules gonadiques d'*Holothuria leucospilota* (golfe persique, Iran)
F. Ghobadyan et al. p. 6

Étude du développement gonadique chez l'holothurie *Holothuria scabra*
M. Demeuldre et I. Eeckhaut p. 15

Utilisation d'un modèle de croissance pour l'estimation de la taille en fonction de l'âge d'*Australostichopus mollis*, holothurie des zones tempérées
A.D. Morgan p. 24

Élevage en cages d'holothuries *Apostichopus japonicus* transférés en Chine méridionale (archipel de Shengsi)
K. Xing et al. p. 33

Observation des différents habitats de *Stichopus chloronotus*
H. Eriksson et al. p. 39

La pêche de l'holothurie à Semporna, Sabah (Malaisie)
P.S. Choo p. 43

Reproduction et élevage d'*Holothuria scabra* en Iran
A.-R. Dabbagh et M.R. Sedaghat p. 49

Éditeur

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

Production

Cellule information halieutique
CPS, BP D5, 98848 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie
Fax : +687 263818
Courriel : cfpinfo@spc.int
www.spc.int/coastfish

Imprimé avec le concours financier de l'Australie, la France et la Nouvelle-Zélande

Éditorial

Le présent numéro du Bulletin d'information *Bêche-de-mer* vous propose onze articles sur les travaux de recherche concernant les holothuries, les modes d'élevage et l'état des stocks. L'étendue et le niveau de détail des recherches présentées témoignent du vif intérêt que suscitent les holothuries au sein de la communauté scientifique.

Le premier article de ce numéro nous vient du Darwin Aquaculture Centre. Michelle Simoes et Jens Knauer font état des résultats d'une expérience de marquage chimique des spicules dermiques des juvéniles d'*Holothuria scabra* à l'aide d'un colorant fluorochromatique, l'oxytétracycline (OTC).

En page 6, nous vous proposons un article de Fatemah Ghobadyan et de ses collègues, qui se sont intéressés aux caractéristiques macro- et microscopiques des tubules gonadiques d'*Holothuria leucospilota* le long des côtes iraniennes du golfe persique.

En page 15, Mélanie Demeuldre et Igor Eeckhaut analysent le développement gonadique d'individus *Holothuria scabra* de plusieurs tailles à Madagascar. Les auteurs nous montrent que chez les holothuries, les cellules germinales ne se différencient des cellules somatiques que lorsque les spécimens atteignent 10 centimètres de long.

Dans son article en page 24, Andrew Morgan expose un modèle de croissance permettant d'estimer la taille en fonction de l'âge d'*Australostichopus mollis*, holothurie des eaux tempérées.

Kun Xing et ses collègues se penchent en page 33 sur l'élevage en cages de spécimens d'*Apostichopus japonicus*, transférés du nord au sud de la Chine, dans l'archipel de Shengsi. L'élevage mixte d'holothuries et d'ormeaux augure de belles perspectives de développement aquacole.

Hampus Eriksson et ses collègues examinent en page 39 les variations de taille observées chez des individus *Stichopus chloronotus* à Mayotte, selon qu'ils résident dans un herbier d'arrière-récif ou sur le platier récifal adjacent, aux substrats benthiques durs, et analysent les différents habitats occupés par les holothuries en fonction de leur taille (indicateur indirect de l'âge).

À la page 43, Poh Sze Choo s'intéresse à la pêche d'holothuries à Semporna (Malaisie) et s'interroge sur la taille de la filière et sa viabilité. Les ressources en holothurie de Semporna semblent en effet soumises à une intense exploitation et aucune réglementation ne permet de lutter contre la surpêche.

Abdul-Reza Dabbagh et Mohammad Reza Sedaghat nous expliquent en page 49 comment une équipe iranienne est parvenue pour la première fois en septembre 2011 à déclencher artificiellement la ponte d'*Holothuria scabra*. Les auteurs ont mis en élevage des individus de cette espèce et ont obtenu des juvéniles d'environ 22 g après un an.

Les effets de la pression de pêche sur l'écologie des populations d'holothuries dans le golfe d'Aqaba, en mer Rouge
M.H. Hasan et S.E.D.A. Abd El-Rady p. 53

La pêche d'holothuries sur l'île de Qeshm, dans le golfe persique
M. Afkhami et al. p. 60

Observation de juvéniles de *Stichopus vastus* dans le lagon de Pohnpei (États fédérés de Micronésie)
J. Kinch p. 62

Communications p. 63

Résumés et nouvelles publications p. 66

Les publications de Michel Jangoux au sujet des holothuries p. 71

Mohamed Hamza Hasan et ses collègues (article en page 53) ont inventorié les populations d'holothuries du golfe d'Aqaba (Égypte, mer Rouge) dix ans après la déclaration d'un moratoire sur la pêche, et ont comparé leurs conclusions avec celles de précédentes études d'échantillonnage réalisées dans la même région en 1995, 2002 et 2003.

Majid Afkhami et ses collègues (p. 60) nous présentent des données sur les méthodes de prélèvement des holothuries, leur transformation et leur distribution sur l'île de Qeshm dans le golfe persique. Les auteurs ont conclu que les stocks de l'île de Qeshm sont en fait en bonne santé, mais préconisent le maintien de l'interdiction de pêche.

Jeff Kinch (p. 62) présente brièvement ses observations de juvéniles de *Stichopus vastus* résidant dans le lagon de Pohnpei, aux États fédérés de Micronésie.

Nous adressons toutes nos félicitations à Shamari Dissanayake qui a récemment défendu sa thèse de doctorat sur la gestion de la ressource en holothurie. Nous souhaitons également un bon départ à la retraite au Professeur Jangoux, spécialiste de renommée mondiale de la biologie des échinodermes. Vous trouverez à la page 71 une liste de publications sur les holothuries.

Igor Eeckhaut

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



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

mettre l'information sur les ressources marines à la portée des utilisateurs de la région, afin d'aider à rationaliser la mise en valeur et la gestion. Parmi les activités entreprises dans le cadre du SIRMIP, citons la collecte, le catalogage et l'archivage des documents techniques, spécialement des documents à usage interne non publiés ; l'évaluation, la remise en forme et la diffusion d'information, la réalisation de recherches documentaires, un service de questions-réponses et de soutien bibliographique, et l'aide à l'élaboration de fonds documentaires et de bases de données sur les ressources marines nationales.

Marquage chimique à l'oxytétracycline de juvéniles d'holothurie de sable, *Holothuria scabra* – rapport préliminaire

Michelle Simoes¹ et Jens Knauer^{*}

Résumé

Dans le cadre d'une expérience préliminaire, nous avons utilisé de l'oxytétracycline, un fluorochrome, pour marquer les spicules dermiques de juvéniles d'*Holothuria scabra*. D'après nos premiers résultats, l'oxytétracycline est un marqueur bien moins efficace que la tétracycline et la calcéine après 1, 6 et 24 heures, dans les mêmes conditions expérimentales : température de l'eau (28 °C), concentration de fluorochrome et durée de la baignade. Le meilleur taux de marquage obtenu avec l'oxytétracycline (18 %) était proche du taux de 15 % obtenu avec la tétracycline après une heure, mais ne correspond qu'à 62 % du taux de marquage de 29 % observé avec la calcéine après une heure de baignade. Par ailleurs, après 24 heures, le taux de marquage des spicules dermiques atteint 28 % avec la tétracycline et 39 % avec la calcéine. Si la totalité des sujets expérimentaux ont subi une importante perte de poids au cours de cette expérience préliminaire, aucune mortalité n'est à signaler. D'après nos résultats, l'oxytétracycline, probablement moins toxique que les autres marqueurs, n'est pas aussi efficace que la tétracycline et la calcéine pour marquer les spicules dermiques des juvéniles de *H. scabra*.

Introduction

L'expérience a montré que le marquage des spicules dermiques des juvéniles d'holothurie de sable (*Holothuria scabra*) constitue une technique adaptée pour différencier les juvéniles produits en éclosion des populations naturelles. Cette distinction est particulièrement importante à l'heure d'évaluer l'efficacité des programmes de réensemencement et d'aquaculture marine des holothuries (Purcell et al. 2006 ; Purcell et Simutoga 2008 ; Purcell et Blockmans 2009). Le marquage des juvéniles se fait de préférence par baignade : un fluorochrome est ajouté à un bain à la concentration désirée. Pour le marquage des juvéniles de *H. scabra*, l'expérience a révélé que le meilleur compromis entre taux de marquage et survie était obtenu avec un bain de tétracycline ou de calcéine à une concentration de 100 mg L⁻¹ pendant 24 heures à une température ≥ 26 °C (Purcell et Blockmans 2009). Une autre substance de la famille des tétracyclines, le chlorhydrate d'oxytétracycline, a également été utilisée avec succès pour marquer des poissons juvéniles (Secor et al. 1991 ; Kayle 1992 ; Brooks et al. 1994 ; Bumgardner et King 1996 ; Jenkins et al. 2002 ; Butcher et al. 2003 ; Taylor et al. 2005 ; Hutchings et Griffiths 2010) et des ormeaux (Day et al. 1995). L'efficacité de cette substance n'a toutefois pas été testée sur les juvéniles de *H. scabra*.

Nous faisons ici état des résultats de notre expérience préliminaire de marquage à l'oxytétracycline des spicules dermiques des juvéniles de *H. scabra*. En particulier, nous nous sommes penchés sur l'effet de la durée d'immersion sur le taux de marquage. Nous nous sommes limités à ce seul facteur, afin d'éviter les longues manipulations

requises pour faire varier d'autres paramètres, tels que la température et la salinité.

Méthode et résultats

Les juvéniles de *H. scabra* ont été obtenus par induction de la ponte au Darwin Aquaculture Centre en septembre 2010, en appliquant les méthodes d'Agudo (2006) sur un stock géniteur de Tasmanian Seafoods P/L. Au total, 36 juvéniles (fourchette de poids : 1,5–3 g) ont été sélectionnés de façon aléatoire et transférés dans un bac de préconditionnement d'une contenance de 600 litres. Tous les juvéniles sont restés huit jours dans le bac, où des algues *Spirulina* sp. (Australian Spirulina, ® TAAU Australia P/L, Darwin, Australie) ont été ajoutées tous les deux jours à raison de 5 % de la biomasse totale de *H. scabra*. Le jour précédant le marquage par immersion, aucun aliment n'a été ajouté au bac et les juvéniles ont tous été inspectés pour déterminer leur état de santé selon les méthodes de Purcell et Eeckhaut (2005).

Chacun des 36 juvéniles a été pesé et ils ont été placés 3 par 3 de façon aléatoire dans 12 récipients contenant de l'eau de mer filtrée à 1 µm (34 ppt ; 28,0–28,5 °C). De l'oxytétracycline a été injectée dans chaque récipient pour obtenir une concentration finale de 100 mg L⁻¹ (Purcell et Blockmans 2009). Les récipients ont été placés par groupes de trois dans quatre caisses en polystyrène ventilées et ils ont été protégés de toute perturbation pendant les différentes durées d'immersion étudiées (1, 6, 24, 48 h). À chaque caisse en polystyrène correspondait une durée d'immersion. Après baignade, des lots de trois juvéniles ont été prélevés de chaque récipient et posés

¹ Darwin Aquaculture Centre, Darwin, Australie.

* Jens.Knauer@nt.gov.au

dans douze paniers étiquetés, placés dans le bac de 600 litres. Ils sont alors restés au repos pendant 14 jours. Au cours de cette période, leur état de santé a été contrôlé quotidiennement, des algues *Spirulina* sp. ont été ajoutées tous les deux jours au bac et les excréments ont été siphonnés deux fois par jour.

Les spicules dermiques ont été prélevés et traités selon les méthodes de Purcell et Blockmans (2009). Ils ont ensuite été examinés au microscope à épifluorescence Leica DM 4000 et deux séries de photos ont été prises (avec un appareil Leica DFC 320) pour chaque lame. Chaque série de photos se compose d'une photo sous lumière fluorescente et d'une photo sous lumière naturelle. Le pourcentage de spicules marqués a alors été calculé en divisant le nombre de spicules marqués visibles sur la photo prise sous lumière fluorescente par le nombre de spicules observés sur la photo prise sous lumière naturelle. Le nombre de spicules dénombrés par photo variait de 10 à 167.

Le poids relevé chez les juvéniles de *H. scabra* juste avant leur immersion et après la période de repos de 14 jours est noté dans le tableau 1. Les écarts entre le poids initial des juvéniles soumis aux différentes conditions expérimentales n'étaient pas significatifs. En revanche, la différence entre le poids initial et le poids final des juvéniles soumis à un même traitement était significative, et ce, pour toutes les durées d'immersion. La perte de poids allait de $0,60 \pm 0,05$ g pour les juvéniles plongés pendant 6 heures, à $0,73 \pm 0,15$ g pour ceux immergés pendant 24 heures. Toujours pour la perte de poids, aucun écart significatif n'est à signaler entre les groupes soumis aux différentes conditions expérimentales, et on ne relève aucune mortalité. La perte de poids

observée peut s'expliquer par une légère toxicité de l'oxytétracycline et/ou par le stress causé aux animaux lors de leur manipulation, facteur qui sera examiné lors de prochaines études.

Le taux de marquage des spicules est nettement supérieur chez les juvéniles *H. scabra* plongés dans un bain d'oxytétracycline à 100 mg L^{-1} pendant 24 heures ($18,0 \pm 2,2 \%$) (figure 1). Ainsi, le taux de marquage à l'oxytétracycline augmente avec la durée de baignation, pour atteindre un plafond à 24 heures, comme il a été montré pour la tétracycline et la calcéine (Purcell et Blockmans 2009). L'allongement de la durée d'immersion à 48 heures s'est soldé par une baisse significative du pourcentage de spicules marqués par rapport au taux à 24 heures (figure 1). Si une perte importante de poids a été constatée après la période de repos de 14 jours (tableau 1) dans l'ensemble des groupes, quelle que soit la durée d'immersion, le taux de marquage n'a baissé que lorsque l'on dépassait 24 heures de baignation. Les bains de tétracycline et de calcéine à 100 mg L^{-1} n'ont en revanche aucun effet sur la croissance des juvéniles de *H. scabra*, comparée à celle d'un groupe témoin non marqué (Purcell et Blockmans 2009). Cela dit, les 36 juvéniles marqués à l'oxytétracycline dans notre étude ont tous survécu, tandis qu'une autre étude révèle que sur 108 juvéniles plongés dans des bains de tétracycline ou de calcéine (concentration non précisée), sept sont morts (6 pour la tétracycline et 1 pour la calcéine) (Purcell et Blockmans 2009). Le taux de marquage à l'oxytétracycline est sensiblement inférieur pour une durée d'immersion d'une heure que pour toutes les autres durées d'immersion ($2,3 \pm 0,4 \%$). Aucun écart significatif n'a été relevé entre les taux de marquage à 6 heures ($10,3 \pm 1,4 \%$) et à 48 heures ($12,5 \pm 3,2 \%$).

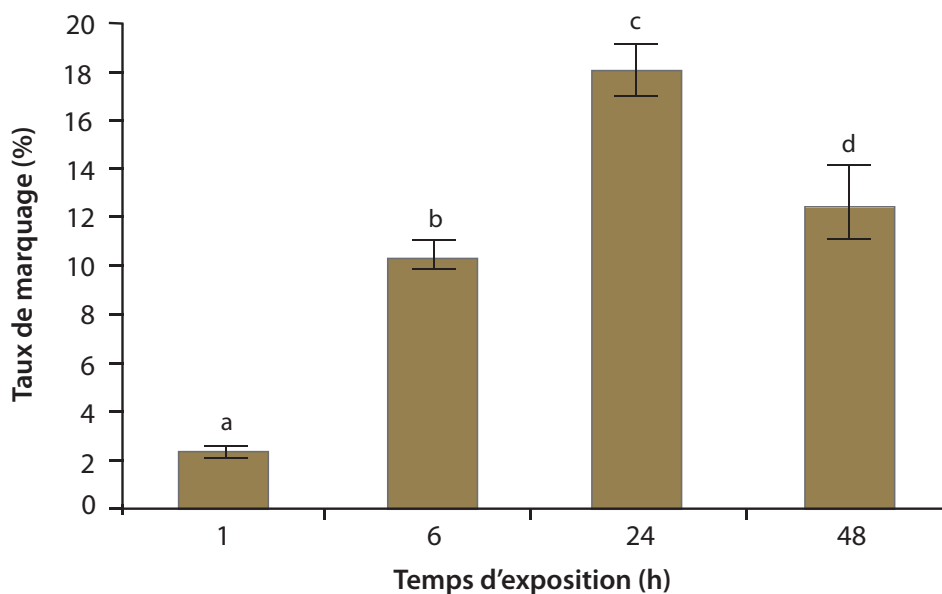


Figure 1. Taux de marquage des spicules des juvéniles d'*Holothuria scabra* plongés dans un bain à l'oxytétracycline pendant 1 à 48 heures. Les valeurs présentées correspondent à la moyenne \pm écart-type ($n = 3$). Les écarts significatifs sont indiqués par différentes lettres ($P \leq 0,05$).

Tableau 1. Poids initial et final des juvéniles d'holothurie de sable, *Holothuria scabra*, marqués à l'oxytétracycline par baignade (jusqu'à 48 h). Les valeurs présentées correspondent à la moyenne \pm écart-type ($n = 3$). Les écarts significatifs observés dans les fourchettes sont indiqués par un * ($P \leq 0,05$).

Temps de baignade (h)	Poids initial (g)	Poids final (g)
1	2,30 \pm 0,06	1,63 \pm 0,14*
6	2,23 \pm 0,09	1,61 \pm 0,03*
24	2,23 \pm 0,03	1,53 \pm 0,14*
48	2,00 \pm 0,10	1,36 \pm 0,07*

Bibliographie

- Agudo N. 2006. Sandfish hatchery techniques. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), the Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the WorldFish Center. 44 p.
- Brooks R.C., Heidinger R.C. and Kohler C.C. 1994. Mass-marking otoliths of larval and juvenile walleyes by immersion in oxytetracycline, calcein or calcein blue. *North American Journal of Fisheries Management* 14:143–150.
- Bumgardner B.W. and King T.L. 1996. Toxicity of oxytetracycline and calcein to juvenile striped bass. *Transactions of the American Fisheries Society* 125:143–145.
- Butcher A., Mayer D., Willett D., Johnston M. and Smallwood D. 2003. Scale pattern analysis is preferable to OTC marking of otoliths for differentiating between stocked and wild dusky flathead, *Platycephalus fuscus*, and sand whiting, *Sillago ciliata*. *Fisheries Management Ecology* 10:163–172.
- Day R.W., Williams M.C. and Hawkes G.P. 1995. A comparison of fluorochromes for marking abalone shells. *Marine and Freshwater Research* 46:599–605.
- Hutchings K. and Griffiths M.H. 2010. Life-history strategies of *Umbrina robinsoni* (Scaenidae) in warm-temperate and subtropical South African marine reserves. *African Journal of Marine Science* 32:37–53.
- Jenkins W.E., Denson M.R., Bridgman C.B., Collins M.R. and Smith T.I.J. 2002. Retention of oxytetracycline-induced marks on sagittae of red drum. *North American Journal of Fisheries Management* 22:590–594.
- Kayle K. 1992. Use of oxytetracycline to determine the contribution of stocked fingerling walleye. *North American Journal of Fisheries Management* 12:353–355.
- Purcell S.W. and Blockmans B.F. 2009. Effective fluorochrome marking of juvenile sea cucumbers for sea ranching and restocking. *Aquaculture* 296:263–270.
- Purcell S.W. et Eeckhaut I. 2005. Un examen sanitaire externe des holothuries produites en éclosion. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 22:34–38.
- Purcell S.W. and Simutoga M. 2008. Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. *Reviews in Fisheries Science* 16:204–214.
- Purcell S.W., Blockmans B.F. and Nash W.J. 2006. Efficacy of chemical and physical tags for large-scale release of an exploited holothurian. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 334:283–293.
- Secor D.H., White M.G. and Dean J.M. 1991. Immersion marking of larval and juvenile hatchery-produced striped bass with oxytetracycline. *Transactions of the American Fisheries Society* 120:261–266.
- Taylor M., Fielder D. and Suthers I. 2005. Batch marking of otoliths and fin spines to assess the stock enhancement of *Argyrosomus japonicus*. *Journal of Fish Biology* 66:1149–1162.

Étude des caractéristiques macroscopiques et microscopiques des tubules gonadiques d'*Holothuria leucospilota* (golfe persique, Iran)

Fatemah Ghobadyan,^{1*} Hossein Morovvati,² Leila Ghazvineh¹ et Ehsan Tavassolpour¹

Résumé

Nous présentons ici les résultats de campagnes d'échantillonnage mensuelles réalisées sur une population d'*Holothuria leucospilota* entre juillet 2007 et juin 2008 (sauf en décembre et en janvier) le long du littoral de Bustaneh, dans le golfe persique en Iran. Au total, 124 femelles et 108 mâles ont été prélevés. Les caractéristiques macro- et microscopiques des gonades ont servi à déterminer les stades de maturation gonadique. Parmi les caractéristiques macroscopiques observées, on compte la couleur et le poids des gonades, la longueur et le diamètre des tubules, ainsi que leur nombre. Au niveau microscopique, on a observé des coupes histologiques colorées à l'hématoxyline et à l'éosine. Sur la base de ces examens, cinq stades de maturation ont été identifiés pour chaque sexe : début de la maturation (I), maturation (II), maturation avancée (III), maturité (IV) et post-émission gamétique (V). Les tubules étaient sensiblement plus longs et étroits chez les mâles. Les tubules gonadiques se développent du premier au quatrième stade, puis se contractent au cinquième stade. La relation éventuelle entre le nombre de tubules et le poids des gonades a été évaluée : on a obtenu 0,73 pour les mâles et 0,80 pour les femelles.

Introduction

Les holothurides constituent une classe très riche d'échinodermes vermiformes au corps généralement mou. On les trouve dans la quasi-totalité des milieux marins, avec une diversité particulièrement riche dans les écosystèmes des récifs coralliens dans les eaux tropicales peu profondes. Leur habitat va des zones intertidales, où les individus se découvrent parfois brièvement à marée basse, au plancher des plus profondes fosses océaniques. Les holothuries sont un groupe d'invertébrés marins pêchés partout dans le monde et essentiellement consommés par les populations des pays asiatiques. Depuis plusieurs décennies, la hausse marquée de la demande d'holothuries est à l'origine d'une augmentation exponentielle de l'exploitation, souvent synonyme d'appauvrissement des populations dans de nombreux pays producteurs. Parce que ces organismes marins jouent un rôle crucial dans la subsistance de nombreux artisans pêcheurs des pays en développement et font l'objet d'échanges commerciaux sur les marchés mondiaux, les holothuries, en particulier leur biologie, leur écologie et la gestion de leur pêche, suscitent un intérêt considérable (Conand et Muthiga 2007). Peu d'études traitent de l'écologie des holothuries dans le golfe persique. Or, il est essentiel d'étudier en détail ces animaux, car ils jouent un rôle primordial dans la préservation du milieu marin. En plus de leur valeur économique et alimentaire, les holothuries exercent une fonction importante dans les communautés benthiques et sont à l'origine de profonds changements dans la composition des fonds marins. Sur le plan médical, on les utilise pour soigner l'anémie, l'impuissance, la sénilité, la constipation due à la sécheresse des muqueuses intestinales et la

pollakiurie. Dans un contexte de déclin mondial des stocks sauvages d'holothuries, la reproduction et la biologie de ces organismes marins suscitent un intérêt croissant. Une meilleure connaissance de ces animaux pourrait permettre d'améliorer les programmes de gestion et de mettre en place des projets d'holothuriculture.

La présente étude vise à caractériser sur le plan macro- et microscopique les tubules gonadiques afin de déterminer les stades de maturation gonadique des populations de *H. leucospilota* résidant le long du littoral de Bustaneh, dans la province iranienne d'Hormozgan, dans le golfe persique.

Matériel et méthodes

Les spécimens ont été prélevés dans une zone intertidale à Bustaneh, dans la partie iranienne du golfe persique (26° 31' N, 54° 39' E) (figure 1). Entre juillet 2007 et juin 2008, entre 25 et 30 individus ont été prélevés chaque mois. Le sexe de chaque animal a été déterminé par dissection. Les tubules mâles étaient toujours de couleur blanc crème. Les tubules femelles étaient plus transparents, l'intérieur ayant une apparence granulée, et prenaient une teinte rouge orangé lorsque les ovaires étaient féconds. Les gonades ont été fixées dans du formol tamponné (dilué à 10 %). Au sein d'une population d'holothuries où le développement gonadique est simultané, une fois la saison de reproduction terminée, les tubules gonadiques régressent après l'expulsion des gamètes ; il est alors possible que les gonades ne puissent être observées pendant une certaine période (Purwati et Luong-van 2003).

¹ Département de biologie marine de la Faculté des sciences de la mer, Université Khorramshahr des sciences et technologies marines, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. Courriel : marinebiologist2007@yahoo.com

² Faculté de médecine vétérinaire, Université Shahid Chamran, Ahvaz, Khuzestan, Iran.

* Auteur correspondant : Fatemahghobadyan@gmail.com

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour identifier les différents stades de maturation. Après examen macroscopique, un fragment de gonade a été étudié au microscope (Conand 1981). Nous avons ensuite confirmé nos résultats en examinant des coupes histologiques. Les caractéristiques tant macro- que microscopiques nous ont permis d'évaluer les stades de maturation gonadique, décrits dans des études antérieures (Drumm et Lonergan 2005 ; Ong-Che 1990 ; Purwati et Luong-van 2003). Sur le plan macroscopique, nous nous sommes intéressés à la couleur des gonades, au nombre total de tubules, à leur longueur, à leur diamètre et à la présence de gamètes après écrasement (technique du squash). Ces paramètres dépendent tous du stade de maturation des gonades. Le rapport entre le poids gonadique et le nombre de tubules a été calculé pour les deux sexes. Pour ce qui est des caractéristiques microscopiques, des coupes histologiques ont été examinées au microscope. Un sous-échantillon de 10 animaux (représentatifs de la gamme de tailles disponibles) a été formé à partir de chaque échantillon mensuel aux fins de l'examen histologique. Les tubules gonadiques ont été déshydratés, inclus dans de la paraffine, découpés en sections de 5 μm d'épaisseur et colorés à l'hématoxyline-éosine. Pour déterminer les stades histologiques de la gamétogenèse, nous nous sommes appuyés sur des études antérieures portant sur les gonades des holothuries (Drumm et Lonergan 2005 ; Purwati et Luong-van 2003 ; Rasolofonirina et al. 2005 ; Shiell et Uthicke 2006). Sur la base de ces critères, cinq stades de maturation ont été définis : début de la maturation (I), maturation (II), maturation avancée (III),

maturité (IV), et post-émission gamétique (V). Chaque gonade a été examinée et classée afin de déterminer son stade de maturation sexuelle. Les cinq stades ont été vérifiés par examen histologique et recoupement avec les caractéristiques macroscopiques.

Résultats

Les individus *Holothuria leucospilota* sont toujours sexués, mais ne présentent pas de dimorphisme sexuel. En conséquence, il est impossible de distinguer les mâles des femelles au simple examen des caractéristiques externes. Les gonades femelles et mâles étant de couleur différente, leur sexe a pu être déterminé après dissection. Chez *H. leucospilota*, la gonade se présente sous la forme d'une seule touffe de tubules se mouvant librement dans le cœlome, rattachée au niveau de la partie inférieure de la gonade à un socle transparent en forme de selle, situé sur le côté de la partie antérieure de l'intestin. Chaque tubule forme une ou deux ramifications. Lorsqu'ils sont matures (stade IV), les tubules femelles sont de couleur rose à rouge orangé et les ovocytes peuvent être observés sous forme de petits points blancs dans l'ovaire fécond. Après l'émission gamétique (stade V), les tubules se dégradent et virent au marron ; les gamètes non expulsés sont certainement éliminés. Aux stades de maturation avancée, les tubules des gonades mâles sont longs et de couleur blanc crème à beige. Quel que soit le sexe de l'individu, la longueur, le diamètre, la couleur et le nombre de tubules sont liés au stade de maturation des gonades.

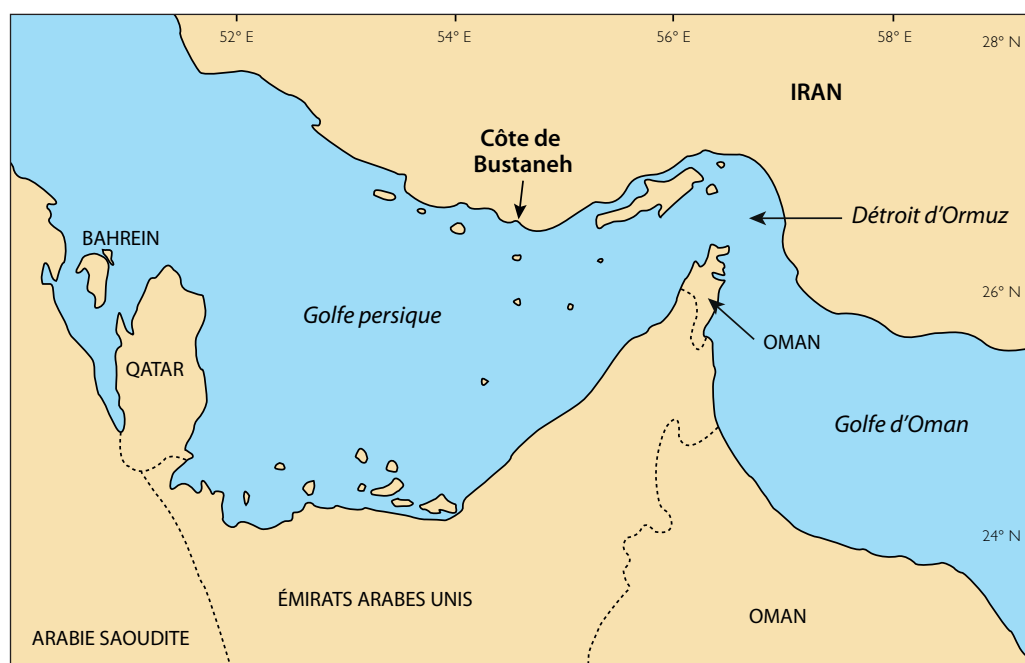


Figure 1. Site expérimental : Bustaneh, golfe persique, Iran.

³ Pour obtenir la longueur moyenne des gonades, on a mesuré, à 0,02 mm près, la longueur (d'une extrémité à l'autre) de 20 % du nombre total de tubules de chaque gonade.

⁴ Pour obtenir le diamètre moyen des gonades, 20 % du nombre total de tubules de chaque gonade ont été mesurés au moyen d'un micromètre oculaire.

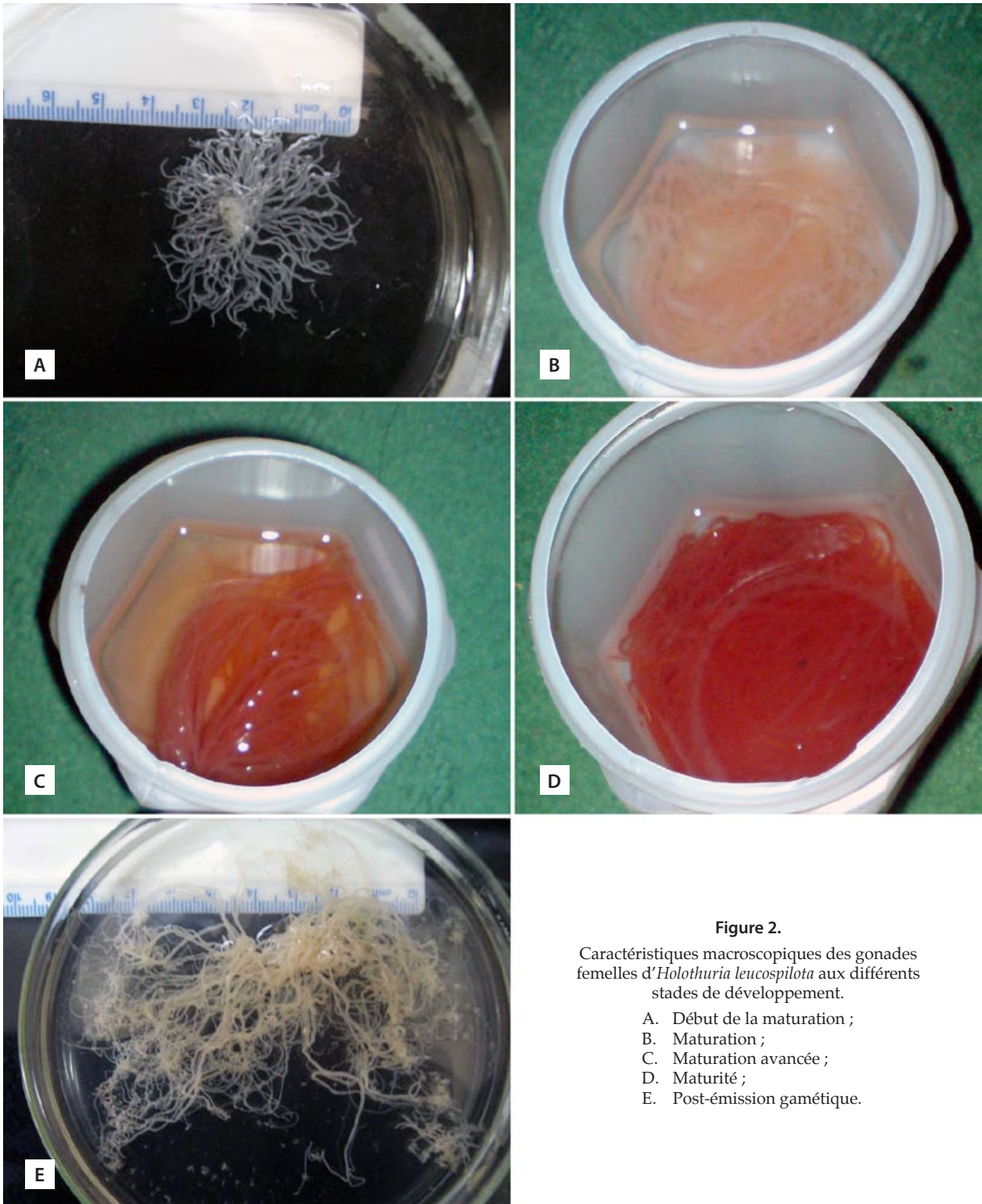


Figure 2.

Caractéristiques macroscopiques des gonades femelles d'*Holothuria leucospilota* aux différents stades de développement.

- A. Début de la maturation ;
- B. Maturation ;
- C. Maturation avancée ;
- D. Maturité ;
- E. Post-émission gamétique.

Caractéristiques macroscopiques des stades de maturation gonadique

Premier stade – Début de la maturation

À ce stade, il est impossible de déterminer le sexe des gonades à l'examen microscopique. Un examen histologique est donc nécessaire. Les tubules des gonades mâles et femelles sont fins, blancs à transparents, peu ramifiés, encore petits et présents en grand nombre (figures 2A et 3A).

Deuxième stade – Maturation

Tant chez les individus mâles que femelles, les dimensions, le nombre de tubules et le nombre de ramifications augmentent. Les gonades femelles sont de couleur blanc à rose très pâle (figure 2B). À l'examen microscopique, la présence d'ovocytes en formation permet de distinguer les femelles des mâles, dont la gonade est blanc clair (figure 3B).

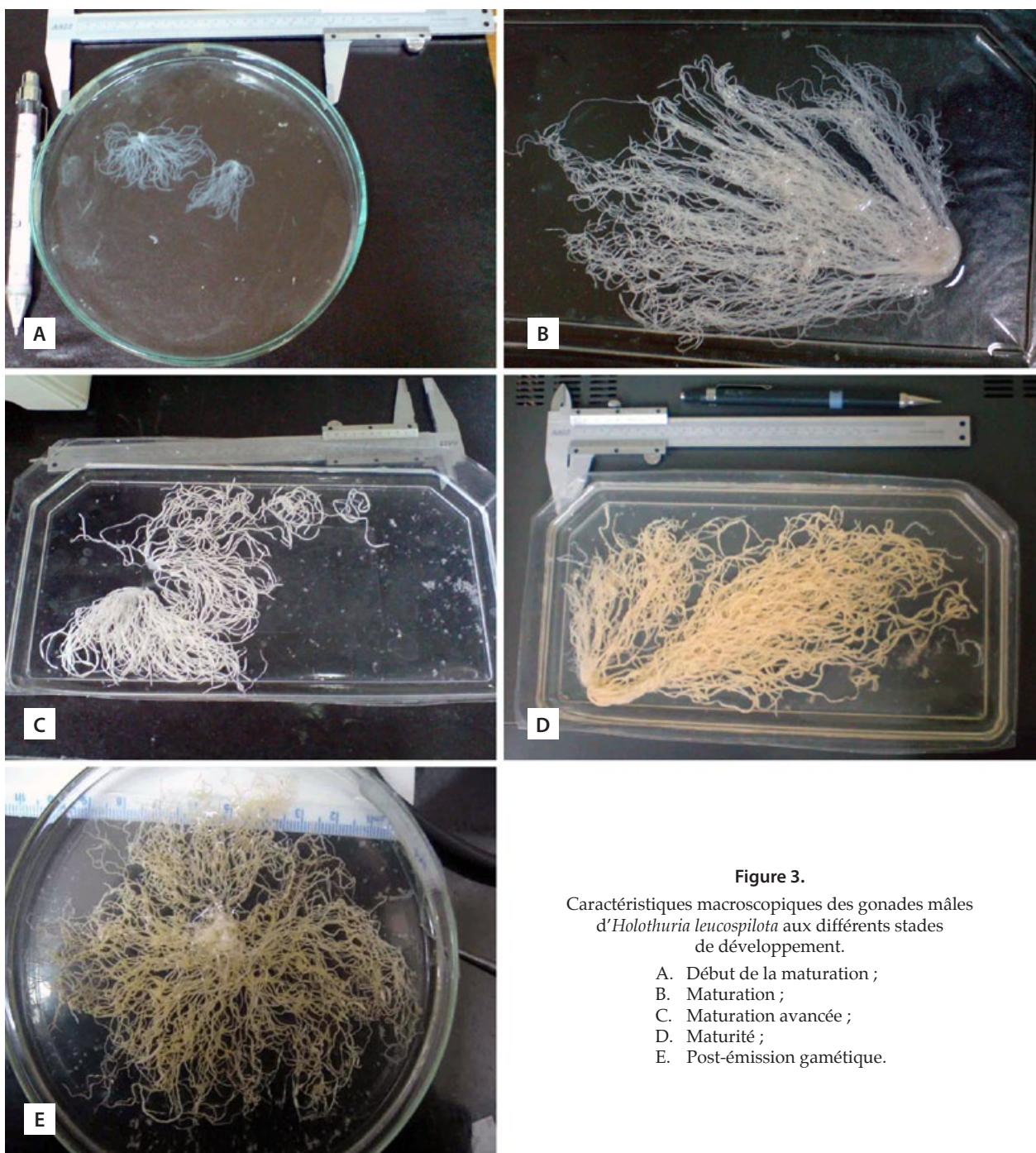


Figure 3.

Caractéristiques macroscopiques des gonades mâles d'*Holothuria leucospilota* aux différents stades de développement.

- A. Début de la maturation ;
- B. Maturation ;
- C. Maturation avancée ;
- D. Maturité ;
- E. Post-émission gamétique.

Troisième stade – Maturation avancée

Tant chez les individus mâles que femelles, les tubules sont plus longs, dilatés, ramifiés et nombreux. Les gonades femelles sont rose foncé (figure 2C) et les gonades mâles sont de couleur crème, légèrement foncée (figure 3C).

Quatrième stade – Maturité

Les tubules sont foisonnants, longs et dilatés chez le mâle et la femelle. Les gonades femelles virent du rose au rouge orangé (figure 2D), tandis que les gonades mâles virent au beige (figure 3D).

Cinquième stade – Post-émission gamétique

Après l'expulsion des gamètes, les tubules régressent et prennent une teinte marron (figures 2E et 3E). Les tubules sont flasques et plus ou moins vides, certaines régions tubulaires étant encore occupées par des gamètes non expulsés. Des ovocytes non expulsés sont observés à différents stades de dégénérescence chez les femelles et sont probablement éliminés.

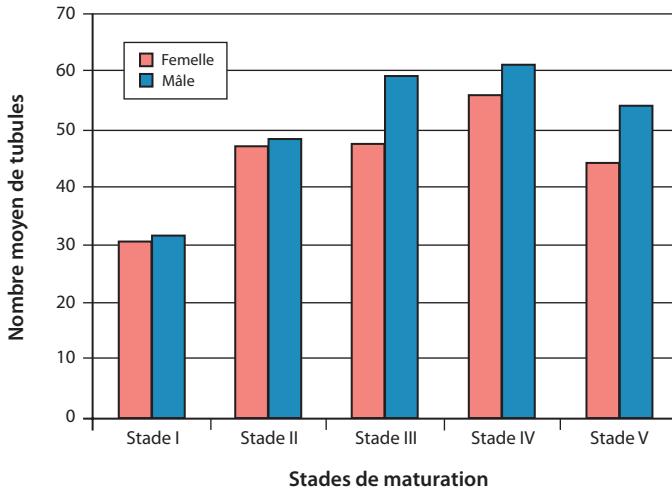


Figure 4. Nombre moyen de tubules aux différents stades de maturité sexuelle du mâle et de la femelle d'*Holothuria leucospilota*.

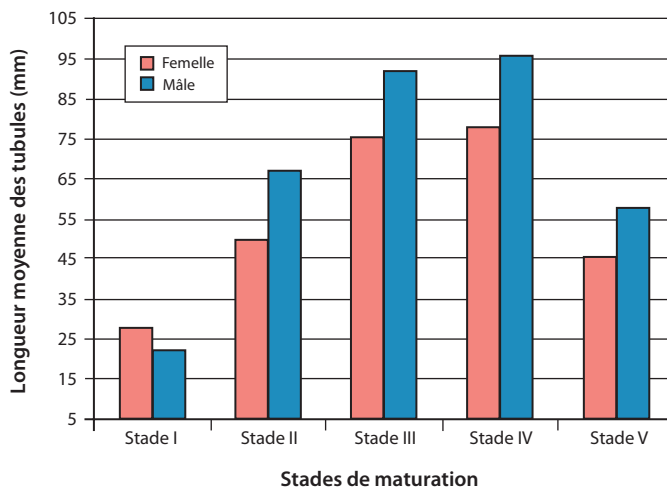


Figure 5. Longueur moyenne des tubules aux différents stades de maturité sexuelle du mâle et de la femelle d'*Holothuria leucospilota*.

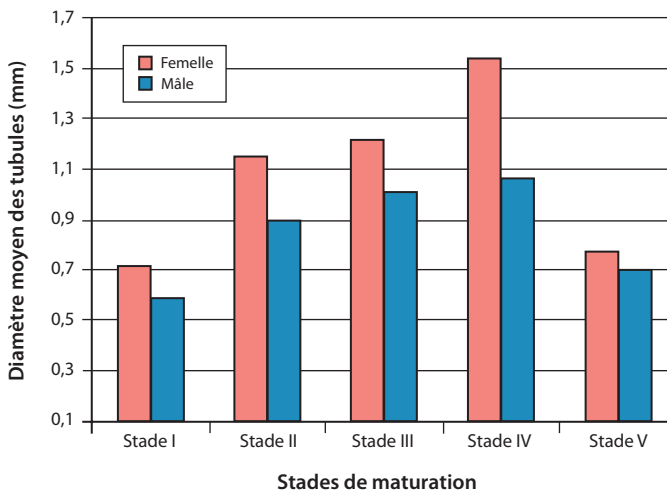


Figure 6. Diamètre moyen des tubules aux différents stades de maturité sexuelle du mâle et de la femelle d'*Holothuria leucospilota*.

Biométrie

Les variations des paramètres biométriques des gonades, dont le nombre, la longueur et le diamètre des tubules, aux différents stades de maturation gonadique, sont présentées dans les figures 4, 5 et 6 pour les mâles et les femelles. Ces paramètres montrent clairement que la maturation s'accompagne d'une augmentation du nombre de tubules par individu. Les tubules sont plus longs et nombreux chez les mâles, mais plus larges chez les femelles (test *t*, $P > 0,05$).

Le rapport entre le poids des gonades ($PG_{(f=femelle)}$, $PG_{(m=mâle)}$) et le nombre de tubules ($y_{(f)}$, $y_{(m)}$) nous donne un coefficient de corrélation élevé (R^2) chez les deux sexes. Voici les équations utilisées (tableau 1).

Tableau 1. Rapport entre le poids des gonades (PG) et le nombre de tubules (y).

Femelle	Mâle
$y_{(f)} = 34,081 PG_{(f)}^{0,2121}$	$y_{(m)} = 37,045 PG_{(m)}^{0,2467}$
$R^2 = 0,803$	$R^2 = 0,737$

Caractéristiques microscopiques des stades de maturation gonadique chez la femelle

Premier stade – Début de la maturation

La lumière tubulaire ne présente aucun gamétocyte. Certains ovocytes en prévitellogénèse sont observés au niveau de l'épithélium germinale de l'ovaire (figure 7A).

Deuxième stade – Maturation

La vitellogénèse est en cours. Des ovocytes en début, milieu et fin de vitellogénèse sont observés. De nombreux ovocytes de petite taille et ovocytes en prévitellogénèse tapissent l'épithélium germinale (figure 7B).

Troisième stade – Maturation avancée

De petits ovocytes sont observés le long de l'épithélium germinale et de la lumière tubulaire, quasiment remplie d'ovocytes matures de grande taille (figure 7C).

Quatrième stade – Maturité

Les tubules sont chargés en ovocytes matures, et plus aucun ovocyte de petite taille n'est observé le long de l'épithélium germinale. On distingue nettement la vésicule germinale de chaque ovocyte (figure 7D).

Cinquième stade – Post-émission gamétique

On observe des ovocytes résiduels aux différents stades de dégénérescence dans la lumière tubulaire. On commence à détecter des signes de phagocytose. Certaines zones des tubules sont vides et allongées,

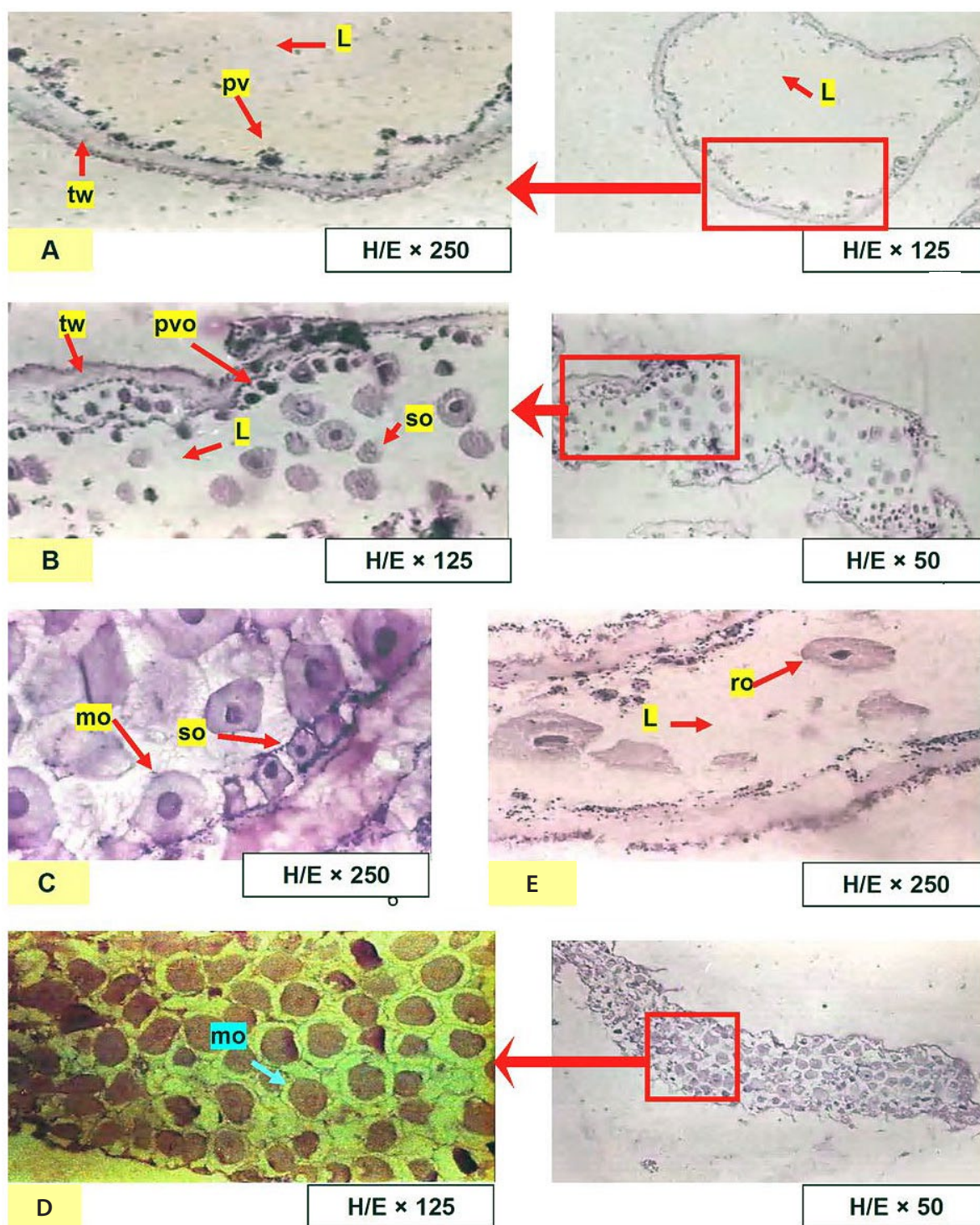


Figure 7.

Caractéristiques microscopiques des gonades femelles d'*Holothuria leucospilota* aux différents stades de développement.

L : lumière ; mo : ovocyte mature ; pvo : ovocyte en prévitellogénèse ; ro : ovocyte résiduel ; so : petit ovocyte ; tw : paroi tubulaire.

A. Début de la maturation ; B. Maturation ; C. Maturation avancée ; D. Maturité ; E. Post-émission gamétique.

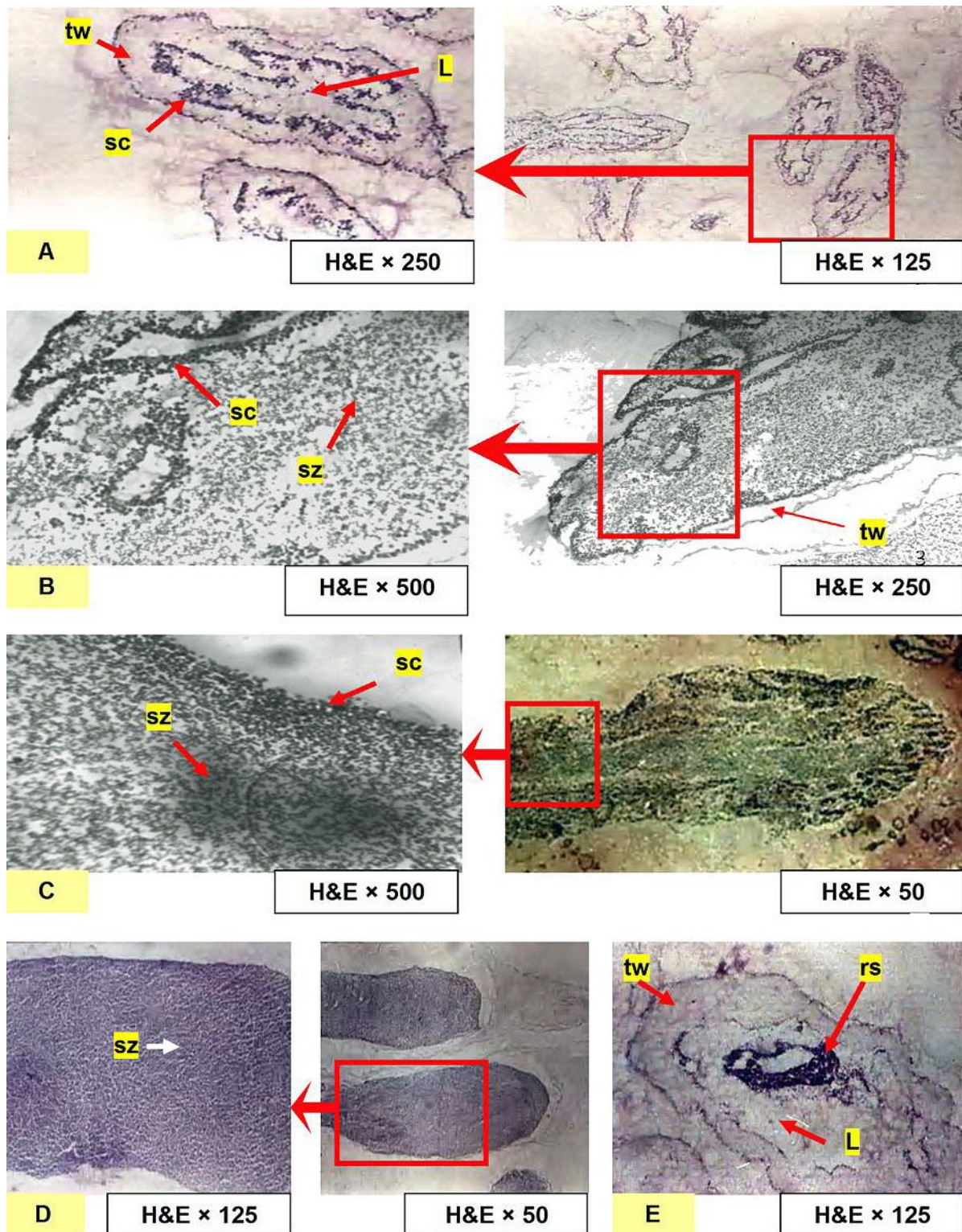


Figure 8.

Caractéristiques microscopiques des gonades mâles d'*Holothuria leucospilota* aux différents stades de développement.

L : lumière ; rs : spermatozoïde résiduel ; sc : spermatocyte ; sz : spermatozoïde ; tw : paroi tubulaire.

A. Début de la maturation ; B. Maturation ; C. Maturation avancée ; D. Maturité ; E. Post-émission gamétique.

signe du passage d'ovocytes le long des parois tubulaires pendant l'expulsion des gamètes (figure 7E).

Caractéristiques microscopiques des stades de maturation gonadique chez le mâle

Premier stade – Début de la maturation

À ce stade, la lumière des tubules est vide, mais on constate la présence de spermatocytes le long de l'épithélium germinal (figure 8A).

Deuxième stade – Maturation

Les tubules présentent de nombreux replis internes au niveau de l'épithélium germinal, où se logent des travées de spermatocytes. Un petit nombre de spermatozoïdes ont migré vers la lumière des tubules (figure 8B).

Troisième stade – Maturation avancée

La paroi des tubules est maintenant lisse. Les spermatocytes sont en nombre très réduit et la lumière est remplie de spermatozoïdes (figure 8C).

Quatrième stade – Maturité

La lumière des tubules est remplie de spermatozoïdes, tandis que les parois tubulaires sont très fines et lisses. Aucune zone de prolifération n'est observée le long de l'épithélium germinal (figure 8D).

Cinquième stade – Post-émission gamétique

Après l'expulsion du sperme, la lumière tubulaire présente des zones vides et allongées ainsi que quelques spermatozoïdes résiduels. Aucune zone de prolifération n'est observée le long de l'épithélium germinal contenant les spermatocytes (figure E).

Discussion

Développement des tubules gonadiques

Les individus *Holothuria leucospilota* résidant le long du littoral de Bustaneh dans le golfe persique possèdent une touffe unique de tubules gonadiques. De nombreuses clés d'identification des stades de maturation des holothuries ont été recommandées par Chao et al. (1994), Conand (1993), Drumm et Lonergan (2005), Howaida et al. (2004), Lee et al. (2008), Purwati et Luong-van (2003), Rasolofonirina et al. (2005), Shiell et Uthicke (2006), et Hoareau et Conand (2002). La présente étude révèle que les tubules ovariens sont plus courts et plus larges que les tubules testiculaires, mais ces derniers sont présents en plus grand nombre. Des résultats similaires se dégagent d'une étude sur *Actinopyga echinites* menée en Nouvelle-Calédonie, qui indique que les tubules testiculaires sont légèrement plus longs et étroits que les tubules ovariens (Conand 1982). En revanche, une étude menée en Iran, dans l'île de Kish, a révélé que le nombre de tubules gonadiques était plus élevé chez les mâles que les femelles de *Stichopus hermanni* (Tehranifard et al. 2006). Dans les conclusions d'une autre étude réalisée en Nouvelle-Calédonie sur trois espèces d'holothuries, Conand (1981) indique que : 1) après l'émission gamétique, les gonades

de *Thelenotia ananas* se ratatinent et se ramollissent, alors qu'on peut encore observer quelques ovocytes ou spermatozoïdes matures résiduels, ainsi que des signes d'atrésie et d'élimination des cellules germinales par les phagocytes ; 2) les gonades d'*Holothuria nobilis* présentent un dimorphisme sexuel : les tubules sont plus courts et plus larges chez les femelles ; 3) les gonades de *H. fuscogilva* ne présentent aucun dimorphisme sexuel.

Les résultats de la présente étude montrent que la maturation sexuelle complète des mâles et des femelles s'accompagne d'une augmentation des paramètres biométriques. Au dernier stade de maturation (post-émission gamétique), les valeurs mesurées décroissent chez les mâles et les femelles, ce qui s'explique très probablement par la régression gonadique post-émission. Dans leur étude sur *Holothuria leucospilota* menée à Darwin (Australie) en 2003, Purwati et Luong-van expliquent que cette espèce a la capacité de « réintégrer » sa gonade une fois ses gamètes expulsés. Cette régression des tubules mâles et femelles a également été observée chez *H. leucospilota* à Hong Kong (Ong-Che 1990). Dans ses travaux de recherche menés en Nouvelle-Calédonie sur trois espèces d'holothuries, Conand (1981) explique la présence d'individus sans gonade pendant la phase de repos, montrant que la gonade se développe pendant toute sa maturation, jusqu'à fécondité, puis se rétracte après l'expulsion gamétique.

La présente étude a montré que le rapport entre le poids des gonades et le nombre de tubules donne chez les deux sexes un coefficient de corrélation élevé (R^2). Rasolofonirina et al. (2005) ont dressé le même constat pour *Holothuria scabra* dans le sud-ouest de l'océan Indien.

Remerciements

Nous tenons à remercier Hossein Rameshi, du Centre de recherche sur les mollusques du golfe persique, et Hossein Riazifar, de l'Office de protection du bioenvironnement de Bandar-e-Lengeh. Nos remerciements vont également à Abdul-Reza Dabbagh, qui nous a apporté une aide précieuse pendant la phase d'échantillonnage, ainsi qu'à Sybil Martin Keshmiri (MA) et à Amin Talebi Bezmin Abadi qui ont corrigé le présent article.

Bibliographie

- Chao S.M., Chen C.P. and Alexander P.S. 1994. Reproduction and growth of *Holothuria atra* (Echinodermata: Holothuroidea) at two contrasting sites in southern Taiwan. *Marine Biology* 119:565–570.
- Conand C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin of Marine Science* 31(3):523–543.
- Conand C. 1982. Reproductive cycle and biometric relations in a population of *Actinopyga echinites* (Echinodermata: Holothuroidea) from the lagoon of New Caledonia, western tropical Pacific. p. 437–442. In: J.M. Lawrence (ed). *Echinoderms: Proceedings of the International Conference Tampa Bay, Balkema, Rotterdam*.
- Conand C. 1993. Reproductive biology of the holothurian from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 116:439–450.

- Conand C. and Muthiga N. 2007. Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. WIOMSA Book Series No. 5. 66 p.
- Drumm D. and Lonergan R. 2005. Reproductive biology of *Holothuria leucospilota* in the Cook Islands and the implications of traditional fishing of gonads on the population. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39:141–156.
- Hoareau T. et Conand C. 2002. Reproduction sexuée de *Stichopus chloronotus*, holothurie scissipare, à La Réunion (océan Indien). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 15:4–12.
- Howaida R.G., Ashraf A.I., Hanafy M.H., Lawrence J.A., Ahmed M.I. and El Etreby S.G. 2004. Mariculture of sea cucumber in the Red Sea – the Egyptian experience. *Advances in sea cucumber aquaculture and management* [Available at: <http://www.fao.org/docrep/007/y5501e/y5501e16.htm>].
- Lee J., Byrne M. et Uthicke S. 2008. Reproduction asexuée par scission d'une population d'*Holothuria hilla* (Lesson 1830) sur l'île One Tree Island, Grande Barrière de corail australienne. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 27:17–23.
- Ong-Che R.G. 1990. Reproductive cycle of *Holothuria leucospilota* (Echinodermata: Holothuroidea) in Hong Kong and the role of body tissues in reproduction. *Asian Journal Marine Biology* 7:115–132.
- Purwati P. et Luong-van T. 2003. La reproduction sexuelle chez une espèce d'holothurie fissipare, *Holothuria leucospilota* Clark 1920 (Echinodermata: Holothuriidea). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 18:33–38.
- 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* (Jaëger, 1833). *Western Indian Ocean Journal Marine Science* 4(1):61–75.
- Shiell G. and Uthicke S. 2006. Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria whitmaei* (Holothuroidea: Aspidochirotida) in the Indian and Pacific Ocean regions of Australia. *Marine Biology* 148(5):973–986.
- Tehranifard A., Uryan S., Vosoghi G., Fatemy S.M. et Nikoyan A. 2006. Cycle de reproduction de *Stichopus hermanni* – Île de Kish (Iran). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 24:22–27.

Étude du développement gonadique chez l'holothurie *Holothuria scabra* Jaeger, 1833

Mélanie Demeuldre^{1*} et Igor Eeckhaut¹

Résumé

Chez *Holothuria scabra*, seules les gonades des adultes ont été caractérisées histologiquement. Le présent travail s'est attaché à la description des gonades (histologie classique et microscopie électronique à balayage) chez les individus de petite taille afin de mieux comprendre l'ontogenèse de cet organe au début de la phase postmétamorphique des holothuries. Les trois mêmes couches tissulaires présentes chez l'adulte se retrouvent chez les juvéniles même de très petite taille. La seule différence entre les individus adultes et les juvéniles de longueur inférieure à 10 cm est l'impossibilité de distinguer, chez ces derniers, les cellules germinales dans la couche épithéliale interne qui se confondent probablement en structure avec les cellules somatiques. Chez les individus d'une longueur supérieure à 10 cm, des cellules germinales sont retrouvées dans les tubules longs (> 0,6 cm) mais pas dans les petits tubules (< 0,7 cm). Selon nos observations, les premières cellules germinales reconnaissables apparaissent 8 à 9 mois après la fécondation (développement larvaire compris) chez *H. scabra*.

Introduction

La gonade des holothuries adultes, en particulier celle d'*Holothuria scabra*, est située antérieurement du côté dorsal et attachée à la paroi par un mésentère au niveau de la zone interambulacraire CD (Hyman 1955). Les holothuries peuvent présenter une gonade de chaque côté du mésentère mais chez *H. scabra* et dans la famille des Holothuridae en général, elle n'apparaît que du côté gauche de l'animal. La gonade se poursuit par un gonoducte qui sort de la base de la gonade, longe le mésentère dorsal et aboutit à l'extérieur par l'intermédiaire du gonopore situé près de la bouche (Smiley 1994 ; Rasolofonirina et al. 2005). La structure des testicules et des ovaires présente de grandes similarités (Chia et Bickell 1983). Les tubules gonadiques sont composés de trois couches concentriques comprenant une lumière centrale où se retrouvent les cellules germinales (Atwood 1973). Selon les auteurs, la terminologie utilisée pour caractériser ces couches tissulaires peut changer, celle de Smiley et Cloney (1985) étant la plus récente : de l'extérieur vers l'intérieur du tubule, les tissus sont le tissu péritonéal externe, le compartiment du tissu conjonctif et le tissu épithélial interne.

Chez les holothuries adultes, le tissu péritonéal externe est composé de trois types cellulaires différents : des cellules péritonéales épithéliales, des cellules myoépithéliales et des neurones. Les cellules épithéliales sont majoritaires et ont pour rôle de prélever les nutriments présents dans le liquide coelomique (Smiley et Cloney 1985 ; Smiley 1988b ; Atwood 1973). Elles présentent un cil entouré d'une collerette de microvillosités (Atwood 1973). Les cellules myoépithéliales se répartissent en deux couches dans la plupart des cas : une circulaire plus externe et

une longitudinale interne (Smiley et al. 1991). Certaines espèces ne possèdent que la couche circulaire comme *Stichopus californicus* (Smiley et Cloney 1985). Le tissu conjonctif est séparé des épithéliales externe et interne par une lame basale. L'épithélium interne des tubules des ovaires comporte 3 types cellulaires : les cellules somatiques pariétales et folliculaires ainsi que les cellules de la lignée germinale. Les deux premiers types cellulaires sont identiques d'un point de vue morphologique : ce sont des cellules ciliées. La seule différence est que les cellules folliculaires entourent la cellule germinale et auraient une fonction endocrine (Kanatani 1979). Au niveau de l'épithélium interne du mâle, il n'y a pas de distinction entre les deux types cellulaires formant la paroi et Atwood (1973) utilise le terme « cellules épithéliales ». Les oocytes ont une taille allant de 100 micromètres jusqu'à 5 millimètres (Hansen 1968) et ils remplissent tout le tubule ne laissant que peu d'espace libre lorsque l'individu est prêt à pondre (Smiley 1988b). Les spermatozoïdes ont un corps de 3 µm et un flagelle de 40 µm de longueur (Atwood 1973).

Concernant les gonades des holothuries, seules celles des adultes ont été caractérisées histologiquement. Chez les individus de petite taille par contre, l'anatomie des gonades n'a pas encore été détaillée. Le présent travail s'est donc attaché à la description des gonades chez les individus de petite taille afin de mieux comprendre l'ontogenèse de cet organe au début de la phase postmétamorphique des holothuries. Le choix de l'espèce s'est porté sur *H. scabra* car des individus juvéniles de taille allant de 3 à 15 cm et d'âge connu étaient facilement disponibles dans la ferme d'élevage de la compagnie « Madagascar Holothurie » afin de réaliser l'échantillonnage nécessaire.

¹ Laboratoire de Biologie des Organismes Marins et Biomimétisme (Laboratory of the Biology of Marine Organisms and Biomimetics), University of Mons, Mons, Belgique.

* Courriel : melanie.demeuldre@gmail.com

Matériel et méthodes

Collecte et conservation des échantillons

Les *Holothuria scabra* Jaeger, 1833 proviennent de la production de « Madagascar Holothurie ». Les individus d'une longueur de 3 à 9 cm proviennent de la ferme de grossissement d'holothuries basée à Belaza (au Sud de Tuléar) tandis que les individus de plus grande taille proviennent des enclos en milieu naturel au village de Sarodrano.

Les animaux vivants ont été transférés dans les aquariums de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IHSM) de Tuléar jusqu'à leur utilisation. Les gonades de 43 individus allant de 3 à 13 cm ont été prélevées et ont été fixées pour partie au liquide de Bouin, pour partie dans une solution de glutaraldéhyde 3 % pendant, au minimum, 4 heures. Elles furent premièrement observées au microscope Axioscope A1 (Zein) ou à l'aide d'une binoculaire (selon la grandeur de la gonade) et photographiées, avant tout autre traitement.

Microscopie électronique à balayage (MEB)

Les gonades entières des holothuries de 3 à 7 cm de long et des fractions de gonades d'holothuries de 10 à 13 cm de long ont été préparées afin d'être observées au microscope électronique à balayage.

Échantillons dans le liquide de Bouin

Les échantillons placés dans le liquide de Bouin ont été stockés dans l'éthanol 70 %. Après avoir été déshydratés dans des bains d'alcool de degrés croissants (éthanol 70, 90 et 100 %), ceux-ci ont été séchés à l'aide de la bombe à point critique (Polaron). Ils ont ensuite été placés sur des supports en aluminium afin d'être métallisés durant 5 minutes à l'aide du métalliseur JEOL JFC-1100E. Après ces différentes étapes, les échantillons ont été observés au microscope électronique à balayage JEOL JSM-6100.

Échantillons dans le glutaraldéhyde

Les échantillons placés dans le glutaraldéhyde ont été rincés 3 fois 10 minutes dans une solution de rinçage de cacodylate de sodium 0,2 M. Après cela, ils ont été post-fixés durant 1 heure dans une solution de 1 % de tétroxyde d'osmium. Après 3 rinçages, les échantillons ont été déshydratés

dans une suite de bains d'éthanol de degrés croissants (éthanol 25, 50, 70, 90 et 100 %). Les étapes de séchage et de métallisation ont été identiques à celles réalisées pour les échantillons placés dans le liquide de Bouin.

Réalisation de coupes semi-fines

Les échantillons placés dans le glutaraldéhyde ont été rincés, post-fixés et déshydratés comme pour la microscopie électronique à balayage puis enrobés dans de la résine SPUUR. Ceux-ci ont été placés dans l'étuve pendant 24 heures à 70 °C. Des coupes semi-fines de 1 µm d'épaisseur ont alors été réalisées à partir des blocs obtenus au moyen d'un microtome Reichert Austria U2 à couteau de verre. Ces coupes ont été colorées à chaud par un mélange équimoléculaire de bleu de méthylène 1 % et d'Azur II 1 % durant 30 secondes puis observées à l'aide du microscope Axioscope A1 (Zein).

Résultats

La gonade, qu'elle soit mâle ou femelle, présente une base d'où arrivent des tubules gonadiques et d'où part

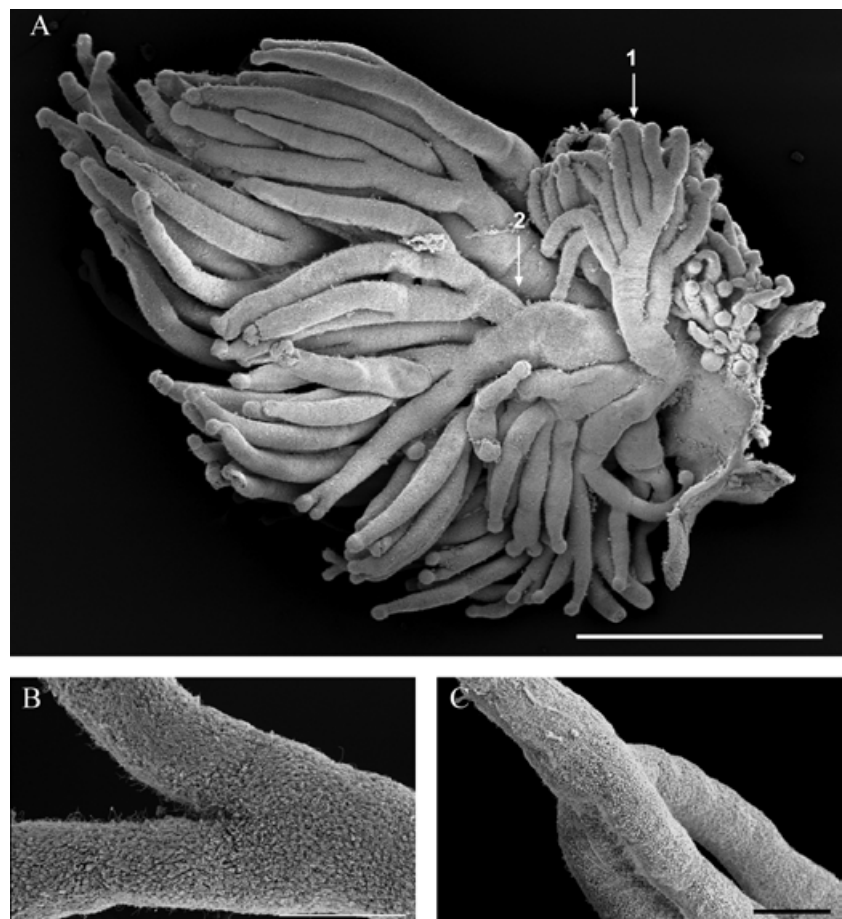


Figure 1. Photos en microscopie électronique à balayage (MEB) de gonades d'*Holothuria scabra*. Planche relative à la dichotomisation des tubules gonadiques.

- A. Photo d'une portion de la gonade d'un individu de 11 cm de long montrant les deux types de dichotomisations possibles : la dichotomisation symétrique (2) et asymétrique (1) (échelle : 1 mm) ;
- B. Exemple d'un tubule gonadique présentant une dichotomie (échelle : 100 µm) ;
- C. Exemple d'un tubule gonadique présentant une trichotomie (échelle : 100 µm).

le gonoducte qui longe la partie antérieure du tube digestif auquel il est rattaché par un mésentère. Chaque tubule gonadique est formé d'une branche primaire et de plusieurs branches dérivées de divers ordres et nommées branches secondaires, tertiaires, etc... jusqu'à l'apex du tubule gonadique. Les branches dérivées proviennent de dichotomisations, une branche x se dichotomisant en 2 branches y. Les dichotomisations sont dites d'ordre

primaire, secondaire et tertiaire si elles donnent naissance à des branches secondaires, tertiaires et quaternaires, respectivement. La branche située en amont de l'apex gonadique porte également le nom de branche terminale. Les tubules gonadiques peuvent présenter deux types de dichotomisation (figures 1 et 2). La dichotomisation symétrique (figures 1 et 2 A, B) consiste en la division d'une branche mère en deux branches filles, ces deux branches

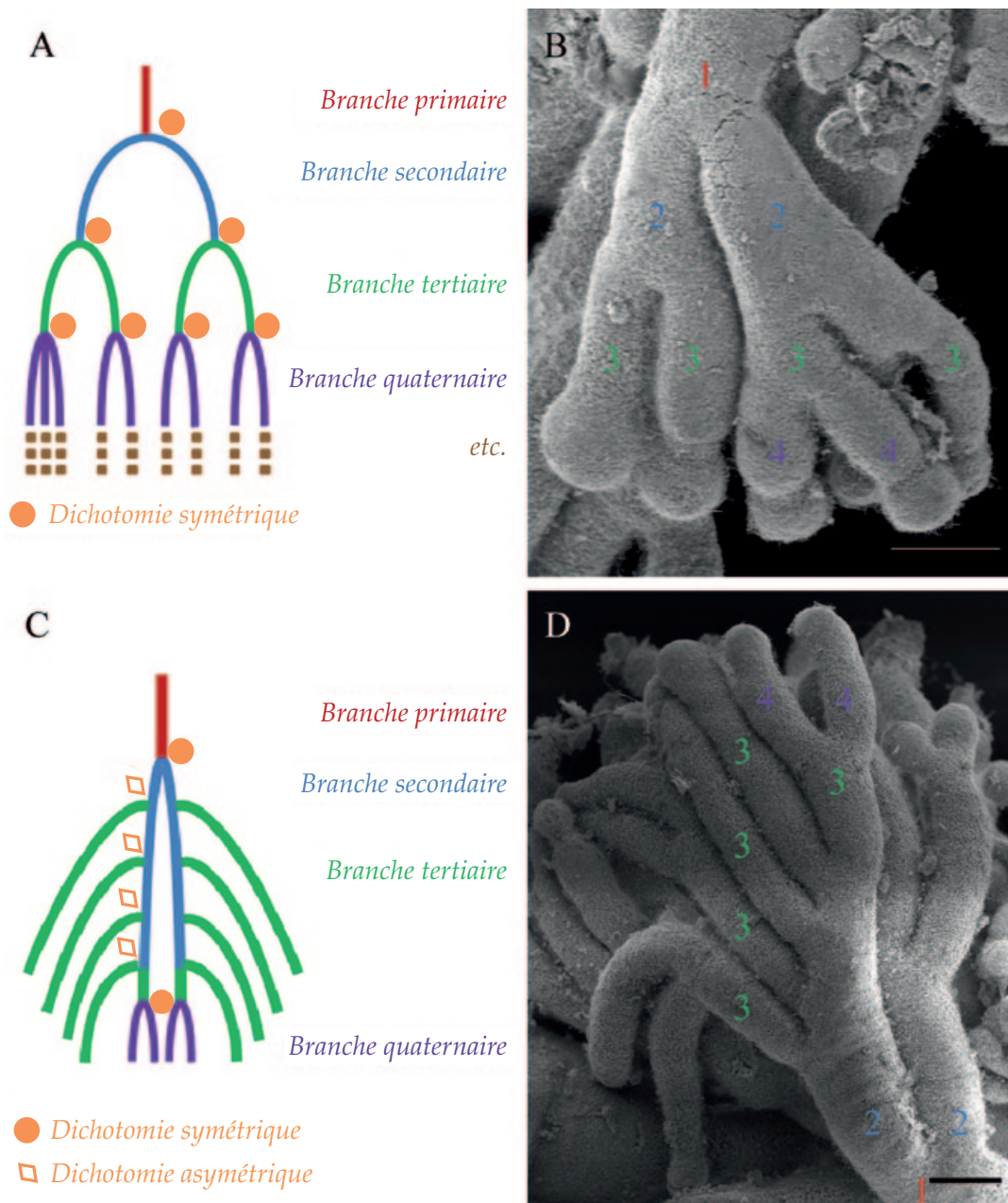


Figure 2. Planche représentant les deux types de dichotomies rencontrées pour les tubules gonadiques.

1 : Branche primaire ; 2 : Branche secondaire ; 3 : Branche tertiaire ; 4 : Branche quaternaire.

- A. Schéma représentant une dichotomie symétrique ;
- B. Photo représentant une dichotomie symétrique (échelle : 200 μ m) ;
- C. Schéma représentant une dichotomie asymétrique (représentée par ◊) – la première et la dernière dichotomie (représentées par ●) sont des dichotomies symétriques ;
- D. Photo représentant une dichotomie asymétrique – la première et la dernière dichotomie sont symétriques (échelle : 200 μ m).

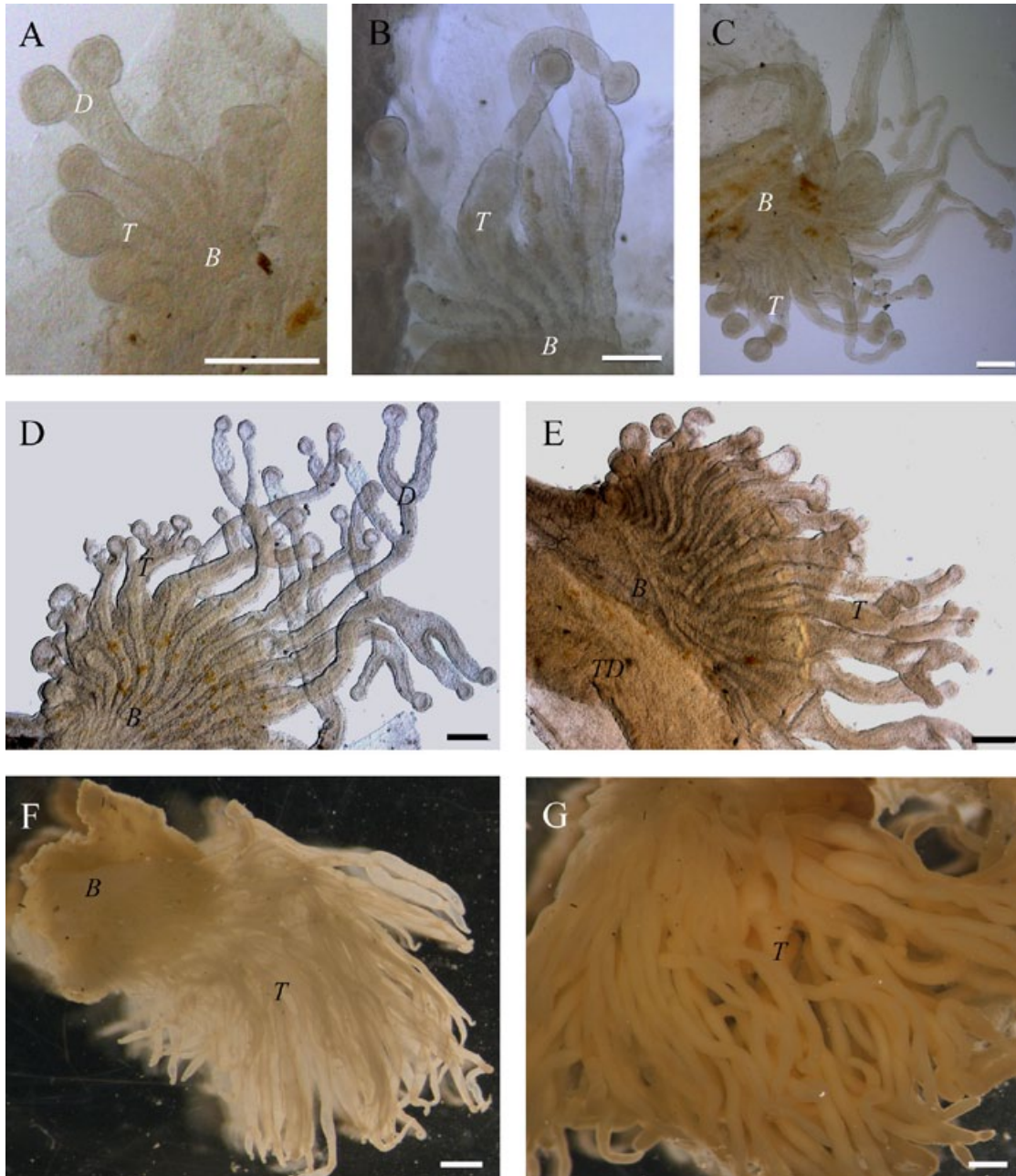


Figure 3. Planche représentant des gonades d'individus de l'espèce *Holothuria scabra* de différentes longueurs allant de 3 cm pour la photo A jusque 12 cm pour la photo F.

B : base de la gonade ; **D :** dichotomisation ; **T :** tubule gonadique.

Photos prises au microscope optique de la gonade d'un individu de A : 3,3 cm de longueur ; B : 4 cm de longueur ; C : 5,5 cm de longueur ; D : 7 cm de longueur ; E : 8,8 cm de longueur ; F : 12 cm de longueur ; et G : 10,3 cm de longueur.

Échelles : 200 μ m (A à E) et 0,3 cm (F et G).

filles ayant un diamètre identique. Une dichotomisation asymétrique (figures 1 et 2 C, D) est une dichotomisation où une branche mère donne naissance à deux branches filles de diamètre différent, une des branches filles ayant un diamètre quasi similaire à la branche mère. Dans certains cas rares, les tubules présentent des trichotomies à la place de dichotomies (figure 1 C).

La gonade des individus de 3 cm de long (figure 3 A) comporte moins de 5 tubules gonadiques. Certains de ces tubules gonadiques sont dichotomisés mais ils ne seront formés que de tubules primaires et secondaires. La

figure 3 A montre la gonade dont un tubule gonadique (le plus long) présente une dichotomie symétrique. La branche primaire de ce tubule gonadique a un diamètre de 60 μ m et une longueur d'environ 250 μ m alors que la branche secondaire de 5 μ m de long aboutit à un apex tubulaire qui ressemble à une sphère dont le diamètre est de 100 μ m. La gonade des individus de 4 cm de long (figure 3 B) présente de 5 à 10 tubules gonadiques, 7 peuvent être dénombrés sur l'individu représenté sur la figure 3 B. La majorité des tubules gonadiques sont non dichotomisés mais lorsqu'ils le sont, la dichotomie ne donne naissance qu'à des branches secondaires. Le tubule le plus long

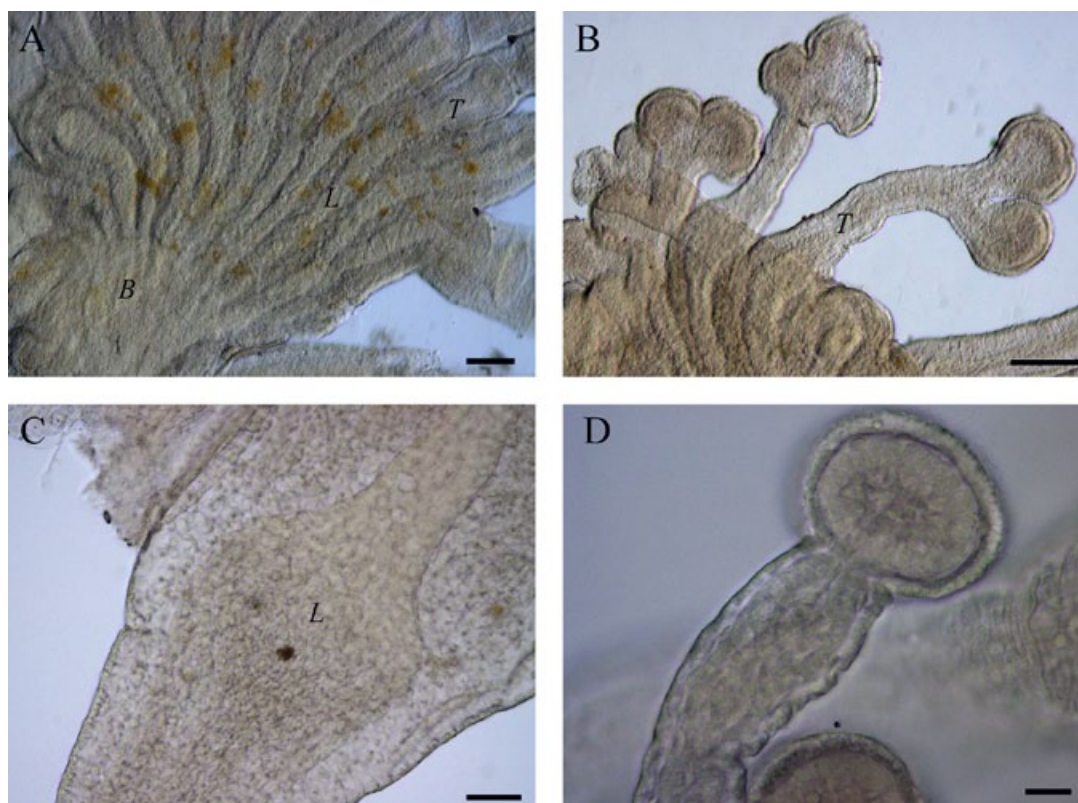


Figure 4. Détails de gonades d'holothuries *Holothuria scabra*.

B : base de la gonade ; **L** : lumière du tubule gonadique ; **T** : tubule gonadique.

- A. Base de la gonade d'un individu de 7 cm de long (échelle : 100 μm) ;
 B. Tubules de petites tailles présentant déjà une dichotomie (individu de 7 cm de long) (échelle : 100 μm) ;
 C. Base d'un tubule gonadique d'un individu de 7 cm de long (échelle : 50 μm) ;
 D. Apex tubulaire d'une gonade d'un individu de 4 cm de long (échelle : 20 μm).

mesuré est de 900 μm tandis que le plus court mesure 100 μm . Le diamètre est de 70 μm . Chaque tubule se termine par un apex tubulaire de 100 μm de diamètre.

La gonade des individus de 5 à 9 cm de long (figures 3 C à 3 E) présente de 10 à 20 tubules gonadiques. L'individu représenté sur la figure 3 C mesure 5,5 cm de long et possède environ 17 tubules gonadiques. Le tubule ayant la longueur la plus grande mesure 1,6 mm. Plusieurs tubules présentent une dichotomisation primaire. La branche primaire forme 90 % de la longueur totale du tubule gonadique. La branche terminale, dont le diamètre est de 70 μm , est courte et directement suivie de l'apex tubulaire (diamètre de 100 μm).

Les gonades représentées sur les figures 3 D et 3 E proviennent d'individus de 7 à 9 cm de long. Le nombre de tubules gonadiques reliés à la base de la gonade est de l'ordre de 15. La longueur des branches primaires (45 %) est supérieure à celle des branches secondaires (11 à 34 %) et tertiaires (30 %). L'apex tubulaire mesure toujours environ 100 μm de diamètre tandis que celui du tubule est de 70 μm . Les individus de 7 cm ont, à cette longueur, une gonade où les tubules augmentent de longueur d'un côté de la gonade vers l'autre.

La gonade des individus de 9 à 12 cm de long (figure 3 F) comporte de 20 à 60 tubules gonadiques ayant un

diamètre de 1,2 mm. La gonade de l'individu, illustrée sur la figure 3 F, mesure 9,5 cm de long et possède 29 tubules gonadiques dont le diamètre vaut 2 mm. Une plus grande proportion de tubules présentant des branches tertiaires est observée (52 %). Le diamètre d'un tubule est de 150 μm à l'extrémité de celui-ci. La gonade d'un individu disséqué de 10,3 cm de long (figure 3 G) est composée de 55 tubules dont certains ont des branches quaternaires. La plus grande proportion des tubules (42 %) présentent des branches tertiaires.

La figure 4 permet d'observer certains détails de la gonade. La photo A se focalise sur la base de la gonade. La lumière de chaque tubule aboutit à une zone commune se dirigeant vers le gonoducte. La photo B montre la dichotomisation de tubules de petite longueur : même un tubule de 250 μm peut présenter une dichotomisation. Grâce à la photo C, la lumière du tubule à sa base peut être observée. Elle présente un léger renflement. La photo D est, quant à elle, une photo de l'extrémité d'un tubule. L'apex tubulaire est visible. Celui-ci a un diamètre d'environ 100 μm .

En résumé, lorsque la gonade se développe, le nombre et la longueur des tubules augmentent mais également leur diamètre. L'apex tubulaire conserve son diamètre même dans les gonades d'individus plus grands. Des dichotomisations d'ordre primaire se retrouvent chez les

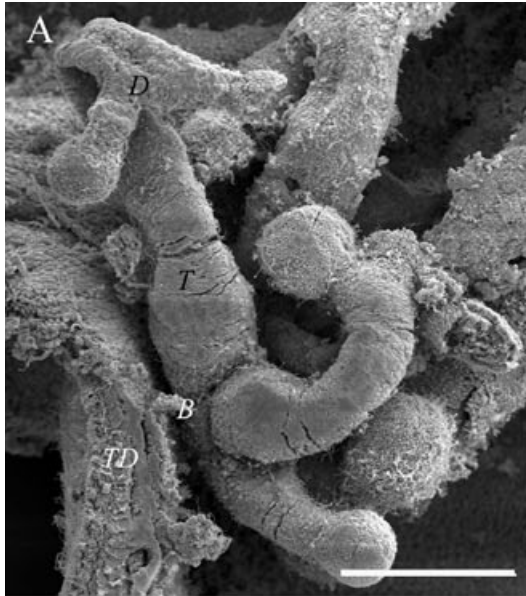
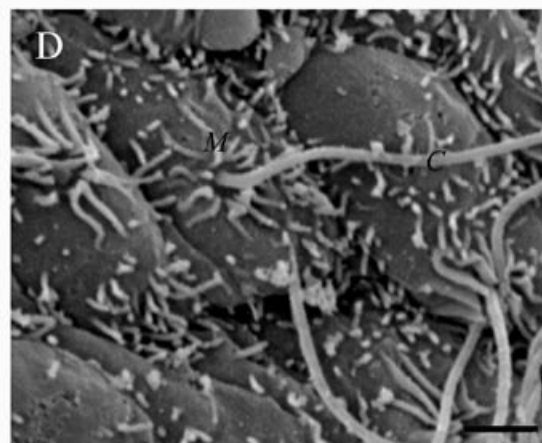
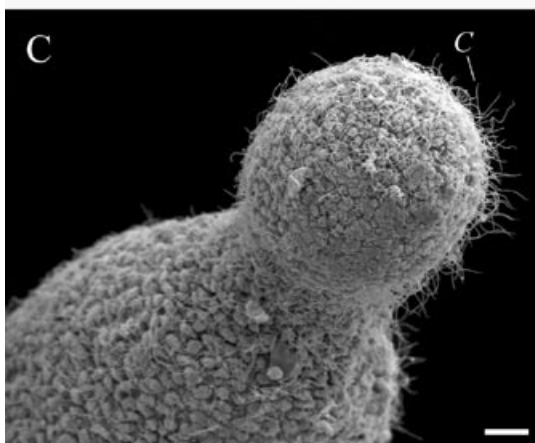
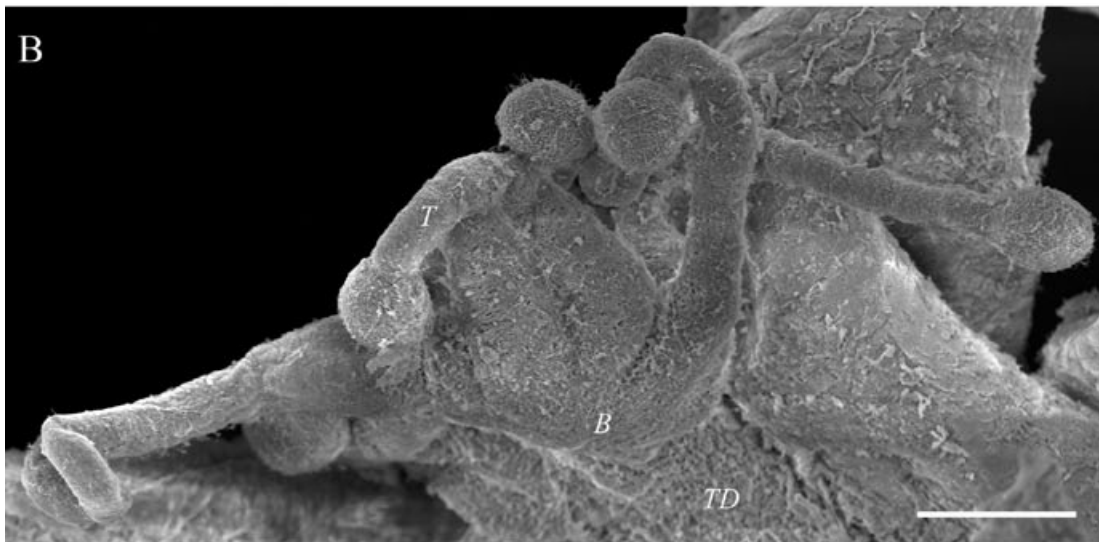


Figure 5. Photos en microscopie électronique à balayage de gonades de juvéniles d'*Holothuria scabra*.

- D : dichotomisation ; T : tubule gonadique ;
 TD : tube digestif ; C : cils ; M : microvillosité.
- Gonade d'un individu de 3,3 cm de long (échelle : 100 μm) ;
 - Gonade d'un individu de 3,2 cm de long (échelle : 100 μm) ;
 - Détail de l'extrémité d'un apex tubulaire (échelle : 10 μm) ;
 - Cellule composant le tissu péritonéal externe : cellule épithéliale (échelle : 1 μm).



juvéniles à partir de 3 cm de long. La croissance des tubules ne se fait pas uniquement par l'extrémité de ceux-ci : les branches primaires et secondaires des individus plus grands sont plus longues que celles retrouvées chez des individus plus petits.

Les gonades ont également été observées au microscope électronique à balayage. La figure 5 A illustre une gonade

d'un individu de 3 cm de long. Les tubules gonadiques (dont un est dichotomisé) convergent vers la base rattachée au mésentère du tube digestif. L'apex tubulaire a un diamètre de 60 μm . Une autre gonade d'un individu de 3 cm de long est illustrée sur la figure 5 B. Elle est composée de 7 tubules gonadiques. Chaque tubule se termine par un apex tubulaire de 60 μm de diamètre environ (figure 5 C). La surface des gonades est uniformément ciliée. Le cil

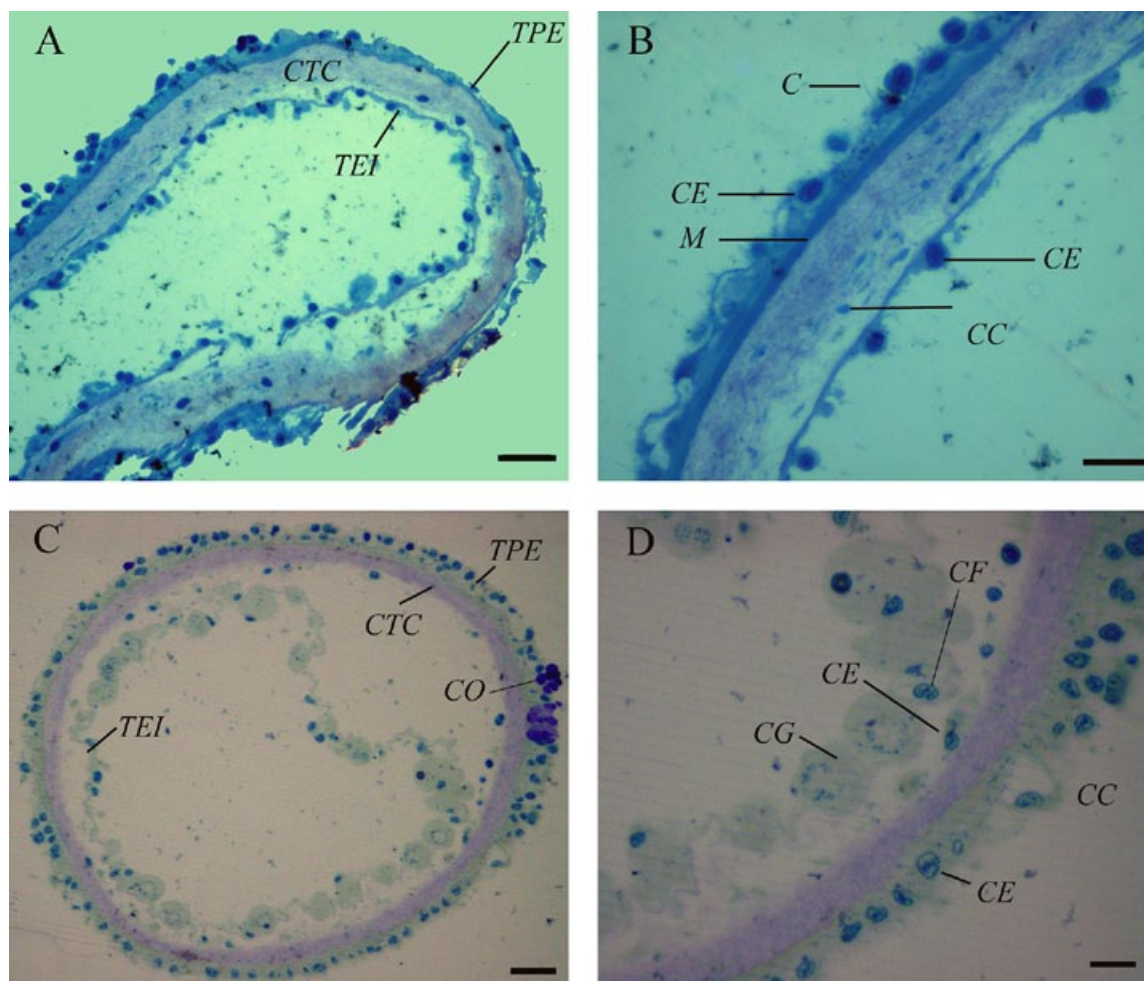


Figure 6. Coupes semi-fines dans une gonade d'un individu de 10 cm de long.

TPE : tissu péritonéal externe ; CTC : compartiment du tissu conjonctif ; TEI : tissu épithélial interne ;
 CE : cellule épithéliale ; C : cils ; M : muscle ; CC : cellule conjonctive ; CG : cellule germinale ;
 CO : coelomocytes ; CF : cellule folliculaire.

- A. Vue générale d'une section circulaire dans un tubule gonadique de petite taille (échelle : 20 μm) ;
 B. Détail de la paroi du tubule gonadique de petite taille (échelle 10 μm) ;
 C. Vue générale d'une section circulaire dans un tubule gonadique de grande taille (échelle : 10 μm) ;
 D. Détail de la paroi du tubule gonadique de grande taille (échelle : 5 μm).

mesure 11 μm de long et est entouré d'une collerette de microvillosités de 0,1 μm de long. Chaque cil est séparé de l'autre de 2,2 μm (figure 5 D).

Les coupes semi-fines ont permis de comparer des tubules de petite taille (longueur < 0,6 cm ; figures 6 A, B ; et figure 7) avec ceux de grande taille (longueur > 0,7 cm ; figures 6 C, D ; et figure 8) chez un même individu. Cela a également permis d'étudier l'histologie des tubules de gonades d'individus de petite taille (longueur inférieure à 10 cm). La différence majeure est la présence de cellules germinales (ici ovocytes) dans les tubules de grande taille mais pas chez les petits tubules ainsi que dans les tubules de petites gonades. Dans le tissu péritonéal externe, les cellules épithéliales ciliées sont largement majoritaires et forment donc le type cellulaire le plus commun. Ces cellules mesurent 15 μm de large pour 2,5 μm d'épaisseur dans sa partie la plus fine. Elles présentent un cil et une collerette de microvillosités. Le noyau est à la base de la cellule. Quelques cellules de type « coelomocyte » peuvent être observées (figures 6 B et 6 D). Ils sont

généralement au nombre de 1 ou 2 pour l'ensemble du tissu péritonéal externe. Leur cytoplasme est rempli de vésicules de 2,35 μm de diamètre. Une couche musculaire circulaire est également présente (figure 6 B). Les nerfs n'ont pas été aperçus du fait de la résolution insuffisante. Une lame basale sépare l'épithélium externe du conjonctif. Dans le compartiment du tissu conjonctif se retrouvent quelques cellules conjonctives (figures 6 B et 6 D) et la matrice fibreuse. La couche la plus interne (tissu épithélial interne) délimitée également par une lame basale est celle qui diffère selon la taille des tubules étudiés. Chez les tubules gonadiques de petite taille et les tubules de gonades d'individus de petite taille (longueur inférieure à 10 cm) (figure 6 B), un seul type cellulaire est identifiable : les cellules épithéliales internes tandis que pour les tubules gonadiques de plus grandes tailles, des cellules germinales (ici des ovocytes) et leurs cellules folliculaires sont également présentes (figure 6 D). Les cellules épithéliales, dans les deux cas sont des cellules aplaties de 15 μm de large pour 0,5 μm d'épaisseur. À cette résolution, seules des microvillosités apicales ont

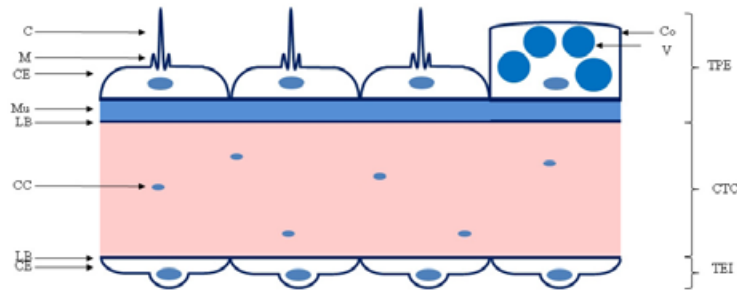


Figure 7. Schéma représentant la paroi d'un tubule de petite taille (< 0,6 cm de long).

TPE : tissu péritonéal externe ; CTC : compartiment du tissu conjonctif ; TEI : tissu épithélial interne ; C : cils ; M : microvillosités ; CE : cellules épithéliales ; Mu : muscle ; LB : lame basale ; CC : cellules conjonctives.

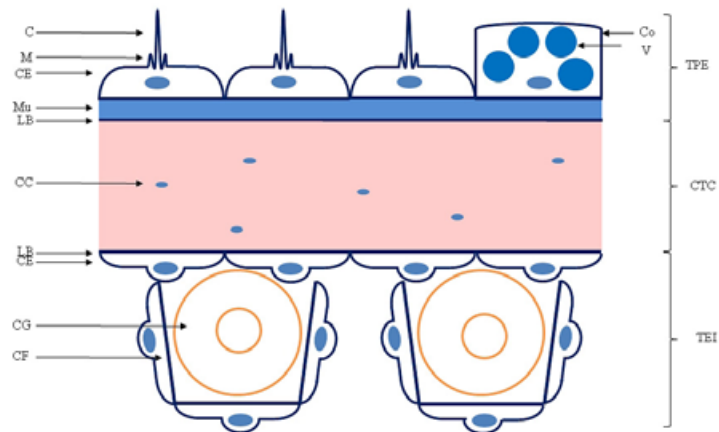


Figure 8. Schéma représentant la paroi d'un tubule de grande taille (> 0,7 cm de long).

TPE : tissu péritonéal externe ; CTC : compartiment du tissu conjonctif ; TEI : tissu épithélial interne ; C : cils ; M : microvillosités ; CE : cellules épithéliales ; Mu : muscle ; LB : lame basale ; CC : cellules conjonctives ; CG : cellules germinales ; CF : cellules folliculaires.

été observées. Les cellules folliculaires sont de même structure et peuvent toucher les cellules épithéliales. Elles recouvrent entièrement ou partiellement les ovocytes.

Discussion et conclusion

Le développement annuel des gonades d'holothuries adultes a été décrit par Smiley (1988a) pour qui il existerait un recrutement annuel des tubules. Selon ce modèle, les tubules gonadiques sont regroupés en trois cohortes différentes : les tubules primaires (les plus petits et plus antérieurs des tubules) ; les tubules secondaires (intermédiaires en position et en taille) et les tubules féconds (les plus postérieurs). Au sein d'une même cohorte, le développement est synchrone. Si lors de l'année N, les tubules sont au stade de tubules primaires, à l'année N+1, ces tubules deviendront des tubules secondaires puis l'année suivante ce seront des tubules féconds. Lorsque les tubules sont vides après la ponte, ceux-ci régressent. Le modèle de Smiley suppose que les tubules d'une même cohorte soient au même stade et que seuls les tubules féconds régressent après la ponte. Depuis la première publication de ce modèle par Smiley, plusieurs exceptions ont été découvertes et son applicabilité semble limitée. Ce serait le cas pour l'holothurie *H. scabra* (Sewell 1997). La gonade d'*H. scabra* n'est pas divisée en plusieurs cohortes de tubules. À l'exception des plus petits tubules

toujours immatures, tous les tubules formant la gonade d'un individu sont au même stade de développement. Par contre, au sein d'une population, les individus ne sont pas tous au même stade (Ramofafia et Byrne 2002). Pour Ramofafia et Byrne (2002), la croissance annuelle d'une gonade se caractérisait par une croissance des tubules (en taille et en nombre) mais aussi par une augmentation du nombre de ramifications. Ceci augmente le volume total de la gonade et donc la fécondité. Les grands tubules peuvent être jusqu'à 2 ou 3 fois dichotomisés alors que les plus petits ne le sont pas du tout (Rasolofonirana et al. 2005).

La structure des tubules gonadiques des holothuries adultes est connue pour différentes espèces grâce aux travaux de Davis (1971), Atwood (1973) ainsi que Smiley et Cloney (1985). Les résultats de ces différentes études démontrent la présence de trois couches concentriques délimitant une lumière centrale où se retrouvent les cellules germinales : la couche péritonéale externe, un compartiment du tissu conjonctif et la couche épithéliale interne comportant les cellules germinales. Chez les juvéniles, par contre, l'anatomie des gonades n'était encore que très peu connue. Les trois mêmes couches tissulaires présentes chez l'adulte se retrouvent chez les juvéniles même de très petite taille et leurs structures histologiques semblent également identiques. La seule différence

entre les individus adultes et les juvéniles de longueur inférieure à 10 cm est l'impossibilité de distinguer, chez ces derniers, les cellules germinales dans la couche épithéliale interne qui se confondent probablement en structure avec les cellules somatiques. Chez les individus d'une longueur supérieure à 10 cm, des cellules germinales sont retrouvées dans les tubules longs (> 0,6 cm) mais pas dans les petits tubules (< 0,7 cm). Il semblerait donc qu'il existe au minimum 2 groupes de tubules au sein d'une même gonade : des tubules immatures et des tubules matures. Ces résultats confirment l'hypothèse de Ramofafia et Byrne (2002) selon laquelle tous les tubules gonadiques sont au même stade de développement à l'exception de petits tubules qui restent immatures durant l'année d'observation et deviendront certainement matures par la suite. Selon nos observations, les premières cellules germinales reconnaissables apparaissent 8 à 9 mois après la fécondation (développement larvaire compris) chez *H. scabra*. Les cellules de la paroi péritonéale externe ont une morphologie fortement similaire à des cellules de type choanocytaire que l'on peut retrouver dans la paroi du gonoducte d'holothuries. Ces cellules ont une collerette de microvillosités entourant un cil. Cette similarité morphologique peut refléter une similarité de fonction car, tant les choanocytes que les cellules de la paroi péritonéale externe, ont pour rôle de prélever des nutriments dans le milieu dans lequel elles baignent.

Au cours de leur ontogenèse, les juvéniles développent donc leurs gonades jusqu'à devenir des individus matures capables de se reproduire. Pour cela, les gonades augmentent en taille. La dichotomie, le nombre de tubules, la longueur et le diamètre de ceux-ci s'accroissent. Au final, le volume total de la gonade augmente et, par conséquent, son potentiel reproducteur aussi (Ramofafia et Byrne 2002). Le développement des gonades est essentiel pour assurer le succès reproductif des holothuries. Deux catégories de dichotomies ont été observées au niveau des tubules gonadiques : la dichotomisation symétrique et la dichotomisation asymétrique. Dans le cas d'une dichotomisation symétrique, la division d'une branche mère donne naissance à deux branches filles, ces deux branches filles ayant un diamètre identique. Dans la dichotomisation asymétrique, deux branches filles de diamètres différents sont obtenues, une des branches filles ayant un diamètre quasi similaire à la branche mère. La dichotomisation gonadique est un moyen adéquat pour augmenter le volume de la gonade sans trop augmenter la taille de la base où aboutissent tous les tubules gonadiques et d'où provient le gonoducte reliant la gonade au milieu extérieur.

Bibliographie

- Atwood D. 1973. Ultrastructure of the gonadal wall of the sea cucumber, *Leptosynapta clarki* (Echinodermata: Holothuroidea). *Cell and Tissue Research* 141:319-330.
- Chia F.-S. and Bickell L.R. 1983. Echinodermata. p. 545-620. In: K.G. Adiyondi and R.G. Adiyondi (eds). *Reproductive Biology of Invertebrates, Vol 2. Spermatogenesis and sperm function*. John Wiley and Sons.
- Davis H.S. 1971. The gonad wall of the Echinodermata: a comparative study based on electron microscopy [these]. San Diego: University of California. 90 p.
- Hansen B. 1968. Brood-protection in a deep-sea holothurian, *Oneirophanta mutabilis* Theel. *Nature* 217:1062-1063.
- Hyman L.H. 1955. *The Invertebrates: Echinodermata*. New York: McGraw-Hill Press. 763 p.
- Kanatani H. 1979. Hormones in echinoderms. p. 273-307. In: E.J.W. Barrington (ed). *Hormones and Evolution, Vol. 1*. London: Academic Press.
- Ramofafia C. et Byrne M. 2002. Évaluation du « modèle de recrutement des tubules » chez trois holothuries tropicales aspidochirotes. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 15:13-16.
- Rasolofonirina R., Vaitilingon D., Eeckhaut I. and Jangoux M. 2005. Reproductive cycle of edible echinoderms from South-Western Indian ocean. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 4(1):61-75.
- Sewell M.A., Tyler P.A., Young C.M. and Conand C. 1997. Ovarian development in the class Holothuroidea: a reassessment of the "tubule recruitment model". *The Biological Bulletin* 192(1):17-26.
- Smiley S. 1988a. The phylogenetic relationships of holothurians: a cladistic analysis of the extant echinoderm classes. p. 69-84. In: *Echinoderm phylogeny and evolutionary biology*.
- Smiley S. 1988b. The dynamics of oogenesis in *Stichopus californicus*. *Biology Bulletin* 175:79-93.
- Smiley S. 1994. Holothuroidea. Microscopic anatomy of invertebrates. p. 401-471. In: F. Harisson and F.-S. Chia (eds). *Echinodermata, Vol 14*. New-York: Wiley-Liss.
- Smiley S. and Cloney R.A. 1985. Ovulation and the fine structure of the *Stichopus californicus* fecund ovarian tubules. *Biology Bulletin* 169:342-364.
- Smiley S., McEuen F.S., Chaffee C. and Krishnan S. 1991. Echinoderms and Lophophorates. p. 663-750. In: A.C. Giese, J. S. Pearse and V. B. Pearse (eds). *Reproduction of marine invertebrates, Vol 6*. Pacific Grove, California: Boxwood Press.

Utilisation d'un modèle de croissance pour l'estimation de la taille en fonction de l'âge d'*Australostichopus mollis*, holothurie des zones tempérées

Andrew David Morgan¹

Résumé

L'exposition à un habitat instable et dynamique a une incidence sur les caractéristiques biologiques de l'holothurie, comme la croissance et la survie. La taille est donc influencée par l'habitat auquel l'espèce s'est adaptée au fil du temps. L'étude de la taille et des évolutions saisonnières de la croissance et de la mortalité d'une population d'*Australostichopus mollis* en sont la preuve. Comme on pouvait s'y attendre, la croissance de la population d'*A. mollis* étudiée s'est interrompue pendant les mois d'hiver, en mai, juin et juillet, et a repris de la fin du printemps au début de l'automne. Un modèle de croissance peut être appliqué afin d'estimer la taille par rapport à l'âge, à condition que les cohortes soient identifiées dans le temps et que l'échantillon soit représentatif de la population. Bien que la population étudiée semble être unimodale, de par l'impossibilité d'identifier des cohortes de juvéniles, la variation saisonnière de Pauly de l'équation de croissance de von Bertalanffy a pu être appliquée. Le poids asymptotique calculé pour la population est de 130 g après 3 ans. K , soit le rythme auquel le poids asymptotique est atteint, est de $1,37 \text{ an}^{-1}$. La répartition en classes d'âge a permis d'identifier deux groupes d'âge au sein de la population : année 0 et année 1. Le poids au début de l'année 0 se situait à 17 g, pour passer à 100 g dans la deuxième année de croissance (année 1). Par ailleurs, la mortalité a largement influencé la dynamique des populations, la mortalité naturelle instantanée de la population (M) se situant à 0,58 et le taux de mortalité maximum de la population totale (Z) étant de $1,5 \text{ an}^{-1}$. Chez les holothuries telles qu'*A. mollis*, qui vivent dans des environnements rudéraux, instables et dynamiques, le taux de croissance est élevé, mais la taille adulte moyenne est moindre, tandis que la mortalité est généralement forte, mais variable. Les estimations de ces paramètres recourent celles effectuées pour d'autres espèces d'holothuries dont les caractéristiques biologiques sont proches. Sous réserve d'identification de cohortes de juvéniles, le modèle de croissance pourrait à l'avenir permettre d'affiner les paramètres démographiques d'*A. mollis*.

Introduction

Les changements de poids et les indices de reproduction connexes, les variations du poids moyen de la population et du poids adulte maximum, et en particulier la taille au moment de la première reproduction (ou maturité sexuelle) sont autant d'éléments qui servent généralement à décrire les caractéristiques de croissance des holothuries (Cameron et Fankboner 1985, 1989 ; Conand 1988, 1989, 1993 ; Conand et al. 1998 ; Raj 1998 ; Ramofafia et al. 2000 ; Sewell 1990, 1992 ; Sewell et Bergquist 1990 ; Toral-Granda et Martinez 2008 ; Uthicke 1997). Ces caractéristiques de croissance permettent de comprendre l'expression des caractéristiques biologiques des juvéniles et des adultes dans un contexte écologique. On a, par exemple, suivi en différents endroits, et sur une période de neuf mois la croissance de juvéniles d'*Australostichopus mollis* placés en cages. Cette croissance a pu être interprétée en fonction des caractéristiques des sédiments, de la disponibilité des aliments et de l'habitat (Slater et Jeffs 2010). De telles caractéristiques de croissance peuvent être comparées au sein d'une même espèce et entre espèces, et mises en relation avec les observations écologiques sur l'adaptation à l'habitat. Il s'agit notamment d'étudier l'impact d'habitats à faible niveau de stress et à haut niveau de perturbations sur la

croissance et la survie d'une population (Carlow 1984 ; Lawrence et Bazhin 1998 ; Lawrence et Herrera 2000). Cette adaptation à l'habitat est en lien avec l'arbitrage entre croissance et survie.

Par le passé, l'équation de croissance de von Bertalanffy et ses variantes (Basson et al. 1988 ; Pauly 1987 ; Hoenig et Hanumara 1982) ont déjà servi à déterminer les paramètres de mortalité et de croissance d'une population et à décrire les caractéristiques de croissance de certaines espèces d'holothuries. Ces paramètres permettent d'approfondir l'analyse de la dynamique démographique. On estime le poids asymptotique de la population (L_{∞}), et le coefficient de croissance (K), c'est-à-dire le rythme auquel la population se rapproche de son poids asymptotique selon la méthode de Shephard (Shephard 1987a). Le paramètre t_0 , représentant l'instant de la « naissance » des animaux, est aussi calculé. Le modèle de Pauly pour la croissance saisonnière est également appliqué lorsqu'une forte croissance saisonnière est prévue (Pauly 1987). Les constantes de von Bertalanffy permettent alors de calculer la mortalité naturelle instantanée (M) ainsi que le taux de mortalité total (Z), à partir de la courbe de régression des captures. De telles estimations de croissance et de mortalité de la population ont été quantifiées pour les holothuries *Thelenota ananas*, *Stichopus chloronotus*,

¹ School of Applied Science, Bay of Plenty Polytechnic, Private Bag TG12001, Tauranga, Nouvelle-Zélande, courriel : andrew.morgan@boppoly.ac.nz, tél. : +647 5440920, poste 6850.

Isostichopus fuscus et *Holothuria floridana* (Conand 1988 ; Ebert 1978 ; Fuente-Betancourt et al. 2001 ; Hearn et al. 2005 ; Reyes-Bonilla et Herrera-Perezrul 2003).

Le rythme auquel la croissance (K) se rapproche du poids asymptotique de la population a été calculé pour *H. floridana* (Fuente-Betancourt et al. 2001), *T. ananas* et *S. chloronotus* (Conand 1988). Les valeurs K élevées sont liées à des taux de croissance se rapprochant rapidement d'un poids asymptotique de la population, généralement situé au-delà de 1,0 an⁻¹ (Sparre et al. 1989). En règle générale, chez les populations d'holothuries où le niveau de K est élevé, les taux de mortalité totaux sont souvent supérieurs à 0,5 an⁻¹ mais peuvent varier. Le taux de mortalité total et la mortalité naturelle instantanée (M) ont été estimés pour des populations d'*I. fuscus* (Hearn et al. 2005 ; Herrera-Perezrul et Reyes-Bonilla 2008 ; Herrera-Perezrul et al. 1999 ; Toral-Granda et Martinez 2007 ; Reyes-Bonilla et Herrera-Perezrul 2003). Le taux de mortalité a également été calculé pour *H. floridana* (Fuente-Betancourt et al. 2001). Ces paramètres démographiques permettent de mieux comprendre l'influence de facteurs exogènes sur les caractéristiques de croissance telles que la taille à un an, la taille au moment de la première reproduction, la taille adulte et les caractéristiques du cycle biologique.

L'holothurie *Australostichopus mollis* est largement répartie autour de la Nouvelle-Zélande et occupe divers habitats (Mladenov et Campbell 1996 ; Shears et Babcock 2007). On la retrouve également en Australie, le long des côtes sud de la Nouvelle-Galles du Sud, du Victoria et de l'Australie occidentale (Sewell 1990). Elle vit dans des habitats et à des profondeurs très variés, allant des eaux côtières peu profondes sur des substrats rocheux et sablonneux aux fonds marins vaseux à plus de 100 m de profondeur (Dawbin 1949). L'essentiel de l'écologie, de la reproduction, du développement larvaire ainsi que de la nutrition des *A. mollis* juvéniles et adultes a déjà été décrit (Archer 1996 ; Morgan 2008a, b, 2009a, b ; Raj 1998 ; Sewell 1990, 1992 ; Sewell et Bergquist 1990 ; Slater et Carton 2007 ; Slater et Jeffs 2010). *A. mollis* mesure généralement de 13 à 25 cm de long. Elle présente une distribution unimodale des fréquences de taille et son indice de masse viscérale est quasiment stable tout au long de l'année (Sewell 1990). Alors que l'impact des fluctuations du rapport gonado-somatique est minime (Archer 1998 ; Sewell 1990), la diapause saisonnière et la disponibilité des aliments peuvent provoquer certaines variations du poids tégumentaire au fil du temps (Sewell 1990 ; Slater et Jeffs 2010). Cela a également été observé chez *Parastichopus californicus*, qui reste en diapause jusqu'à l'amélioration des conditions (Silva et al. 1986), et chez *Holothuria theeli* (Sonnenholzer 2003).

La présente étude a pour objectif de suivre sur une année l'évolution de la répartition du poids dans une population d'*A. mollis in situ* et de modéliser sa croissance dans le but de calculer la taille en fonction de l'âge. Les paramètres de ce modèle, à savoir la croissance des holothuries, les caractéristiques de leur cycle biologique et leur adaptation à l'habitat, sont ensuite analysés et comparés. Plusieurs facteurs, notamment le caractère unimodal de la distribution des fréquences de taille d'*A. mollis*, limitent la portée de la présente étude. L'étude est menée sur un seul site et exclut les juvéniles, dont le nombre était

insuffisant pour permettre le suivi d'une cohorte dans le temps. Les paramètres de croissance et de mortalité ont été définis sur la base d'une population « adulte ».

Matériel et méthode

Collecte et échantillonnage

Une population d'*A. mollis* a été échantillonnée une fois tous les deux mois pendant un an, sur un récif rocheux infratidal de la côte nord-est de la Nouvelle-Zélande, à Ti Point. La péninsule de Ti Point (36° 19'24 S, 174° 48'04 E) est située à 90 km au nord d'Auckland et à 5 km au sud de la réserve marine de Leigh, dans le nord-est de la Nouvelle-Zélande (Sewell 1990). L'échantillonnage a été réalisé tous les deux mois, car une étude pilote antérieure, qui prévoyait une collecte mensuelle d'*A. mollis* pendant sept mois, a démontré que des prélèvements trop fréquents faussaient les résultats. Le cap de Ti Point est adjacent au port de Whangateau. Son habitat benthique prend la forme d'un récif rocheux infratidal composé de roches et de blocs de corail, avec notamment de longues bandes de varech *Ecklonia radiata*, qui s'aplanit en fond sablonneux à environ 10 m. Ce site est situé à l'extrémité nord du golfe d'Hauraki. Les vents soufflent généralement du sud-ouest, même s'il arrive que des vents forts viennent du nord et du sud-est.

Les animaux ont systématiquement été prélevés au même endroit, dans un périmètre de 50 × 50 m², à l'aide de grands sacs de rétention. La distribution des fréquences de poids de l'échantillon est également représentative de la population à Ti Point (Archer 1998 ; Morgan 2009a ; Sewell 1990). Un petit navire a permis l'accès au site étudié. L'échantillonnage a eu lieu les jours où la mer était relativement calme. Les holothuries ont été prélevées par des plongeurs autonomes puis placées dans des sacs, ramenés ensuite à la surface et installés à bord dans des tubes d'eau de mer de 20 L. Le navire a ensuite été mis à l'abri à l'entrée du port voisin de Whangateau et, une fois l'ancre jetée, les holothuries ont été pesées à 5 grammes près. Le poids a été enregistré pour chaque individu et les animaux relâchés ensemble (par les plongeurs) sur le fond marin du site de prélèvement.

Croissance

Les données ont été formatées pour modélisation et les dates ont été converties en fraction d'une année de 365 jours. Ainsi, la date du premier échantillonnage, le 14 octobre, est exprimée sous la forme 1/365. Les jours suivants deviennent 2/365, 3/365, etc. À chaque date de prélèvement, les holothuries ont été regroupées par intervalles de taille de 20 g et la version 5 du logiciel Length Frequency Distribution Analysis (LFDA) a servi à l'analyse de l'ensemble des données.

Le modèle de von Bertalanffy, pour lequel trois estimations de paramètres sont nécessaires, est le plus simple des modèles de croissance de type LFDA (analyse de distribution des fréquences de taille). D'autres méthodes peuvent également être utilisées : l'analyse de composition des tailles de Shepherd (Shepherd 1987a), la matrice de projection (Basson et al. 1988) ou l'analyse de fréquence taille/poids (ELEFAN).

Les fonctions d'Hoenig (Hoenig et Hanumara 1982) et de Pauly (Pauly 1987) sont des variantes du modèle de von Bertalanffy et tiennent compte de la croissance saisonnière. Le modèle LFDA utilise un coefficient de détermination (qualité de l'ajustement) dont on obtient un indicateur de probabilité de la justesse des résultats. Ainsi, plus le coefficient est élevé (proche de 1), plus il est vraisemblable que les données considérées proviennent effectivement d'un stock ayant la fonction de croissance calculée.

Le modèle de Pauly a été utilisé dans la présente étude, car il convient aux populations dont la croissance est totalement interrompue à certaines périodes de l'année. Ce postulat a été vérifié pour les besoins de la présente étude, sur la base des observations des variations des classes de taille et du poids moyen de la population sur l'année. Quant à la croissance saisonnière, les données ont permis d'estimer C et t_s (début du segment convexe de l'oscillation). K, le rythme auquel le poids se rapproche de l'infini (W_∞), ainsi que la valeur W_∞ ont également pu être calculés. Le modèle a été appliqué plusieurs fois dans la présente étude en faisant varier K et W_∞ afin de vérifier la maximisation des résultats (tableau 1). Cette méthode a été retenue pour pouvoir comparer la maximisation des paramètres entre le modèle ELE-FAN non saisonnier et les modèles saisonniers d'Hoenig et de Pauly. Le modèle saisonnier de Pauly a ensuite été appliqué aux étapes suivantes et la maximisation des paramètres a été comparée aux estimations des paramètres non saisonniers.

Le taux de mortalité totale qui se dégage de la courbe de captures a également été estimé pour chaque distribution en associant une droite de régression à la courbe de captures de von Bertalanffy. Une estimation de Z a également été faite pour chaque échantillon et l'écart-type et moyen a été fixé.

Fonction de croissance

Le calcul des paramètres de croissance a permis d'estimer le poids à

l'instant t (W_t) et de dessiner la courbe de croissance. L'équation de croissance générale est la suivante :

$$W_t = W_\infty \times (1 - e^{-q})$$

Dans l'équation de croissance saisonnière de Pauly, q se définit comme suit :

$$q = K(t' - t_0) + K/Q [\text{Sin}Q(t' - t_0) - \text{Sin}Q(t_0 - t_s)]$$

Quand $Q = 2\pi(1 - \text{NGT})$;
 K = taux de croissance ;
 W_∞ = poids asymptotique ;
 t_0 = instant zéro (naissance) ;
 t' = âge réel (t) moins période totale sans croissance jusqu'à âge t ;
 NGT = période sans croissance dans une année ;
 t_s = début du segment convexe de l'oscillation par rapport à $t = 0$.

Tableau 1. Résultats du modèle pour les paramètres de croissance d'*Australostichopus mollis* et maximisation du modèle assurant la qualité de l'ajustement. Soit K = taux de croissance, W_∞ = poids asymptotique, t_0 = instant auquel poids = 0, t' = âge réel (t) moins période sans croissance totale à âge t, NGT = période sans croissance dans une année, t_s = début du segment convexe de l'oscillation par rapport à $t = 0$.

	Étape 1 K vs W_∞	Étape 2 C vs t_s	Étape 3 NGT vs t_s	Étape 4 K vs W_∞
K	1,12	1,38	1,0	1,22
W_∞	133	125	140	133
C	0,46	0,44	NA	NA
t_0	-0,96	0,91	-0,39	-0,31
t_s	0,27	0,06	0,17	0,19
NGT	NA	NA	0,29	0,30
<i>Maximisé à :</i>				
Ajustement	0,89	0,89	0,95	0,96
K	1,33	NA	NA	1,37
W_∞	125,90	NA	NA	129
C	NA	0,46	NA	NA
t_0	-0,93	-0,92	-0,40	-0,94
t_s	NA	0,27	0,19	NA
NGT	NA	NA	0,30	NA

Résultats

La majorité des spécimens d'*A. mollis* échantillonnés appartenait à la classe de taille 100–119 g (figure 1). La deuxième classe de taille la plus représentée était la classe 120–139 g. Le poids moyen de la population a diminué jusqu'en avril, avec une baisse à $107 \pm 3,3$ g (IC), pour repartir à la hausse et atteindre 127 ± 4 g (IC) en octobre, date du dernier prélèvement (figure 2). Au cours de l'année, les 1 654 individus échantillonnés se sont répartis comme suit : 297 pour l'échantillon 1 en octobre, puis 221, 218, 172, 203, 292, et 251 pour décembre, février, avril, juin, août et octobre respectivement.

Une augmentation globale des effectifs a été observée, notamment pour les cohortes adultes des classes de taille 80–99, 100–119, et 120–139 g (figure 3). Les chiffres au-delà de la classe 120–139 g ont baissé en avril, juin et août. Les résultats de la classe de taille 100–119 g se sont maintenus à un niveau élevé. Les chiffres des catégories situées entre les classes 120–139 g et 160–179 g ont diminué de décembre jusqu'au mois d'avril de l'année

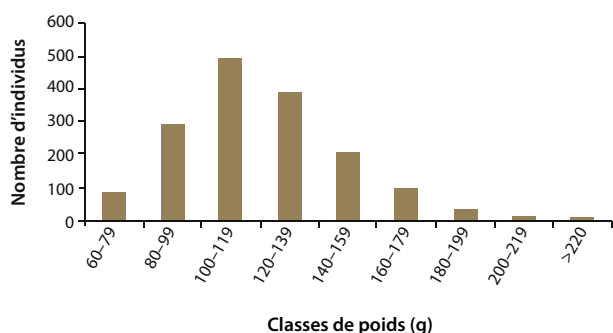


Figure 1. Nombre total d'*Australostichopus mollis* par classe de taille de 20 g enregistré sur les sept jours de l'étude (n = 1 654).

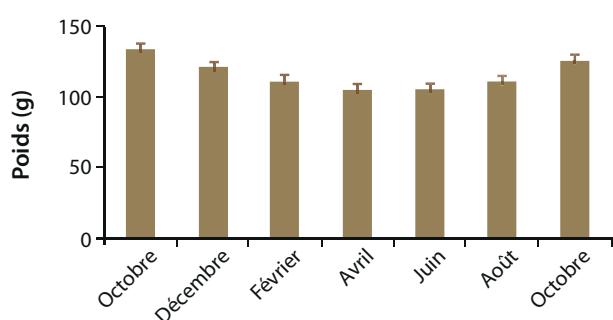


Figure 2. Poids moyen (g) d'*Australostichopus mollis* à chaque date d'échantillonnage (\pm écart-type).

suiivante, pour ensuite augmenter globalement lors des échantillonnages ultérieurs.

Les paramètres estimés ont été intégrés à l'équation de croissance de von Bertalanffy avec variation saisonnière de Pauly et le poids en fonction de l'âge a pu être calculé pour certaines périodes de l'année sur plusieurs années (figure 4). Le poids à l'année 0 était de 17 g, mais t_0 a été calculé à -0,97 afin de maximiser le modèle. Le postulat est que les individus sont d'abord passés par le stade d'œufs, puis de larves pour ensuite se fixer avant d'atteindre le stade juvénile initial, puis le stade juvénile. La durée de cette évolution est inconnue, mais elle peut être estimée sur la base des connaissances accumulées sur le cycle larvaire et le stade juvénile initial. Cette période peut durer de 4 mois à un an (Morgan 2009b ; Slater et Jeffs 2010 ; Stenton-Dozy et Heath 2009). Le poids d'*A. mollis* a été estimé à environ 100 g à un an et 120 g à deux ans. Le poids asymptotique se situe donc aux alentours de 130 g à trois ans.

La composition par âge des fréquences de poids a été calculée grâce à la courbe de croissance ajustée. Des catégories de poids en fonction de l'âge ont ainsi été établies pour ensuite permettre le découpage des fréquences de taille selon ces catégories (figure 5). t_0 a été maintenu entre -1,0 et 0,0, ce qui signifie que les âges nominaux étaient différents des âges réels. Les modèles d'Hoening et de von Bertalanffy ont tous deux débouché sur des estimations de poids similaires pour les années 0 et 1. Le poids pour l'année 0 allait de 20 g à 50 g, ce qui indique quelle part de la population se situe dans

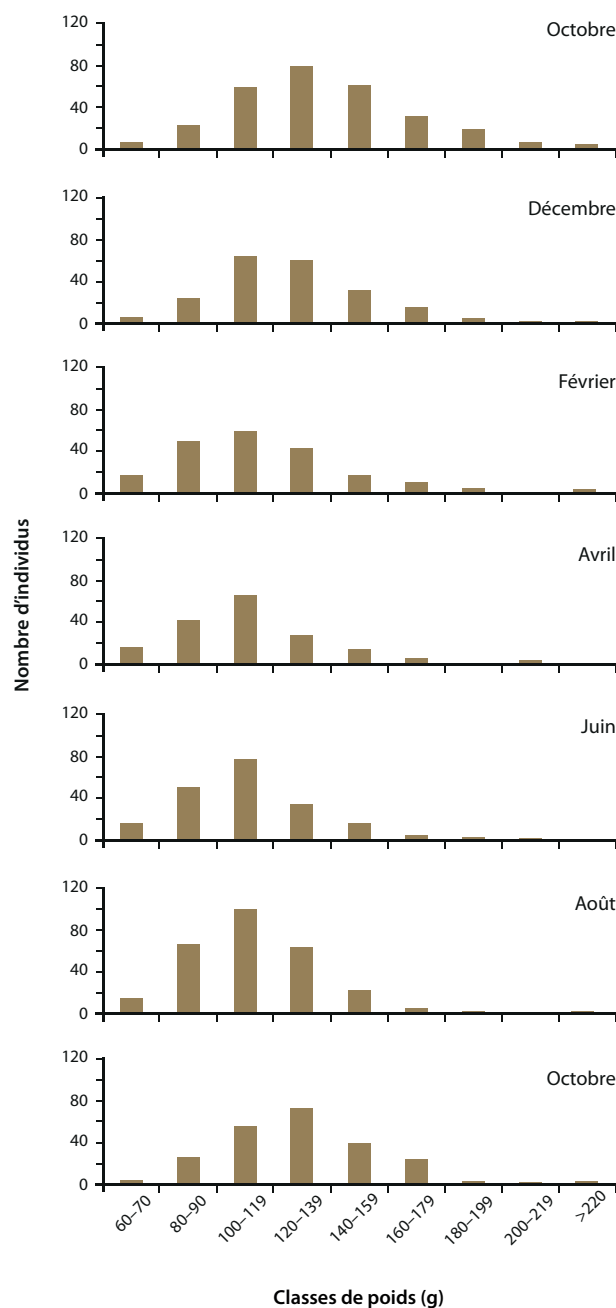


Figure 3. Évolution du nombre d'*Australostichopus mollis* pour chaque distribution de fréquence de taille tout au long de l'année de prélèvements.

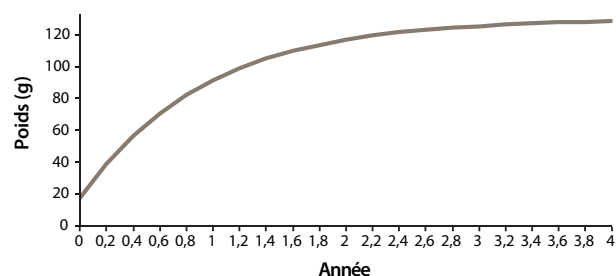


Figure 4. Estimations de la taille en fonction de l'âge issues du modèle de population de von Bertalanffy pour *Australostichopus mollis* sur la base des paramètres calculés pour la fonction de croissance saisonnière de Pauly.

sa première année de croissance. Le poids pour l'année 1 allait de 70 g à 140 g, ce qui indique quelle part de la population se situe dans sa deuxième année de croissance.

Le taux de mortalité totale Z a été calculé dans le cas d'une croissance non saisonnière. Cela ne pose généralement pas problème car, bien qu'elle ne soit pas maximisée, la croissance de la majorité des stocks est relativement bien décrite par le modèle non saisonnier de von Bertalanffy. Le coefficient de mortalité instantané de Beverton et Holt (1956) décrit la relation entre le poids, le poids lors de la première exploitation complète, les paramètres de von Bertalanffy et le taux de mortalité totale Z . L_c correspond à la première classe de poids pleinement exploitée et peut être déterminée à partir des données. Dans la présente étude, le taux de mortalité instantané d'*A. mollis* (mortalité naturelle M) était de 0,58 (figure 6). Le taux de mortalité maximum pour la population totale était de $-1,5 \text{ an}^{-1}$ en octobre. Toutefois, la probabilité de n'avoir que deux classes d'âge dans l'ensemble des données étant forte, les taux de mortalité doivent être interprétés avec prudence. Ces taux peuvent également être influencés par les contraintes liées à la croissance saisonnière.

Discussion

La taille résulte d'un arbitrage opéré entre croissance et survie et est influencée par l'environnement auquel une espèce s'adapte au fil du temps. Cette démonstration a déjà été faite pour les oursins exposés à un certain de niveau de stress et de perturbations dans l'environnement auquel ils se sont adaptés (Lawrence et Bazhin 1998). À titre d'exemple, les espèces rudérales vivant dans un environnement qui les expose à un faible stress et à de fortes perturbations (Carlow 1984; Lawrence et Bazhin 1998; Lawrence et Herrera 2000) présenteront un taux de croissance plus élevé, mais une survie moindre. Elles investiront davantage de ressources dans la reproduction, tout en affichant un faible taux d'assimilation (tableau 2). De la même façon, chez les holothuries des régions côtières tempérées, où les aliments peuvent être abondants selon les saisons (Hammond 1982; Sonnenholzer 2003) et où les perturbations sont fortes, la mortalité peut être élevée. Dans ce contexte, la proportion du poids atteint lors de la première reproduction par rapport au poids à un an peut également être élevée (la maturité sexuelle étant atteinte avant ou aux alentours d'un an). Cela est caractéristique d'espèces telles qu'*A. mollis*, dont la taille au cours de la deuxième année de croissance a été modélisée à 100 g dans le cadre de la présente étude. Chez cette espèce

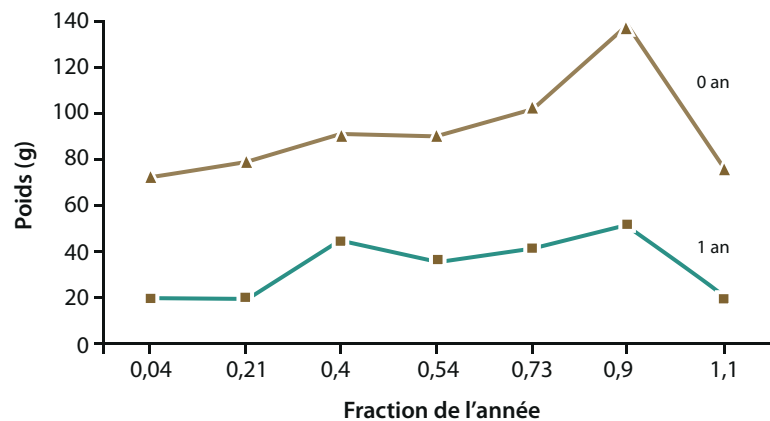


Figure 5. Composition par âge des fréquences de poids de la population d'*Australostichopus mollis*, calculée grâce à la courbe de croissance ajustée afin de définir les catégories de poids en fonction de l'âge permettant ensuite le découpage des fréquences de poids selon ces catégories. t_0 a été maintenu entre -1,0 et 0,0, ce qui signifie que les âges nominaux pourraient être différents des âges réels.

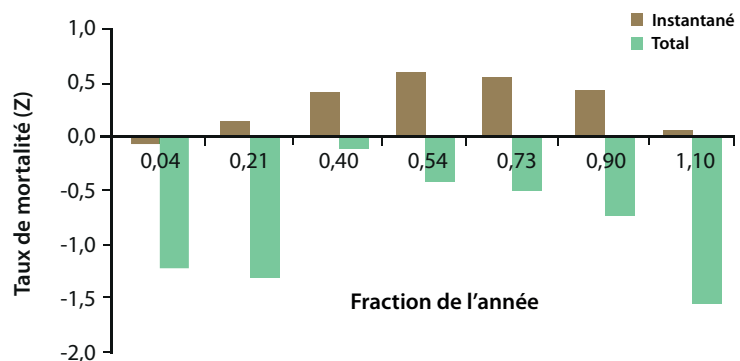


Figure 6. Taux de mortalité instantané (naturelle) et taux de mortalité total pour la population d'*Australostichopus mollis* à chaque date d'échantillonnage ($K = 1,22$; $W_\infty = 133$; $L_c = 60$; moyenne = 0,30; écart-type = 0,10; courbe de capture $K = 1,22$; $W_\infty = 133$; moyenne = -0,84; écart-type = 0,08).

et dans cet environnement, la taille à maturité sexuelle était supérieure à 75 g (Sewell 1987). Ce lien entre taille et maturité sexuelle peut varier chez des holothuries plus résistantes au stress et dans un environnement où les perturbations sont moindres (certaines espèces d'eau profonde, dans des environnements abrités où les aliments sont peu abondants, par exemple). Le taux de survie sera dans ce cas probablement élevé, mais les taux de croissance seront faibles et la maturité sexuelle par rapport à la taille à un an sera plus tardive.

Selon les observations faites pour *I. fuscus* (Herrero-Perezrul et Reyes-Bonilla 2008), le poids des holothuries après maturité sexuelle peut varier de façon saisonnière, en fonction de l'affectation des ressources à la reproduction et/ou à la croissance et au métabolisme (Rutherford 1973). La relation entre le poids de la population et la maturité sexuelle a été établie pour les holothuries telles qu'*Holothuria scabra*, *H. nobilis*, *Actinopyga echinites* et *Thelenota ananas* (tableau 3). Dans la présente étude

d'*A. mollis*, le poids moyen de la population a varié entre 107 g et 135 g selon les saisons de l'année. Par ailleurs, une autre étude a démontré que les juvéniles d'*A. mollis* voyaient leur croissance fortement limitée entre six et neuf mois après la mise en cages, en raison d'une augmentation de la biomasse ou d'une limitation saisonnière de la croissance (Slater et Jeffs 2010). Dans les deux études, la perte de poids saisonnière d'*A. mollis* a lieu pendant les mois d'hiver : mai, juin et juillet. Une autre étude a permis d'estimer le poids moyen de la population d'*I. fuscus* à 386 g, le poids adulte maximal étant de 815 g, même si d'importantes variations sont à noter d'un mois à l'autre, selon l'activité de reproduction (Herrero-Perezrul et Reyes-Bonilla 2008). Toral-Granda et Martinez (2007) ont également découvert qu'*I. fuscus* est sexuellement active tout au long de l'année et que des indicateurs d'état relatifs à la taille élevés sont révélateurs d'un pic de l'activité de reproduction. Toutefois, exception faite des travaux de Conand (1988) et d'autres études plus récentes (Herrero-Perezrul et Reyes-Bonilla 2008 ; Toral-Granda et Martinez 2007), on connaît encore peu de choses de la relation

entre, d'une part, le rapport taille-âge ou le rythme auquel une taille en particulier est atteinte, et, d'autre part, les variations de l'activité de reproduction ou les fluctuations de poids saisonnières chez les holothuries.

Le rapport taille-âge est susceptible de varier d'une année sur l'autre et sur une même année. Dans la présente étude, les spécimens d'*A. mollis* ont été répartis en deux classes d'âge, année 0 et année 1, la taille au début de l'année 0 étant de 17 g. On émet également l'hypothèse qu'à un certain moment dans le passé, les individus de la population d'*A. mollis* ont connu les stades œuf, larve et juvénile initial, tel qu'exprimé par le paramètre t_0 . Celui-ci avait déjà été estimé à -0,672 et -0,251 pour *T. ananas* et *S. chloronotus* respectivement (Conand 1988), si bien que les estimations de t_0 pour *A. mollis* dans le cadre de la présente étude ne sont pas inhabituelles. Les estimations de t_0 entre -0,4 et -0,97, situent cette période entre environ 4 mois et un an. La croissance d'*A. mollis* après six mois passés en cage allait de 32 g à 100 g, la taille initiale étant de 23 g (Slater et Jeffs 2010).

Tableau 2. Évolution des caractéristiques biologiques d'*Australostichopus mollis* en fonction de l'environnement auquel l'espèce s'est adaptée (résumé tiré de : Carlow 1984 ; Lawrence et Bazhin 1998 ; Lawrence et Herrera 2000).

	Rudéral Faible niveau de stress Fortes perturbations	Concurrentiel Faible niveau de stress Faibles perturbations	Résistant au stress Fort niveau de stress Faibles perturbations
Croissance	+		-
Survie	-		+
Activité de reproduction	+		-
Taux d'assimilation	-		+
Proportion d'individus ayant atteint le poids maximum au moment de la première reproduction	<		>
Proportion d'individus ayant atteint le poids nécessaire à la reproduction à 1 an	>		<

Tableau 3. Espèces d'holothuries et rapport poids égoutté lors de la première reproduction ($PE_{1e\text{Repro}}$) / poids égoutté de la population (PE_{Pop}), exprimé en pourcentage (%).

Espèces	$PE_{1e\text{Repro}}$	PE_{Pop}	%	Auteurs
<i>Holothuria scabra</i>	130	350	37	Conand 1989
<i>H. scabra versicolor</i>	320	970	33	Conand 1989, 1993
<i>H. fuscogilva</i>	900	1460	62	Ramofafia et al. 2000
<i>H. nobilis</i>	580	1240	47	Conand 1989, 1993
<i>Actinopyga echinites</i>	130	300	43	Conand 1989
<i>Thelenota ananas</i>	1150	1980	58	Conand 1989, 1993
<i>Parastichopus californicus</i>	50	313	16	Cameron et Fankboner 1985, 1989
<i>Australostichopus mollis</i>	91	140	65	Raj 1998 (Île du Sud)
<i>A. mollis</i>	75	130 (W)	58	Sewell 1990, 1992 ; présente étude (Île du Nord)
<i>Stichopus japonicus</i>	50	120	41	Ito 1995 ; Ito et Kitamura 1998
<i>S. chloronotus</i>	52	110	47	Conand 1988 ; Uthicke 1997 ; Conand et al. 1998
<i>Isostichopus fuscus</i>	367	500	73	Herrero-Perezrul et al. 1999

W = poids humide de l'animal entier (poids frais).

Six mois après la première ponte, les juvéniles d'*A. mollis* produits en éclosure atteignaient 50 mm, et pesaient environ 4 g (Stenton-Dozey et Heath 2009). Une autre étude portant sur les holothuries *Cucumaria pseudocurata* a mis à jour une forte augmentation du taux de croissance pendant la première année suivant le recrutement (Rutherford 1973), ce qui est relativement fréquent dans un environnement instable et rudéral. Au même titre que pour *A. mollis*, une diminution du taux de croissance a été enregistrée après la première année. Dans la présente étude, on ne compte que très peu d'individus de moins de 60 g. On a donc formulé l'hypothèse que les recrues provenaient d'une population proche de cette taille (Sewell 1990). Par ailleurs, il a été noté que la majeure partie de la croissance totale d'*A. mollis* avait lieu la première année, tout comme pour les juvéniles de la même espèce soumis à des expériences en cage (Slater et Jeffs 2010). Les données laissent à penser que les variations de la taille en fonction de l'âge pourraient dépendre de la date de la ponte et s'expliquer par des taux de croissance variables entre les individus au sein d'une population avant recrutement. Cela pourrait expliquer la variabilité des fourchettes de taille entre l'année 0 et l'année 1 ainsi que l'estimation faite de t_0 dans le modèle de von Bertalanffy.

Par ailleurs, la répartition géographique de la taille en fonction de l'âge au sein d'une même espèce n'est pas toujours cohérente. Dans le cas d'*I. fuscus* par exemple, la taille à maturité sexuelle atteinte après 5 ans était de 367 g, le poids asymptotique de la population étant de 575 g (Herreo-Perezrul et al. 1999 ; Reyes-Bonilla et Herrero-Perezrul 2003). À l'inverse, Toral-Granda et Martinez (2007) ont relevé sur un autre site un poids égoutté à maturité sexuelle sur un autre site de 165 g, sans indication d'âge. Pour l'holothurie *A. mollis* de l'île du Sud de la Nouvelle-Zélande, le poids à maturité sexuelle était supérieur à un poids égoutté de 90 g, soit un poids humide d'environ 100 g, le poids égoutté moyen de la population se situant entre 140 et 150 g. (Raj 1998). On ne connaît toutefois pas la taille en fonction de l'âge, ni le taux de croissance, dans ce cas. Pour ce qui est de l'île du Nord de la Nouvelle-Zélande, le poids à maturité sexuelle d'*A. mollis* était supérieur à 75 g (Sewell 1987) et atteint en moins d'un an. Cette fourchette de poids est inférieure à celle des individus de l'île du Sud. Le poids à maturité sexuelle chez l'holothurie *A. mollis* des populations des îles du Nord comme celles du Sud représente néanmoins environ 60 % du poids moyen de la population (tableau 3). Il est toutefois délicat de déterminer la durée de vie d'une espèce présente à une échelle géographique aussi vaste et pour laquelle le taux de croissance et la taille en fonction de l'âge dans un habitat précis sont inconnus.

Le rythme (K) auquel le poids asymptotique de la population a été atteint chez *A. mollis* montait jusqu'à $1,37 \text{ an}^{-1}$ d'après le modèle maximisé, mais baissait à $1,0 \text{ an}^{-1}$ d'après les itérations du modèle. Dans une étude antérieure sur *H. floridana*, le taux K était de $0,21 \text{ an}^{-1}$ (Fuente-Betancourt et al. 2001), alors que chez *T. ananas* et *S. chloronotus*, il se situait respectivement à $0,199 \text{ an}^{-1}$ et $0,449 \text{ an}^{-1}$ (Conand 1988). Bien qu'*A. mollis* soit une espèce tempérée et que *S. chloronotus* soit une espèce subtropicale, elles semblent partager certaines caractéristiques de taille (même si K est plus élevé chez *A. mollis*). En règle générale, les espèces ayant une durée de vie courte

telle qu'*A. mollis*, et vivant dans des environnements particulièrement rudéraux présentent une valeur K élevée ($> 1,0 \text{ an}^{-1}$) et s'approchent rapidement du poids asymptotique de la population (Sparre et al. 1989). Pour *A. mollis*, le poids asymptotique de la population a été atteint à trois ans, contre six ans pour *S. chloronotus*. On peut, par conséquent, s'attendre à ce que K chez *A. mollis* soit environ deux fois plus élevé que pour *S. chloronotus*. Toutefois, certaines espèces beaucoup plus grandes, telles que *T. ananas*, vivent longtemps et affichent généralement une valeur K faible. On peut s'attendre, dans de tels cas, à ce que la durée de vie soit nettement allongée. Pour *T. ananas*, le poids asymptotique de la population a été atteint à 14 ans, alors que K atteignait des valeurs descendant jusqu'à $0,199 \text{ an}^{-1}$ (Conand 1988). Cela étant, dans un environnement particulièrement rudéral comme celui rencontré dans la présente étude, une augmentation du rythme auquel le poids asymptotique de la population est atteint a une incidence particulière sur la survie. La durée de vie étant prolongée dans ce type d'environnement, les individus sont davantage exposés au risque de mortalité.

Un taux de mortalité élevé résulte de l'arbitrage qui s'opère entre une croissance rapide et un faible taux de survie dans un environnement rudéral et instable (Carlow 1984 ; Lawrence et Bazhin 1998 ; Lawrence et Herrera 2000). Les holothuries *H. atra* et *I. fuscus* vivent toutes deux dans un environnement de ce type. Pour *H. atra*, une perte de 50 à 70 % de la population a été enregistrée en un an (Ebert 1978). Pour *I. fuscus*, l'état général des individus (K_n) après la première reproduction a décliné, ce qui reflète une détérioration de l'état de santé des animaux (Herrero-Perezrul et Reyes-Bonilla 2008). Comme cela est généralement le cas pour *I. fuscus*, le taux de mortalité totale (Z) était de $0,70 \text{ an}^{-1}$ (Reyes-Bonilla et Herrero-Perezrul 2003). Pour cette même espèce, le taux de mortalité naturelle instantané (M) était de $0,67$, alors que la valeur médiane était de $0,354$ (Reyes-Bonilla et Herrero-Perezrul 2003). Le taux de mortalité naturelle pour *I. fuscus* a également été calculé à $0,174$ (Hearn et al. 2005), contre $0,72$ pour *H. floridana* (Fuente-Betancourt et al. 2001). Dans le cadre de la présente étude, le taux de mortalité naturelle instantané d'*A. mollis* était de $0,58$, mais s'approchait également de 0 à certaines périodes. Notons que les mécanismes de défense des holothuries expliquent pourquoi les adultes sont rarement victimes de prédateurs (Francour 1997). Dans la présente étude, le taux de mortalité total pour la population ainsi que le taux de mortalité instantané semblent élevés, mais il est probable que ces résultats soient faussés par les variations saisonnières de poids au sein de la population et par l'absence de cohortes distinctes de recrues juvéniles. Malgré cela, les données laissent à penser que chez les holothuries qui vivent dans des environnements de plus en plus dynamiques, instables et rudéraux, le taux de croissance est amené à augmenter, la taille adulte moyenne à diminuer, alors que les taux de mortalité varieront selon les saisons, tout en restant globalement élevés. Cela semble se vérifier chez *A. mollis*.

Remerciements

Mes remerciements vont à Russ Babcock et à Mary Sewell pour leurs conseils scientifiques et au personnel du laboratoire de biologie marine Leigh de l'Université d'Auckland pour le soutien logistique.

Bibliographie

- Archer J.E. 1996. Aspects of the reproductive and larval biology and ecology, of the temperate holothurian *Stichopus mollis* (Hutton). School of Biological Sciences. Auckland, University of Auckland. Masters degree thesis. 189 p.
- Basson M., Rosenberg A.A. and Beddington J.R. 1988. The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length frequency data. *Journal of Conservation and International Exploration* 44:277–285.
- Beverton R.J.H. and Holt S.J. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P-v. Reun. CIEM* 17a:1–153.
- Cameron J.L. and Fankboner P.V. 1985. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). I. Reproductive periodicity and spawning behaviour. *Canadian Journal of Zoology* 64:168–175.
- Cameron J.L. and Fankboner P.V. 1989. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). II. Observations on the ecology of development, recruitment, and the juvenile life stage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 127:43–67.
- Carlow P. 1984. Exploring the adaptive landscapes of invertebrate life cycles. *Advances in Invertebrate Reproduction* 3:329–342.
- Conand C. 1988. Comparison between estimations of growth and mortality of two stichopodid holothurians: *Thelenota ananas* and *Stichopus chloronotus* (Echinodermata: Holothuroidea). *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Australia* 2:661–665.
- Conand C. 1989. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2. Holothurians. *FAO fisheries technical paper No. 272.2*. Rome, FAO. 143 p.
- Conand C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 115:439–450.
- Conand C., Armand J., Dijoux N. et Garryer J. 1998. Reproduction asexuée par scission dans une population de *Stichopus chloronotus*, La Réunion, océan Indien. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 10:15–23.
- Dawbin W.H. 1949. Auto-evisceration and the regeneration of viscera in the holothurian *Stichopus mollis* (Hutton). *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 77(4):497–523.
- Ebert T.A. 1978. Growth and size of tropical sea cucumber *Holothuria (Halodemia) atra* Jager at Enewetak Atoll, Marshall Islands. *Pacific Science* 43(2):183–191.
- Francour P. 1997. Predation on holothurians: a literature review. *Invertebrate Biology* 116(1):52–60.
- Fuente-Betancourt M.G., Jesus-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* 68(1):59–67.
- Hammond L.S. 1982. Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica, West Indies. *Bulletin of Marine Science* 32(2):549–571.
- Hearn A., Martinez P., Toral-Granda M.V., Murillo J.C. and Polovina J. 2005. Population dynamics of the exploited sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the western Galapagos Islands, Ecuador. *Fisheries and Oceanography* 14(5):377–385.
- Herrero-Perezrul M.D. and Reyes-Bonilla H. 2008. Weight-length relationship and relative condition of the holothurian *Isostichopus fuscus* at Espiritu Santo Island, Gulf of California, Mexico. *International Journal of Tropical Biology* 56(3):273–280.
- Herrera-Perezrul M.D., Reyes-Bonilla H., Garcia-Dominguez F. and Cintra-Buenrostro C.E. 1999. Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, Mexico. *Marine Biology* 135:521–532.
- Hoening N. and Hanumara C.R. 1982. A statistical study of a seasonal growth model for fishes. *Technical Report Department of Computer Science and Statistics*. University of Rhode Island. 91 p.
- Ito S. 1995. Studies on the technological development of the mass production for sea cucumber juvenile, *Stichopus japonicus*. Japan: Saga Prefectural Sea Farming Centre. 87 p.
- Ito S. et Kitamura H. 1998. Avancées techniques dans la production de larves de l'holothurie japonaise, *Stichopus japonicus*. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 10:24–28.
- Lawrence J.M. and Bazhin A. 1998. Life history strategies and the potential of sea urchins for aquaculture. *Journal of Shellfish Research* 17(5):1515–1522.
- Lawrence J.M. and Herrera J. 2000. Stress and deviant reproduction in echinoderms. *Zoological Studies* 39(3):151–171.
- LFDA Version 5. Fisheries Management Science Programme. UK Department for International Development (DFIP). Marine Resources Assessment Group (MRAG). www.fmsp.org.uk
- Mladenov P.V. and Campbell A. 1996. Resource evaluation of the sea cucumber, *Stichopus mollis*, in the environmentally sensitive Fiordland region of New Zealand. *Proceedings of the ninth international echinoderm conference*. San Francisco, CA; A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield 9:481–487.
- Morgan A.D. 2008a. Metamorphosis in the temperate sea cucumber *Australostichopus mollis* (Hutton). *Invertebrate Reproduction and Development* 51(3):127–143.
- Morgan A.D. 2008b. The effect of food availability on phenotypic plasticity in of larvae of the temperate sea cucumber *Australostichopus mollis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 363:89–95.
- Morgan A.D. 2009a. The assessment of egg and larval quality during hatchery production of the temperate sea cucumber *Australostichopus mollis* (Levin). *Journal of the World Aquaculture Society* 40(5):629–642.
- Morgan A.D. 2009b. Spawning in the temperate sea cucumber, *Australostichopus mollis* (Levin). *Journal of the World Aquaculture Society* 40(3):363–373.

- Pauly D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length frequency data in fish and aquatic vertebrates. p. 7–34 in Pauly D. and Morgan G.R. (eds). Length-based methods in fisheries research. ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait. 468 p.
- Raj L. 1998. Reproductive biology and the use of photo identification to study growth in *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in Doubtful Sounds, Fiordland, New Zealand. MSc thesis, University of Otago, Dunedin.
- Ramofafia C., Battaglione S.C., Bell J.D. and Byrne M. 2000. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria fuscogilva* in the Solomon Islands. Marine Biology 136(6):1045–1056.
- Reyes-Bonilla H. and Herrero-Perezrul M.D. 2003. Population parameters of an exploited population of *Isostichopus fuscus* (Holothuroidea) in the southern Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 59:423–430.
- Rutherford J.C. 1973. Reproduction, growth and mortality of the holothurian *Cucumaria pseudocurata*. Marine Biology 22:167–176.
- Sewell M. 1987. The reproductive biology of *Stichopus mollis* (Hutton). MSc thesis, University of Auckland.
- Sewell M. 1990. Aspects of the ecology of *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in North-Eastern New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 24:97–103.
- Sewell M.A. 1992. Reproduction of the temperate aspidochirote *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in New Zealand. Ophelia 35(2):103–121.
- Sewell M.A. and Bergquist P.R. 1990. Variability in the reproductive cycle of *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea). International Journal of Invertebrate Reproduction and Development 17(1):1–7.
- Shears N.T. and Babcock R.C. 2007. Quantitative description of mainland New Zealand's shallow subtidal reef communities. Science for Conservation 280. Science and Technical Publishing. Department of Conservation.
- Shepherd J.G. 1987a. A weakly parametric method for the analysis of length composition data. p. 113–120 in Pauly D. and Morgan G.R. (eds). Length-based methods in fisheries research. ICLARM, Manila, Philippines and KISR, Safat, Kuwait. 468 p.
- Silva J., Cameron J.L. and Fankboner P.V. 1986. Movement and orientation patterns in the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Holothuroidea: Aspidochirotida). Marine Behaviour and Physiology 12:133–147.
- Slater M.J. and Carton A.G. 2007. Survivorship and growth of the sea cucumber *Australostichopus (Stichopus) mollis* (Hutton 1872) in polyculture trials with green-lipped mussel farms. Aquaculture 272:389–398.
- Slater M.J. and Jeffs A.G. 2010. Do benthic sediment characteristics explain the distribution of juveniles of the deposit-feeding sea cucumber *Australostichopus mollis*. Journal of Sea Research 64:241–249.
- Sonnenholzer J. 2003. Seasonal variation in the food composition of *Holothuria theeli*: (Holothuroidea: Aspidochirotida) with observations on density and distribution patterns at the central coast of Ecuador. Bulletin of Marine Science 73(3):527–543.
- Sparre P., Ursin E. and Venema S.C. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306/1. Rome, FAO. 407 p.
- Stenton-Dozey J. and Heath P. 2009. A first for New Zealand: Culturing our endemic sea cucumber for overseas markets. Water and Atmosphere 17(1):20–21.
- Toral-Granda M.V. and Martinez P.C. 2008. Reproductive biology and population structure of the sea cucumber *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Holothuroidea) in Caamano, Galapagos Islands, Ecuador. Marine Biology 151:2091–2098.
- Uthicke S. 1997. Seasonality of asexual reproduction in *Holothuria (Halodeima) atra*, *H. edulis* and *Stichopus chloronotus* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef. Marine Biology 129:435–441.

Élevage en cages d'holothuries *Apostichopus japonicus* transférées en Chine méridionale (archipel de Shengsi)

Kun Xing,^{1,2,3} Shilin Liu,¹ Hongsheng Yang,^{1,*} Mingzhu Zhang¹ et Yi Zhou¹

Résumé

Des holothuries *Apostichopus japonicus* de trois gammes de tailles ont été mises en élevage dans des cages servant à l'aquaculture des ormeaux. Leur taux de survie et de croissance a été mesuré une à deux fois par mois entre décembre 2007 et mai 2008, et leur régime alimentaire s'est composé d'algues fermentées. Le taux de survie des holothuries s'est révélé élevé ($\geq 83\%$) dans les quatre sites étudiés. On a observé un ralentissement de la croissance des individus de grande taille (poids vif moyen d'environ 70 g) dès que la densité d'élevage atteignait environ cinq individus par compartiment. Une corrélation négative a été établie entre les taux de croissance et les densités d'élevage. Ainsi, les taux de croissance des grands juvéniles stockés à de fortes densités étaient identiques à ceux des juvéniles de taille moyenne (poids vif moyen d'environ 30 g) et des petits juvéniles (poids vif moyen de 50 g) sans retard de croissance causé par une forte densité de stockage. Les juvéniles des trois classes de tailles ont enregistré une croissance progressive, sauf après le mois d'avril où les températures de l'eau de mer ont grimpé. L'utilisation de cages pensées pour l'aquaculture d'ormeaux donne de bons résultats avec des spécimens *A. japonicus*, d'une masse corporelle de 40 g, stockés à des densités de 3 à 5 individus par compartiment. Le transfert des cages vers des sites situés plus au sud (où les eaux sont plus chaudes) devrait permettre d'allonger la période de croissance des holothuries et d'obtenir des individus commercialisables en une année. À la pointe nord de la mer de Chine orientale, les populations indigènes de *A. japonicus* enregistrent un faible taux de croissance en hiver. L'archipel de Shengsi (Chine méridionale) a été choisi pour la réalisation d'essais de grossissement sur le terrain en vue de développer l'élevage de l'espèce.

Introduction

En termes de valeur économique et d'exploitation commerciale, les holothuries, notamment l'espèce *Apostichopus japonicus*, figurent parmi les organismes vivants les plus importants de Chine. Les holothuries doivent ce statut à la très grande qualité de leur chair et à l'efficacité des techniques employées dans les écloséries commerciales (Liao 1997). Les techniques d'élevage permettent aujourd'hui de produire un très grand nombre de juvéniles (Sui 1988 ; Ito 1995), ce qui laisse entrevoir de belles perspectives pour les programmes de réensemencement, d'amélioration des stocks et d'aquaculture marine.

L'espèce *A. japonicus* est présente en Russie, en Chine septentrionale, au Japon, en Corée du Nord et en Corée du Sud (Sloan 1984). L'aquaculture marine des holothuries a vu le jour au Japon à la fin des années 30. Elle a été introduite en Chine en 1980 par l'Institut de recherche halieutique de la mer Jaune (Sui 1988), et, plus récemment, en Océanie (Battaglene et Bell 2004). Ces dernières années ont vu l'arrivée d'une multitude de techniques d'holothuriculture, avec notamment l'utilisation de bassins crevetticoles, de bassins au large et de batardeaux alimentés en eau de mer par gravité (Chen 2003). Actuellement, l'espèce *A. japonicus* est le plus souvent mise en élevage dans le nord de la Chine, dans des zones côtières d'une profondeur inférieure à 15 mètres.

Le problème fréquent de pollution des eaux côtières limite le nombre de sites adaptés à l'holothuriculture. L'installation de fermes dans des eaux plus profondes et dans le sud de la Chine permettrait de placer les holothuries dans un milieu plus favorable et de réduire le stress qu'elles subissent dans les fermes côtières.

Le choix de sites en Chine méridionale pour l'élevage de juvéniles produits en éclosérie permettrait de réduire le temps de grossissement avant commercialisation. Xiao et Gu (1981) ont transféré des holothuries adultes et juvéniles à Xiamen, en Chine méridionale, dans le cadre d'essais d'élevage et de reproduction. Sun et al. (2006) ont également transféré des juvéniles sur l'île de Nanji (27° 27' N, 121° 05' E), dans le sud de la Chine, et leurs résultats indiquent un bon taux de croissance. Les juvéniles d'holothuries ont été obtenus par reproduction induite et leur comportement observé était normal. Leur état de santé et leur taux de survie étaient très bons, même après leur période d'estivation, qui s'est étalée sur 160 jours entre début juin et la mi-novembre.

Dans le nord de la Chine, les températures de l'eau de mer chutent sous la barre des 5 °C pendant la période hivernale, ce qui inhibe la croissance des holothuries, et compromet par là même tant leur croissance générale que leur survie. La perspective d'installer des fermes en Chine méridionale, où les eaux sont plus chaudes, pour le grossissement en cages des holothuries permettrait

¹ Institut d'océanologie, Académie chinoise des sciences, 7 route de Nanhai, Qingdao, Shandong 266071, Chine.

² École des hautes études, Académie chinoise des sciences, Beijing, Chine.

³ Université d'océanographie de Dalian, Chine.

* Auteur correspondant : H. Yang. Tél. / fax : +86 532 82898582. Courriel : hshyang@ms.qdio.ac.cn

de multiplier le nombre de sites d'élevage et de réduire la durée du grossissement avant la récolte. Cela permettrait de poursuivre l'élevage pendant la période hivernale.

L'archipel de Shengsi (30° 72' N, 122° 45' E), situé en Chine méridionale, comprend quelque 200 îles où l'aquaculture marine est pratiquée de longue date. Toutefois, les substrats nécessaires à l'holothuriculture, composés de débris et de roches, sont rares dans ces îles dominées par des fonds sablonneux et vaseux, dont la profondeur oscille entre 5 et 20 mètres. Il est possible de simuler artificiellement l'habitat de prédilection des holothuries en rajoutant des substrats durs, mais cette opération est coûteuse. Par ailleurs, plus la profondeur est élevée, moins la lumière pénètre dans l'eau, ce qui limite la croissance des algues qui tapissent les substrats et nourrissent les animaux d'élevage. D'un autre côté, le recours à des paniers suspendus en nylon, pensés pour l'élevage des coquilles Saint-Jacques, est une cause habituelle d'ulcères et de mortalité chez les holothuries. En revanche, les cages à ormeaux, suspendues à des radeaux utilisés dans les installations aquacoles, sont faciles d'accès.

On ne peut que constater l'intérêt croissant que suscite la possibilité de combiner l'élevage de coquilles Saint-Jacques et d'holothuries détritivores, qui consommeraient les sédiments des cages ou des paniers utilisés pour le grossissement des coquilles et réduiraient ainsi les effets négatifs de cette filière aquacole sur l'environnement benthique, voire constitueraient un produit accessoire à valoriser. D'après les résultats d'une étude réalisée en Chine septentrionale (Zhou et al. 2006), lorsqu'elle est introduite dans un système d'aquaculture intégrée, *A. japonicus* affiche une bonne croissance et réduit la quantité de déchets organiques produits dans des filets lanternes accueillant des coquilles Saint-Jacques. Quant à Paltzat et al. (2008), ils ont utilisé des claies ostréicoles, conçues pour retenir les biodépôts et empêcher la fuite des holothuries, pour la production de *Parastichopus californicus* Stimpson.

Les holothuries détritivores ingèrent des sédiments contenant des matières organiques, notamment des bactéries, des protozoaires, des diatomées et des matières rejetées par les plantes et les animaux (Yingst 1976 ; Moriarty 1982 ; Zhang et al. 1995). Depuis quelques années, les fermes holothuricoles implantées en Chine utilisent des algues fermentées, en particulier *Laminaria japonica* Aresch et *Ulva pinnatifida*, pour nourrir les animaux d'élevage (Sui 1988). Les holothuries peuvent alors trouver leur principale source de nutriments organiques dans ces algues fermentées, associées à des déchets, comme la vase, les algues mortes et les excréments mêmes des animaux, qui se fixent sur la structure interne des cages. Les holothuries nourries à l'aide d'algues fermentées ou d'un régime mixte affichent un bon taux de croissance, ce qui indique que ce type d'alimentation pourrait très bien leur convenir (Yuan et al. 2006).

En polyculture, les holothuries juvéniles ne contribueront à l'économie locale que si elles survivent suffisamment



Figure 1. Sites d'élevage d'*Apostichopus japonicus*.
G1, G2 : île de Gouqi (sites 1 et 2) ; H1 : île d'Huaniao ;
SI : île de Shenshan.

longtemps pour atteindre une taille commercialisable. La présente étude porte donc sur la croissance et la survie des holothuries *A. japonicus* après leur transfert dans les îles Shengsi, en Chine méridionale. Les spécimens ont été placés dans des cages à ormeaux et nourris à l'aide d'algues fermentées, afin d'évaluer les possibilités de développement holothuricole dans cette partie de la Chine.

Matériel et méthodes

Spécimens

Les spécimens ont été obtenus à partir de larves produites en mars 2007 dans une éclosure de Yantai, dans la province de Shandong, en Chine septentrionale. Leur taille moyenne de départ était de $40,72 \pm 17,18$ g ($n = 330$). Le poids a été relevé sur les juvéniles étendus tout du long. En l'espace de six heures, les holothuries ont été conditionnées dans des caisses isothermes et transportées par avion jusqu'à la ferme choisie. Avant les essais en mer, tous les spécimens sont d'abord passés par une phase d'acclimatation d'au moins une semaine à terre dans un bassin en béton d'une contenance de 10 m³, exposé à la lumière naturelle et dont le fond a été tapissé de sable composite.

Sites choisis

L'étude s'est déroulée entre décembre 2007 et mai 2008 dans une zone située à l'est des îles Shengsi, dans la province de Zhejiang, dans la mer de Chine orientale. Situés au milieu d'un parc à moules, les sites d'étude avaient une profondeur de 5 à 20 mètres. L'eau était propre, sans signe de pollution apparente. Les mouvements des marées et les courants balayant la zone sont réguliers et peu intenses. Quatre sites ont été choisis pour le grossissement des juvéniles d'holothuries : deux sur l'île de Gouqi (G1 : 122° 38' E, 30° 42' N et

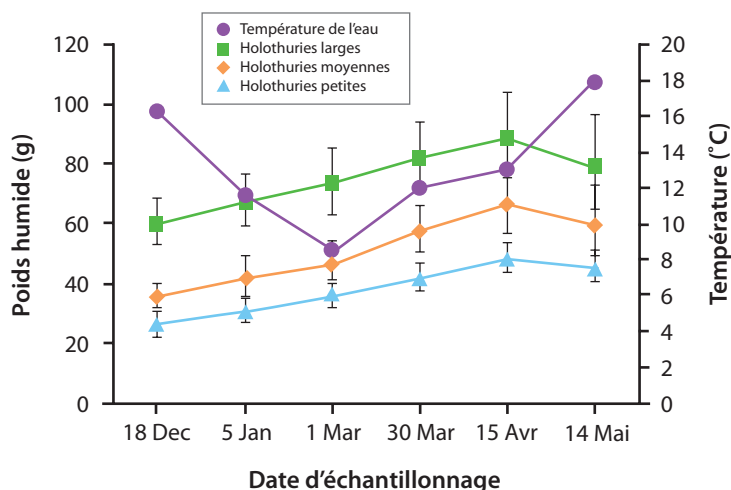


Figure 2. Température de l'eau et croissance moyenne des spécimens *Apostichopus japonicus* de grande, moyenne et petite taille sur le site G1. Les barres verticales représentent l'écart-type (n = 20).

G2 : 122° 50' E, 30° 39' N), un sur l'île de Huaniao (HI : 122° 44' E, 30° 52' N), et un dernier sur l'île de Shenshan (SI : 122° 24' E, 30° 43' N) (figure 1).

Paramètres écologiques

La température de l'eau a fluctué entre 7,5 °C en février 2008 et 17,2 °C en décembre 2007 (figure 2), soit une fourchette comprise dans la gamme des températures optimales pour la croissance de *A. japonicus* (10–17 °C). La transparence de l'eau a été mesurée à environ 2 mètres, avec un bon brassage des eaux et un maintien du taux de saturation en oxygène dissous. Le pH a été mesuré à 7,8–8,2 et la salinité à 30–32 ppm.

Installation aquacole

Les essais ont été menés dans des cages à six compartiments utilisées en halioticulture (0,4 m de long × 0,3 m de large × 0,8 m de haut, 1 250 cm² par compartiment) (figure 3). Dans chacun des compartiments des cages en plastique rigide, six plaques de 10 centimètres de large ont été placées perpendiculairement afin de piéger les sédiments et d'agrandir l'habitat des holothuries. Le bas

est resté libre, pour qu'il n'y ait aucune interférence entre les compartiments. Une trappe a été fixée sur chaque compartiment pour permettre l'accès aux animaux et le nourrissage. Les cages ont été fixées à des filières suspendues à des profondeurs de 3 à 6 mètres et rattachées à un radeau ancré sur des fonds sablonneux.

Dispositif expérimental

Dans chaque site, des holothuries de trois gammes de tailles ont été stockées dans des cages à ormeaux fixes, à une densité de 6 individus par compartiment. Les densités d'élevage étaient les suivantes : 3, 5 et 7 individus par compartiment pour les grands spécimens ; 4, 6 et 8 individus par compartiment pour les spécimens de taille moyenne ; et 6, 8 et 10 individus par compartiment pour les petits spécimens. Les poids

humides (moyenne ± écart-type) relevés à G1 au début de l'expérience étaient respectivement de 60,18 ± 14,74 g, de 35,73 ± 4,90 g et de 26,25 ± 5,43 g pour les grands spécimens (n = 90), les spécimens de taille moyenne (n = 109), et les petits spécimens (n = 131). Leur évolution a été mesurée une à deux fois par mois pendant six mois.

Des algues fermentées (*Laminaria japonica* Aresch et *Undaria pinnatifida*) broyées, d'un poids équivalent au poids humide des holothuries, ont été introduites dans les cages deux fois par semaine. En tout, environ 13 500 kg de juvéniles d'holothuries (poids individuel d'au moins 40 g) ont été chargés dans les quatre sites, le site SI accueillant le plus grand nombre de juvéniles (7 500 kg).

Entretien de la zone d'élevage et mesure de la survie et de la croissance

Le taux de survie et la croissance ont été quantifiés par comptage et pesée des juvéniles présents dans chaque cage et dans l'ensemble des sites expérimentaux. Toutes les holothuries ont été mesurées tous les 15 jours ou tous les mois, puis replacées dans leur compartiment jusqu'à l'échantillonnage suivant. L'indice de survie



Figure 3. Cage utilisée pour le grossissement d'*Apostichopus japonicus* au cours de la présente étude (0,4 m de long × 0,3 m de large × 0,8 m de haut, 1 250 cm² par compartiment) et cage composée de six compartiments. La flèche indique un spécimen d'*A. japonicus* introduit dans une cage à ormeaux.

était la présence ou l'absence des différents spécimens dans leurs cages respectives. Le poids a été relevé sur les spécimens étendus tout du long.

La température, la salinité, le pH et la quantité de biosalissures ont été relevés quotidiennement ou tous les deux à trois jours. Les filières, les bouées et les cages ont été inspectées tous les jours. Les cages à ormeaux ont été nettoyées toutes les semaines pour éliminer les biosalissures.

Le taux de croissance spécifique (TCS) et le taux de croissance (TC) ont été calculés comme suit :

$$\text{TCS (\% d}^{-1}\text{)} = 100 (\ln W_2 - \ln W_1) T^{-1}$$

$$\text{TC (mg d}^{-1}\text{)} = 1\,000 (W_2 - W_1) T^{-1}$$

Si W_1 équivaut au poids humide (g) précédemment mesuré et W_2 correspond au poids humide (g) mesuré pendant l'échantillonnage considéré. La température a été relevée tout au long des essais.

Analyse des données

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS 11.0. Une analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA) (densité d'élevage – taille) a permis de déterminer les écarts significatifs entre la survie et la croissance des juvéniles de *A. japonicus* élevés dans les différents habitats. Les données présentées correspondent aux moyennes \pm écart-type. Nous avons analysé la croissance des holothuries pour trois densités de stockage à G1, et comparé la différence entre le TCS et le TC pour chaque classe de tailles et chaque densité de stockage, dans les quatre sites. Nous avons appliqué le test de Cochran pour déterminer l'homogénéité des variances ; toutes les données ont pu être analysées sans transformation. Nous avons procédé à une analyse de la variance à un facteur, couplée à un test de comparaisons multiples de Duncan, pour tester les différences entre les conditions expérimentales. Les différences entre les données d'échantillonnage ont été jugées significatives ($P < 0,05$).

Résultats

Survie des holothuries

Dans l'ensemble, le taux de survie était élevé dans tous les sites d'étude et pour toute la durée des essais,

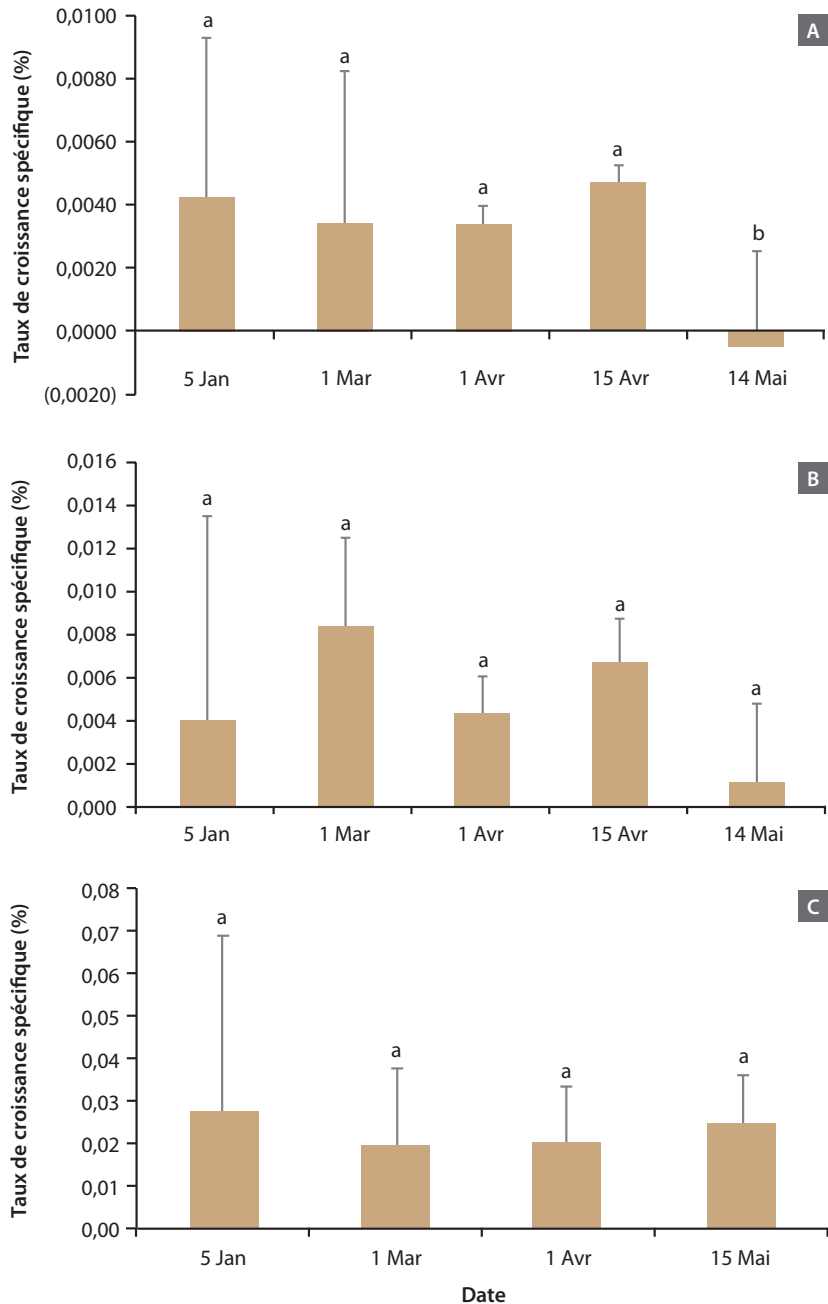


Figure 4.

Taux de croissance spécifiques des individus *A. japonicus* de grande taille (A), de moyenne taille (B) et de petite taille (C) au cours d'un essai de grossissement de six mois, mené à l'est de Shengsi, en Chine méridionale. Les moyennes (lettres) indiquent les différences significatives ($P < 0,05$), tandis que les barres verticales représentent l'écart-type ($n = 4$ sites).

atteignant jusqu'à 100 % chez les grands juvéniles, 93 % chez les juvéniles de taille moyenne et 83 % chez les petits juvéniles. Une corrélation positive a pu être établie entre la taille et la survie des juvéniles d'holothuries.

Effet de la taille sur le taux de croissance spécifique de *A. japonicus*

Sur le site G1, le poids humide (moyenne \pm écart-type) des petits spécimens de *A. japonicus* est passé en six mois de $26,25 \pm 5,43$ g ind.⁻¹ à $45,48 \pm 7,95$ g ind.⁻¹ (figure 2). Quant aux spécimens de tailles moyenne et grande, leur poids est passé respectivement de $35,73 \pm 4,90$ g ind.⁻¹ à

$60,57 \pm 15,29$ g ind.⁻¹, et de $60,18 \pm 14,74$ g ind.⁻¹ à $79,87 \pm 20,81$ g ind.⁻¹.

Quelles que soient la classe de tailles et la période envisagées, le TCS des juvéniles a progressivement grimpé, à l'exception du mois de mai où les grands juvéniles ont enregistré leur plus bas TCS (figure 4A), peut-être en raison du réchauffement des températures. Après analyse de la variance à un facteur, aucune différence significative ($P < 0,05$) n'a pu être établie entre les TCS des spécimens de taille petite et moyenne (figures 4B et 4C).

Effet de la densité d'élevage sur les taux de croissance de *A. japonicus*

Le test de comparaisons multiples de Duncan a montré que le TC mesuré pour les différentes densités d'élevage et périodes expérimentales était variable et densité-dépendant (figure 5). Une corrélation négative a été établie entre le TC et la densité d'élevage ($P < 0,05$). Ainsi, les taux de croissance absolus journaliers calculés pour les grands juvéniles stockés à différentes densités étaient en moyenne de $0,18 \pm 0,10$ g j⁻¹ à une densité de 3 individus par compartiment pour l'ensemble de l'étude, contre $0,13 \pm 0,04$ g j⁻¹ pour une densité de 5 individus par compartiment, et $0,09 \pm 0,06$ g j⁻¹ à une densité de 7 individus par compartiment. Le TC quotidien baisse lorsque la densité d'élevage augmente.

Discussion

Pour les besoins de l'étude, les auteurs ont eu recours à une méthode d'élevage en cages, qui pourrait être appliquée pour l'élevage commercial de *A. japonicus* en Chine méridionale. Les essais d'élevage de *A. japonicus* réalisés jusqu'alors en Chine méridionale étaient essentiellement axés sur la production en écloserie et l'élevage en bassins (Xiao et Gu 1981), et impliquaient de petits échantillons (Sun et al. 2006). Le présent projet d'étude a permis d'installer des holothuries juvéniles de trois classes de tailles dans 900 cages pour un poids total d'environ 13 500 kg, ce qui en fait la plus grande expérience de transplantation d'animaux jamais effectuée dans cette région. Le taux élevé de survie qu'affichent les animaux à toutes les densités d'élevage montre que le transport en masse de petites holothuries est faisable sur le plan logistique.

Concernant l'entretien du matériel aquacole, l'élimination périodique des bioalissures de la surface extérieure des cages à ormeaux permet de maximiser les échanges d'eau et l'apport de sédiments organiques, et donc les taux de croissance et de survie des holothuries d'élevage. Il est important de protéger les habitats et les installations aquacoles des fortes tempêtes.

Le principal facteur inhibitif semble être la température, trop élevée après avril. L'étude a révélé que la gamme de températures optimales pour la croissance des holothuries était de 10 à 17 °C. Le TC a reculé dès que les températures ont dépassé la barre des 17 °C après avril.

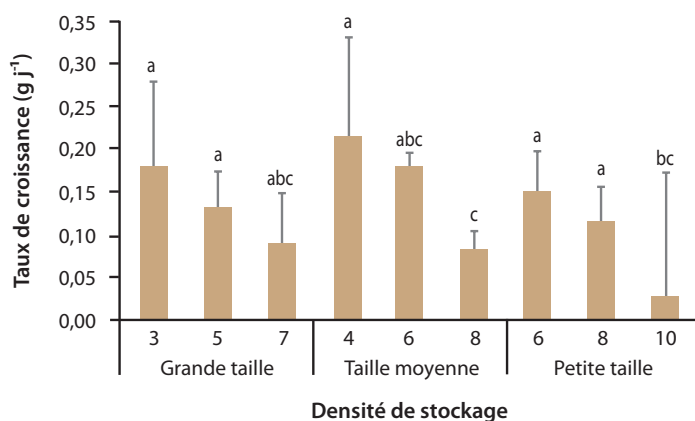


Figure 5. Effet de la densité de stockage sur le taux de croissance d'*Apostichopus japonicus* au cours d'un essai de grossissement de six mois, mené à l'est de Shengsi, dans la province de Zhejiang, en Chine méridionale. Les différentes lettres désignent les différences moyennes significatives ($P < 0,05$), tandis que les barres verticales représentent l'écart-type (n = 4 sites).

Au cours de l'étude, la taille des juvéniles introduits en mer a eu une incidence non négligeable sur leur survie à long terme, mais aucune densité-dépendance n'a été observée pour ce facteur (Purcell et Simutoga 2008). Les spécimens *A. japonicus* ont enregistré un taux de survie élevé, et ce, indépendamment de leur classe de tailles et de la densité d'élevage. D'autres études récentes corroborent ces résultats : taux de survie élevé pour des spécimens *A. japonicus* introduits dans un élevage mixte de bivalves en filets lanternes (Zhou et al. 2006) ; taux de survie élevé pour des spécimens *Australostichopus mollis* placés sous un parc à moules pour toutes les densités de stockage en cages (Slater et Carlton 2007) ; et taux de survie de 100 % pour des spécimens *Parastichopus californicus* élevés dans des claies ostréicoles (Paltzat et al. 2008).

L'espèce *A. japonicus* a une préférence pour les fonds riches en macroalgues et en matières détritiques, où elle puise sa principale nourriture (Li et Wang 1994 ; Zhang et al. 1995). En écloserie, juste après leur fixation, les larves reçoivent généralement une alimentation à base de diatomées, tandis que les juvéniles placés dans des bacs de nurserie sont nourris avec des algues en poudre. En Chine, au Japon, en Inde et en Indonésie, la poudre d'algue est utilisée pour nourrir les juvéniles de *A. japonicus* et d'*Holothuria scabra* produits en écloserie (Sui 1988 ; Battaglione et al. 1999), et les individus atteignent un poids moyen de 40 grammes en se nourrissant d'algues présentes dans le milieu naturel. Par conséquent, l'utilisation d'algues est indiquée pour alimenter les holothuries. Chez des individus *H. scabra* placés dans des bacs de nurserie à terre non supplémentés en algues, un ralentissement de la croissance a été observé dès que les individus atteignaient environ 40 grammes (Battaglione et al. 1999). Une fois ce seuil atteint, il est donc nécessaire d'ajouter des aliments artificiels pour stimuler la croissance de cette espèce d'intérêt commercial.

D'après nos résultats, une alimentation à base d'algues fermentées et de débris organiques suffit à assurer une bonne croissance de *A. japonicus*, sachant que l'ajout d'algues fermentées améliore la survie et la croissance des juvéniles.

Une corrélation a été établie entre le TC et la densité des holothuries. Les juvéniles dont la croissance a été retardée en raison de densités de stockage excessives (5–7 individus par compartiment) ont ensuite grossi au même rythme que les juvéniles sans retard de croissance, stockés à une densité de 3 individus par compartiment. Nous estimons que la densité d'élevage optimale est de 3 à 5 individus par compartiment. Dès 40 grammes, les spécimens *A. japonicus* peuvent être mis en élevage et atteindre 100 grammes (taille commercialisable) en l'espace de six mois.

Les travaux de Kang et al. (2003) ont démontré que, dans un système de cages suspendues, *A. japonicus* cohabite harmonieusement avec *Haliotis discus hannai* : le taux de survie des holothuries est élevé tandis que les ormeaux placés en élevage mixte affichent un bien meilleur taux de croissance que leurs congénères en monoculture. D'après les travaux de Zhou et al. (2006), *A. japonicus* se développe bien lorsqu'elle se nourrit des biodépôts générés par des bivalves filtreurs, si bien que l'élevage mixte d'holothuries et de bivalves dans des filets lanternes suspendus est envisageable. L'introduction d'holothuries dans des élevages en cages de coquilles Saint-Jacques et l'extension de la nouvelle installation aquacole sont la prochaine étape à franchir pour produire des holothuries d'élevage en masse. De nouvelles études sont également nécessaires pour déterminer les effets de l'élevage en cages d'holothuries et d'autres espèces.

L'élevage en cages présente au moins trois avantages pour le développement de l'holothuriculture en Chine méridionale :

- les cages sont faciles d'accès et rentables ;
- les dispositifs d'élevage offrent une protection relative contre les tempêtes et les prédateurs ; et
- le système de cages est beaucoup moins coûteux que l'aquaculture en bassins qui nécessite l'installation de blocs de pierre sur des fonds marins vaseux ou sablonneux.

L'élevage mixte d'holothuries et d'ormeaux permet aux aquaculteurs de valoriser sensiblement leur production. Toutefois, nous avons encore beaucoup à apprendre sur la croissance et la survie des holothuries et il nous faut mettre en place des régimes de gestion adaptés avant d'envisager une production en masse.

Bibliographie

- Battaglione S.C. and Bell J.D. 2004. The restocking of sea cucumbers in the Pacific Islands. p. 109–132. In: D.M. Bartley and K.M. Leber (eds). Case studies in marine ranching. FAO Fishery technical paper, FAO, Rome.
- Battaglione S.C., Seymour J.E. and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178:293–322.
- Chen J.X. 2003. Aperçu des méthodes d'aquaculture et de mariculture d'holothuries en Chine. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 18:18–23.
- Ito S. 1995. Studies on the technological development of the mass production of sea cucumber juvenile, *Stichopus japonicus*. *Bulletin of Saga Prefectural Sea Farming Center* 4:1–87.
- Kang K.H., Kwon J.Y. and Kim Y.M. 2003. A beneficial coculture: charm abalone *Haliotis discus hannai* and sea cucumber *Stichopus japonicus*. *Aquaculture* 216:87–93.
- Li Y.S. and Wang Y.L. 1994. Studies on the living environment and the selection of sea area for *Stichopus japonicus*. *Transactions of Oceanology and Limnology* 3:42–47.
- Liao Y.L. 1997. *Fauna Sinica*, Phylum Echinodermata, Class Holothuroidea. Science Press, Beijing, China. 334 p.
- Moriarty D.J.W. 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 Research* 33:255–263.
- Paltzat D.L., Pearce C.M., Barnes P.A. and McKinley R.S. 2008. Growth and production of California sea cucumbers (*Parastichopus californicus* Stimpson) co-cultured with suspended Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture* 275:124–137.
- Purcell S.W. and Simutoga M. 2008. Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. *Reviews in Fisheries Science* 16:204–214.
- Slater M.J. and Carton A.G. 2007. Survivorship and growth of the sea cucumber *Australostichopus (Stichopus) mollis* (Hutton 1872) in polyculture trials with green-lipped mussel farms. *Aquaculture* 272:389–398.
- Sloan N.A. 1984. Echinoderm fisheries of the world: a review. Echinodermata (Proceedings of the Fifth International Echinoderm Conference). A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands. 109–124 p.
- Sui X. 1988. Culture and stock enhancement of *Apostichopus japonicus*. Agriculture Press, Beijing, China. p. 54–55. (in Chinese)
- Sun J.Z., Zhuang D.G. and Chen L.T. 2006. Cultivation of *Apostichopus japonicus* in the sub-tropical Nanji Island. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)* 25:148–153. (in Chinese with English abstract)
- Xiao S.X. and Gu G.C. 1981. Experiments on southward transplantation and artificial breeding of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Journal of Fisheries of China* 2:147–153. (in Chinese with English abstract)
- 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.
- Yuan X.T., Yang H.S., Zhou Y., Mao Y.Z., Zhang T. and Liu Y. 2006. The influence of diets containing dried bivalve feces and/or powdered algae on growth and energy distribution in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Echinodermata: Holothuroidea). *Aquaculture* 256:457–467.
- Zhang B.L., Sun D.Y. and Wu Y.Q. 1995. Preliminary study on the feeding habit of *Apostichopus japonicus* in the rocky coast waters along Lingshan Island. *Marine Science* 3:11–13. (in Chinese with English abstract)
- Zhou Y., Yang H.S., Liu S.L., Yuan X.T., Mao Y.Z. and Liu Y. 2006. Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Apostichopus japonicus* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) co-cultured in lantern nets. *Aquaculture* 256:510–520.

Observation des différents habitats de *Stichopus chloronotus*

Hampus Eriksson,¹ Alban Jamon et Julien Wickel

Résumé

Le présent article s'inscrit dans la lignée d'une série d'études d'observation sur les habitats occupés par les holothuries aspidochirotes juvéniles et adultes. Nous nous sommes appuyés sur les données de longueur recueillies sur des spécimens *Stichopus chloronotus* prélevés dans des fonds benthiques meubles côtiers et sur le platier récifal voisin pour déterminer si les adultes et les juvéniles de l'espèce utilisent les mêmes habitats. Les holothuries observées sur les fonds benthiques meubles d'arrière-récif étaient nettement plus petites que celles résidant sur les fonds benthiques durs du platier récifal adjacent, ce qui indique que les juvéniles et les adultes portent leur choix sur des habitats différents. Compte tenu de ces résultats, d'autres observations similaires et des modes de recrutement des échinodermes, nous défendons l'idée qu'il faut apporter une attention particulière aux habitats utilisés par les juvéniles et les adultes pour appuyer la prise de décision en matière de gestion écosystémique.

Introduction

De nombreux organismes marins se déploient à travers une multitude d'habitats tropicaux pour assurer leur croissance, leur survie et leurs déplacements (Parrish 1989). Cette connectivité entre les habitats marins est l'une des clés de la compréhension et de la gestion d'organismes marins qui revêtent une grande valeur marchande. Par exemple, le fait que les herbiers fassent office de nourricerie pour un grand nombre d'organismes marins montre bien qu'une gestion écosystémique de qualité passe par une compréhension des caractéristiques du cycle biologique des organismes aquatiques (Nagelkerken 2009). Chez les échinodermes, l'efficacité de la ponte et du recrutement est en grande partie stochastique (Uthicke et al. 2009), et l'apport larvaire varie en fonction du substrat, du lieu et de l'époque de l'année (Lamare et Barker 2001). Ce degré d'incertitude limite notre capacité à prédire la future taille des populations et à prendre des décisions éclairées dans le domaine de la gestion halieutique. Il est donc essentiel de mieux comprendre les caractéristiques et les phénomènes associés au recrutement des échinodermes d'intérêt commercial.

On dispose aujourd'hui de peu d'informations sur le recrutement des holothuries à valeur marchande, ainsi que sur les caractéristiques et phénomènes liés à l'utilisation de leurs différents habitats tout au long de leur cycle de vie. En 2005, Shiell s'est appuyé sur divers travaux d'observation portant sur les habitats des juvéniles et des adultes d'un large éventail d'espèces d'holothuries pour conclure que juvéniles et adultes occupaient souvent des espaces distincts. Ce déficit de connaissances spécifiques s'explique par le fait que les juvéniles se montrent très rarement dans leur milieu naturel. C'est ce qu'on constate par exemple à One Tree Reef (Grande barrière de corail en Australie) où réside une population protégée de *Stichopus hermanni*. Cette population est régulièrement observée, de jour comme de nuit, depuis près de deux ans, et aucun juvénile (< 160 mm) n'a encore été signalé (Eriksson et al.

2010). Faut-il d'informations écologiques détaillées sur les différents habitats choisis par les holothuries au cours des premiers stades de leur cycle biologique, il est difficile de gérer de façon avisée les pêcheries d'holothuries en tenant compte de considérations écosystémiques plus larges, comme le préconise Purcell (2010).

Réalisée à Mayotte, dans l'océan Indien occidental, la présente étude vise, d'une part, à déterminer les différences de taille entre les individus *Stichopus chloronotus* résidant dans un herbier d'arrière-récif et ceux occupant les fonds durs benthiques du platier récifal adjacent, et, d'autre part, à analyser le type d'habitats utilisés en fonction de la taille des individus (indicateur indirect de l'âge).

Méthodes

Le 10 juin 2010, nous avons échantillonné à marée basse un herbier d'arrière-récif et les fonds durs benthiques du platier récifal adjacent, situés à proximité du village de Sohoa à Mayotte, dans l'océan Indien occidental (figure 1). Nous avons posé des transects linéaires de 40 mètres sur 1 mètre pour évaluer la densité de population de l'holothurie *S. chloronotus*, exploitée à des fins commerciales. Les transects (n = 18) ont été posés perpendiculairement à la ligne de côte dans les herbiers côtiers et les platiers récifaux. La distance séparant les deux habitats échantillonnés oscillait entre 100 et 200 mètres. Les holothuries *S. chloronotus* ont été mesurées en leur centre, dans le sens de la longueur, au centimètre près. Nous avons estimé la variance des longueurs de *S. chloronotus* entre les deux habitats, à l'aide d'une analyse de la variance à un facteur sur le logiciel R.2.9.2, où l'habitat est un facteur fixe.

Résultats

Dans les herbiers de l'arrière-récif, 17 individus *S. chloronotus* ont été observés à faible profondeur (20–30 cm), tandis que 26 individus ont été signalés sur

¹ Département de l'écologie des systèmes, Université de Stockholm, SE-106 91 Stockholm, Suède. Courriel : hampus@ecology.su.se

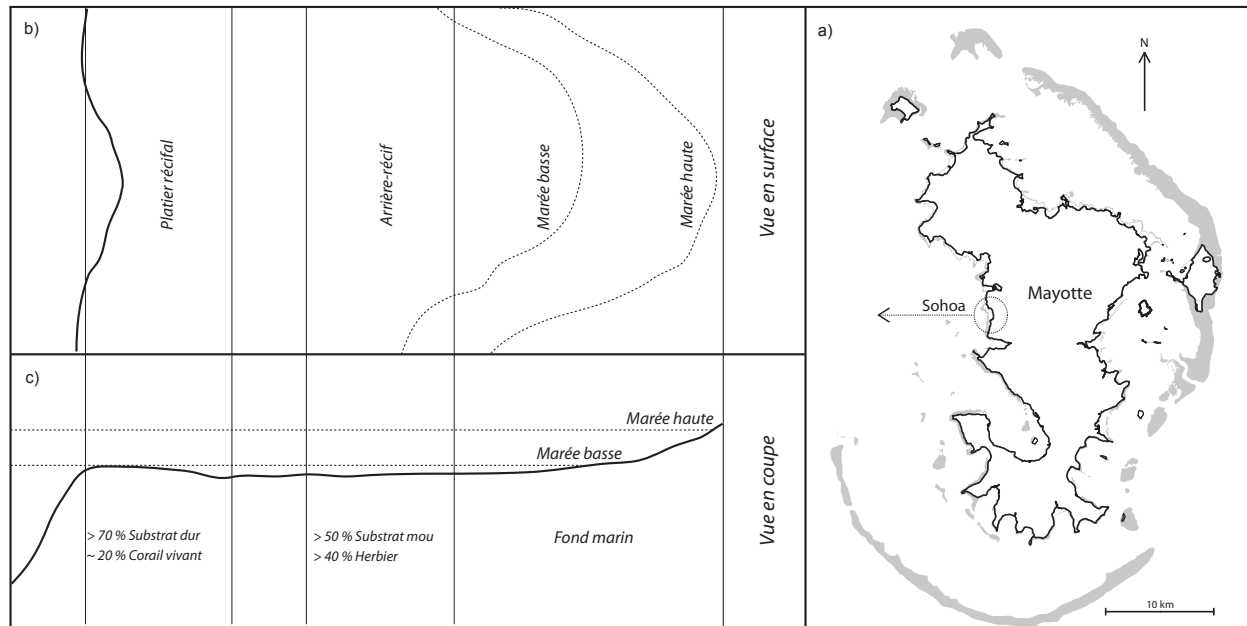


Figure 1.

a) L'île de Mayotte dans l'océan Indien avec le site d'échantillonnage (cercle) ; b) vue en surface du site d'échantillonnage ; c) vue en coupe du site d'échantillonnage. On notera que les lignes verticales dans b) et c) indiquent les zones échantillonnées.

le platier récifal. La longueur moyenne (\pm écart-type) des individus observés dans les habitats d'arrière-récif était de $104,1 \pm 8,7$ mm, soit une valeur qui s'écarte de façon significative ($F_{1,41} = 10,8$; $P = 0,002$) de la longueur moyenne des individus vus sur le platier récifal ($143,8 \pm 7,9$ mm) (figure 2). Le plus petit animal (50 mm) a été observé dans la zone d'herbier, alors que le plus grand (280 mm) résidait sur le platier. En outre, des concentrations de petits juvéniles ont été signalées dans les eaux côtières peu profondes bordant les transects échantillonnés. Ces groupes de 5 à 10 animaux ($\sim 30-40$ mm) ont été aperçus sur des blocs détritiques de la taille d'un ballon de football, partiellement immergés à marée basse.

Discussion

Dans le droit fil des travaux réalisés sur d'autres organismes (ex. : Nagelkerken 2009) et des observations spécifiques de Shiell (2005), nos conclusions donnent à penser que *S. chloronotus* élit domicile dans des habitats distincts aux différentes étapes de son cycle biologique. Comme pour *H. scabra* (Hamel et al. 2001), les herbiers sont probablement d'importants sites de fixation de l'espèce dans les habitats d'arrière-récif. Nous émettons l'hypothèse qu'à un certain stade de leur croissance, les individus migrent vers des substrats durs sur le platier récifal voisin, environ 200 mètres plus loin. Des concentrations de juvéniles de *S. chloronotus* ont également été observées dans d'autres pays (ex. : Samoa) (voir Friedman et al. 2011) (figure 3). Par ailleurs, au cours de l'étude réalisée à Mayotte, nous avons observé des holothuries blanches à mamelles *H. fuscogilva* au stade subadulte (10–15 cm) dans des herbiers côtiers peu profonds, ces spécimens appartenant à un grand groupe d'adultes situé dans des fonds sablonneux plus profonds (15–20 m) à l'extérieur du front récifal. Ces individus semblaient choisir leurs habitats selon les mêmes

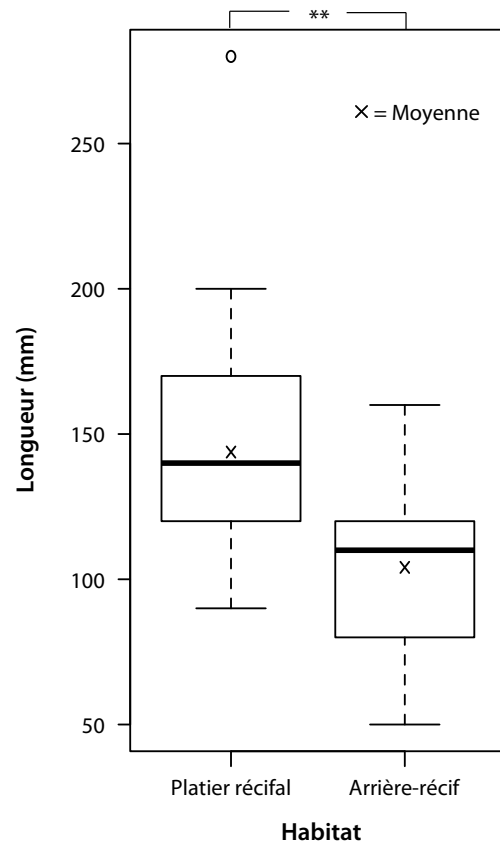


Figure 2. Comparaison des longueurs de spécimens de *Stichopus chloronotus* observés au niveau de l'arrière-récif et sur le platier à proximité du village de Sohoa, à Mayotte.

caractéristiques que celles observées chez *S. chloronotus*. Après des observations identiques, Reichenbach (1999) conclut que le recrutement de *H. fuscogilva* a lieu dans des herbiers peu profonds. En outre, l'holothurie noire à mamelles *H. nobilis* a été observée au stade subadulte (10–15 cm) dans des herbiers intertidaux à Zanzibar (observations personnelles de l'un des auteurs du présent article, H. Eriksson), situés au sein de l'habitat de prédilection de l'adulte sur le platier récifal. Le même type d'observations a été signalé pour l'espèce *H. whitmaei* dans le Pacifique (Byrne et al. 2004). Conand (1993) a également constaté des tendances semblables pour le recrutement de *S. hermanni* dans des eaux peu profondes (platiers récifaux de faible profondeur ou herbiers). Ces observations démontrent qu'un grand nombre d'espèces d'holothuries exploitées par la filière bêche-de-mer sont tributaires de plusieurs habitats marins côtiers et mettent en avant la nécessité de tenir compte des considérations écosystémiques dans la gestion des stocks d'holothuries. *S. chloronotus* est capable de se reproduire par reproduction sexuée et asexuée (Franklin 1980 ; Conand et al. 2002). L'espèce semble se reproduire par scission pendant la saison hivernale plus fraîche lorsque la reproduction sexuée est en sommeil (Uthicke 1994 ; Conand et al. 1998). Les spécimens observés au cours de l'étude, pourtant réalisée en hiver, ne présentent toutefois aucun signe de reproduction scissipare.



Figure 3. Concentration de juvéniles de *Stichopus chloronotus* (image : Kim Friedman).

Parallèlement à notre étude d'observation à Mayotte, une enquête sur l'importance que revêtent les herbiers pour les populations locales a permis de montrer qu'au cours des 10 à 20 dernières années, le développement anthropique (aménagement des terres, routes et travaux de construction) et les cyclones ont provoqué une contraction sensible de la superficie des herbiers. En outre, les vastes prairies luxuriantes de *Thalassodendron ciliatum* ont disparu des zones d'arrière-récif à Mayotte (observations personnelles de l'un des auteurs du présent article, J. Wickel). En remettant en contexte cette perte de substrat nécessaire au recrutement des holothuries, Mercier et al. (2000) ont découvert que l'absence de substrat adapté (herbier de *Thalassia hemprichii*) se solde par un retard de fixation d'environ quatre jours chez l'holothurie de sable *H. scabra*, dont le taux de survie passe alors sous les 0,5 %, ce qui illustre bien que la disparition de cet habitat pourrait entraver le recrutement et la régénération des stocks surpêchés. Nous en concluons que, bien que la surpêche soit la cause reconnue la plus visible de l'épuisement des stocks (ex. : Friedman et al. 2011), ce problème peut être exacerbé par la perte d'aires de fixation essentielles au développement des holothuries aux premiers stades de leur cycle biologique. En conséquence, les responsables de la gestion halieutique doivent assurer un suivi des stocks et recenser les différentes aires de fixation et de

recrutement des espèces, en tenant compte de leur variabilité (Lamare et Barker 2001), pour adopter une approche de gestion écosystémique adaptée (Purcell 2010).

Deux facteurs ont limité la portée de la présente étude : 1) la méthode retenue ne vise pas à échantillonner un nombre maximal de longueurs ; et 2) faute d'unité d'échantillonnage suffisamment fine, il est impossible de rendre compte de la forte inclinaison des juvéniles à former des concentrations sur les blocs détritiques des zones côtières. À partir de nos conclusions, il semble opportun d'approfondir l'étude de la sélectivité des habitats utilisés par les juvéniles et les adultes. Par exemple, compte tenu du comportement alimentaire sélectif de *S. chloronotus* (Uthicke 1999), il peut être utile d'étudier la relation entre la taille des spécimens et la granulométrie des sédiments qu'ils ingèrent ou le substrat où ils puisent leur nourriture. Nous préconisons la poursuite des recherches sur la connectivité des habitats et les déplacements entre habitats pour les holothuries d'intérêt commercial. Pour mieux comprendre l'utilisation des habitats, nous soulignons la nécessité de dépasser le cadre des descriptions géomorphologiques générales de la distribution pour étudier plus avant et quantifier l'utilisation des habitats à une échelle adaptée, permettant l'étude des substrats des habitats et de la couverture des herbiers ou des algues corallines, qui constituent tous deux des substrats de fixation importants pour les échinodermes (Mercier et al. 2000 ; Hugget et al. 2006).

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Benjamin Espérance de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF) de Mayotte, ainsi que Léonard Durasnel et Said Mohammed du Conseil Général de Mayotte. Nos remerciements vont également à Chantal Conand et à Maria Byrne pour leur contribution au présent article.

Bibliographie

- Byrne M., Cisternas P., Hoggett A., O'Hara T. and Uthicke S. 2004. Diversity of echinoderms at Raine Island, Great Barrier Reef. p. 159–164. In: T. Heinzeller and J.H. Nebelsick (eds). Echinoderms: München. Taylor and Francis Group, London.
- Conand C. 1993. Ecology and reproductive biology of *Stichopus variegatus* an Indo-Pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). Bulletin of Marine Science 52(3):970–981.
- Conand C., Armand J., Dijoux N. et Garryer J. 1998. Reproduction asexuée par scission dans une population de *Stichopus chloronotus*, La Réunion, océan Indien. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 10:15–23.
- Conand C., Uthicke S. and Hoareau T. 2002. Sexual and asexual reproduction of the holothurian *Stichopus chloronotus* (Echinodermata): a comparison between La Réunion (Indian Ocean) and east Australia (Pacific Ocean). Invertebrate Reproduction and Development 41(1–3):235–242.
- Eriksson H., Fabricius-Dyg J., Lichtenberg M., Perez-Landa V. et Byrne M. 2010. Biologie d'une population à forte densité de *Stichopus hermanni* à One Tree Reef, sur la Grande barrière de corail (Australie). La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 30:41–44.
- Franklin S.E. 1980. The reproductive biology and some aspects of the population ecology of the holothurians *Holothuria leucospilota* (Brandt) and *Stichopus chloronotus* (Brandt). PhD. University of Sydney.
- Friedman K., Eriksson H., Tardy E. and Pakoa K. 2011. Management of sea cucumber stocks: patterns of vulnerability and recovery of sea cucumber stocks impacted by fishing. Fish and Fisheries 12:75–93.
- Hamel J-F., Conand C., Pawson D.L. and Mercier A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): its biology and exploitation as beche-de-mer. Advances in Marine Biology 41:129–223.
- Hugget M.J., Williamson J.E., de Nys R., Kjelleberg S. and Steinberg P.D. 2006. Larval settlement of the common Australian sea urchin *Heliocidaris erythrogramma* in response to bacteria from the surface of coralline algae. Oecologia 149:604–619.
- Lamare M.D. and Barker M.F. 2001. Settlement and recruitment of the New Zealand sea urchin *Evenchus chloroticus*. Marine Ecology Progress Series 218:153–166.
- Mercier A., Battaglene S.C., Hamel J-F. 2000. Settlement preferences and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 249:89–110.
- Nagelkerken I. 2009. Evaluation of nursery function of mangroves and seagrass beds for tropical decapods and reef fishes: patterns and underlying mechanisms. p. 357–400. In: I. Nagelkerken (ed). Ecological connectivity among tropical coastal ecosystems. Springer, New York.
- Parrish J.D. 1989. Fish communities of interacting shallow water habitats in tropical oceanic regions. Marine Ecology Progress Series 58:143–160.
- Purcell S.W. 2010. Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. In: A. Lovatelli, M. Vasconcellos and Y. Yimin (eds and compilers). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 520. Rome, FAO. 157 p.
- Reichenbach N. 1999. Ecology and fishery biology of *Holothuria fuscogilva* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Maldives, Indian Ocean. Bulletin of Marine Science 64(1):103–113.
- Shiell G. 2005. Observations *in situ* de juvéniles d'holothuries. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 20:6–11.
- Uthicke S. 1994. Seasonality of asexual reproduction in *Holothuria (Halodeima) atra*, *H. (H.) edulis* and *Stichopus chloronotus* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef. Marine Biology 129:435–441.
- Uthicke S. 1999. Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria (Halodeima) atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians at Lizard Island, Great Barrier Reef. Bulletin of Marine Science 64(1):129–141.
- Uthicke S., Schaffelke B. and Byrne M. 2009. A boom-bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. Ecological Monographs 79(1):3–24.

La pêche de l'holothurie à Semporna, Sabah (Malaisie)

Poh Sze Choo¹

Introduction

En Asie du Sud-est, le ramassage d'holothuries, de nacres, d'ormeaux et d'autres produits marins se pratique depuis des siècles. Important produit d'échange au XVIII^e siècle, la bêche-de-mer (holothurie transformée, séchée) était exportée vers la Chine avec des chargements de carapaces de tortue et de nacres (Butcher 2004). Pratique séculaire, la pêche d'holothuries est bien ancrée dans l'histoire des communautés côtières du sud-est asiatique.

Les travaux de Butcher (2004) décrivent à quoi ressemblait la pêcherie dans cette région du monde entre le XVII^e et le XIX^e siècle. À Sulawesi, les pêcheurs sondaient les fonds peu profonds à l'aide de leur pied pour débusquer les holothuries, mais plongeaient pour prélever des spécimens dans les eaux plus profondes. Dans les îles de Kangean, les femmes ramassaient manuellement les holothuries dans les eaux peu profondes, tandis que les hommes les pêchaient à des profondeurs plus importantes à l'aide d'un harpon à trois branches lesté. Au XIX^e siècle, le Sultan des Sulu faisait appel à la main-d'œuvre Bajau Samal Laut et à des esclaves pour ramasser les produits de la mer. Pour satisfaire une demande chinoise toujours plus grande, le Sultan et ses chefs ont encouragé les peuples Iranun et Balangingi Samal à capturer des esclaves. Les insulaires et les habitants de la Péninsule malaise ont ainsi été capturés et réduits au rang d'esclaves au service du Sultanat des Sulu. À l'apogée du commerce

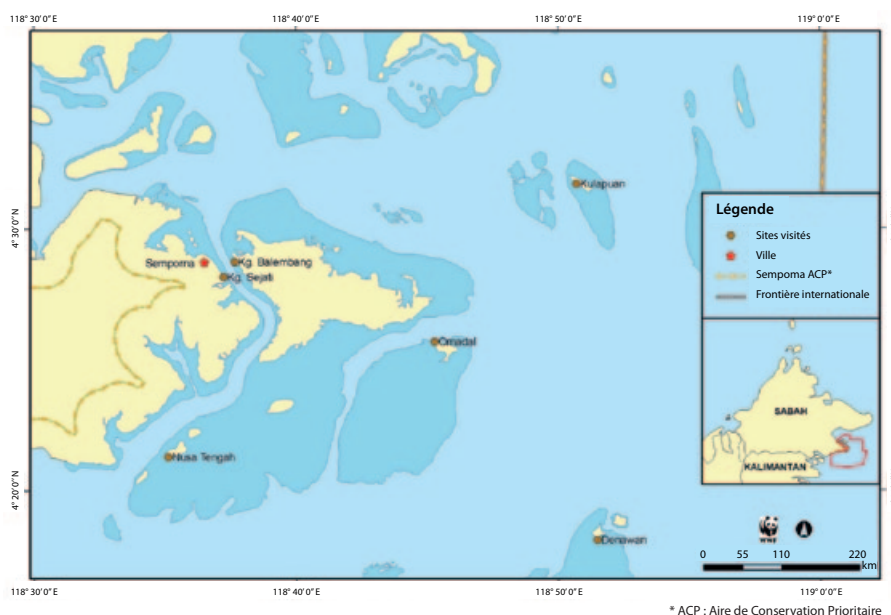
de la nacre et de la bêche-de-mer dans les années 1830, jusqu'à 68 000 personnes étaient sollicitées chaque année pour récolter des produits de la mer (Butcher 2004).

Aujourd'hui, le volume d'holothuries débarquées en Malaisie est assez insignifiant par rapport aux prises de poissons et de crevettes, qui se chiffrent en moyenne à environ un million de tonnes par an. La quasi-totalité des prises commerciales d'holothuries sont débarquées dans l'État de Sabah, en Malaisie orientale, par des artisans pêcheurs. En 2005, 139 tonnes d'holothuries ont été débarquées dans l'État de Sabah (Annual Fisheries Statistics, Sabah, 2000–2005).

La présente étude vise à décrire la filière bêche-de-mer de Semporna (Sabah) et à en déterminer la taille et la viabilité. L'étude a permis de consigner des informations sur les méthodes de pêche, les horaires des pêcheurs, les espèces et les quantités prélevées, ce que rapporte la filière et les activités de valorisation. Plusieurs méthodes ont été employées : 1) entretiens dirigés ; 2) observations informelles dans différents villages de pêcheurs ; et 3) conversations avec les pêcheurs. Au total, 51 pêcheurs ont été interrogés.

L'étude a porté sur plusieurs sites de Semporna (figure 1), dont Kampung Balembang, Kampung Berjasa, Kampung Sejati, Pulau Denawan, Pulau Kulapuan, Pulau Nusa Tengah et Pulau Omadal.

Figure 1.
Périmètre de l'étude et villages visités durant l'enquête auprès des pêcheurs d'ormeaux et d'holothuries (carte © WWF-Malaysia).



* ACP : Aire de Conservation Prioritaire

¹ WWF-Malaysia, 49, Jalan SS23/15, Taman SEA, 47 400 Petaling Jaya, Selangor, Malaysia. Courriel : pohsze@gmail.com

Constatactions

Place des hommes et des femmes

Les pêcheurs qui ciblent les holothuries à Semporna appartiennent aux communautés Bajau Tempatan ou Bajau Laut. La plupart d'entre eux sont des hommes et pêchent le plus souvent la nuit, seuls, avec des amis ou avec des membres de leur famille (habituellement leur(s) fils). À Denawan et à Nusa Tengah, un petit nombre de pêcheurs s'adonnent à cette activité en compagnie de leur épouse et de leur(s) fille(s). Dans les zones où l'on trouve encore des holothuries sur les platiers récifaux peu profonds, comme à Nusa Tengah, femmes et enfants participent régulièrement au ramassage d'holothuries à marée basse.

Espèces ciblées

Aucune réglementation ne fixe de taille minimale pour la capture d'holothuries et la vente locale de bêche-de-mer.

Tableau 1. Nombre de personnes interrogées par localité à Semporna et nombre de pêcheurs de chaque localité ciblant à la fois les ormeaux et les holothuries.

Localité	Nbre de personnes interrogées	Nbre et pourcentage de pêcheurs ciblant à la fois les ormeaux et les holothuries
Kampung Balembang	5	5 (100 %)
Kampung Berjasa	0	0 (0 %)
Kampung Sejati	1	0 (0 %)
Pulau Denawan	25	23 (92 %)
Pulau Kulapuan	6	6 (100 %)
Pulau Nusa Tengah	7	6 (86 %)
Pulau Omadal	7	6 (86 %)
Total	51	46 (90 %)

En général, les pêcheurs recherchent à la fois des ormeaux et des holothuries. Tous les pêcheurs interrogés à Kampung Balembang (cinq) et Pulau Kulapuan (six) ont déclaré cibler ces deux ressources. À Pulau Denawan, 92 % des pêcheurs ciblent les deux ressources, tandis que seuls deux pêcheurs (8 %) ne visent que les holothuries. À Pulau Omadal, six pêcheurs sur sept (86 %) prélèvent ormeaux et holothuries, un seul ne ciblant que les holothuries. On dresse le même constat à Nusa Tengah. Le tableau 1 indique le nombre de personnes interrogées par localité et le nombre de pêcheurs ciblant à la fois les ormeaux et les holothuries.

Parmi les espèces débarquées, on retrouve principalement *Stichopus hermanni* (holothurie curry), *Holothuria coluber* (holothurie serpent), *Actinopyga lecanora* (holothurie caillou-boli) et *Actinopyga echinites* (holothurie brune) (figure 2). Au marché traditionnel de produits frais de Semporna, les producteurs de bêche-de-mer achètent le plus souvent *Stichopus hermanni* (holothurie curry), *Bohadschia vitiensis*, *Bohadschia* sp., *Bohadschia argus* (holothurie léopard), *Holothuria coluber* (holothurie serpent) et *Actinopyga echinites* (holothurie brune). *Holothuria whitmaei* (holothurie noire à mamelles) et *Holothuria scabra* (holothurie de sable), toutes deux très bien cotées, sont encore capturées occasionnellement dans les eaux côtières de Semporna, mais elles se font rares et pourraient souffrir de surpêche. Au début des années 2000, les prises débarquées à Semporna représentaient environ la moitié des prises totales débarquées dans l'État de Sabah (Annual Fisheries Statistics, Sabah, 2000–2005).

Lieux de pêche des holothuries

Après des décennies de surpêche, les pêcheurs ne sont plus en mesure de récolter suffisamment d'individus à proximité de leur village et doivent sillonner les îles pour pêcher de quoi vivre. D'après les informations recueillies, les lieux de pêche des différents villages se recoupent. Le tableau 3 indique les lieux de pêche souvent fréquentés par les pêcheurs des différents villages. À Kampung Sejati, les personnes interrogées étaient en fait

Tableau 2. Nom scientifique, nom commun et nom vernaculaire des holothuries pêchées à Semporna (Sabah).

Nom scientifique	Nom commun	Nom vernaculaire
<i>Actinopyga echinites</i>	Holothurie brune	Brown beauty
<i>A. lecanora</i>	Holothurie caillou-boli	Boli-boli
<i>Bohadschia argus</i>	Holothurie léopard	Kulirau
<i>Bohadschia</i> sp.	-	Tadik
<i>B. vitiensis</i>	-	Mother tadik
<i>Holothuria coluber</i>	Holothurie serpent	Sumping
<i>H. edulis</i>	Trepang rose	Merah perut
<i>H. fuscopunctata</i>	Holothurie trompe d'éléphant	Gajah
<i>H. whitmaei</i>	Holothurie noire à mamelles	Susu
<i>H. scabra</i>	Holothurie de sable	Putian
<i>Stichopus hermanni</i>	Holothurie curry	Gamat
<i>Thelenota ananas</i>	Holothurie ananas	Talipan, Lipan



Figure 2. Holothuries débarquées à Kampung Balembang : *Actinopyga lecanora* (holothurie caillou-boli) (centre, bas), *Actinopyga echinites* (holothurie brune) (gauche), *Stichopus hermanni* (holothurie curry) (centre, haut), *Holothuria coluber* (holothurie serpent) (haut, droite) (photo © Choo P.S.).



Figure 3. Pêcheurs de Nusa Tengah ; hommes et femmes ont activement participé à nos entretiens (photo © Choo P.S.).

Tableau 3. Lieux de pêche des holothuries dans les différentes localités de Semporna (Malaisie).

Village	Lieux de pêche
Kampung Balembang	Boheyan, Omadal and Menampilik
Denawan	Denawan, Ligitan, Mabul, Buasan
Kulapuan	Mantabuan, Denawan, Boheyan, Omadal, Timbun Mata
Nusa Tengah	Nusa Tengah, Menampilik
Omadal	Balimbang, Omadal, Mabul, Ligitan, Kapalai, Tawau

principalement des producteurs de bêche-de-mer et des négociants, qui s'approvisionnent pour la plupart auprès d'autres pêcheurs, deux d'entre eux pratiquant toutefois une pêche occasionnelle.

Méthodes de pêche

Après près de vingt ans de pêche intensive dans les zones récifales peu profondes, il est aujourd'hui de plus en plus difficile de ramasser des holothuries. À Balembang, 2 pêcheurs sur 5 (40 %) pratiquent le glanage, contre 3 sur 25 à Denawan (12 %), 2 sur 6 à Kulapuan (33 %), et 2 sur 7 à Omadal (29 %). À Nusa Tengah, toutefois, ils sont encore 6 sur 7 à ramasser des holothuries. La plupart des pêcheurs plongent la nuit, en plongée libre, un petit pourcentage utilisant bouteilles, palmes et masques.

Transformation

D'après les résultats de l'étude, un nombre considérable de pêcheurs vendent leurs prises sous forme de produit transformé ou semi-transformé. Ils étaient ainsi 80 % à Pulau Denawan, 71 % à Omadal, 70 % à Nusa Tengah, 33 % à Kampung Balembang, et 22 % à Pulau Kulapuan. Dans la communauté Bajau Laut, hommes et femmes mettent la main à la pâte pour produire des bêches-de-mer. Dans

les communautés Bajau Laut plus isolées, les femmes participent à bon nombre d'activités de subsistance, dont la pêche et la transformation des produits (figures 4 et 5).

Les petits producteurs-négociants exercent surtout à Kampung Sejati, dans la ville de Semporna. Ils s'approvisionnent en holothuries fraîches auprès de pêcheurs Bajau Laut ou Suluk de Semporna, ou d'autres, originaires des Philippines ou d'Indonésie. Si certaines holothuries sont achetées semi-transformées, la plupart sont livrées « fraîches du jour » aux producteurs. Les producteurs-négociants ont un revenu mensuel nettement supérieur à celui des pêcheurs.

Revenus

Interrogés sur leurs revenus mensuels, tous les pêcheurs indiquent gagner peu. Sur les 48 personnes qui ont révélé leur revenu mensuel, seuls 5 gagnent au moins 330 dollars des États-Unis par mois. Ceux qui pêchent la nuit en s'aidant de bouteilles de plongée, pêchent au crochet et plongent avec du matériel (masque et palmes par exemple) ont un revenu supérieur à ceux qui pratiquent le glanage, ces derniers gagnant entre moins de 33 dollars et 231 dollars É.-U. Sachant que le seuil de pauvreté pour un ménage de 5 personnes à Sabah est fixé à 317 dollars É.-U., on peut dire qu'environ 90 % des personnes interrogées vivent en dessous du seuil de pauvreté.

Quant au revenu mensuel moyen des producteurs-négociants, pour lequel nous n'avons obtenu de chiffres que d'un seul répondant, il semble nettement supérieur à celui des pêcheurs. Ce répondant se consacre exclusivement à la transformation et au commerce des bêches-de-mer et déclare faire un chiffre de vente de 990 dollars É.-U. par mois. La plupart des producteurs-négociants vendent également d'autres produits de la mer, dont des mollusques séchés et du poisson, et de la pâte de tapioca. Certains s'adonnent occasionnellement à la pêche, entre deux et trois fois par mois.

Prix

En général, le prix au kilo (en poids sec ou humide) rapporté par les pêcheurs varie, tandis que les prix des bêches-de-mer (holothurie transformée) sont bien en deçà de la réalité du marché de Tawau. Ainsi, les holothuries léopard séchées vendues entre 18 et 30 dollars le kilo par les pêcheurs de Semporna rapportent 192 dollars le kilo à Tawau, lorsqu'elles sont de qualité supérieure. Cet écart de prix peut s'expliquer par le fait que les holothuries transformées par les pêcheurs ou par les petits producteurs ne sont pas complètement sèches (teneur en eau résiduelle de 20 à 30 %) et sont donc des produits semi-transformés, moins chers. Les pêcheurs ne semblaient pas avoir conscience de la valeur marchande de la bêche-de-mer sur les marchés mondiaux. Ils n'ont aucune prise sur le prix des holothuries et des bêches-de-mer et acceptent toute offre des producteurs, quelle qu'elle soit. Pour reprendre les dires d'un producteur : « Les pêcheurs ont besoin de l'argent tout de suite ». Le tableau 4 reprend les prix obtenus par les pêcheurs pour leurs holothuries fraîches (poids humide) et leurs bêches-de-mer semi-transformées (teneur en eau résiduelle d'au moins 20–30 %).

Un petit producteur de Semporna achèterait aux pêcheurs différentes espèces d'holothuries pour un prix inférieur à la normale (prix variant selon la taille, qui détermine la classe : XL, L, M, S) :

- *Actinopyga lecanora* (fraîche) : 6,60 dollars kg⁻¹ ;
- *Bohadschia* sp. (9–10 cm en taille, fraîche) : 1 dollar kg⁻¹ ;
- *Holothuria whitmaei* (fraîche) : 16,50 dollars kg⁻¹ ;
- *Actinopyga echinites* (fraîche) : 2,65–3,00 dollars kg⁻¹ ;
- *Holothuria coluber* (fraîche) : 2,00–2,65 dollars kg⁻¹.

Sur le marché des produits frais de Semporna, on ne trouve pas d'holothurie de sable à la vente, car elle se fait



Figure 4. Pêcheurs de Nusa Tengah ; hommes et femmes ont activement participé à nos entretiens (photo © Choo P.S.).

trop rare dans les prises. L'holothurie brune (*Actinopyga echinites*), fréquemment ciblée par les pêcheurs de Semporna, est vendue aux négociants de Tawau, qui l'exportent vers Hong Kong, où elle sera réexportée vers la Chine. Parmi les espèces fréquemment vendues à Semporna, on compte *Bohadschia* sp., *B. argus*, *Thelenota ananas*, *Actinopyga lecanora* et *A. echinites*. Sur le marché

Tableau 4. Prix des holothuries (fraîches et semi-transformées) rapportés par les pêcheurs de Semporna.

Nom scientifique (nom commun et nom vernaculaire)	Prix en dollar É.-U. kg ⁻¹ (holothurie fraîche)	Prix en dollar É.-U. kg ⁻¹ (holothurie semi-transformée)
<i>Holothuria coluber</i> (holothurie serpent, <i>sumping</i>)	2,60–3,00	8,30
<i>Stichopus hermanni</i> (holothurie curry, <i>gamat</i>)	10–20	50–53
<i>Thelenota ananas</i> (holothurie ananas, <i>talipan</i>)	8,30	18–30
<i>Holothuria fuscopunctata</i> (holothurie trompe d'éléphant, <i>gajah</i>)	2,60	10
<i>H. whitmaei</i> (holothurie noire à mamelles, <i>susu</i>)	3,30	6,60–13,20
<i>H. scabra</i> (holothurie de sable, <i>putian</i>)	2–4	15–16,50
<i>Bohadschia argus</i> (holothurie léopard, <i>kulirau</i>)	1,60–4,95	11,60
<i>Bohadschia</i> sp. (<i>tadik</i>)	3,30	8,30
<i>B. vitiensis</i> (mother <i>tadik</i>)	10	92,50
<i>Actinopyga lecanora</i> (holothurie caillou-boli, <i>boli-boli</i>)	26,50	99
<i>A. echinites</i> (holothurie brune)	5–10	46
<i>H. edulis</i> (trepang rose, <i>merah perut</i>)	13	73

¹ NDE : Tous les montants libellés en ringgit (RM, monnaie malaisienne) ont été convertis en dollars des États-Unis (dollar É.-U.)
1 dollar É.-U. = 3,02600 RM (au cours de février 2012).

² Plus grande que Semporna, la ville de Tawau est située à environ une heure de voiture.

de Semporna, les bêtes-de-mer s'échangent aux prix suivants :

- *Holothuria whitmaei* (5–6 individus kg⁻¹) : 15 dollars kg⁻¹ ;
- *Actinopyga echinites* : 8,25 dollars kg⁻¹ ;
- *Bohadschia* sp. (100–150 individus kg⁻¹) : 33 dollars kg⁻¹ ;
- *Holothuria coluber* : 5 dollars kg⁻¹ ;
- *Thelenota ananas* (6 individus kg⁻¹) : 66 dollars kg⁻¹.

Les grandes holothuries de sable sont absentes du marché de Tawau, tandis que les petits spécimens sont importés d'Indonésie. Les bêtes-de-mer sont aussi emballées sous vide. Voici les prix des trepangs vendus sur le marché de Tawau et dans les magasins spécialisés dans les produits de la mer :

- *Holothuria whitmaei* (2–3 individus kg⁻¹) : 413 dollars kg⁻¹ ;
- *Holothuria scabra* (60–65 individus kg⁻¹, en provenance d'Indonésie) : 132 dollars kg⁻¹ ;
- *Thelenota ananas* (6 individus kg⁻¹) : 73 dollars kg⁻¹ ;
- *Bohadschia argus* (13 individus kg⁻¹) : 192 dollars kg⁻¹.

Évolution des prises d'holothuries

Dans l'ensemble, les pêcheurs semblent s'accorder pour dire que les prises ont fléchi ces dix dernières années. À Kampung Sejati, les cinq personnes interrogées ont toutes signalé une baisse des prises débarquées. À Denawan et Omadal, les répondants étaient respectivement 88 % et 86 % à dresser ce même constat. À Kulapuan, Kampung Balembang et Nusa Tengah, ils étaient respectivement 67 %, 50 % et 50 % à parler de chute des captures. Face à l'appauvrissement des ressources naturelles, la plupart des pêcheurs se sont dits intéressés par l'holothuriculture.

Réglementation de la pêche d'holothuries

Les pêcheurs sont divisés sur la question de la réglementation de la pêche d'holothuries. Ils étaient plus favorables à l'imposition d'une taille minimale autorisée de capture qu'à l'instauration d'une fermeture saisonnière de la pêche. Le tableau 5 reprend les réactions des pêcheurs à la question de savoir s'il faut réglementer la pêche d'holothuries.

Transformation des holothuries

Les méthodes de préparation de la bêche-de-mer varient quelque peu d'un producteur à l'autre. L'une des méthodes employées comprend les étapes suivantes :

On fait bouillir les holothuries fraîches dans de l'eau douce pendant une heure. Les espèces à tégument rugueux (*Bohadschia* sp. et *Bohadschia argus*, par exemple) sont ensuite plongées dans une bassine avec des tranches de papaye verte pour ramollir le tégument. On remue ce mélange à l'aide d'un bâton pendant trente minutes à une heure, et on laisse reposer le tout pendant une nuit. Le jour suivant, les holothuries sont ébouillantées une seconde fois pendant trente minutes. On les laisse ensuite refroidir à température ambiante. Les pêcheurs grattent alors manuellement le tégument pour éliminer les aspérités et se servent éventuellement d'une brosse en plastique pour terminer le travail. Les holothuries sont ensuite exposées au soleil pour la phase de séchage qui dure entre deux et trois jours.

Discussion

La ressource en holothuries semble faire l'objet d'une exploitation intensive à Semporna. En général, les pêcheurs ont abandonné le glanage au profit de la pêche nocturne en plongée libre (ou parfois avec l'aide de bouteilles de plongée), ce qui témoigne d'une surpêche sur les platiers récifaux peu profonds. Comme dans les pays voisins, à Semporna, la pêche des holothuries s'est développée en suivant le cycle typique d'essor rapide et d'effondrement, si bien que les espèces à forte valeur marchande (telles qu'*Holothuria whitmaei* et *Holothuria scabra*), encore abondantes dans les années 80 et le milieu des années 90, sont aujourd'hui rares et que les espèces à faible et moyenne valeur marchande, autrefois préservées de la pêche, sont aujourd'hui exploitées. *Actinopyga echinites* et *Bohadschia* sp. sont davantage pêchées que les autres espèces.

Pour l'heure, il n'existe aucune réglementation visant à lutter contre la surpêche des holothuries. Pour prévenir l'effondrement de la ressource, il est urgent de fixer

Tableau 5. Réponses données par les pêcheurs à la question de savoir s'il faut réglementer la pêche d'holothuries.

Localité	Réglementation (non)	Réglementation (oui)	Observations
Kampung Balembang	4	2	1 pêcheur a proposé la fixation d'une taille minimale autorisée de capture, et 1 personne a proposé une fermeture saisonnière de la pêche.
Denawan	10	13	12 pêcheurs ont proposé la fixation d'une taille minimale autorisée de capture, contre 1 personne pour la fermeture saisonnière de la pêche.
Kulapuan	2	4	Fixation d'une taille minimale autorisée de capture proposée par 3 pêcheurs. 1 pêcheur préconise les deux options.
Nusa Tengah	7	3	3 pêcheurs ont proposé la fixation d'une taille minimale autorisée de capture.
Omadal	3	4	4 pêcheurs ont proposé la fixation d'une taille minimale autorisée de capture.
Kampung Sejati	3	2	1 pêcheur a proposé la fixation d'une taille minimale autorisée de capture. 1 pêcheur préconise les deux options.

une taille minimale autorisée de capture et de prévoir une fermeture saisonnière de la pêche. Nous devrions nous inspirer d'autres pays tels que l'Inde, où la pêche d'holothuries et l'offre de bêche-de-mer à la carte des restaurants sont interdites (Varma 2010), ou encore de la région océanique, où moratoires, taille minimale autorisée de capture et fermeture saisonnière de la pêche sont autant de mesures fréquemment utilisées pour réglementer cette pêcherie (Kinch et al. 2008).

Les méthodes de transformation employées par les petits producteurs doivent être améliorées pour renforcer la qualité et la valeur d'échange des bêches-de-mer. Il serait souhaitable de faciliter l'accès au crédit des pêcheurs afin qu'ils puissent acheter des équipements adaptés (fûts et claies de séchage par exemple) et de les former aux méthodes de transformation, afin qu'ils améliorent leurs revenus. Les pêcheurs indiquent qu'ils ne peuvent pas se permettre d'attendre pour vendre leurs prises, car la plupart d'entre eux ont un revenu mensuel inférieur au seuil de pauvreté de l'État de Sabah, à savoir 320 dollars par ménage.

D'après les entretiens avec les pêcheurs, le prix de vente des holothuries fraîches et séchées fluctue beaucoup dans le temps et d'un pêcheur à l'autre. Dans certains cas, il nous a été difficile de connaître le prix exact de vente aux producteurs. Au cours de nos visites de terrain, nous avons observé quelques transactions entre producteurs et pêcheurs ; les chiffres ainsi obtenus sont plus fiables que ceux donnés par les pêcheurs interrogés.

De façon générale, on estime que les pêcheurs sont les acteurs de la chaîne logistique qui bénéficient le moins de la vente d'holothuries fraîchement pêchées. Le poids sec de la plupart des holothuries correctement transformées équivaut à 5–12 % de leur poids humide (Choo 2008). D'après les informations communiquées par les petits producteurs, le prix d'une holothurie transformée est généralement 10 fois supérieur au prix de l'holothurie fraîche. Cela dit, la plupart des producteurs de Semporna ne maîtrisent pas le séchage des holothuries, mais s'ils vendent leurs produits dix fois plus cher, ils engrangent probablement un bénéfice juteux. Les négociants de Tawau annoncent leurs produits à des prix très élevés, allant parfois jusqu'à multiplier par 20 le prix d'une holothurie fraîche. Ainsi, dans un magasin, *Holothuria whitmaei* (holothurie noire à mamelles) est vendue 413 dollars le kilo, contre 16,50 dollars le kilo payés aux pêcheurs pour le produit frais.

Les communautés Bajau (notamment les Bajau Laut et les Bajau Tempatan) figurent parmi les populations les plus démunies de Sabah et dépendent exclusivement de la pêche d'holothuries (et d'ormeaux) pour assurer leur subsistance. Il serait donc bon de permettre à ces communautés de se lancer dans l'holothuriculture, grâce à des formations et à une aide financière, pour qu'elles puissent compléter leurs revenus.

Conclusion

Les pouvoirs publics devraient prendre des mesures immédiates pour contrer l'appauvrissement rapide de la ressource en holothurie. L'introduction d'une taille

minimale autorisée de capture, accompagnée si nécessaire de la fermeture saisonnière de la pêche, pourrait constituer une première étape. Des mesures doivent être prises pour concentrer les juvéniles et les adultes d'espèces hautement menacées dans des enclos situés en zone interdite à la pêche (réserves marines par exemple), afin d'améliorer le recrutement et de reconstituer les populations d'holothuries.

Les pêcheurs doivent être fréquemment informés des prix auxquels s'échangent les différentes espèces d'intérêt commercial sur les marchés mondiaux de manière à savoir si les producteurs les sous-paier. Pêcheurs et producteurs doivent bénéficier d'une aide financière et de formations sur les méthodes correctes de transformation afin de mieux valoriser leurs produits. Les communautés côtières de Semporna semblent s'intéresser à l'holothuriculture et il serait bon de leur donner la possibilité de se lancer dans cette activité pour compléter leurs revenus.

Remerciements

La présente étude a été réalisée dans le cadre d'une mission de consultance du World Wildlife Fund-Malaysia pour le projet d'étude de la faisabilité de l'élevage d'holothuries et d'ormeaux en tant qu'activité rémunératrice de substitution à Semporna, Sabah (Projet-5000-MY025611 et 5140-MY025641-INTL). Je tiens à remercier Sharon Ng sans qui cette mission de consultance et cette étude n'auraient pas été possibles, ainsi que Liana Mabustan pour son rôle clé dans la conduite des entretiens auprès des pêcheurs. Mes remerciements vont également à Ken Kassem et à Angela Lim pour les précieux commentaires qu'ils ont émis à propos du manuscrit. Je me dois aussi de rendre hommage à Chantal Conand, qui nous a encouragés et aidés concernant les particularités taxonomiques de l'holothurie noire à mamelles.

Bibliographie

- Annual Fisheries Statistics, Sabah. 2000–2005. Department of Fisheries, Sabah, Kota Kinabalu, Sabah.
- Butcher J.G. 2004. The closing of the frontier: a history of the marine fisheries of Southeast Asia c. 1850–2000. Institute of Southeast Asian Studies, Singapore. 442 p.
- Choo P.S. 2008. The Philippines: a hotspot of sea cucumber fisheries in Asia. p. 119–140. In: V. Toral-Grande, A. Lovatelli and M. Vasconcellos (eds). Sea cucumbers: a global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO.
- Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman K. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific. p. 5–55. In: V. Toral-Grande, A. Lovatelli and M. Vasconcellos (eds). Sea cucumbers: a global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO.
- Varma G. 2010. Sleuths find protected sea cucumber on five-star hotel's menu. Daily News and Analysis, Mumbai. 10 March 2010. http://www.dnaindia.com/india/report_sleuths-find-protected-sea-cucumber-on-five-star-hotel-s-menu_1357358

Reproduction et élevage d'*Holothuria scabra* en Iran

Abdul-Reza Dabbagh* et Mohammad Reza Sedaghat¹

Résumé

Des équipes iraniennes sont parvenues pour la première fois à induire la ponte chez *Holothuria scabra* en septembre 2011. Après diverses stimulations, les géniteurs ont émis leurs gamètes. Les larves ont été maintenues à 26 °C et nourries d'algues unicellulaires. Elles ont atteint le stade juvénile initial à partir du 24^e jour. La croissance des juvéniles était meilleure en extérieur dans une zone partiellement ombragée qu'en intérieur. Toutefois, ils n'ont atteint qu'un poids moyen de 22 grammes en une année.

Introduction

Le fait que les bèches-de-mer de classe A produites à partir de l'holothurie de sable *Holothuria scabra* soient très bien cotées sur le marché international peut encourager la surexploitation de l'espèce (Agudo 2006). C'est à James que l'on doit les premiers travaux sur la production artificielle de juvéniles de *H. scabra* (Pitt et Duy 2004 ; Laxminarayana 2005). Plusieurs chercheurs lui ont ensuite emboîté le pas (Battaglione et al. 1999 ; Bell et al. 2007 ; Dabbagh et al 2011a, b ; Hair et al. 2011 ; James et al. 1994 ; Lavitra et al. 2009 ; Mercier et al. 2000 ; Pitt et Duy 2004 ; Purcell et al. 2006). Que ce soit pour lancer un élevage commercial ou, plus rarement, tenter de reconstituer les populations surexploitées, la reproduction et l'élevage de l'holothurie de sable se pratiquent depuis plusieurs années en Australie, en Indonésie, en Nouvelle-Calédonie, aux Maldives, aux Îles Salomon et au Viet Nam (James 2004). En Iran, les premiers élevages d'holothuries ont vu le jour lorsque Dabbagh et al (2011a) sont parvenus pour la première fois à produire des juvéniles de *H. leucospilota* à la station de recherche de Bandar-e Lengeh. Le présent article décrit les méthodes employées depuis lors pour assurer la reproduction et l'élevage de *H. scabra* en Iran.

Matériel et méthodes

Géniteurs

En juin 2011, 25 individus *H. scabra* ont été achetés à des négociants sur l'île de Qeshm afin de constituer un stock géniteur. Ils ont été placés en écloserie, dans un bac en polyéthylène non conditionné d'une contenance d'une tonne. L'eau a été renouvelée tous les jours. Le régime alimentaire des animaux se composait d'un extrait de *Sargassum* sp. et d'algues unicellulaires (*Chaetoceros* sp. et *Isochrysis* sp.).

Ponte et élevage larvaire

Les méthodes d'induction de la ponte sont inspirées de celles mises au point par Dabbagh et al. (2011b), qui

consistent à arroser les géniteurs avec un jet d'eau sous pression et à les soumettre à un choc thermique. Pour la stimulation thermique, l'eau du bac, normalement à 24 °C, a été élevée de 5 °C au moyen d'un dispositif de chauffage.

Après la ponte des femelles, les ovules ont été maintenus une heure dans l'eau pour permettre la fécondation. Les œufs ont ensuite été prélevés et nettoyés avec de l'eau douce pour éliminer les spermatozoïdes surnuméraires. Ils ont été transférés dans trois bacs d'élevage larvaire, à une densité de stockage de 0,7 œuf mL⁻¹. Dans ces bacs, la température de l'eau a été maintenue à 26 °C.

Grâce à un revêtement en plastique opaque placé sur les bacs d'élevage larvaire, les œufs et les larves aux premiers stades ont été maintenus dans des conditions d'obscurité totale. Pour nourrir les larves, on a ajouté du phytoplancton, dont *Isochrysis* sp., *Chaetoceros muelleri*, *C. calcitrans* et *Paolova lutheri*. Ce régime a été administré deux fois par jour, les concentrations d'algues augmentant progressivement de 20 000 cellules mL⁻¹ à 40 000 cellules mL⁻¹. Un renouvellement complet de l'eau (100 %) a été effectué tous les deux jours jusqu'au stade auricularia final. Au début de la métamorphose du stade auricularia final vers le stade doliolaria (figure 1), des tuiles de revêtement antidérapant en plastique polyéthylène traité et du filet à plancton 500 µm ont été introduits dans les bacs. À ce stade, les bacs ont été siphonnés par le bas et remplis à nouveau d'eau douce. Après ajout des plaques de fixation dans les bacs, les larves pentactula ont été nourries à l'aide de poudre de spiruline et d'Algamac Protein Plus à une concentration de 0,25 g m⁻³.

Élevage des juvéniles

Juste après la métamorphose des juvéniles, on leur a administré de la poudre de spiruline et le mélange Algamac Protein Plus. Dès que les juvéniles ont atteint 2 cm, ils ont reçu des extraits de *Sargassum* et de *Padina*. Le renouvellement de l'eau a été assuré quotidiennement.

¹ Young Researchers Club, branche de Bandar-e Lengeh, Université islamique d'Azad University, Bandar-e Lengeh, Iran.

* Auteur correspondant : A.R Dabbagh. Courriel : rezadabbagh@yahoo.com

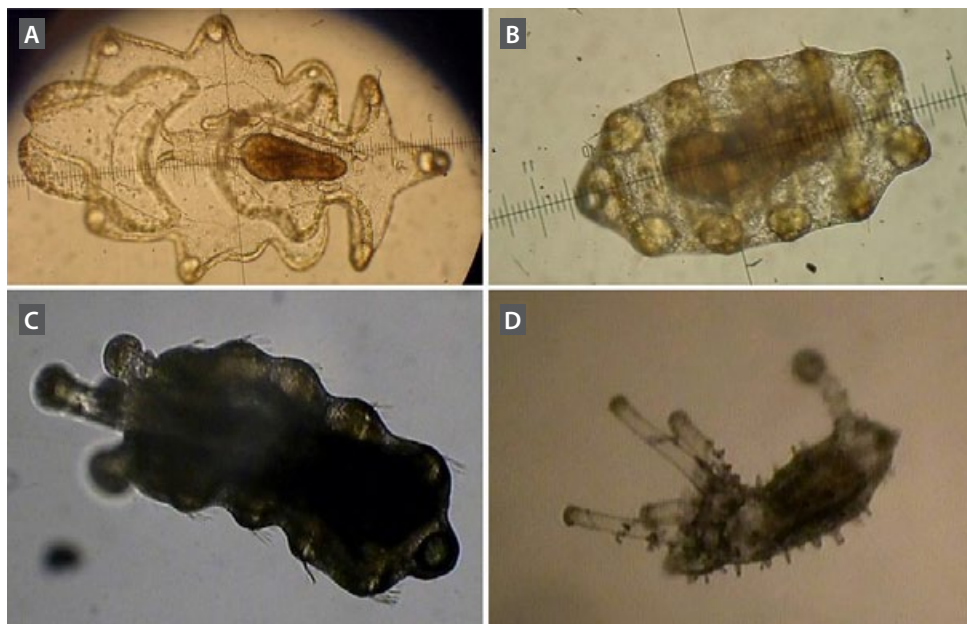


Figure 1. Stades de développement d'*Holothuria scabra*.

A. Auricularia ; B. Doliolaria ; C. Pentactula ; D. Stade juvénile initial.

Une fine couche de sable a été ajoutée aux bacs une fois que les juvéniles ont atteint 4 cm.

Résultats

Deux jours après l'achat des géniteurs, ces derniers ont été soumis à plusieurs stress, mais la ponte n'a pas pu être déclenchée. La ponte a eu lieu plus tard dans le cycle d'élevage, en septembre (figure 2). Les essais d'induction ont commencé à 11h00. À 15h05, 11 mâles ont expulsé leur sperme après avoir redressé leur extrémité antérieure. À 16h15, deux femelles ont pondu un total de 4 millions d'œufs.



Figure 2. Un individu *Holothuria scabra* se dresse pour émettre ses gamètes.

Après 48 heures, les embryons avaient atteint le stade auricularia initial (350–450 μm). Dès le 15^e jour, les larves ont atteint le stade doliolaria (420–620 μm), phase de jeûne. Le 24^e jour, les juvéniles fixés sur les plaques de fixation étaient facilement observables (figure 3). Après une année, les juvéniles ont atteint un poids de 22 g (figure 4). Les juvéniles placés dans un grand bac exposé à la lumière naturelle ont atteint un poids supérieur à celui des juvéniles soumis à une lumière artificielle. De même, le régime alimentaire à base d'extraits de *Sargassum* et de *Padina* s'est avéré le plus favorable à la croissance.



Figure 3. Juvéniles d'*Holothuria scabra* au stade juvénile initial sur des plaques de fixation.

Le tableau 1 montre le temps écoulé pour atteindre les différents stades de développement larvaire. Les résultats



Figure 4. Juvénile d'*Holothuria scabra* à un an.

détaillés des essais, ventilés par type de plaque de fixation et régime alimentaire des larves pentactula et des juvéniles, font l'objet d'articles parus (Dabbagh et al. 2011a, b) et à paraître (Dabbagh et Sedaghat).

Tableau 1. Temps écoulé après éclosion pour atteindre les différents stades de développement d'*Holothuria scabra*.

Stade	Temps écoulé après la fécondation
Stade auricularia initial	2 j.
Stade auricularia intermédiaire	4 j.
Stade auricularia final	8 j.
Doliolaria	14 j.
Pentactula	20 j.
Juvénile 1 mm	30 j.
Juvénile 22 g	1 an

Discussion

Plusieurs espèces d'holothuries sont valorisées sous forme de bêche-de-mer, produit de grande valeur (ex. : *Apostichopus japonicus*, *Holothuria spinifera*, *H. scabra*, *H. lessoni*, *Isostichopus fuscus*). La demande très soutenue des marchés asiatiques est à l'origine de la surexploitation de nombreuses populations sauvages d'holothuries et a incité des aquaculteurs à se lancer dans l'élevage d'holothuries (Ivy et Giraspy 2006 ; Agudo 2006).

Des essais de reproduction et d'élevage en captivité de *H. scabra* ont été effectués dans plusieurs pays, dont l'Australie, les Fidji, l'Inde, Madagascar, la Nouvelle-Calédonie, les Îles Salomon et le Viet Nam (Bell et al. 2007 ; Battaglione et al. 1999 ; Hair et al. 2011 ; James 2004 ; Lavitra et al. 2009 ; Morgan 2002 ; Pitt et Duy 2004).

Le choc thermique est la méthode la plus fréquemment utilisée pour induire la ponte de *H. scabra* (James et al 1988 ; Morgan 2000 ; Battaglione et al. 1999 ; Giraspy et Ivy 2009). Toutefois, dans le cadre de la présente étude, la ponte a été déclenchée en soumettant *H. scabra* à plusieurs stress. Dans certains pays, les holothuries n'émettent leurs gamètes qu'à certaines périodes de l'année. Au Viet Nam par exemple, la ponte peut être induite chez les géniteurs tout au long de l'année, mais les études révèlent

que le rendement de la ponte est meilleur de décembre à avril (Pitt et Duy 2004). La ponte a pu être induite d'octobre à mars dans le golfe de Mannar, en Inde, et de mars à octobre (James 2004). Des pics de ponte semblent se dégager au début et à la fin de l'été en Iran. On a également pu stimuler l'expulsion des gamètes au milieu de l'été et à l'automne à Bandar-e Lengeh, lorsque les géniteurs étaient placés dans des conditions idéales. La plupart des holothuries aspidochirotes traversent les mêmes stades de développement larvaire, même si la durée de chaque stade peut varier d'une espèce à l'autre ou selon la latitude (Agudo 2006). En Inde, il a fallu moins de 15 jours aux larves de *H. scabra* pour atteindre la phase de jeûne du stade doliolaria. Nos larves ont atteint ce même stade après 15 jours.

Plusieurs problèmes se sont posés au cours de l'étude, sachant qu'elle porte sur une activité encore nouvelle pour l'Iran. Le premier problème, non résolu à ce jour, a trait aux fortes températures des eaux de Bandar-e Lengeh — plus de 30 °C toute l'année. En outre, on dispose de peu d'espace pour élever les juvéniles à des densités suffisamment faibles pour stimuler correctement leur croissance. À ce stade, les holothuries d'élevage n'atteignent qu'un poids moyen de 22 g une année après la ponte, soit un taux de croissance très faible. Toutefois, nous pensons que ces problèmes pourraient être réglés si des installations d'écloserie et de nourricerie étaient aménagées spécifiquement pour l'holothurie de sable à Bandar-e Lengeh.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier MM. Rameshi et Arganji qui ont mis à disposition de l'équipe leurs installations à la station de recherche de Bandar-e Lengeh.

Bibliographie

- Agudo N. 2006. Sandfish hatchery techniques. New Caledonia: ACIAR, SPC and the WorldFish Center. 45 p.
- Battaglione S.C., Seymour J.E. and Ramofafia C. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178:293–322.
- Bell J., Agudo N., Purcell S., Blazer P., Simutoga M., Phamb D. and Della Patron L. 2007. Grow-out of sandfish *Holothuria scabra* in ponds shows that co-culture with shrimp *Litopenaeus stylirostris* is not viable. *Aquaculture* 273:509–519.
- Dabbagh A.R., Sedaghat M.R., Rameshi H. et Kamrani E. 2011a. Reproduction et élevage des larves de l'holothurie *Holothuria leucospilota* Brandt (*Holothuria vegabunda* Selenka) dans le nord du golfe persique (Iran). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 31:35–38.
- Dabbagh A.R., Sedaghat M.R., Rameshi H., Arganji G.R. and Keshavarz M. 2011b. The effect of different substrates on larvae settlement in the sea cucumber, *Holothuria scabra*, Jaeger 1833. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3(3):263–264.
- Dabbagh A.R. and Sedaghat M.R. in press. Feeding some commercial feeds in the captive breeding of the sea cucumber, *Holothuria scabra* in Iran. *World Aquaculture*.
- Giraspy D.A.B. et Ivy G. 2009. L'influence des régimes à base d'aliments disponibles dans le commerce sur la croissance et la survie de *Holothuria scabra* var. *versicolor* (Conand, 1986). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 28:46–52.
- Hair C., Pickering T., Meo S., Vereivalu T., Hunter J. et Cavakiqali L. 2011. L'élevage des holothuries aux Fidji. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 31:3–11.
- Ivy G. et Giraspy D.A.B. 2006. Dans le Queensland (Australie), élaboration de techniques de production en écloserie à grande échelle de *Holothuria scabra* var. *versicolor* (Conand, 1986), espèce très prisée sur les marchés. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 24:28–34.
- 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 463:385–395.
- 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.
- James D.B., Gandhi A.D., Palaniswamy N. and Rodrigo J.X. 1994. Hatchery techniques and culture of the sea cucumber *Holothuria scabra*. *Central Marine Fisheries Research Institute Special Publication* No. 57.
- Lavitra T., Rasolofonirina R., Jangoux M. et Eeckhaut I. 2009. Problèmes liés à l'élevage aquacole d'*Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 29:20–30.
- 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.
- Mercier A., Battaglione S.C. and Hamel J.-F. 2000. Periodic movement, recruitment and size-related distribution of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Solomon Islands. *Hydrobiologia* 440:81–100.
- 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.
- Morgan A.D. 2002. Les effets de la disponibilité en nourriture sur le début de la croissance, le développement et la survie de l'holothurie *Holothuria scabra* (Echinodermata : Holothuroidea). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 14:6–12.
- Pitt R. and Duy N.D.Q. 2004. Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Viet Nam. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper 463:333–346.
- Purcell S.W., Blockmans B.F. and Agudo N.N.S. 2006. Transportation methods for restocking of juvenile sea cucumber, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 251:238–244.

Les effets de la pression de pêche sur l'écologie des populations d'holothuries dans le golfe d'Aqaba, en mer Rouge

Mohamed Hamza Hasan¹ et Salah El-Den A. Abd El-Rady²

Résumé

Les populations d'holothuries résidant dans le golfe d'Aqaba ont été recensées en 2006, dix ans après l'instauration d'un moratoire sur la pêche. Les données présentées ici ont été comparées aux résultats d'inventaires réalisés dans la même zone en 1995, en 2002 et en 2003.

La présente étude a révélé que, dans tous les sites inventoriés, la diversité spécifique et la densité des populations d'holothuries ont accusé une baisse sensible entre 1995, époque où elles n'étaient soumises à aucune exploitation, et la période 2002–2006, où la pêche était interdite. Au total, 18 espèces ont été observées dans cinq sites. En 1995, c'est à Wadi Quny qu'on enregistrait la plus riche diversité spécifique, avec 13 espèces, chiffre qui a chuté à seulement 4 espèces en 2006. À Eel Garden, seulement 2 espèces ont été observées en 2006, alors qu'on en comptait encore 12 en 1995. Aucune donnée n'était disponible pour Shark Reef, Nakhlet El-Tall et le lagon d'Abu Negilla pour les années 1995 et 2002. Le même nombre d'espèces a été relevé à Shark Reef et à Nakhlet El-Tall en 2003 et en 2006, tandis que, dans le lagon d'Abu Negilla, la diversité spécifique est passée de 8 espèces à 5 espèces entre 2003 et 2006. D'après les résultats de l'étude, la richesse spécifique et la densité des populations d'holothuries résidant dans le golfe d'Aqaba sont si faibles que la pérennité de la ressource est menacée. Cette situation s'explique par la surpêche et les contraintes biologiques qui ont peut-être compromis l'efficacité de la reproduction des espèces recensées.

Introduction

Les populations d'holothuries sont victimes de surpêche partout dans le monde. Certaines études montrent qu'il faut jusqu'à cinquante ans sans aucune pression de pêche pour que les populations d'holothuries des sites surexploités puissent se reconstituer (Battaglene et Bell 1999 ; Bruckner et al. 2003 ; Skewes et al. 2000). Le golfe d'Aqaba est connu pour son milieu naturel unique, son large éventail d'habitats et son exceptionnelle biodiversité (Head 1987). Alors que les conditions sont idéales pour une augmentation des effectifs, tous les sites du golfe affichent de faibles niveaux de diversité spécifique et de densité (Hasan 2003 ; Hasan et Hasan 2004 ; El-Ganainy et al. 2006). Sous l'impulsion du marché de la bêche-de-mer, les populations d'holothuries se sont très vite appauvries un peu partout dans le monde (Conand 2001), ce qui a signé le début de la pêche d'holothuries dans le golfe d'Aqaba fin 96. Les années ont passé et un constat s'impose : la ressource est aujourd'hui gravement épuisée dans de nombreuses parties du golfe. Cet épuisement a été observé pour toutes les espèces d'holothuries, de différentes valeurs marchandes. Si la pêche s'est développée à petite échelle au départ, elle a ensuite connu un essor rapide et les activités de pêche illicite se sont multipliées. Cet essor s'est accompagné d'un appauvrissement critique des stocks, dont la densité et la diversité se sont sensiblement dégradées. Face à cette situation, la pêche d'holothuries a été purement et simplement interdite en 2006 dans le golfe d'Aqaba.

La pêche s'est développée dans cette région alors qu'aucune donnée biologique de référence n'avait été recueillie et qu'aucun plan de suivi n'avait été établi. Le manque d'information des pêcheurs et l'absence de mesures de gestion (de la pêche et du commerce) n'ont fait qu'aggraver la situation.

La présente étude vise à décrire l'évolution de la diversité spécifique et de la densité des populations d'holothuries résidant dans le golfe d'Aqaba avant toute activité de pêche et après son interdiction. L'objectif est de déterminer quels sont les effets de la surpêche sur les espèces d'holothuries présentes en Iran.

Matériel et méthodes

Les populations d'holothuries du golfe d'Aqaba ont été inventoriées en cinq sites (Shark Reef, Wadi Quny, Eel Garden, Nakhlet El-Tall et lagon d'Abu Negilla) entre avril et mai 2006. Les résultats obtenus ont été comparés aux données recueillies précédemment à Wadi Quny et à Eel Garden à la même période de l'année en 1995, en 2002 et en 2003. Pour les sites de Shark Reef, Nakhlet El-Tall et Abu Negilla, les données disponibles ne concernaient que 2003.

Études de terrain et échantillonnage

Les populations d'holothuries présentes sur les cinq sites d'étude ont été estimées par le biais de comptages visuels

¹ Institut national de recherche océanographique et halieutique, service de la mer Rouge et des golfes de Suez et d'Aqaba, PO Box 182, Suez, Égypte. Tél. : 0020145970800 ; télécopieur : 002062350016. Courriel : marinehamza@yahoo.com

² Faculté des sciences, Université de Sohag, Égypte.

en plongeant le long de transects. L'évaluation visuelle directe constitue la méthode traditionnellement utilisée : elle permet de compter directement les spécimens de l'épifaune (Lokani et al. 1996). Dans chacun des cinq sites, des transects ont été posés à partir de la laisse de haute mer, sur des lignes parallèles au rivage, afin de couvrir plusieurs profondeurs, zones et habitats. Chaque transect mesurait 150 mètres. L'échantillonnage a été répété entre cinq et neuf fois à chaque zone et/ou profondeur. Le long de chaque transect, dix quadrats de dix mètres sur dix (100 m²) ont été mis en place. Le platier a été échantillonné par des plongeurs équipés de palmes, masque et tuba, tandis que les sites profonds ont été observés par des plongeurs autonomes. Les données suivantes ont été recueillies :

- Composition par espèce des populations d'holothuries, avec inventaire de toutes les espèces présentes à chaque site.
- Densité de population, exprimée en nombre d'individus 100 m⁻².
- Description du biotope de chaque quadrat. La composition benthique du substrat a été caractérisée comme suit : superficie en pourcentage de fonds sablonneux, d'herbiers, d'algues, de roches, et de coraux morts et vivants.

Analyses statistiques

Pour chaque site, un test *t* jumelé (Sokal et Rohlf 1995) a été effectué afin de comparer les densités des populations d'holothuries enregistrées avant toute exploitation (1995) et après l'interdiction de la pêche (2002, 2003 et 2006). Ce même test a permis de comparer les populations inventoriées en 2002–2003 et en 2003–2006, une fois le moratoire déclaré. L'analyse a été réalisée sur le logiciel Origin 6.1. Pour fixer le seuil de signification, on a comparé les valeurs du test *t* aux valeurs de *P* (probabilité).

Après application d'une classification automatique, le rapport entre années et densités de population a été étudié à l'aide de la méthode des moyennes par paire non pondérée afin de déterminer les liens entre les différentes années. Les distances entre les classes ont été mesurées par la distance euclidienne, selon la méthode proposée par Sneath et Sokal (1973), sur le logiciel Statistica 5.5.

Sites expérimentaux

Shark Reef

Situé à l'intérieur du Parc national Ras Mohamed, le site de Shark Reef est classé aire marine protégée (figure 1) et bénéficie donc d'une double protection. Il comprend un vaste platier récifal qui s'étend sur environ 800 mètres, où l'on trouve des coraux morts et vivants et des fonds sablonneux. Ce site est riche en algues et plantes marines. Le tombant récifal est prononcé, plongeant à environ 15 mètres de profondeur, et est constitué de patates de corail et de sable corallien propre. Les principales espèces coralliennes qu'il abrite sont *Acropora pharonis*, *Stylophora pistillata* et *Favia favaus*. Ensuite, la pente récifale se poursuit pour tomber à 30 mètres de profondeur, où l'on trouve du sable et des herbiers. Riche d'une vie marine foisonnante, le site affiche un indice de diversité spécifique élevé

pour les grands groupes taxonomiques, en particulier les coraux et les poissons. On y trouve également en abondance des mollusques et des échinodermes.

Wadi Quny

Situé au nord de la ville de Dahab le long de la côte du golfe d'Aqaba, Wadi Quny se compose d'un récif frangeant classique et d'un platier récifal divisé en trois zones. L'arrière-récif dévoile un récif fossile, recouvert en grande partie par des algues (*Padina pavonia*, *Sargassum latifolium*, *Cystoseira myrica* et *Laurancia papillosa*). Le récif intermédiaire compte des amas rocailloux et des fonds sablonneux qui se superposent à un socle rocailloux hérité d'un récif fossile. L'avant-récif est essentiellement constitué de coraux vivants (*Acropora hemprichi*, *Stylophora pistillata* et *Porites solida*) et d'un petit pourcentage de coraux morts. La pente récifale, où l'on trouve plusieurs formations coralliennes, se nivelle à 20 mètres de profondeur et débouche sur un substrat sablonneux. Le site renferme de riches communautés de faune et de flore. On y recense un pourcentage élevé d'algues et de plantes marines benthiques, en particulier sur le platier récifal et les fonds sablonneux environnants.

Eel Garden

Le site d'Eel Garden se caractérise par un très long récif s'étendant sur environ 1 100 mètres. Il abrite de très riches communautés benthiques ainsi qu'un large éventail de niches et substrats écologiques. La profondeur du platier récifal va de 0,5 à 2 mètres. Composé de substrat rocailloux, le platier récifal se prolonge sur de vastes zones sablonneuses recouvertes de riches algues et herbiers. On commence à voir des coraux vivants à partir de l'avant-récif et de la pente récifale (*Acropora pharoensis*, *Stylophora pistillata*, *Serriatopora* sp. et *Montipora* sp.). Le tombant récifal plonge à une vingtaine de mètres de profondeur, où les fonds marins sont constitués de substrat sablonneux émaillé de petites amas rocailloux et patates de corail mort. Une importante communauté de Bédouins réside dans les environs et tire l'essentiel de son activité économique de la pêche et du tourisme.

Nakhlet El-Tall

Le site de Nakhlet El-Tall se forme sur un platier récifal modéré, composé principalement de sable et de roches s'étendant sur environ 400 mètres. La pente récifale plonge à 25 mètres, atterrissant sur un fond sablonneux de sable corallien blanc parsemé çà et là de patates de corail, qui jaillissent du fond marin sur 4 à 6 mètres de hauteur. Le site se caractérise par une grande abondance d'invertébrés (éponges etc.) et un pourcentage élevé d'algues et d'herbiers, le nombre de poissons étant faible à moyen.

Lagon d'Abu Negilla

Vaste lagon protégé, recelant d'immenses étendues de substrats sablonneux, ce site abrite un grand herbier d'*Halidula uninervis* et d'*Halophila stipulacea* et présente un important couvert algal multispécifique. La profondeur des eaux varie de 0,5 mètre aux bordures du lagon à 2,5 mètres environ vers le centre. Une petite passe d'une

dizaine de mètres de large s'ouvre sur la mer et permet des échanges d'eau avec le grand bleu. Les eaux lagonaires sont peuplées de très riches communautés d'invertébrés et de poissons en faible abondance.

Résultats

Richesse spécifique

Au total, 18 espèces d'holothuries ont été recensées dans les cinq sites étudiés.

À Wadi Quny, 13 espèces ont été observées en 1995, contre 4 en 2006. La diversité spécifique est ainsi passée de 13 espèces en 1995 à 8 espèces en 2002 (avec notamment la disparition de deux espèces à forte valeur marchande, *Holothuria fuscogilva* et *Stichopus variegatus*), pour chuter à 5 espèces en 2003, où il faut signaler la perte de deux autres espèces importantes (*Holothuria nobilis* et *Holothuria atra*). En 2006, seules quatre espèces étaient recensées.

À Eel Garden, 12 espèces ont été recensées en 1995, contre seulement 2 en 2006. On est passé de 12 espèces en 1995 à 7 espèces en 2002 (disparition de plusieurs espèces à forte valeur marchande, notamment *Holothuria scabra*, *Holothuria fuscogilva* et *Stichopus variegatus*), pour chuter à 2 espèces en 2003 et en 2006, où il faut noter la perte d'une autre espèce très bien cotée (*Holothuria nobilis*).

Aucun inventaire n'a été effectué en 1995 et en 2002 à Shark Reef, à Nakhlet El-Tall et dans le lagon d'Abu

Negilla. En 2003 et en 2006, 4 espèces, toutes dénuées d'intérêt commercial, ont été recensées à Shark Reef. Le même constat est à déplorer à Nakhlet El-Tall, où cinq espèces ont été signalées en 2003 et en 2006. Dans le lagon d'Abu Negilla, la richesse spécifique observée est passée de 8 espèces en 2003 à 5 espèces en 2006 (tableau 1).

Densité des espèces

Outre la dégradation de la diversité spécifique, on constate au fil des ans une modification de la densité des espèces. Les données recueillies au cours des différents inventaires traduisent une baisse sensible de la densité de population des espèces dans la plupart des sites recensés pour les périodes pré-pêche et post-pêche.

À Wadi Quny, la diminution de la densité est spectaculaire non seulement dans les inventaires pré- et post-pêche, mais aussi dans les années post-pêche (figure 2). Le schéma de diminution est uniforme pour toutes les espèces recensées, à l'exception de *H. leucospilota*, espèce non exploitée pour laquelle on constate une baisse de la densité seulement entre 1995 et 2002, et même une légère hausse entre 2003 et 2006. Deux espèces d'intérêt commercial ont été observées en 1995 : *Holothuria nobilis* et *Holothuria scabra*. La densité de population d'*Holothuria nobilis*, estimée au mieux à 16,7 individus 100 m² en 1995, a baissé brutalement pour atteindre seulement 0,7 individu 100 m² en 2002. L'espèce a ensuite purement et simplement disparu des recensements de 2003 et de 2006. La densité de population d'*Holothuria scabra* était

Tableau 1. Comparaison de la composition spécifique des populations d'holothuries recensées dans les différents sites d'étude en 1995, où les populations n'étaient soumises à aucune exploitation, et en 2002, 2003 et 2006, lorsque la pêche était interdite.

Espèces	Shark reef				Wadi Quny				Eel Garden				Nakhlet El-Tall				Lagon Abu Nigella			
	1995	2002	2003	2006	1995	2002	2003	2006	1995	2002	2003	2006	1995	2002	2003	2006	1995	2002	2003	2006
<i>Actinopyga miliaris</i>	n.r.	n.r.			+				+	+			n.r.	n.r.			n.r.	n.r.		
<i>A. echinites</i>			+	+	+	+	+	+	+						+	+			+	+
<i>A. mauritiana</i>			+	+	+		+	+	+											
<i>A. crassa</i>															+	+			+	
<i>A. serratidens</i>																			+	
<i>Bohadschia marmorata</i>					+	+	+		+	+					+	+				+
<i>B. vitiensis</i>					+	+			+	+										+
<i>Holothuria atra</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+			+	+
<i>H. leucospilota</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+			+	+
<i>H. nobilis</i>					+	+			+	+										
<i>H. fuscogilva</i>					+				+											
<i>H. scabra</i>					+	+			+											
<i>H. hilla</i>					+				+	+										
<i>H. impatiens</i>																			+	
<i>Stichopus variegatus</i>					+				+											
<i>Thelenota ananas</i>					+	+														
<i>Synapta maculata</i>																			+	
<i>Synaptula resprocanus</i>																			+	

n.r. = non recensé ; + = présent.

aussi élevée (19,4 individus 100 m^{-2}) en 1995, contre seulement 1,1 individus 100 m^{-2} en 2002, l'espèce ayant complètement disparu en 2003 et en 2006.

À Eel Garden, la densité de population enregistrée avant toute pêche (1995) accusait un net recul après son interdiction (2002) (figure 3). Après 2002, toutes les espèces d'intérêt commercial ont disparu, hormis *Holothuria atra*, qu'on trouve encore, même si ses effectifs se sont sensiblement appauvris. *Holothuria nobilis*, espèce à forte valeur marchande, était présente à une densité de 18,7 individus 100 m^{-2} en 1995, contre 1,3 individus 100 m^{-2} en 2002, mais avait complètement disparu en 2003 et en 2006. La densité de population d'*Holothuria leucospilota* a aussi baissé de 1995 à 2002, mais est remontée en 2003 et en 2006.

Pour les années 1995 et 2002, aucune donnée n'est disponible concernant Shark Reef, Nakhlet El-Tall ou Abu Negilla, mais, en 2003 comme en 2006, 4

à 6 espèces ont été inventoriées au total. À Shark Reef, les densités observées étaient faibles les deux années, mais n'ont pas sensiblement varié d'une année à l'autre, malgré une augmentation généralisée de la densité de population de la quasi-totalité des espèces entre 2003 et 2006 (exception faite de *H. atra*, qui accuse un léger recul). À Nakhlet El-Tall, on constate une importante diminution de la densité de population des espèces d'intérêt commercial entre 2003 et 2006 (*Actinopyga crassa*, *A. echinites*, *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra*). La densité d'*Holothuria leucospilota*, sans valeur marchande, n'a pas varié entre 2003 et 2006. Dans le lagon d'Abu Negilla, aucune différence significative de densité n'a été notée entre 2003 et 2006, sauf pour *Actinopyga crassa*, dont l'effectif était de 3,9 individus 100 m^{-2} en 2003, mais avait complètement disparu en 2006.

Les populations d'holothuries recensées dans les cinq sites d'étude ont fait l'objet d'une analyse statistique (tableau 2). Des écarts significatifs ont été notés entre

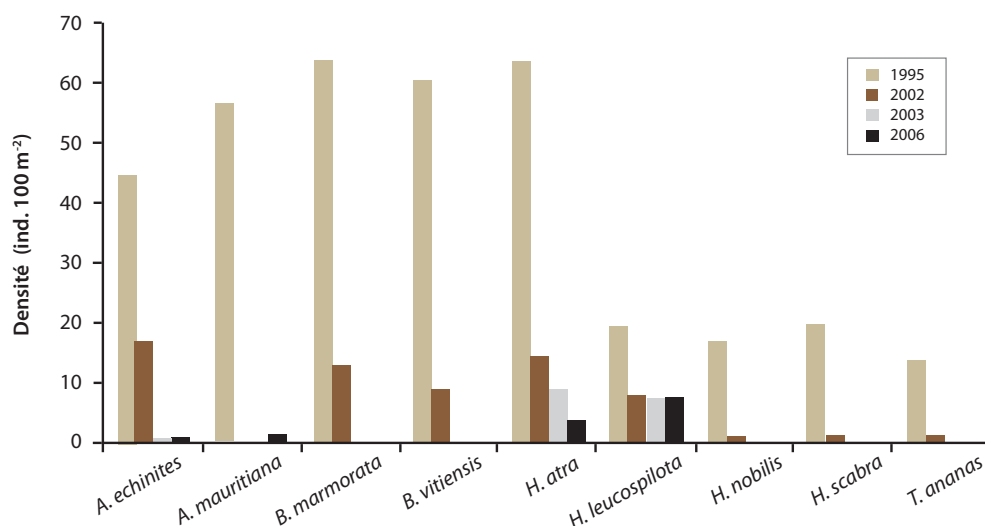


Figure 1. Variation de la densité de population (ind. 100 m^{-2}) des holothuries recensées en 1995, 2002, 2003 et 2006, à Wadi Quny, dans le golfe d'Aqaba.

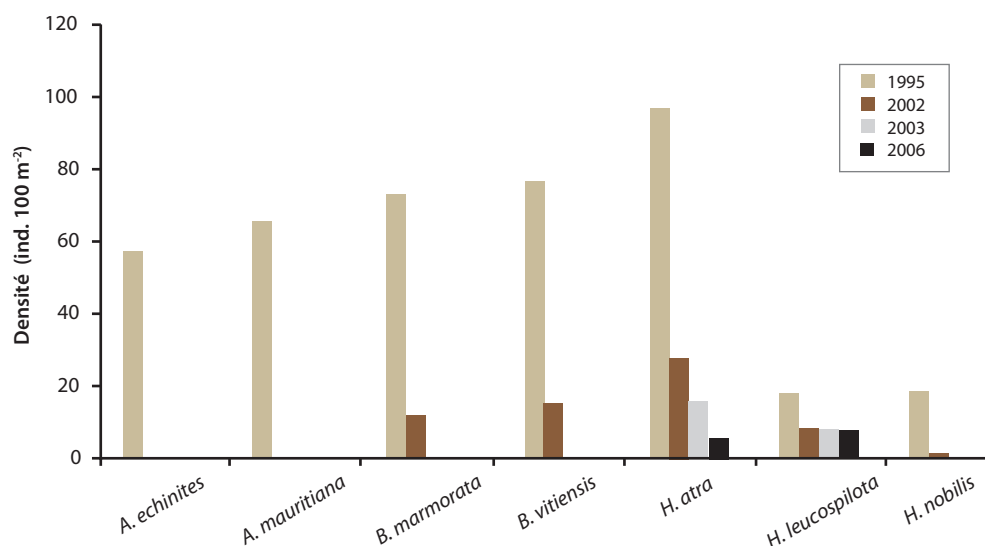


Figure 2. Variation de la densité de population (ind. 100 m^{-2}) des holothuries recensées en 1995, 2002, 2003 et 2006, à Eel Garden, dans le golfe d'Aqaba.

1995, où les populations recensées n'étaient pas exploitées, et la période 2002–2006, marquée par un moratoire sur la pêche des holothuries. De même, des écarts significatifs sont à signaler entre 2002 et 2003 sur l'ensemble des sites étudiés. En revanche, entre 2003 et 2006, les différences de densité n'étaient significatives que sur un seul site, Nakhlet El-Tall, où un net appauvrissement des effectifs est à déplorer entre les deux périodes.

Les sites d'étude ont été regroupés selon leurs densités de population au fil du temps, par le biais d'une classification automatique (figure 3). Trois classes se sont dégagées de l'analyse : les populations observées en 1995, celles recensées en 2002 et celles recensées en 2003 et en 2006.

Discussion

Ces dernières années ont été marquées par la surexploitation des ressources en holothuries du golfe d'Aqaba, responsable d'un grave recul des densités de population de la quasi-totalité des espèces (Hasan 2003) dans presque tous les sites (Hasan et Hasan 2004). La forte pression de pêche exercée sur les holothuries s'est soldée par la disparition de nombreuses espèces d'intérêt commercial et par la réduction des effectifs d'autres espèces. D'après les résultats de la présente étude, non seulement les populations d'holothuries se sont fortement appauvries entre les périodes pré- et post-pêche, mais cette tendance s'est confirmée après l'interdiction de la pêche, ce qui traduit une poursuite de l'activité. La surexploitation des holothuries observée dans le golfe d'Aqaba est aussi monnaie courante dans de nombreuses autres parties du monde. Un nombre croissant de rapports indiquent que les populations d'holothuries sont partout en régression dans les pays tropicaux et subtropicaux où elles sont exploitées, notamment dans certaines régions d'Australie (Uthicke et Benzie 2000), aux Philippines (Surtida et Buendia 2000), en Indonésie (Tuwo et Conand 1992), au Japon (Conand et Byrne 1993), en Nouvelle-Calédonie (Conand 1990), aux Fidji (Adams 1992), en Afrique de l'Est (Kithakeni 2001), au Mozambique (Mmbaga et Mgaya 2004), au Yémen (Conand 2004), dans le golfe d'Aqaba (Hasan 2003), dans la partie égyptienne de la mer Rouge (Hasan 2005), en Érythrée (Kalaeb et al. 2008) et dans la partie saoudienne de la mer Rouge (Hasan 2009).

L'étude de la distribution spatiale des populations d'holothuries a permis d'appréhender l'ampleur des effets que les facteurs environnementaux ont sur la vie de ces organismes marins (Young et Chia 1982 ; Kerr et al. 1993). La plupart des sites étudiés offrent

Tableau 2. Analyse statistique (test *t* jumelé) des populations d'holothuries recensées dans les différents sites étudiés avec un seuil de signification à 0,05.

Site	Années comparées	Valeurs de <i>P</i>
Abu Negilla Lagoon	2003–2006	0,07061 ^o
	1995 et 2002–2006	0,00189**
Eel Garden	2002–2003	0,03065*
	2003–2006	0,16799 ^o
Nakhlet El Tall	2003–2006	0,01647*
	1995 et 2002–2006	4,8 x 10 ⁻⁴ **
Wadi Quny	2002–2003	0,03618*
	2003–2006	0,37176 ^o
Shark reef	2003–2006	0,60418 ^o

^o = non significatif ; * = significatif (*P* < 0,05) ; ** = hautement significatif (*P* < 0,01).

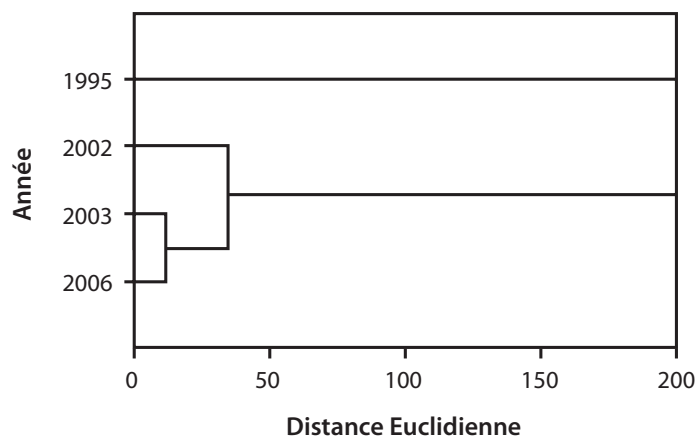


Figure 3. Classification automatique sous forme d'arbre hiérarchique des populations d'holothuries recensées dans les différents sites étudiés en 1995, 2002, 2003 et 2006.

des conditions idéales pour la survie des holothuries, notamment un substrat adapté, un excellent taux de disponibilité des aliments, un large éventail de niches écologiques, une gamme de profondeurs correspondant aux différents habitats de prédilection des espèces, et un faible nombre d'ennemis naturels. Pourtant, un grave appauvrissement de la diversité spécifique a été constaté à chaque nouvel inventaire ; tous les stocks présents dans les sites étudiés étaient décimés et ne présentaient aucun signe de reconstitution. Les holothuries sont facilement surexploitées, car elles atteignent lentement leur maturité, leur reproduction est fonction de la densité démographique et leur taux de recrutement est faible.

La comparaison des données obtenues en 1995 (pré-pêche) et pendant la période 2002–2006 (post-pêche) dans les différents sites a mis en évidence une réduction sensible des effectifs. À Shark Reef, aire marine doublement protégée, aucun effort de pêche n'a été enregistré. Il pourrait pourtant expliquer que la densité de population et la diversité spécifique soient

aussi faibles. Cette faible densité pourrait être attribuée à d'autres facteurs : ce site ne constitue pas un habitat classique pour les populations d'holothuries, et accueille par ailleurs de nombreuses activités touristiques. Le lagon d'Abu Negilla, qui offre des conditions idéales pour l'installation de populations d'holothuries, est très peu fréquenté par les touristes et abrite une population d'holothuries en bonne santé. On constate sur ce site une baisse négligeable des effectifs entre 2003 et 2006, signe d'une faible pression de pêche, maîtrisée grâce à une surveillance stricte des autorités du parc marin du Sud-Sinaï. En revanche, c'est une diminution sensible de la densité de population que l'on relève dans trois autres sites entre les périodes pré-pêche et post-pêche, mais aussi entre les inventaires post-pêche (2002 et 2003), ce qui indique que la pêche a continué d'être pratiquée au moins jusqu'en 2003. Wadi Quny et Eel Garden ont accusé une baisse très marquée de leurs effectifs entre 1995 (pré-pêche) et les années 2002–2006 (post-pêche). Cette chute a été enrayée entre 2003 et 2006, ce qui témoigne de l'arrêt des opérations de pêche après 2003.

Nakhlet El-Tall est le seul site qui enregistre une nette diminution des populations d'holothuries entre 2003 et 2006, révélatrice d'un début tardif des opérations de pêche et de la poursuite de l'activité jusqu'en 2006, pour exploiter les populations encore disponibles sur le site. D'après les données recueillies, le fait que la baisse des effectifs ait été jugulée après 2003 dans les sites exploités ne peut s'expliquer par la qualité des régimes de gestion en place, mais bien par la disparition des populations dans ces zones surpêchées. Cette hypothèse est corroborée par notre classification automatique, qui fait de l'année 1995 une classe distincte, représentative de l'état des populations non exploitées (population vierge de toute exploitation). Par ailleurs, aucune variation intrinsèque n'a été constatée entre 2003 et 2006. L'étude révèle que l'effort de pêche a bel et bien été suspendu, mais aucun signe de reconstitution des stocks n'a pu être observé.

Ce même constat a été dressé par Skewes et al. (2000) : sept ans après l'interdiction de la pêche d'*Holothuria scabra* dans le détroit de Torres, la biomasse estimée représentait toujours moins de 8 % de la biomasse vierge du stock. Les populations d'holothuries sont arrivées à un stade d'épuisement tel que l'on peut aujourd'hui douter de leur capacité à se reconstituer. La reconstitution des stocks d'holothuries exposés à la surpêche est un phénomène lent qui peut s'étaler sur plusieurs années (Purcell et al. 2003). En effet, les holothuries, comme de nombreux autres invertébrés, diffusent leur semence dans la colonne d'eau, et le succès de la fécondation dépend en grande partie de la densité de population (D'Silva 2002). La réduction de la densité de population causée par la surpêche risque d'empêcher la reproduction des individus restants. Il semble désormais évident qu'il faudra certainement des décennies avant que les stocks décimés d'holothuries à forte valeur marchande puissent se reconstituer. À la baisse de la densité, il faut ajouter l'appauvrissement de la diversité des espèces. Compte tenu de l'épuisement chronique des populations d'holothuries du golfe d'Aqaba, il est essentiel de protéger les espèces restantes. La présente étude donne à penser que la création d'aires marines protégées pourrait en ce sens constituer un outil de gestion efficace.

Bibliographie

- Adams T. 1992. Resource aspects of the Fiji beche-de-mer industry. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 4:13–17.
- Battaglene S.C. and Bell J.D. 1999. Potential of the tropical Indo-Pacific sea cucumber, *Holothuria scabra*, for stock enhancement. p. 478–490. In: E.S. Mosksness et al. (eds). Proceedings of the 1st International Symposium on stock enhancement and sea ranching. Bergen, Norway: Blackwell Science.
- Bruckner A.W., Johnson K.A. et Field J.D. 2003. Conservation des holothuries : une inscription aux listes de la CITES pour pérenniser le commerce international ? La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 18:24–33.
- Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries, Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper 272(2), 141 p.
- Conand C. 2001. Overview of sea cucumber fisheries over the last decade — What possibilities for a durable management? *Echinoderm* 2000:339–344.
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization, an international overview. p. 13–23. In: A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.F. Hamel and A. Mercier (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO, Rome.
- Conand C. and Byrne M. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review* 55(4):1–13.
- D'Silva D. 2002. La pêche d'holothuries dans le détroit de Torres. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 15:2–4.
- El-Ganainy A.A., Hasan M.H. and Yassien M.H. 2006. Population structure of two endangered holothurian species from the Gulf of Aqaba, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 32(2):456–467.
- Hasan M.H. 2003. Ecology and distribution patterns of the threatened holothuroids as correlated with overfishing in the Gulf of Aqaba, Northern Red Sea, Egypt. *Journal of Egyptian Academic Society of Environmental Development* 4(3):101–118.
- Hasan M.H. 2005. Destruction of a *Holothuria scabra* population by overfishing at Abu Rhamada Island in the Red Sea. *Marine Environmental Research* 60:489–511.
- Hasan M.H. 2009. Plan de gestion et situation de la pêche d'holothuries en Arabie saoudite. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 28:14–21.
- Hasan M.H. and Hasan Y.S. 2004. Natural ecological factors and human impacts influencing the spatial distribution of holothuroid species in the Gulf of Aqaba. *Journal of the Egyptian German Society of Zoology* 43(D):287–306.
- Head S.M. 1987. Introduction. p. 1–21. In: A.J. Edwards and S.M. Head (eds.). Key environments: Red sea. Pergamon Press, Oxford.
- Kalaeb T., Ghirmay M., Semere Y. et Yohannes F. 2008. État et première évaluation de la pêcherie d'holothuries en Érythrée. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 27:8–12.
- Kerr M.A., Stoffel E.M. and Yoon L.R. 1993. Abundance and distribution of holothuroids (Echinodermata:

- Holothuroidea) on a windward and leeward fringing coral reef, Guam, Mariana islands. *Bulletin of Marine Science* 52(2):780–789.
- Kithakeni T. 2001. Some aspects of sea cucumber *Holothuria scabra* along the coast of Dar El-Salam. 2nd WIOASA scientific symposium, Dar El-Salam, Tanzania.
- Lokani P., Polon P. et Lari R. 1996. Gestion de la ressource en holothuries dans la province occidentale de Papouasie-Nouvelle-Guinée. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 8:7–13.
- Mmbaga T.K. and Mgaya Y.D. 2004. Studies on sea cucumbers in Tanzania and the gaps towards resource inventory and management. p. 193–204. In: A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.F. Hamel and A. Mercier (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO, Rome.
- Purcell S., Gardener D. et 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.
- Skewes T., Dennis D. and Burridge C. 2000. Survey of *Holothuria scabra* (sandfish) on Warrior Reef, Torres Strait. CISRO Division of Marine Research. 28 p.
- Sneath P.H.A. and Sokal R.R. 1973. *Numerical taxonomy*. San Francisco: W.H. Freeman. 573 p.
- Sokal R.R. and Rohlf F.J. 1995. *Biometry* (3rd edition). New York: Freeman W.H. and Company. 887 p.
- Surtida M.B. and Buendia R.Y. 2000. A glimpse into some sea cucumbers in Panay, Philippines. *SEAFDEC Asian Aquaculture* 22(3):38–43.
- Tuwo A. and Conand C. 1992. Reproductive biology of the holothurian *Holothuria forskali* (Echinodermata). *Journal of Marine Biology Association* 72:745–758.
- 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.
- Young C.M. and Chia F.S. 1982. Factors controlling spatial distribution of the sea cucumber *Psolus chitonoides*: Settling and post-settling behavior. *Marine Biology* 69:195–205.

La pêche d'holothuries sur l'île de Qeshm, dans le golfe persique

Majid Afkhami,^{1*} Maryam Ehsanpour,² Aida Khazaali,¹ Ehsan Kamrani,³ Amin Mokhlesi⁴ et Kazem Darvish Bastami¹

Qeshm (figure 1) est la plus grande île du détroit d'Ormuz, dans le golfe persique. Avec ses 149 km², elle fait trois fois la taille de Singapour. Activité centrale de la vie des habitants de Qeshm, la pêche est pratiquée par un grand nombre d'insulaires.

Les données relatives à l'exploitation, aux techniques de pêche, à la transformation et au commerce des holothuries sur l'île de Qeshm ont été obtenues de sources diverses : observations directes sur le terrain et entretiens dirigés avec les pêcheurs et les autorités locales. Plus de quinze personnes ont répondu au questionnaire remis pendant les entretiens. Pour les besoins de l'enquête, on a choisi des pêcheurs du cru, engagés pleinement dans la pêche d'holothuries entre 2004 et 2006.

En Iran, c'est l'holothurie de sable *Holothuria scabra* (*khiar daryaei* en langue vernaculaire, signifiant « concombre de mer ») qui est la plus pêchée. À Qeshm, l'exploitation de l'holothurie de sable a débuté en 2004, sous l'impulsion de négociants indiens et bangladais venus proposer un marché aux pêcheurs locaux, et s'est poursuivie jusqu'en 2006. L'exploitation reposait sur cinq à six groupes de plongeurs, exclusivement des hommes (tableau 1), composés chacun d'au moins quatre à cinq plongeurs apnéistes expérimentés. Les holothuries fraîches étaient vendues à des acheteurs étrangers pour 0,3 à 0,4 dollar

des États-Unis pièce en 2004, et 0,9 à 1 dollar É.-U. en 2006. Des producteurs étrangers transformaient les holothuries en bêtes-de-mer, qu'ils expédiaient par voie aérienne aux Émirats arabes unis, d'où elles étaient exportées vers les marchés internationaux. Il y avait sept principaux sites de pêche de *Holothuria scabra* à Qeshm : Hamoon, Kovei, Hormoz, Tolla, Ramchah, Massen et Hengam (figure 1).

Entre 2004 et 2006, le nombre estimé de pêcheurs est passé de 150 à 200. En moyenne, les pêcheurs consacraient chacun cinq à six heures de leur journée de travail à la pêche d'holothuries, et ramenaient en moyenne 150 à 200 holothuries de sable vivantes par sortie de pêche. Les hommes engagés dans cette filière ne s'adonnaient à aucune autre activité rémunératrice. Toutes les étapes de transformation étaient assurées par les négociants. Au contrôle aux frontières (aéroport), les inspecteurs des douanes peu informés n'étaient pas en mesure d'identifier correctement les espèces d'holothuries, surtout sous leur forme séchée, si bien que les registres d'exportation ne contiennent pas d'information précise sur les espèces exploitées. Heureusement, les autorités ont mis un terme aux opérations de pêche locales en 2006. Les holothuries échantillonnées en 2010 mesuraient plus de 20 centimètres de long et leur abondance a été estimée à plus de 30 individus par hectare.

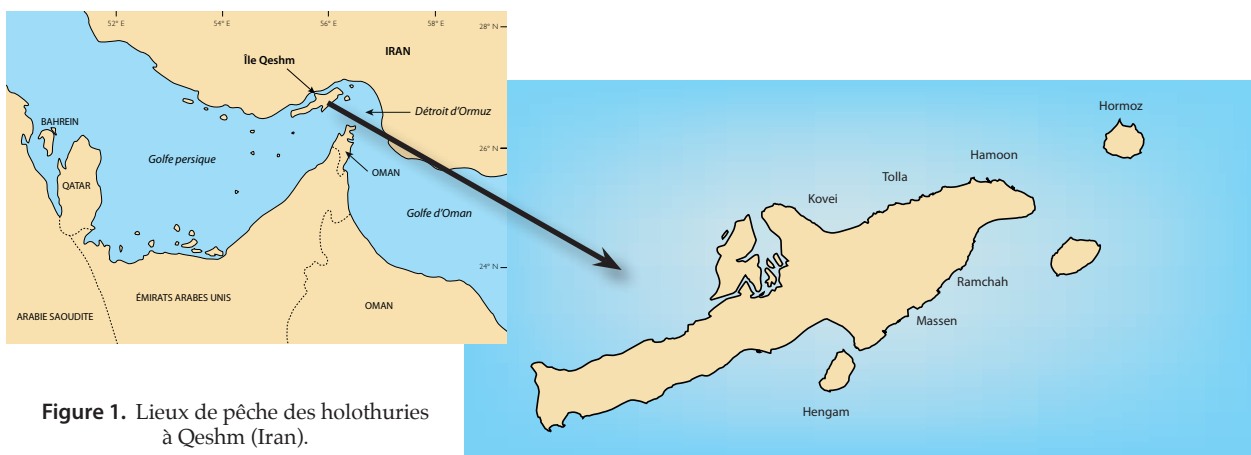


Figure 1. Lieux de pêche des holothuries à Qeshm (Iran).

¹ Young Researchers Club, Université islamique d'Azad, PO Box 79159-1311, branche de Bandar Abbas, Bandar Abbas, Iran. Courriel : m_afkhami82@yahoo.com, darvish_60@yahoo.com, Aida.khazaali@yahoo.com

² Université islamique d'Azad, branche de Bandar Abbas, PO Box 79159-1311, Bandar Abbas, Iran. Courriel : mehsanpour@yahoo.com

³ Département de biologie marine et halieutique, Université d'Hormozgan, PO Box 3995, Bandar Abbas, Iran. Courriel : eza47@yahoo.com

⁴ Young Researchers Club, Université islamique d'Azad, branche centrale de Téhéran, PO Box 13185-768, Téhéran, Iran. Courriel : aminmokhlesi@gmail.com

⁵ Les spécimens ont été prélevés à l'été et à l'automne 2011 le long de la côte nord de l'île de Qeshm, entre la jetée d'Hamoon et le port de Laft, à des profondeurs de 5 à 12 mètres.

Tableau 1. Comparaison des indicateurs de la pêche d'holothuries entre l'Oman et l'Iran (2004–2008).

Indicateurs*	2004–2005 (Iran)	2004–2005 (Oman)	2007–2008 (Oman)
Taille ciblée (cm)	> 20	> 25	Toutes tailles, y compris inférieures à 15cm
Abondance en 2010 (ind. ha ⁻¹)	> 30		
Prix de vente pêcheur (dollars É.-U.)	0,4–0,9		
Espèces ciblées	<i>H. scabra</i>	<i>H. scabra</i>	<i>H. scabra</i> , <i>H. atra</i> et <i>H. leucospilota</i>
Nombre de lieux de pêche	7 lieux (Qeshm)	6 lieux (baie de Mahout)	7 lieux (baie de Mahout) + 2 lieux (déroit de Marish)
% de femmes et d'enfants parmi les pêcheurs	0	50	15
Méthodes de pêche	Plongée en apnée (100 %)	Glanage à marée basse	Glanage à marée basse (70 %) et plongée en apnée (30 %)

Les indicateurs relatifs au Sultanat d'Oman nous viennent des travaux d'Al-Rashdi et al. (2007a, b), tandis que les données sur l'Iran nous ont été communiquées par les pêcheurs interrogés, qui ont pratiqué la pêche d'holothuries entre 2004 et 2005 (sauf pour les données recueillies en 2010).

L'abondance de *H. scabra* enregistrée à Qeshm en 2010 est proche de celle enregistrée dans le Sultanat d'Oman en 2005 (Al-Rashdi et al. 2007b) (tableau 1). Il semble que l'île de Qeshm recèle encore d'importantes réserves. Sur la base des observations ci-dessus, plusieurs mesures de gestion peuvent être préconisées :

- Programmer des projets de recherche afin d'identifier les espèces présentes et de caractériser la densité et la distribution des espèces d'holothuries, en particulier à Qeshm.
- Interdire la pêche d'holothuries, tant que les stocks n'ont pas été évalués.
- Autoriser le prélèvement d'holothuries uniquement lorsqu'il s'agit de constituer des stocks géniteurs pour

les écloséries.

- Mettre en place des programmes (formations, visites d'étude, participation à des réunions et ateliers nationaux et internationaux, par exemple) pour améliorer les connaissances sur les holothuries. Ces derniers doivent être mis en œuvre et soutenus par des institutions publiques.
- Protéger les habitats naturels de *H. scabra* — comme à Qeshm — afin de fournir des géniteurs à d'autres parties du pays.

Bibliographie

- Al-Rashdi K.M., Al-Busaidi S.S. et Al-Rassadi I.H. 2007a. État de la ressource en holothuries dans le Sultanat d'Oman. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 25:7–11.
- Al-Rashdi K.M., Claereboudt M.R. and Al-Busaidi S.S. 2007b. Density and size distribution of the sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935), at six exploited sites in Mahout Bay, Sultanate of Oman. *Agricultural and Marine Sciences* 12:43–51.

Observation de juvéniles de *Stichopus vastus* dans le lagon de Pohnpei (États fédérés de Micronésie)

Jeff Kinch¹

Espèce : *Stichopus vastus*

Notes : Dans le cadre d'une évaluation de la culture d'éponges et de coraux à Pohnpei, plusieurs missions de terrain ont été organisées dans des villages côtiers et insulaires. Un grand nombre de juvéniles de *Stichopus vastus* ont été observés dans la partie nord-est du lagon de Pohnpei, adjacente à l'île de Pharewm. Tous les juvéniles se trouvaient dans environ un mètre d'eau (marée montante), dans des herbiers peu profonds, caractérisés par un substrat mou sablonneux.

Date de l'observation : 2 mars 2011 (~ 10h30)

Bibliographie

Byrne M., Rowe F. and Uthicke S. 2010. Molecular taxonomy, phylogeny and evolution in the family Stichopodidae (Aspidochirotida: Holothuroidea) based on COI and 16S mitochondrial DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56(3):1068–1081.



Stichopus vastus (image : Jeff Kinch).

¹ Directeur, Institut d'études halieutiques, Papouasie-Nouvelle-Guinée ; Courriel : jkinch@fisheries.gov.pg

Communications...

SCEAM : Espace de dialogue sur le renforcement de l'approche écosystémique appliquée à la gestion de la pêche d'holothuries

Steven W. Purcell et Alessandro Lovatelli

Les proportions pandémiques et critiques que prend la surpêche mettent en péril l'existence même des ressources en holothuries et le rôle vital qu'elles jouent dans la subsistance des pêcheurs du littoral (Toral-Granda et al. 2008). Ressource cruciale, les holothuries contribuent à atténuer le problème de pauvreté de plus de trois millions de pêcheurs de par le monde (Purcell et al. 2012). Elles sont exploitées dans tous les pays insulaires du Pacifique (Kinch et al. 2008) et constituent un produit d'exportation capital dans de nombreux pays (Anderson et al. 2011).

Dans l'optique de venir en aide aux responsables de la gestion halieutique, le Centre australien pour la recherche agricole internationale (ACIAR) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ont coordonné l'élaboration et la publication de manuels sur la gestion de la pêche d'holothuries (Lovatelli et al. 2004 ; Friedman et al. 2008 ; FAO 2010 ; Purcell 2010). Ces manuels nous offrent une « feuille de route » et des directives pour mieux développer et gérer la pêche des holothuries. Pour mieux aider encore les services des pêches, une stratégie a été mise au point afin que des ateliers soient organisés dans chaque grande région du monde où les holothuries sont exploitées par des artisans pêcheurs. Dans ce contexte, la FAO, l'ACIAR, le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) et l'Université Southern Cross se sont associés pour organiser en novembre 2011 le premier atelier régional consacré à l'approche écosystémique de la gestion des pêcheries d'holothuries (SCEAM, en anglais) dans la région Pacifique.

Étalé sur trois jours et demi, l'atelier visait à changer en profondeur les systèmes de gestion (mesures réglementaires et mesures adoptées par les organisations de gestion des pêches) dans 13 pays océaniques, en s'inspirant des approches préconisées dans les manuels de l'ACIAR et de la FAO. Au nombre des participants, on comptait des responsables de la gestion halieutique ou des hauts fonctionnaires des services des pêches chargés de la gestion de la filière bêche-de-mer. Chaque participant a répondu à une série de questions sur les régimes de gestion en place, les capacités nationales d'exécution réglementaire et de gestion, la participation des parties prenantes et les activités de pêche de la filière bêche-de-mer.

Au cours de l'atelier, Steven Purcell, Ian Bertram, Kalo Pakoa et Alessandro Lovatelli ont longuement évoqué la biologie des holothuries, les principes de gestion et les réglementations envisageables, les différentes options de gestion et l'élaboration de plans de gestion. Les participants se sont ensuite appuyés sur les manuels de l'ACIAR et de la FAO, ainsi que sur divers indicateurs, pour évaluer l'état de leurs stocks halieutiques ; ils ont arrêté les mesures réglementaires et de gestion les plus adaptées à leur contexte, et ont fixé et hiérarchisé leurs objectifs de gestion halieutique. Ils se sont également penchés sur quatre études de cas, ce qui leur a permis d'examiner de plus près les réglementations, les mesures de gestion et les difficultés rencontrées.

Cet atelier doit déboucher sur :

- la publication d'un ensemble de mesures réglementaires et de gestion, arrêtées par chaque participant, qui seront appliquées à la gestion des ressources en holothuries dans le pays concerné ;
- la publication d'un rapport de la FAO, qui fait la synthèse des conclusions de l'atelier ; et
- la publication d'un document décrivant les obstacles, les besoins, les pratiques de gestion et les solutions envisageables, pour les 13 pêcheries étudiées.

D'après l'enquête réalisée auprès des participants à l'issue de l'atelier, la durée de l'atelier a été jugée bonne, ni trop longue, ni trop courte, par la plupart des répondants. Ils sont nombreux à indiquer qu'ils repartent avec un nouveau bagage et tous affirment que leur participation à l'atelier les aidera à mieux gérer leur pêcherie. Indicateur de réussite de l'atelier, tous les participants ont indiqué qu'ils avaient changé d'avis sur la meilleure façon de gérer la pêche d'holothuries dans leurs pays respectifs.

À présent, des ateliers de ce type seront organisés dans d'autres régions du monde, à savoir l'océan Indien, l'Asie du Sud-Est et l'Amérique latine. Le prochain atelier, SCEAM océan Indien, devrait avoir lieu à Zanzibar, à la fin 2012, sous réserve de la disponibilité des financements.

Remerciements

L'atelier SCEAM Pacifique a été organisé avec le concours de la FAO, de l'ACIAR et de la CPS. La logistique a été financée par l'Université Southern Cross. Nous remercions l'ensemble des participants pour leurs réponses et leur engagement pendant l'atelier.

Bibliographie

- Anderson S.C., Flemming J.M., Watson R. and Lotze H.K. 2011. Serial exploitation of global sea cucumber fisheries. *Fish and Fisheries* 12:317–339.
- Friedman K., Purcell S., Bell J. and Hair C. 2008. Sea cucumber fisheries: a manager's toolbox. ACIAR Monograph No. 135. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 32 p. www.aciar.gov.au/publication/mn135
- Kinch J., Purcell S., Uthicke S. and Friedman K. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Pacific. p. 7–55. In: V. Toral-Granda, A. Lovatelli and M. Vasconcellos (eds). *Sea cucumbers: a global review on fisheries and trade*. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome, FAO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0254e/i0254e.pdf>
- Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. 2004. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. FAO, Rome, 425 p. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5501e/y5501e00.pdf>
- Purcell S.W. 2010. Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. Edited and compiled by Lovatelli A., Vasconcellos M. and Yimin Y. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 520. FAO, Rome. 157 p. www.fao.org/docrep/012/i1384e/i1384e.pdf
- Purcell S.W., Mercier A., Conand C., Hamel J.-F., Lovatelli A., Toral-Granda V. and Uthicke S. 2012. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries* DOI: 10.1111/j.1467-2979.2011.00443.x
- Toral-Granda V., Lovatelli A. and Vasconcellos M. (eds). 2008. *Sea cucumbers: a global review on fisheries and trade*. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome, FAO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0254e/i0254e.pdf>



Participants et animateurs de l'atelier SCEAM Pacifique, qui s'est tenu à Fidji du 15 au 18 novembre 2011.

Les excréments des holothuries participent à la protection des récifs coralliens

Maria Byrne¹

Source : Université de Sydney – <http://sydney.edu.au/news/84.html?newsstoryid=855930> – janvier 2012

Les holothuries tropicales pourraient bien jouer un rôle de premier plan dans la protection des récifs coralliens contre les effets dévastateurs du changement climatique. C'est en tout cas ce qu'affirment des scientifiques travaillant à One Tree Island, station de recherche de l'Université de Sydney située sur la Grande Barrière de corail.

« Nous avons découvert que les holothuries préservent en partie la croissance corallienne des effets délétères de l'acidification de l'océan », a déclaré le Professeur Maria Byrne, directrice de la station de recherche de One Tree Island.

« On a constaté que les excréments des holothuries, résultant de la digestion naturelle du sable qu'elles ingèrent, font grimper le pH des eaux récifales, contrecarrant ainsi l'impact de l'acidification de l'océan », affirme le Professeur Byrne.

Lorsque l'holothurie digère du sable, elle libère du carbonate de calcium (CaCO_3), composant clé dans la constitution des coraux. Pour survivre, les récifs coralliens doivent accumuler suffisamment de CaCO_3 pour compenser ou neutraliser les pertes occasionnées par l'érosion.

« Les recherches effectuées à One Tree Island montrent que, dans un système récifal en bonne santé, la dissolution des sédiments riches en carbonate de calcium par les holothuries et d'autres organismes responsables de la bioérosion semble contribuer de façon essentielle au renouvellement naturel des substrats carbonatés », poursuit le Professeur Byrne.

« L'ammoniac que rejettent les holothuries au cours de la digestion de sable vient enrichir les eaux environnantes, stimulant la croissance corallienne par un apport en nutriments », ajoute-t-elle.

Ces recherches, qui font l'objet d'un article paru récemment dans le *Journal of Geophysical Research*, ont été menées par un groupe international de scientifiques de l'Université de Sydney, du Carnegie Institute for Science (Stanford) et de plusieurs autres institutions qui s'intéressent aux effets du changement climatique sur les récifs coralliens.

Les holothuries figurent parmi les plus grands invertébrés marins des récifs tropicaux. Une trentaine d'espèces sont pêchées à des fins commerciales le long de la Grande Barrière de corail et dans l'ensemble des tropiques.

Et le Professeur Byrne d'ajouter : « Il nous faut de toute urgence comprendre quel est l'impact du prélèvement des holothuries et d'autres invertébrés sur la santé et la résilience des récifs, d'autant que l'avenir de ces derniers est aujourd'hui plus qu'incertain ».



Stichopus hermanni,
Île Lizard, Australie

¹ Professeur de biologie marine et développementale, Directrice adjointe de la station de recherche de One Tree Island, Faculté des sciences médicales et biologiques, Université de Sydney. Courriel : mbyrne@anatomy.usyd.edu.au

² <http://www.agu.org/journals/jgr/>

Résumés et nouvelles publications...

Present status of the commercial sea cucumber fishery off the north-west and east coasts of Sri Lanka

D.C.T. Dissanayake et G. Stefansson

Source : Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. DOI : 10.1017/S0025315411001019

Depuis des siècles, la pêche d'holothuries constitue une importante activité de subsistance pour les communautés de pêcheurs du littoral sri-lankais. Une étude réalisée en 2008 et en 2009 le long des côtes nord-ouest et est du Sri Lanka au moyen de comptages visuels en plongée et d'enquêtes dépendantes des pêcheries a permis d'examiner l'état des stocks de sept espèces d'holothuries d'intérêt commercial, leur niveau d'exploitation et leur mortalité. Au total, les holothuries étaient plus abondantes au nord-ouest qu'à l'est ($P < 0,01$). Cela dit, l'abondance totale, toutes espèces confondues, a baissé entre 2008 et 2009. Les pêcheurs professionnels ciblent principalement deux espèces nocturnes : *Holothuria spinifera* et *Thelenota anax*. *Holothuria spinifera* est l'espèce la plus représentée (73,2 %) dans le total des prises débarquées sur la côte nord-ouest, alors que *T. anax* est plus pêchée à l'est (93 %). Entre 2008 et 2009, on a enregistré une baisse tant des prises par unité d'effort que du total des prises débarquées, exception faite de trois espèces sur la côte nord-ouest (*H. spinifera*, *H. atra* et *Stichopus chloronotus*). Par ailleurs, dans les deux zones, on a constaté la présence d'individus immatures dans les prises, une diminution des débarquements d'espèces à forte valeur marchande et une modification des activités de pêche avec le temps. Deux méthodes (régression linéaire simple et modèles à effets aléatoires) ont été utilisées pour estimer la mortalité naturelle des holothuries et ont donné respectivement les valeurs suivantes : 0,50 an⁻¹ et 0,45 an⁻¹. S'il est vrai que ces informations viendront étayer la gestion des ressources locales en holothuries, elles permettront aussi d'actualiser les statistiques régionales et mondiales sur les holothuries et de mettre en place des dispositifs régionaux de gestion.

Habitat preference of sea cucumbers: *Holothuria atra* and *Holothuria edulis* in the coastal waters of Sri Lanka

D.C.T. Dissanayake et G. Stefansson

Source : Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. DOI : 10.1017/S0025315411000051

Malgré l'importance économique des holothuries, la somme de connaissances concernant l'écologie de nombreuses espèces et les facteurs influant sur leurs préférences écologiques est encore très limitée. En octobre 2008, des comptages visuels en plongée ont permis d'étudier la distribution et les habitats de prédilection de deux espèces d'holothuries (*Holothuria atra* et *H. edulis*) au large de la côte nord-ouest du Sri Lanka. La relation entre la densité de population de chaque espèce et différents paramètres relatifs à l'habitat (notamment la granulométrie moyenne du substrat, sa teneur en matières organiques (% du poids sec), en graviers (%), en limon-vase (%), et sa profondeur) a été analysée au moyen d'un modèle additif généralisé. Hormis le pourcentage de limon-vase, tous les paramètres considérés ont une influence significative ($P < 0,05$) sur les habitats occupés par *H. atra*. Les habitats d'herbier peu profonds (< 10 m), caractérisés par des sédiments contenant 2–3,5 % de matières organiques et 15–25 % de graviers et de sable grossier (0,7–1,2 mm) constituent l'habitat de prédilection de *H. atra*. De fortes densités de *H. edulis* ont été observées dans des zones rocailleuses peu profondes (< 10 m), riches en algues et en plantes marines. *H. edulis* affectionne généralement les mêmes substrats sédimentaires que *H. atra*, mais la teneur en matières organiques n'influe pas de manière significative sur le choix de ses habitats. Ces espèces semblent choisir les caractéristiques particulières de leurs habitats en fonction de leur mode d'alimentation et de leur besoin de protection. Il serait utile de mieux comprendre les préférences écologiques des holothuries afin d'améliorer la gestion des populations et le degré de précision des évaluations de stocks.

Potential influence of sea cucumbers on coral reef CaCO₃ budget: a case study at One Tree Reef

K. Schneider, J. Silverman, E. Woolsey, H. Eriksson, M. Byrne et K. Caldeira

Source : Journal of Geophysical Research, vol. 116 (2011). DOI : 10.1029/2011JG001755

Pour que les récifs coralliens perdurent, il faut que le taux de précipitation des carbonates de calcium (CaCO₃) soit supérieur ou égal au taux total d'érosion carbonatée induite par des facteurs mécaniques, biologiques et chimiques. Nous avons étudié le rôle que pourraient jouer les holothuries dans le maintien de l'équilibre calco-carbonique des récifs coralliens. Lorsqu'ils ingèrent des sables et gravats carbonatés, ces organismes détritivores les transforment dans leur tube digestif, provoquant la dissolution du CaCO₃. Lorsque *Stichopus hermanni* et *Holothuria leucospilota* ont été placés dans des aquariums, le titre alcalimétrique complet a augmenté respectivement de 97 ± 36 et de $47 \pm 18 \mu\text{mol kg}^{-1}$. Chez ces deux espèces, l'augmentation s'explique par une dissolution de CaCO₃ (respectivement 81 ± 34 et $34 \pm 16 \mu\text{mol kg}^{-1}$) et la libération d'ammoniac (respectivement 16 ± 4 et $14 \pm 4 \mu\text{mol kg}^{-1}$). D'après les recensements réalisés sur un site d'observation à long terme de la calcification des communautés coralliennes (DK13), situé à One Tree Reef, la densité de population des holothuries était d'environ un individu par m². Nous nous sommes appuyés sur ces données et les données d'autres études menées à Shark Alley pour estimer la fonction de dissolution du CaCO₃ des holothuries dans les deux sites étudiés. D'après les estimations, la population d'holothuries est responsable de près de 50 % de la dissolution nocturne de CaCO₃ à DK13, et de la quasi-totalité de cette dissolution nocturne à Shark Alley. Par conséquent, dans un récif en bonne santé, la dissolution des sédiments carbonatés par les organismes responsables de la bioérosion semble contribuer sensiblement au renouvellement naturel du CaCO₃ et à l'alcalinisation des eaux. Par effet tampon, cette augmentation de l'alcalinité pourrait en partie contrecarrer la modification du pH de la mer résultant de la hausse localisée de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, et ainsi réduire les effets de l'acidification de l'océan sur la croissance corallienne.

Putting into practice an ecosystem approach to managing sea cucumber fisheries

FAO

Source : FAO, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i1780e/i1780e00.htm>

Artisans pêcheurs et flottilles industrielles d'une grosse quarantaine de pays exploitent au total plus de soixante espèces d'holothuries. Ces organismes marins, situés au bas de la chaîne alimentaire, contribuent de façon essentielle au recyclage des nutriments et à la santé des sédiments dans les habitats marins. Proies faciles et vulnérables sur le plan biologique, les

holothuries ont vite été victimes de surexploitation dans la plupart des pays, au point où elles ont complètement disparu de certaines zones. Peu de pêcheries d'holothuries sont actuellement gérées dans une optique durable. Ces pêcheries présentent d'importantes disparités, qu'il s'agisse de l'échelle de leurs activités, de l'état des stocks ciblés ou des capacités des organismes de gestion. Le présent document fait la synthèse des principes généraux de gestion et du cadre générique de conception et de mise en œuvre des plans de gestion. Les responsables de la gestion peuvent ainsi s'appuyer sur quelques questions et des indicateurs simples pour choisir un train de mesures réglementaires et de gestion adapté pour les différentes pêcheries d'holothuries. La protection des stocks d'holothuries dans une perspective de court et de long terme doit s'appuyer sur une approche écosystémique de la gestion des pêches, fondée sur le principe de précaution et la participation de tous les intéressés. Pour qu'une telle approche aboutisse, il faut tenir compte de la productivité reproductive des stocks, de la santé des écosystèmes et des systèmes socioéconomiques sous-tendant l'exploitation.

Pour une copie papier, s'adresser à Alessandro Lovatelli, FAO, Rome. Alessandro.Lovatelli@fao.org

Endogenous and exogenous control of gametogenesis and spawning in echinoderms

A. Mercier et J.-F. Hamel

Source : *Advances in Marine Biology* 55:1–302 (2009)

Le cycle de reproduction de la plupart des échinodermes se caractérise par des variations temporelles, saisonnières ou autres, dont on estime qu'elles sont le résultat d'interactions complexes entre différents signaux endogènes et exogènes. On suppose que plusieurs facteurs écologiques, chimiques et hormonaux, agissant seuls ou par action combinée, directe ou indirecte, annoncent, stimulent ou modulent un ensemble de fonctions reproductives, du début de la gamétogenèse à l'expulsion gamétique. Déjà au XIX^e siècle, un nombre étonnant d'ouvrages scientifiques s'intéressaient aux facteurs régissant la reproduction des échinodermes. Ces travaux vont de l'observation fortuite du comportement de ces animaux marins à des analyses moléculaires, en passant par de complexes démonstrations expérimentales. Bien que les mécanismes exacts qui interviennent dans la perception des signaux externes et leur traduction en phénomènes de reproduction coordonnés restent un grand mystère chez la plupart des espèces, des progrès récents ont permis de regarder sous un nouvel éclairage le fruit de décennies de recherche. En compilant la littérature scientifique consacrée à ce sujet (plus de 1 000 références), en interprétant les principaux résultats, en analysant avec un regard critique les méthodes employées et en examinant les hypothèses nouvelles, nous entendons brosser un tableau plus clair des connaissances actuelles et ainsi jeter les bases des prochaines études sur les mécanismes qui sous-tendent les stratégies de reproduction des échinodermes, et par extension, d'autres invertébrés marins.

Sea cucumber aquaculture in the Western Indian Ocean: challenges for sustainable livelihood and stock improvement

H. Eriksson, G. Robinson, M.J. Slater et M. Troell

Source : *AMBIO*. DOI : 10.1007/s13280-011-0195-8

L'effondrement des pêcheries d'holothuries qui approvisionnent le marché asiatique des fruits de mer séchés a stimulé le développement de sites d'élevage d'holothuries partout dans le monde. Dans ce contexte, l'élevage et la production d'holothuries de sable tropicales (*Holothuria scabra*) ont donné des résultats mitigés. Dans l'océan Indien occidental, les villageois sont nombreux à tirer un revenu de la filière export de la bêche-de-mer. Cela dit, sur fond d'inquiétudes croissantes au sujet de l'épuisement des stocks, la région promeut aujourd'hui l'introduction d'écloseries et d'installations d'élevage de l'holothurie de sable afin d'offrir une activité économique aux populations et de reconstituer les stocks appauvris. La présente étude recense et examine un certain nombre de facteurs qui entravent ou influencent le développement de l'élevage des holothuries de sable dans la région. D'après les conclusions de l'étude, il convient d'approfondir l'examen des incidences potentielles de l'aquaculture des holothuries de sable, si l'on veut que ce secteur soit à la hauteur de ses ambitions, et d'améliorer l'évaluation des projets en cours. Dans l'entretemps, le principe de précaution est de mise pour toute nouvelle entreprise.

Résumés des exposés présentés au septième colloque scientifique international de la WIOMSA (Association des sciences de la mer de l'océan Indien occidental), tenu le 29 octobre 2011 à Mombasa (Kenya)

Strengthening capacity for the sustainable management of the sea cucumber fisheries of the Western Indian Ocean: perspectives and main results from the regional MASMA project

C. Conand et M. Nyawira

Environ 35 % du commerce mondial de la bêche-de-mer sont à mettre à l'actif des pêcheries d'holothuries de l'océan Indien. Dans l'océan Indien occidental, les holothuries sont principalement pêchées pour alimenter le marché à l'exportation, faire rentrer des devises étrangères et assurer, pour une bonne part, la subsistance des populations locales. Cela dit, l'essor démographique sur le littoral, la demande mondiale élevée de bêche-de-mer, l'aisance avec laquelle les holothuries sont prélevées dans les eaux côtières peu profondes et l'introduction du scaphandre autonome sont autant de facteurs qui, combinés, provoquent une surpêche de cette précieuse ressource. Malgré l'importance de cette ressource, très peu d'informations sont aujourd'hui disponibles sur la biologie et l'écologie des holothuries, or elles sont capitales pour la gestion des pêcheries. Pour remédier à ce déficit d'information, un projet, intitulé « Les holothuries, ressource côtière mal connue mais importante : analyses nationales et régionales destinées à améliorer la gestion des stocks dans l'océan Indien occidental », financé au titre du programme de subventions « Les sciences de la mer au service de la gestion » (MASMA), a été lancé en 2005. Le projet se composait des principaux volets suivants : inventaires des espèces et études écologiques ; évaluation de l'efficacité des aires marines protégées pour la gestion des ressources en holothuries ; études sur la biologie de la reproduction des principales espèces commercialisées ; études sur les paramètres socioéconomiques et la gestion de la pêche ; et formation à la taxonomie et à la biologie des holothuries. Pour les besoins de cet exposé, nous nous appuyons sur les statistiques nationales communiquées par les pays et des données provenant de sources diverses pour présenter un bilan actualisé des pêcheries d'holothuries dans l'océan Indien, en particulier sa partie occidentale. Plusieurs pays enregistrent une baisse des exportations et de nombreux indicateurs mettent en cause la surexploitation de la ressource. Les mesures de gestion adoptées à l'échelon national ou en projet ne suffisent généralement pas à protéger les stocks, encore victimes de nombreuses opérations de pêche illicite ou non

déclarée. Diverses propositions visant à renforcer les dispositifs nationaux de gestion sont présentées et des recommandations sont émises au sujet d'instruments régionaux et internationaux. Le rapport final du projet est publié dans la série documentaire de la WIOMSA.

Scales, mobility and learning: A regional perspective on management of sea cucumber fisheries

H. Eriksson, M. de la Torre Castro, O. Per et N. Kautsky

Dans l'ensemble de l'océan Indien occidental, les holothuries sont pêchées pour alimenter la filière export de la bêche-de-mer tournée vers les pays asiatiques. Les populations et nations côtières profitent de cette activité depuis déjà longtemps, mais il semble que les dispositifs de gestion n'aient pas évolué au rythme de l'expansion des pêcheries, comme en témoignent les nombreux cas déclarés de surpêche. En outre, faute de d'information sur l'écologie de la ressource et de données recueillies par les pêcheurs, il est difficile de prendre des décisions en toute connaissance de cause en matière de gestion. Nous entendons analyser ici l'échelle de la pêcherie et de la filière bêche-de-mer en nous appuyant sur des données recueillies au moyen de méthodes participatives et les résultats des recensements de stocks menés dans deux îles de la région (Zanzibar et Mayotte). Premièrement, nos résultats indiquent qu'en raison de la non gestion de la pêche à Zanzibar et de l'épuisement consécutif des stocks côtiers, une nouvelle pêcherie a vu le jour par-delà les limites du village « traditionnel » : il s'agit d'une pêcherie industrielle mobile qui cible de nouvelles zones, plus éloignées et profondes, avec du matériel de plongée autonome. Cette forme de braconnage itinérant sape l'activité des pêcheurs côtiers, mine les efforts engagés en faveur de la gestion de la ressource dans les pays voisins et met en péril l'écosystème. Par ailleurs, il semble que Zanzibar soutient un réseau commercial alimenté par les captures et les produits des quatre coins de la région. Cette situation illustre la dimension régionale de la pêcherie et appelle un dispositif régional de gestion. Deuxièmement, lorsque nous comparons la situation de Zanzibar à celle de Mayotte, où la pêche est soumise à un cadre réglementaire strict, nous constatons d'importants écarts en termes de valeur commerciale de la ressource. Sur la base de ces résultats, nous préconisons la mise en place d'un régime de gouvernance régionale et de mesures institutionnelles destinées à éradiquer la pêche illicite, et ce, afin de permettre une pleine contribution de la pêche d'holothuries à l'économie des villages et d'éviter une catastrophe écologique.

Community-led sea cucumber aquaculture in mainland Tanzania – drivers and expectations

S.J. Matt, Y. Mgaya et S.M. Stead

La présente étude vise à mettre en évidence les domaines de la connaissance socioéconomique où nous manquons actuellement de données pour que, d'une part, l'aquaculture puisse contribuer pleinement à la sécurité alimentaire et que, d'autre part, la science et la recherche stratégique viennent étayer la gestion durable des écosystèmes marins en Tanzanie. Aucune preuve empirique ne vient corroborer l'hypothèse que l'aquaculture peut constituer une activité économique attrayante et viable pour les communautés de pêcheurs, depuis toujours tributaires des écosystèmes marins pour leur subsistance. Nos conclusions mettent en rapport différentes variables (attitudes et perceptions de la population et facteurs socioéconomiques) pour déterminer dans quelle mesure les communautés sont disposées à se lancer dans l'holothuriculture. Des entretiens individuels ont été organisés avec les chefs de ménage de deux villages côtiers en zone périurbaine et d'un village côtier rural de Tanzanie (Buyuni, Kunduchi et Ununio – n = 299). Les données recueillies portent sur les moyens de subsistance, l'idée que se font les populations de la santé des ressources marines et des instruments de gestion, la situation économique, ainsi que la disposition à pratiquer l'aquaculture à des fins de subsistance. Le style et le niveau de vie, ainsi que neuf autres variables explicatives, ont été analysées afin d'apprécier la signification de leur pouvoir explicatif, à partir de l'ajustement d'un modèle de régression logistique sur la probabilité que les répondants sont disposés à pratiquer l'aquaculture. Ainsi, le sexe et l'occupation ont une influence significative sur la probabilité qu'un individu s'engage dans l'aquaculture. La probabilité d'engagement est sensiblement plus élevée chez les pêcheurs et les agriculteurs que chez les personnes s'adonnant à d'autres activités primaires, et plus élevée chez les hommes que chez les femmes. Chez les personnes intéressées, l'aspect lucratif constitue la principale motivation, mais leurs attentes économiques sont proches des estimations basses de revenus pour l'aquaculture en général. Alors que beaucoup se disent prêts à se lancer dans l'holothuriculture, moins de 5 % des répondants aimeraient voir leurs enfants travailler dans l'aquaculture plus tard, contre seulement 18 % pour la pêche, ce qui traduit une certaine mésesstime générale et/ou la perception qu'il n'y a pas d'avenir dans l'exploitation des ressources côtières. Pour que l'aquaculture devienne une activité économique à part entière au sein des communautés de pêcheurs, il faudra produire des recherches socioéconomiques qui reflètent les attitudes et perceptions des communautés ciblées et en tenir compte dans la prise de décision, afin que le cadre de gouvernance soit adapté au contexte auquel il s'applique et recueille une large adhésion des parties concernées.

Extraits d'affiches

Assessing spatial population structure of Seychelles sea cucumber stocks based on fishing effort, habitats, and refugia

K. Haruko, J. Robinson, P. Usseglio et A. Friedlander

Partout dans le monde, les holothuries sont surexploitées pour approvisionner la filière bêche-de-mer. Compte tenu de l'essor récent de la demande de bêche-de-mer et du fait que les holothuries sont une proie facile, les stocks locaux de nombreuses espèces sont à ce point épuisés que toute perspective d'exploitation commerciale a disparu. Grâce à son dispositif de suivi spatial de l'effort de pêche, la pêcherie d'holothuries des Seychelles nous offre l'occasion unique de mesurer l'incidence de la pêche sur la densité et la distribution des stocks. Le projet vise à sonder les eaux des grandes îles granitiques des Seychelles afin d'obtenir des données sur la structure/densité des stocks, les habitats et l'effort de pêche, sur plusieurs années consécutives, et de générer ainsi des modèles spatialement explicites de la dynamique des populations, utiles à la gestion des stocks. Aux Seychelles, les holothuries sont systématiquement pêchées par des plongeurs autonomes, d'où l'idée de créer un refuge naturel pour les populations résidant dans des profondeurs supérieures à 40 mètres. En outre, les Seychelles ont aménagé plusieurs aires marines protégées (AMP) autour de leurs îles. Ces circonstances nous offrent une occasion rare d'étudier l'impact de la pêcherie sur les ressources et l'effet des refuges. Pour les besoins du projet, plusieurs types et sources de données ont

été utilisés : fiches de pêche, données de surveillance des navires par satellite, ports, données sur les habitats, et enquêtes systématiques (indépendantes des pêcheries) pour chaque espèce d'intérêt commercial. Ces données ont été intégrées à un système d'information géographique à des fins d'analyse et de modélisation. La structure par taille et la densité des populations ont été analysées pour apprécier la relation avec les différents types d'habitats et l'intensité de la pêche. L'équipe du projet s'est également appuyée sur les données recueillies pour évaluer la qualité de la carte des habitats générée à partir de l'imagerie satellitaire hyperspectrale (Hyperion). Les résultats préliminaires de la première année de travail de terrain seront présentés.

Optimization of the sea cucumber farming within the Madagascar Holothurie SA company

T. Lavitra, P.G. Justin, J.C. Kit, O. Méraud, M.W. Rabenivanana et I. Eeckhaut

Holothuria scabra, communément appelée holothurie de sable, est l'une des espèces d'holothuries les mieux cotées et les plus appréciées des tropiques. Conséquence : elle est surexploitée dans la région Indo-Pacifique. Cela dit, d'après plusieurs études et projets, c'est aussi l'espèce qui se prête le mieux à l'aquaculture. Madagascar Holothurie SA (MHSA), première entreprise privée d'holothuriculture à Madagascar, travaille en collaboration avec les habitants des villages côtiers. Constituée en avril 2008, la société a pour objectif de produire 100 000 juvéniles de *H. scabra* chaque année. En trois ans d'existence, la société a optimisé plusieurs paramètres d'élevage, tant dans l'écloserie que dans les bassins de nourricerie. On peut notamment citer i) l'utilisation de gonades prélevées directement par des collecteurs dans les villages ; ii) la détermination de la densité d'élevage optimale pour chaque stade de développement de l'espèce ; iii) la sélection et le regroupement de la tête de lot dans un seul bac d'élevage pour la phase juvénile épibenthique ; iv) l'aménagement d'une serre au-dessus des bassins de nourricerie pendant la saison fraîche ; et v) la réduction de la couche de sédiments utilisée pour l'élevage des juvéniles endobenthiques. D'après les résultats, le rendement moyen est passé de 1 584 juvéniles de *H. scabra* par mois en 2008 à 3 738 juvéniles en 2009 et à 5 148 juvéniles en 2010. La société n'achète plus de stock géniteur depuis mai 2010. L'épaisseur de la couche de sédiments des bassins de nourricerie est passée de 4 centimètres en 2008 à 0,5 centimètre depuis avril 2010. Les résultats obtenus par MHSA en trois ans sont très prometteurs. La société cherche aujourd'hui à atteindre une production de niveau industriel et espère produire entre 4 et 5 millions de juvéniles de *H. scabra* les prochaines années.

Development of multi-stakeholder *Holothuria scabra* aquaculture forum in Madagascar: a promising tool to promote best practice and information sharing

A. Rougier et S. Peabody

Les structures villageoises d'élevage de l'holothurie *Holothuria scabra*, qu'on a vu apparaître pour la première fois en 2008 dans le sud-ouest de Madagascar, s'imposent de plus en plus comme un moyen de subsistance durable et viable qui représente une véritable alternative pour les communautés traditionnelles de pêcheurs de Vezo. Faisant suite à de multiples investissements dans l'écloserie de la capitale régionale, Toliara, ainsi que dans les enclos de grossissement aménagés dans les villages, et au renforcement des capacités, cet ambitieux projet d'aquaculture marine regroupe aujourd'hui un large éventail de parties prenantes œuvrant de concert au développement des techniques aquacoles requises afin de créer une activité économique viable pour les populations, mais aussi pour les investisseurs du secteur privé qui ont injecté des fonds dans l'écloserie. Compte tenu de la nécessité de coordonner les activités entreprises entre les différents acteurs, tant au niveau de l'écloserie que dans les villages, un espace de discussion régional a vu le jour afin de rassembler au sein d'un même forum tous les acteurs de l'holothuriculture dans la région, et de partager et de débattre des expériences menées, des enseignements tirés et des meilleures pratiques à engager aux différentes étapes du processus. Ce forum mensuel se présente sous la forme de débats ouverts et d'ateliers-tables rondes et offre aux acteurs de la filière un espace d'expression où ils peuvent échanger sur leurs expériences et les difficultés qu'ils rencontrent dans un secteur en pleine évolution. Le modèle qui recueille actuellement la faveur des parties prenantes pour l'élevage en milieu communautaire d'holothuries produites en écloserie est le fruit de multiples adaptations, ajustements et améliorations inspirés des expériences de l'ONG Blue Ventures, qui œuvre à la conservation des ressources, et de ses partenaires, et est désormais reproduit par d'autres acteurs dans la région. Le forum régional et son partage d'expériences permettent aux nouveaux venus de rapidement prendre connaissance des enseignements tirés de projets déjà en cours. L'expérience positive du forum d'holothuriculture de Toliara montre que ce mode de communication entre partenaires peut très bien être reproduit ailleurs, afin d'améliorer la gestion adaptative d'autres filières halieutiques et secteurs aquacoles à Madagascar et, plus largement, dans la région de l'océan Indien occidental.

Sea cucumber fishery in Seychelles – spatial expansion effect on populations

H. Koike, J. Robinson, P. Usseglio et A. Friedlander

Partout dans le monde, les holothuries sont surexploitées pour approvisionner la filière bêche-de-mer. Compte tenu de l'essor récent de la demande de bêche-de-mer et du fait que les holothuries sont une proie facile, les stocks locaux de nombreuses espèces sont à ce point épuisés que toute perspective d'exploitation commerciale a disparu. Grâce au dispositif public de suivi spatial de l'effort de pêche et des prises, la pêcherie d'holothuries des Seychelles nous offre l'occasion unique de mesurer l'incidence de la pêche sur la densité et la distribution des stocks. Le projet vise à sonder les eaux des grandes îles granitiques des Seychelles afin d'obtenir des données sur la structure par taille et la densité des stocks, ainsi que sur les préférences écologiques de chaque espèce. L'équipe du projet a tiré des journaux de pêche des données relatives à l'effort de pêche afin d'évaluer la relation entre intensité de pêche et diverses variables. Les données sur les prises débarquées ont également été couplées aux données sur l'effort de pêche pour évaluer l'effet de l'expansion spatiale de la pêcherie. Une analyse canonique de Correspondance (CCA) a montré que les holothuries de sable et les holothuries blanches à mamelles s'établissent de préférence dans des zones sablonneuses, tandis que les holothuries noires à mamelles optent pour des débris coralliens. L'analyse a également révélé que les pêcheurs préfèrent cibler les habitats sablonneux et capturent donc plus d'holothuries blanches à mamelles, information corroborée par les déclarations de prises. On peut conclure de la gradation non métrique multidimensionnelle que les holothuries noires à mamelles de grande taille résident dans des eaux plus profondes, moins ciblées par les pêcheurs. En outre, l'analyse des journaux de pêche a montré que l'augmentation des prises était compensée par le développement spatial de l'effort de pêche.

Community based *Holothuria scabra* farming in South West of Madagascar: lessons learned and improvement of approaches of Blue Ventures' project

A. Rougier, S. Peabody et S. Benbow

Le sud-ouest de Madagascar a accueilli les premiers essais d'holothuriculture communautaire de l'océan Indien occidental, fruit d'un partenariat de recherche universitaire entre l'Université de Mons-Hainaut, l'Université de Toliara et l'Université Libre de Bruxelles. Ce partenariat a permis de construire la première éclosérie d'holothurie de sable (*Holothuria scabra*) de la région. En partenariat avec MHSA, société dérivée du projet de recherche et titulaire du brevet sur les méthodes *in vitro* développées en éclosérie pour l'élevage des juvéniles de *H. scabra*, l'ONG Blue Ventures, qui œuvre à la conservation des ressources, a lancé en 2008 un premier projet d'aquaculture communautaire, visant notamment l'aire marine sous gestion locale de Velondriake. L'introduction de l'aquaculture marine dans la zone protégée vise à offrir aux populations locales une alternative viable et lucrative à la pêche. Au cours des deux premières années de mise en œuvre du projet, l'ONG s'est assuré un soutien solide en faveur de l'élevage de *H. scabra* dans les villages de la zone, et a recensé les difficultés techniques et socioéconomiques du modèle initial d'aquaculture communautaire. Maintenant que de nouveaux financements ont été obtenus pour l'expansion du projet à Velondriake jusque 2013 au moins, différents partenaires cherchent à mettre à profit les bonnes pratiques d'élevage définies au cours du projet initial et à surmonter les difficultés rencontrées lors des essais préliminaires, notamment en mettant au point des outils de prévention du braconnage et en intégrant mieux l'holothuriculture à l'activité économique des communautés côtières de la région. Un modèle aquacole amélioré est ainsi né du dispositif de gestion adaptative retenu, fondé sur une analyse permanente des problèmes rencontrés par les chercheurs et les techniciens de Blue Ventures, de la démarche participative employée pour faire participer les populations à tous les aspects du projet et d'un dialogue nourri avec l'ensemble des parties prenantes. Ce nouveau système de production, amélioré en continu, ouvre des perspectives économiques durables et prometteuses pour les aquaculteurs des villages et peut être reproduit dans de nombreuses zones côtières de la région.

Thèse de doctorat

Assessment and management of sea cucumber resources in the coastal waters of Sri Lanka

Doctorant : D.C.T. Dissanayake (Directeur de thèse : Gunnar Stefansson)

La présente thèse vise à évaluer l'état des stocks des espèces d'holothuries d'intérêt commercial dans les eaux côtières du Sri Lanka, ainsi que les différentes mesures de gestion pouvant être envisagées pour en garantir l'exploitation durable. L'évaluation des stocks s'est faite au moyen de comptages visuels en plongée et d'enquêtes dépendantes des pêcheries, effectuées dans les eaux des côtes est et nord-ouest du Sri Lanka en 2008 et en 2009. Sur les 25 espèces d'holothuries identifiées, 21 espèces revêtent une importance économique et 11 d'entre elles apparaissent de façon majoritaire dans les prises commerciales. L'abondance totale des holothuries est plus élevée sur la côte nord-ouest ($62,3 \times 106$) que sur la côte est ($11,9 \times 106$), et les espèces à faible valeur marchande sont majoritaires dans les deux zones recensées. *Holothuria edulis* enregistre la plus forte abondance en termes d'effectif, tandis qu'*Holothuria atra* a la biomasse totale la plus élevée. Dans les deux régions, la pêche commerciale vise principalement deux espèces nocturnes : *Holothuria spinifera* et *Thelenota anax*. Les prises débarquées sont dominées par *H. spinifera* sur la côte nord-ouest avec 73 % du total et par *T. anax* sur la côte est avec 93 % du total. D'après les estimations de la densité, tous les stocks d'holothuries des eaux côtières sri-lankaises sont dans un état critique ($< 30 \text{ ind. ha}^{-1}$), à l'exception de trois stocks (*H. atra*, *H. edulis* et *H. spinifera*) sur la côte nord-ouest et d'un stock (*H. edulis*) sur la côte est.

Les attributs biologiques de *H. atra* et de *H. edulis*, espèces qui pourraient très bien alimenter de futures pêcheries, ont été étudiés plus avant. D'importantes densités de *H. atra* ont été observées dans des herbiers peu profonds ($< 10 \text{ m}$), tandis que *H. edulis* est une espèce communément observée sur les platiers récifaux et les habitats rocaillieux peu profonds. Si ces deux espèces élisent domicile dans des sédiments dont la granulométrie moyenne (0,7–1,2 mm) et la teneur en graviers (15–25 %) sont proches, elles n'optent pas pour la même teneur en matières organiques, si bien qu'elles occupent des niches écologiques distinctes. L'étude de la biologie de la reproduction de *H. atra*, fondée sur le calcul d'indices gonadosomatiques et l'examen histologique des gonades, a révélé que la gamétogenèse est un phénomène synchrone, à caractère saisonnier, avec quelques variations asynchrones entre individus. Par ailleurs, la population est active sexuellement tout au long de l'année et connaît un pic de ponte en avril et en octobre. Le principal épisode de ponte s'est déroulé lorsque les températures étaient maximales et la taille à la maturité sexuelle de *H. atra* était de 16 centimètres.

Les estimations de la mortalité naturelle moyenne (M) des holothuries sont un résultat important de l'étude. Deux méthodes (régression linéaire simple et modèle à effets aléatoires) ont été retenues et ont donné les résultats suivants : $0,50 \text{ an}^{-1}$ et $0,45 \text{ an}^{-1}$, respectivement. Le modèle à effets aléatoires a prédit une mortalité naturelle (M) inférieure chez les espèces nocturnes.

Un certain nombre de mesures de gestion ont été envisagées, notamment la restriction de l'exploitation de certaines espèces d'intérêt commercial, la fixation d'un total autorisé de captures (TAC), l'imposition d'une taille minimale autorisée pour les prises débarquées (en particulier pour les espèces très abondantes), la mise en place d'un dispositif de suivi systématique, la déclaration des prises débarquées par les pêcheurs professionnels et l'aménagement d'aires marines protégées. Un modèle de biomasse apparente multizone a servi à concevoir les AMP de la côte est du Sri Lanka et il semble que la gestion de l'espace par le biais de réserves marines peut contribuer à la reconstitution des populations d'holothuries extrêmement appauvries. Les informations recueillies au cours de l'étude seront non seulement utiles à la gestion des ressources locales en holothuries, mais aussi à la mise à jour des statistiques régionales et mondiales sur les prises d'holothuries, et elles viendront étayer la mise en œuvre de programmes régionaux de gestion.

Mémoire de master

Estimation des stocks d'holothuries commerciales dans le lagon de Moorea et recommandations de gestion associées

Marine Preuvost, Université de Perpignan Via Domitia

Les holothuries sont consommées par les populations asiatiques depuis l'Antiquité et sont pêchées dans de nombreuses îles du Pacifique. Dans le lagon de Moorea, cinq espèces sont aujourd'hui exploitées. Une étude a permis d'estimer les effectifs

des stocks. Les holothuries ont été recensées dans le lagon, la crête récifale et les passes, le long de transects. Afin d'établir une corrélation entre le nombre d'individus et la biomasse, les rapports taille-poids extraits de la littérature scientifique ont été utilisés, hormis pour *Bohadschia argus*, espèce pour laquelle le rapport taille-poids a été déterminé en collaboration avec le grossiste de Moorea. Les préférences écologiques de chaque espèce ont également été étudiées. L'ensemble de données ainsi obtenu constitue une base de conseil pour la pérennisation de la ressource marine. Ainsi, des quotas (en kg de poids éviscéré par année) et des tailles minimales autorisées de capture (en cm) ont été recommandés : *Bohadschia argus* (11 430 kg, 35 cm), *Thelenota ananas* (6 kg, 30 cm), *Holothuria fuscogilva* (241 kg, 35 cm), *Holothuria whitmaei* (52 kg, 30 cm) et *Actinopyga mauritiana* (75 kg, 17 cm). Ces recommandations pourraient être incluses dans le Plan de gestion de l'espace maritime (PGEM) de Moorea. Des restrictions et réglementations concernant les engins de pêche sont aussi préconisées pour tous les acteurs de la filière.

Les publications de Michel Jangoux au sujet des holothuries

1. Massin C. et Jangoux M. 1976. Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *Holothuria poli* et *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea) et comportement alimentaire de *H. tubulosa*. Cahiers de Biologie marine 17:45–59.
2. Massin C., Jangoux M. et Sibuet M. 1978. Description d'*Ixoreis psychropotae*, nov. gen., nov. sp., coccidie parasite du tube digestif de l'holothurie abyssale *Psychropotes longicauda* Théel. Protistologica 14:253–259.
3. Bouland C., Massin C. and Jangoux M. 1982. The fine structure of the buccal tentacles of *Holothuria forskali* D. Chiaje (Echinodermata, Holothuroidea). Zoomorphology 101:133–149.
4. Vandenspiegel D. and Jangoux M. 1987. Cuvierian tubules of the holothuroid *Holothuria forskali* (Echinodermata): a morphofunctional study. Marine Biology 96:263–275.
5. Vandenspiegel D. et Jangoux M. 1988. Les tubes de Cuvier d'*Holothuria mammata* Grube 1840 (Holothuroidea, Echinodermata). Annales de la Société royale zoologique de Belgique 118(2):191–198.
6. Bulteel P. et Jangoux M. 1989. Dynamique de population de l'holothurie *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) en baie de Naples: observations préliminaires. Vie marine, Marseille, H.S. 10:107–115.
7. Jangoux M., De Ridder C., Massin C. and Darsono P. 1989. The holothuroids, echinoids and asteroids (Echinodermata) collected by the Snellius-II Expedition. Netherlands Journal of Sea Research 23(2):161–170.
8. Jans D. et Jangoux M. 1989. Structure fine et fonction des canalicules coelo-rectaux chez *Leptosynapta inhaerens* (Holothuroidea, Echinodermata). Vie marine, Marseille, H.S. 10:54–61.
9. Jans D. and Jangoux M. 1989. Functional morphology of vibratile urnae in the synaptid holothuroid *Leptosynapta inhaerens* (Echinodermata). Zoomorphology 109:165–171.
10. Kroll A. et Jangoux M. 1989. Les grégarines (Sporozoa) et les umagillides (Turbellaria) parasites du coelome et du système hémal de l'holothurie *Holothuria tubulosa*, Gmellin (Echinodermata). Vie marine, Marseille, H.S. 10:193–204.
11. Van Den Spiegel D. et Jangoux M. 1989. Sur la symbiose entre le pinnothéride *Pinnotheres villosissimus* (Crustacea, decapoda) et l'holothurie *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata). Vie marine, Marseille, H.S. 10:205–213.
12. Vandenspiegel D. et Jangoux M. 1989. La symbiose entre poissons Carapidae et holothuries autour de l'île de Laing (Mer de Bismarck, Papouasie Nouvelle-Guinée). Indo-Malayan Zoology 6:223–228.
13. Bulteel P., Jangoux M. et Coulon P. 1990. Essai d'estimation de la croissance de l'holothurie *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) en aquarium. p. 155–158. In : C. De Ridder, Ph. Dubois, M.C. Lahaye and M. Jangoux (eds). Echinoderm Research. Balkema : Rotterdam.
14. Canticatti C., Jans D. and Jangoux M. 1990. Enrichment in different categories of *Holothuria poli* coelomocytes by centrifugation on Na-Metrisoate gradient. Bollettino di Zoologia 57:267–270.
15. Ghyoot M., Jangoux M. et Van Impe E. 1990. Composition biochimique et contenu énergétique du tégument de l'holothurie *Neopentadactyla mixta* (Echinodermata). p. 171–175. In: C. De Ridder, Ph. Dubois, M.C. Lahaye and M. Jangoux (eds). Echinoderm Research. Balkema: Rotterdam.
16. Jans D. et Jangoux M. 1990. Structures fines des sphérulocytes de l'holothuride *Holothuria tubulosa*. p. 261–267. In : C. De Ridder, Ph. Dubois, M.C. Lahaye and M. Jangoux (eds). Echinoderm Research. Balkema : Rotterdam.
17. Coulon P. and Jangoux M. 1991. Rate and rythm of feeding of the holothuroid *Holothuria tubulosa* in the seagrass beds of the Island of Ischia (Bay of Naples, Italy). p. 573–582. In: B.F. Keegan (ed). Space and Time Series Data Analysis in Coastal Benthic Ecology. CCE Publications: Brussels.
18. Alvà V. and Jangoux M. 1992. Brooding and marsupium structure in the cucumariid holothuroid *Neocnus incubans* (Echinodermata). p. 121–123. In: L. Scalera-Liaci and C. Canticatti (eds). Echinoderm Research 1991. Balkema: Rotterdam.
19. Bulteel P., Coulon P. and Jangoux M. 1992. Biometry bathymetric distribution and reproductive cycle of the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean seagrass beds. P.Z.S.N.I. Marine Ecology 13(1):53–62.
20. Bulteel P., Coulon P. et Jangoux M. 1992. Densité de population des espèces dominantes d'échinodermes dans l'herbier de posidonies du Lacco Ameno (Ile d'Ischia, Italie): observations préliminaires. p. 181–183. In : L. Scalera-Liaci and C. Canticatti (eds). Echinoderm Research 1991. Balkema : Rotterdam.
21. Coulon P., Jangoux M. and Bulteel P. 1992. Respiratory rate and assessment of secondary production in the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean seagrass beds. P.Z.S.N.I. Marine Ecology 13(1):63–68.
22. Jans D. and Jangoux M. 1992. Rejection of intracoelomic invading material by *Leptosynapta inhaerens* (Echinodermata, Holothuroidea): a process of ecological significance? P.Z.S.N.I. Marine Ecology 13:225–231.
23. Coulon P. and Jangoux M. 1993. Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed. Marine Ecology Progress Series 92:201–204.
24. Vandenspiegel D. and Jangoux M. 1993. Fine structure and behaviour of the so-called Cuvierian organs in the holothuroid genus *Actinopyga* (Echinodermata). Acta Zoologica (Stockholm) 74:43–50.
25. Vandenspiegel D., Flammang P., Fourmeau D. and Jangoux M. 1995. Fine structure of the dorsal papillae in the *Holothuria forskali* (Echinodermata). Tissue and Cell 27(4):457–465.

26. Jans D., Dubois Ph. and Jangoux M. 1996. Defensive mechanisms of holothuroids (Echinodermata): formation, role and fate of intracoelomic brown bodies in the sea cucumber *Holothuria tubulosa*. *Cell and Tissue Research* 283:99–106.
27. Vandenspiegel D., Geronez-Lecomte A. and Jangoux M. 1998. Ultrastructure of the ciliated cups of a synaptid holothuroid, *Leptosynapta galliennei* (Echinodermata). *Invertebrate Biology* 11(3):253–260.
28. Warnau M., Temara A., Ameye L. and Jangoux M. 1998. The excretory function of the posteriormost part of the echinoid and holothuroid gut (Echinodermata). *Comparative Biochemistry and Physiology* 120:687–691.
29. Vandenspiegel D., Jangoux M. and Flammang P. 2000. Maintaining the line of defense: regeneration of Cuvierian tubules in the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Biology Bulletin* 198:34–49.
30. Flammang P., Ribesse J. and Jangoux M. 2002. Biomechanics of adhesion in sea cucumber Cuvierian tubules (Echinodermata, Holothuroidea). *Integrative Comparative Biology* 42(6):1107–1115.
31. Demoor S., Waite J.H., Jangoux M. and Flammang P. 2003. Characterization of the adhesive from cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Marine Biotechnology* 5(1):45–57.
32. Doignon G., Jangoux M., Feral J.-P. and Eeckhaut I. 2003. Seasonal release of the egg capsules of *Anoplodium parasita* Schneider, 1858, intracoelomic turbellarian (Platyhelminthes, Rhabdocoela) symbiotic of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 (Echinodermata, Holothuroidea). p. 261–265. In: J.-P. Feral and B. David (eds). *Echinoderm Research 2001*. Swets and Zeitlinger, Lisse.
33. Demoor S., Waite J.H., Jangoux M. and Flammang P. 2003. Characterization of the adhesive from cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Marine Biotechnology* (1):45–57.
34. Doignon G., Jangoux M., Feral J.-P. and Eeckhaut I. 2003. Seasonal release of the egg capsules of *Anoplodium parasita* Schneider, 1858, intracoelomic turbellarian (Platyhelminthes, Rhabdocoela) symbiotic of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 (Echinodermata, Holothuroidea). p. 261–265. In: J.-P. Feral and B. David (eds). *Echinoderm Research 2001*. Swets and Zeitlinger, Lisse.
35. Flammang P. 2003. The glue of sea cucumber Cuvierian tubules: a novel marine bioadhesive. In: *Marine Biotechnology: An overview of leading fields*. S. Collic-Jouault, J.P. Bergé, J. Guézennec, J. Fleurence, Y. Le Gal and P. Roy (eds). Ed. Ifremer, Actes Colloq. 36:176–185.
36. Becker P., Gillan D., Lanterbecq D., Jangoux M., Rasolofonirina R., Rakotovo J. and Eeckhaut I. 2004. The skin ulceration disease in cultivated juveniles of *Holothuria scabra* (Holothuroidea, Echinodermata). *Aquaculture* 242:13–30.
37. 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: A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel and A. Mercier (eds). *Advances in sea cucumber Aquaculture and Management*. FAO Fisheries Technical Paper N° 463.
38. Rasolofonirina 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: A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel and A. Mercier (eds). *Advances in sea cucumber Aquaculture and Management*. FAO Fisheries Technical Paper N° 463.
39. Rasolofonirina R. et Jangoux M. 2005. Apparition et développement des éléments squelettiques chez les larves et les juvéniles épibiontes de *Holothuria scabra*. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 22:6–10.
40. Rasolofonirina R., Vaïtilingon D. and Jangoux M. 2005. Reproductive cycle of edible echinoderms from the Southwestern Indian Ocean. II. The sandfish *Holothuria scabra*. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 4(1):61–75.
41. Eeckhaut I., Lavitra T., Rasolofonirina R., Rabenevanana M.W., Gildas P. et Jangoux M. 2009. Madagascar Holothurie SA : la première entreprise commerciale axée sur l'aquaculture des holothuries à Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 28:22–23.
42. Lavitra T., Rachele D., Rasolofonirina R., Jangoux M. et Eeckhaut I. 2009. Traitement et commercialisation des holothuries dans la région de Toliara, au sud-ouest de Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 28:24–33.
43. Lavitra Th., Rasolofonirina R., Jangoux M. et Eeckhaut I. 2009. Problèmes liés à l'élevage aquacole d'*Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS* 29:20–30.
44. Lavitra Th., Rasolofonirina R., Grosjean P., Jangoux M. and Eeckhaut I. 2009. The effect of food quality and rearing density on the growth and survival of epibenthic juveniles of the sea cucumber *Holothuria scabra*. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 8(1):87–95.
45. Leonet A., Rasolofonirina R., Wattiez R., Jangoux M. and Eeckhaut I. 2009. A new method to induce oocyte maturation in holothuroids (Echinodermata). *Invertebrate Reproduction and Development* 53(1):13–21.

© Copyright Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 2012

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 et français

Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, Cellule information halieutique
B.P. D5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie
Téléphone : +687 262000 ; Télécopieur : +687 263818 ; Courriel : cfpinfo@spc.int
Site Internet : <http://www.spc.int/coastfish/Indexf/index.html>