

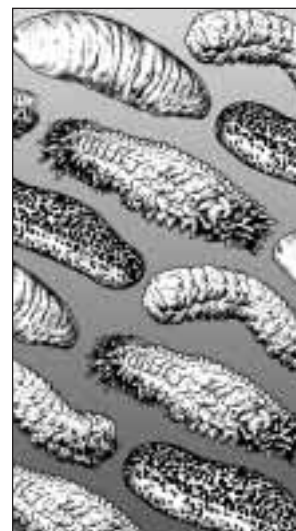


Secrétariat général de
la Communauté du Pacifique

LA BÊCHE-DE-MER

Numéro 14 – Janvier 2002

BULLETIN D'INFORMATION



Rédacteur en chef: Chantal Conand, Université de la Réunion, Laboratoire de biologie marine, 97715 Saint-Denis Cedex, La Réunion, France. Fax: +262 938166; [chantal.conand@univ-reunion.fr] — **Production :** Section information, Division des ressources marines, CPS, B.P. D5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie. Fax: +687 263818; [cfp.info@spc.int] — **Imprimé avec le concours financier de la France et de l'Australie**

Éditorial

Voici le numéro 14 du Bulletin. J'aimerais profiter de cette occasion pour remercier tous ceux qui ont déjà contribué au bulletin et vous demander de participer activement à son amélioration, beaucoup d'entre vous ayant déjà témoigné que le Bulletin leur est utile.

La présentation en est toujours en sections 1) informations nouvelles, 2) courrier, 3) publications. Vous paraît-elle satisfaisante ? Souhaitez-vous d'autres rubriques ? Vos suggestions et réflexions sont nécessaires pour faire progresser ce Bulletin.

Dans la section informations nouvelles, les rubriques "observation de ponte *in situ*" et "observation de reproduction asexuée par scission" ont reçu un accueil favorable avec deux articles originaux (p. 27 et p. 25).

Beaucoup d'articles se rapportent à l'aquaculture des holothuriers dans ce numéro, plus particulièrement des synthèses (p. 6 et p. 14) et un article sur une nouvelle éclosion à Madagascar (p. 2). Vous y trouverez aussi d'autres contributions sur les Galapagos (p. 23) et le marché de Singapour (p. 13).

Les précédents Bulletins sont mis sur le web par la CPS à l'adresse <http://www.spc.int/coastfish>. Le bulletin "Echinoderms Newsletter" est lui aussi disponible sur le web à l'adresse <http://www.nmnh.si.edu/iz/echinoderm>

Une liste (forum) informatique sur les échinodermes a aussi été créée à la suite du Congrès International de Dunedin. Vous pouvez souscrire en contactant sabine.stohr@nrm.se ou en envoyant un e-mail à listserv@nrm.se avec dans la première ligne du message SUBSCRIBE ECHINODERM-L votre nom votre prénom; aucun autre texte svp.

Chantal Conand

Sommaire

Un projet pilote d'éclosion et de mariculture d'holothuries à Tuléar, Madagascar

par M. Jangoux et al. p. 2

Les effets de la disponibilité en nourriture sur le début de la croissance, le développement et la survie de l'holothurie *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuridea)

par A.D. Morgan p. 6

Le marché de détail de l'holothurie de Singapour

par C. Conand p. 13

Le point sur les méthodes de reproduction et d'élevage de l'holothurie de sable

par R. Pitt p. 19

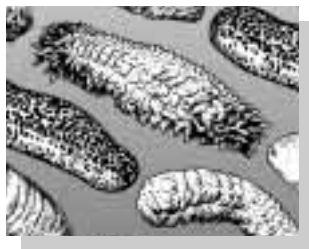
La pêche des Galapagos : une menace ou une opportunité de conservation pour les holothuries ?

par P.C. Martinez p. 23

La reproduction asexuée par scission transversale chez *Stichopus chloronotus*

par S. Uthicke p. 25

etc . . .



informations la bêche-de-mer nouvelles

Un projet pilote d'écloserie et de mariculture d'holothuries à Tuléar (Madagascar)

Michel Jangoux^{1,2,3}, Richard Rasoforinina^{1,3}, Devarajen Vaitilingon^{1,3}, Jean-Marc Ouin^{1,3}, Guy Seghers^{1,3}, Edouard Mara^{3,4} et Chantal Conand⁵

Ce projet est né d'un constat récent et très alarmiste de l'existence d'une surexploitation généralisée pouvant entraîner à court terme l'éradication des ressources en échinodermes (particulièrement en holothuries) sur toute la côte Ouest de Madagascar (Conand 1998 ; Conand et al. 1997).

La collecte d'holothuries (concombres de mer) à marée basse ou en plongée libre est une activité traditionnelle à Madagascar (Rasolofonirina & Conand 1998). La production de trévang à Madagascar existe depuis le début du siècle, le produit était alors intégralement exporté vers l'Indochine. Dès 1990, le marché a connu une véritable explosion et les prises culminèrent en 1994 avec quelque 650 t de trévang exportés vers Singapour et Hong Kong. À raison de 4 000 US \$ la tonne (valeur "officielle"), cela a correspondu à une rentrée globale de plus de 2,6 millions US \$. (Plus concrètement cela signifie que la récolte de 10 kg d'holothuries de bonne qualité rapportent directement entre 1 et 2 euros aux pêcheurs ; au temps où les ressources étaient abondantes, plusieurs centaines de kg pouvaient être récoltées en un seul jour, soit un revenu de 25 à 50 euros... dans un pays où le salaire mensuel actuel d'un ouvrier est de quelque 40 euros !). Depuis 1995, si la demande sur le marché international reste forte voire s'accroît, on note une baisse sensible de la qualité du trévang malgache conséquence de la raréfaction des espèces nobles, de la récolte accrue d'espèces à faible valeur commerciale et de la diminution des tailles des spécimens récoltés (Conand 1999). De 650 t en 1994 l'exportation de

trévang est passé à 320 t en 1996 ce qui reflète la baisse sensible des ressources disponibles. Depuis 1996, les zones de collectes se sont nettement élargies par l'utilisation (illégal) de bouteilles de plongée pour la récolte d'individus (Maillaud 1999). Non seulement cette technique accélère le processus de disparition de la ressource, mais elle est aussi responsable de nombreux accidents mortels ou définitivement invalidants dus à l'impréparation de récolteurs à cette pêche particulière.

La situation est telle que, si aucune action n'est entreprise, on court à la catastrophe tant sur le plan humain qu'écologique. Sur le plan humain, la raréfaction, voire la disparition, d'une ressource à haute valeur à l'exportation ne peut qu'entraîner la paupérisation et la déstabilisation des communautés villageoises de la côte Ouest malgache qui ont progressivement axé leurs activités sur l'exploitation du produit "trévang". Sur le plan écologique, on sait que les holothuries sont un des éléments essentiels dans la pérennisation des écosystèmes littoraux en régions tropicales ; ce sont en effet des organismes macro-détritivores qui consomment et utilisent pour leur propre édification les déchets organiques divers (excréments, cadavre, mues) naturellement déposés dans l'écosystème.

À terme, le projet mené à Tuléar devrait aboutir à assurer la formation de personnels spécialisés dans la production et le contrôle de la ressource holothurie ainsi qu'à l'apprentissage, par les acteurs du projet d'abord et les personnels formés ensuite, des communautés villageoises holothu-

1. Service de Biologie marine, Université Libre de Bruxelles, 1050 Bruxelles, Belgique.
2. Service de Biologie marine, Université de Mons-Hainaut, 7000-Mons, Belgique.
3. Aqua-lab, c/o IH.SM, Université de Tuléar, 601-Tuléar, Madagascar.
4. Institut halieutique et des sciences marines (IH.SM), Université de Tuléar, 601-Tuléar, Madagascar.
5. Laboratoire d'Écologie marine, Université de la Réunion, 97715-Saint Denis, La Réunion.

ries-dépendantes aux méthodes assurant *in situ* le grossissement des espèces d'intérêt économique.

La rencontre de cet objectif de formation passe par l'acquisition de la capacité de produire en routine — par l'application de méthodes simples, reproductibles et suffisamment rapides — d'holothuries de taille commercialisable et à haute valeur marchande à partir de spécimens juvéniles produits en éclosérie. Ceci implique, dans un premier temps, l'édification d'une telle éclosérie et l'acquisition de la maîtrise de tous les événements pré-juvéniles du cycle de vie de la ou des espèces exploitées (fécondation, développement embryonnaire, croissance larvaire, métamorphose et organogénèse immédiatement post-métamorphique) pour ensuite, dans un second temps, installer sur un site adéquat une ferme pilote dévolue à la caractérisation, au contrôle et à l'optimisation des processus impliqués dans le grossissement (i.e. la croissance) des individus en milieu naturel.

Les deux phases de ce projet (éclosérie et grossissement) seront nourries par une expérience de trente ans en matière de recherche en biologie d'échinodermes acquise par les biologistes marins des Universités de Bruxelles et de Mons (Belgique) (Jangoux & Lawrence 1982 ; Coulon & Jangoux 1993 ; Gosselin & Jangoux 1996 ; Grosjean et al. 1996) et de l'Université de La Réunion (France). On leur doit de nombreux travaux sur l'élevage et la biologie des larves ainsi que sur les cycles vitaux, les cycles reproducteurs et les rythmes d'alimentation des échinodermes adultes, particulièrement des holothuries.

L'action en cours est financée par la Coopération Universitaire pour le Développement (CUD) de Belgique et s'articule sur un partenariat triple associant les Université de Bruxelles et de Mons et l'Université malgache de Tuléar, avec l'aide (consultance) de l'Université de La Réunion. Elle a débuté au printemps 1999, est prévue pour 4 ans (1999–2003) et consiste en l'installation d'abord, la gestion scientifique ensuite d'une éclosérie pour la production en masse de juvéniles de l'holothurie *Holothuria scabra* (et de l'oursin *Tripneustes gratilla*) à partir de géniteurs issus du milieu naturel. Une fois acquise la maîtrise de cette production, il s'agira d'utiliser les juvéniles pour le grossissement, c'est-à-dire la production en mariculture d'individus exploitables commercialement. L'aboutissement du projet éclosérie — prévu courant 2002 — devrait permettre le lancement du second projet qui consistera en l'installation d'une ferme pilote pour le grossissement.

Le constat est simple : la ressource ne peut que se raréfier et disparaître à terme si on en poursuit l'exploitation au rythme actuel, et seule une acti-

tivité maricole peut sauver la situation en "doublant" le processus de formation des populations sauvages par la production en fermes d'individus exploitables commercialement (optimisation du grossissement des juvéniles). Les juvéniles étant eux-mêmes produits en éclosérie, cela devrait générer une pression moindre sur les populations naturelles. À partir du moment où une méthode standardisée, simple et aisée, sera applicable au grossissement, celui-ci pourra s'effectuer en divers sites littoraux (fermes artisanales) avec un approvisionnement issu de l'éclosérie, et donc toujours avec une pression minimale sur les populations naturelles (dont on sait combien elles sont écologiquement essentielles). Dans la mesure où ces populations auraient alors pu se reconstituer, la technique de grossissement serait aussitôt transférable aux juvéniles directement récoltés *in situ* (ce qui implique évidemment la capacité d'assurer la gestion des stocks de la ressource).

L'éclosérie de Tuléar (l'Aqua-lab) a été inaugurée en avril 2000 et est à présent fonctionnelle. Elle consiste pour sa partie principale en un bâtiment climatisé de 120 m² (photo 1) renfermant six pièces dévolues à la culture d'algues (photo 2), aux élevages larvaires (photo 3), à la maintenance des géniteurs (photo 4a) et croissance des juvéniles (photo 4b), à l'analyse microscopique, au traitement informatique (photo 5) et à l'entretien des outils aquariologiques. Les premières fécondations d'holothuries, lancées en mai 2000, ont abouti à la production, en nombre encore limité, de juvéniles de 1 à 2 cm de long. Les larves sont nourries avec des algues phytoplanctoniques importées d'Europe (espèces des genres *Phaeodactylum* et *Chaetoceros*) et les juvéniles avec des macroalgues du récif après les avoir finement hachées (photo 6).

L'éclosérie a été construite sur le site de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de l'Université de Tuléar. Une station de pompage d'eau de mer a dû être installée ; elle dispose d'un réservoir alimenté à marée haute et qui déverse son eau dans un bassin de décantation (bassin enterré) de 30 m³. L'eau stockée dans ce bassin est prélevée à la demande. Elle est alors filtrée (filtres à mailles décroissantes jusqu'à 1 µm) et stérilisée sous UV de façon répétée avant d'être utilisée pour les élevages larvaires. L'installation s'avère adéquate pour les élevages de larves d'holothuries ; elle n'a pas encore atteint son plein potentiel s'agissant des larves d'oursins.

Dans l'hypothèse où l'éclosérie donne les résultats attendus, les partenaires envisagent, toujours à partir de financements issus de la coopération belge, d'installer à quelque 20 km au sud de l'éclosérie une ferme pilote de grossissement d'holothuries sur un terrain cédé à l'Université



Photo 1. Écloserie Aqua-Lab



Photo 2. Salle de culture d'algues



Photo 3. Salle d'élevages larvaires

de Tuléar par le Ministère malgache des Pêches. À front de mangrove, ce terrain est très adéquat et correspond aux exigences écologiques de l'espèce étudiée (*H. scabra*) ; il inclut aussi une resurgence naturelle d'eau douce ce qui faciliterait indubitablement l'installation de structures de recherche et d'habitation occupées de façon permanente.

Bibliographie

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

Conand C. 1998. Overexploitation in the present sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. *In* Echinoderms: San Francisco, Mooi R. & Telford M. eds, Balkema : 449-454.

Conand C., N. Galet-Lalande, H. Randriamiarana, G. Razafintseho & M. de San. 1997. Les holothuries de Madagascar, problèmes de gestion durable de la pêche. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS*, 9 :4-5

Conand C., M. de San, G. Refeno, G. Razafintseho, E. Mara & S. Andriajatavo. 1998. Gestion durable de la filière holothuries à Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS*, 10 : 8-10.

Coulon P. & M. Jangoux 1993. Feeding rates and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean sea-grass bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92: 201-204.

Gosselin P. & M. Jangoux, 1996. Induction of metamorphosis in *Paracentrotus lividus* (Echinodermata, Echinoidea) larvae. *Oceanologica Acta* 19: 293-296.



Photos 4a et 4b.

Salle de croissance des juvéniles (a)
et de maintenance des géniteurs (b)

Grosjean Ph., Ch. Spirlet, P. Gosselin, D. Vaïtilingon & M. Jangoux 1998. Land-based closed-cycle echiniculture of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata; Echinoidea) : a long-term experiment at a pilot scale. *J. Shellfish Res.* 17: 1323–1531.

Jangoux M. & J.M. Lawrence 1982. *Echinoderm Nutrition*. XIV + 620 p. Balkema, Rotterdam.

Maillaud C. 1999. Pêche au concombre de mer à Nosy Bé, Madagascar, et accidents de plongée. *La Bêche-de-mer*, bulletin d'information de la CPS n° 11 : 23–25.

Rasolofonirina R. & C. Conand. 1998. L'exploitation des holothuries dans le sud-ouest de Madagascar, région de Toliara. *La Bêche-de-mer*, bulletin d'information de la CPS n° 10 : 10–14.



Photo 5.

Salle d'analyses microscopiques et traitement informatique



Photo 6.

Préparation des algues pour l'alimentation des *Holothuria scabra*

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)

Andrew David Morgan¹

Résumé

Dans le domaine de l'élevage des invertébrés marins, l'interaction entre l'environnement physique et la disponibilité de nourriture peut affecter la qualité des larves dans des élevages en masse. Des larves provenant d'œufs fécondés de l'holothurie *Holothuria scabra*, qui avait été induite à pondre en captivité, ont été placées dans des aquariums concaves aérés et on a observé la qualité des larves et leur survie ainsi que leur croissance et leur développement en réponse à un environnement d'élevage. À des concentrations de 1 et 2 x 10⁴ cellules/ml d'algues *Isochrysis galbana*, la croissance et le développement des larves ont augmenté de façon substantielle. À des concentrations de 4 et 8 x 10⁴ cellules/ml et en l'absence d'algues, le taux de survie des larves a été inférieur et leur croissance et leur développement a été entravé. La qualité des larves a été compromise par de fortes concentrations d'algues. Une augmentation de leur concentration peut affecter le niveau de pH et d'ammoniaque non ionisé, ce qui peut avoir une incidence sur le développement et la survie des larves. Il est primordial de structurer les régimes alimentaires afin que les concentrations d'algues ne compromettent pas l'environnement de grossissement.

Introduction

Depuis que Conand (1990; 1993) et que Conand et Byrne (1993) ont évalué les ressources en holothuries et les effets de leur exploitation, plusieurs projets ont été élaborés afin d'estimer le potentiel qu'offrent ces échinodermes pour l'aquaculture. Chia et Buchanan, 1969; Maruyama, 1980; Smiley, 1986, McEuen et Chia, 1991; Mashanov et Dolmatov, 2000 ont décrit les aspects du développement des larves d'holothuries pour les espèces suivantes : *Cucumaria elongata*, *Stichopus californicus*, *Psolus chitonoides*, *Psolidium bullatum*; *Actinopyga echinites*, *Holothuria leucospilota* et *H. pardalis*.

La plupart des holothuries aspidochirotes suivent le cycle larvaire de pré-auricularia, phases initiale, intermédiaire et finale d'auricularia et des métamorphoses ultérieures qui conduisent au stade do-liolaria (caractérisée par l'absence d'alimentation) avant la colonisation. La longueur du cycle larvaire diffère selon les espèces, mais le développement de la larve d'*Holothuria scabra* est typique de l'ontogénèse des holothuries puisque le recrutement se produit après environ dix à douze jours dans des conditions optimales d'élevage (James et al., 1994; Battaglene et al., 1999).

Les espèces d'algues qui ont servi à alimenter des larves d'holothuries de *A. echinites*, *H. gresia*, *P. californicus* et *S. californicus* comprennent *Isochrysis galbana*, *Phaeodactylum tricornerutum*, *Duniella salina*, *D. tertiolecta* et *Pavlova lutheri* (Burke et al., 1986,

Smiley, 1986; Balser et al., 1993; Dautov, 1997). Battaglene et al. (1999) ont nourri les larves d'*H. scabra* avec les algues suivantes : *Chaetoceros muelleri*, *C. calcitrans*, *P. salina*, *Rhodomonas salina* et *Tetraselmis chunii* (1995). Ito (1995), James et al. (1994) et Ramofafia et al. (1995) ont indiqué que les concentrations d'algues de 2 à 3 x 10⁴ cellules/ml étaient optimales pour l'ontogénèse des larves de *S. japonicus*, *H. scabra* et *H. atra*, respectivement, lors du développement dans des grands bacs d'élevage (>100). Archer (1986) a constaté que le taux d'ingestion de larves de *S. mollis* a été limité lorsque *P. tricornerutum* et *D. tertiolecta* ont été proposées à des concentrations dépassant 6 x 10³ cellules/ml. En présence ininterrompue de fortes concentrations d'algues, les larves ont cessé de se nourrir.

Dans la présente étude, je me suis servi des larves de *H. scabra* produites en captivité suite à une induction de ponte (Morgan, 2000) pour étudier les effets de différentes concentrations de l'algue *I. galbana* sur la qualité des larves. La qualité des larves a été déterminée par observation de la symétrie de la forme, de l'allure du derme et du développement des bras larvaires.

Matériel et méthodes

Bacs de culture

Des expériences ont été réalisées dans des aquariums concaves de 3 litres à 27° en respectant un cycle lumière-obscurité 16:8 à l'aide d'un taux

1. School of Marine Science, University of Queensland (Australie). Correspondance adressée à : University of Auckland Leigh Marine Laboratories, P. O. Box 349, Warkworth (Nouvelle-Zélande). Téléphone : +64 9 4226111; télécopieur : +64 9 4226113; mél. : a.morgan@auckland.ac.nz

d'eau de mer stérilisée aux rayons ultraviolets filtrés jusqu'à 0,2 mm, afin d'éliminer la plupart des bactéries, pour l'utiliser à des fins d'expérience de grossissement de larves. Des concentrations de l'algue *Isochrysis galbana* à 0, 1, 2, 4 et 8 x 10⁴ cellules/ml ont été utilisées de manière aléatoire dans des aquariums en menant en parallèle trois expériences par traitement. Des larves ont été obtenues en induisant *H. scabra* à pondre en captivité (Morgan, 2000). On a débarrassé les œufs fécondés de tout excédent de sperme et on leur a permis de se développer dans des bassins d'éclosion à circulation rapide de 250 litres avant de s'en servir pour cette expérience. L'expérience a pris fin au bout de onze jours car, si un régime nutritionnel optimal est suivi, les larves se métamorphosent en doliolaria qui cesse de s'alimenter au bout de cette période-là. Il n'a donc pas été nécessaire d'évaluer la qualité des larves en réponse à l'environnement de grossissement après ce délai.

Entretien

Chaque jour, 50 pour cent de l'eau de mer a été siphonnée de chaque aquarium concave de trois litres à l'aide d'un tube en plastique au bout duquel était collé un filet dont les mailles avaient 100 µm de côté. L'eau de mer et les larves restantes ont été évacuées au goutte-à-goutte dans un récipient propre contenant 1,5 litre d'eau stérilisée aux ultraviolets et filtrée à 0,2 mm. La quantité d'algues a été ajustée en prenant trois échantillons de chaque récipient et en comptant la densité des algues à l'aide d'un compteur de particules à haute vitesse (mode compteur type Coulter Counter FN, ± 250 cellules/ml).

Croissance et survie

Les larves ont été stockées dans des aquariums de trois litres à une densité d'une larve/2 ml d'eau de mer filtrée. Les mesures de croissance et de survie ont été effectuées avant le transfert des larves et le reste d'eau de mer dans un aquarium propre. On a mesuré le taux de survie des larves tous les deux jours en prenant cinq sous-échantillons de 20 ml dans chaque aquarium et en comptant le nombre de larves à l'aide d'un microscope stéréoscopique. En alternance, on a échantillonné trente à cinquante larves provenant de chaque aquarium et on a mesuré à l'aide d'un microscope optique sur lequel

était monté un oculaire micrométrique, la croissance totale exprimée en longueur. On a ajusté la survie en pourcentage pour l'élimination des larves.

Développement et qualité des larves

On a enregistré le stade larvaire en observant l'hydrocœle, le somatocœle gauche et droit et les plis latéraux ou tentacules (Smiley, 1986; Pedrotti, 1995; Dautov et Kaisheko, 1995) à l'aide d'un microscope optique muni d'un oculaire micrométrique (n = 10 larves/aquarium). L'hydrocœle est situé à gauche de l'œsophage (figure 1) et grossit tout au long du processus de développement. L'élaboration de l'hydrocœle se mesure à l'épaississement et au développement ultérieur de cinq nodules à la fin du cycle larvaire.

Au début du stade aularia, les larves avaient une frange ciliée et simple repliée sur elle-même avec des protubérances latérales non développées, un hydrocœle globulaire, l'amorce d'un développement du somatocœle gauche et pas de somatocœle droit. Le stade intermédiaire d'auricularia était enregistré lorsque l'on pouvait observer le développement des quatre plis latéraux, lorsque le somatocœle gauche avait une taille supérieure à la moitié de l'intestin et l'hydrocœle était allongé. Le stade final d'auricularia était atteint lorsque les plis latéraux faisaient apparaître un plissement net et que l'hydrocœle était développé, et que le somatocœle gauche s'étendait jusqu'à l'arrière de l'estomac et que le somatocœle droit était clairement visible. L'apparence du derme et la symétrie de la forme étaient aussi notées.

Analyse de données

Une analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été utilisée pour obtenir les différences entre les

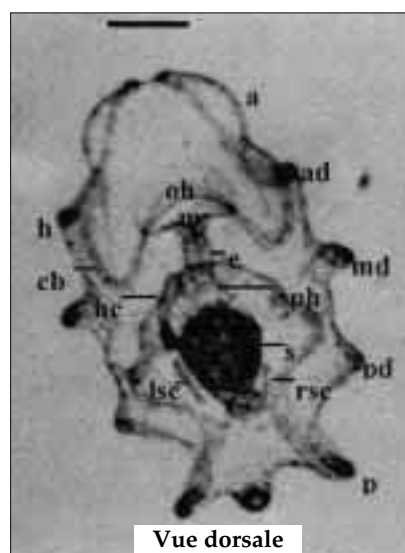


Figure 1.

Larve de *H. scabra* en fin de développement, montrant les caractères utilisés pour l'identification du stade larvaire : a, repli antérieur ; ad, repli antérodorsal ; md, repli médio-dorsal ; pd, repli postérodorsal ; p, repli postérieur ; rsc, somatocœle droit ; lsc, somatocœle gauche ; hc, hydrocœle ; m, bouche ; s, estomac ; cb, bande ciliaire ; h, sphère hyaline ; sph, sphincter ; oh, pli oral. Échelle: 200 µm

taux de croissance moyens des larves pour chaque concentration d'algues du deuxième au dixième jour. Une analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour obtenir les différences entre les taux de survie moyens des larves pour chaque concentration d'algues à la fin de l'expérience. Des différences entre les traitements ont été testées à l'aide des moyennes des moindres carrés et de la correction de Bonferroni multiples (seuil de confiance de 5% divisé par le nombre de comparaisons multiples; n = 10). Des différences des taux de développement entre les phases initiale, intermédiaire et finale d'auricularia ont été représentées sur un graphique.

Résultats

Survie

La survie des larves à 2×10^4 cellules/ml a été différente de toutes les autres concentrations d'algues, à l'exception de 1×10^4 cellules/ml ($p < 0,005$; ta-

bleau 1). Quelques larves sont mortes à 2×10^4 cellules/ml, tandis que $55 \pm 6,7$ pour cent des larves sont restées à 0×10^4 cellules/ml à la fin de l'expérience (figure 2). Aux autres concentrations de 1, 4 et 8×10^4 cellules/ml les pourcentages de survie ont été respectivement de 81 ± 7 , 63 ± 21 et $68 \pm 2,2$ pour cent de larves le onzième jour (figure 2).

Croissance

La croissance des larves à 1 et 2×10^4 cellules/ml a été différente de celle à 0, 4 et 8×10^4 cellules/ml ($p < 0,005$; tableau 2). La croissance des larves privées de nourriture et celle des larves entre 4 et 8×10^4 cellules/ml n'étaient pas significativement différentes, comme c'était le cas des larves 1 et 2×10^4 cellules/ml ($p > 0,005$). Les larves 1 et 2×10^4 cellules/ml ont grandi d'environ $32 \pm 7,3$ et $32 \pm 3,1$ μm /jour respectivement (figure 3). Les larves à ces deux concentrations ont atteint une longueur totale de 899 et 866 μm respectivement le dixième jour (tableau 3).

Tableau 1 : Résultats de l'analyse de variance pour les nombres de larves d'*Holothuria scabra* survivant après onze jours et des valeurs p pour des moyennes/des moindres carrés à 0, 1, 2, 4 et 8×10^4 cellules/ml d'algues *Isochrysis galbana* ($p < 0,005$).

Source	DF	SS	MS	Valeur F	Pr>F
Modèle	5	136	27	5	0,0164
Erreur	9	47	5		
Total corrigé	14	183			
Moyenne LS*	1	2	4	8	
0	0,0379	0,0016	0,4932	0,4065	
1		0,0620	0,1180	0,1652	
2			0,0042	0,0050	
4				0,8551	
8					

* Moyenne des moindres carrés

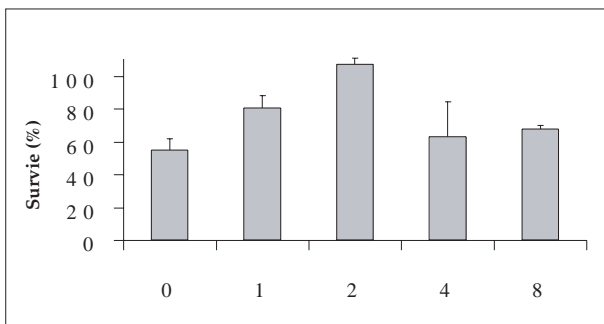


Figure 2.

Nombre moyen (n = 3) de larves d'*Holothuria scabra* survivant après onze jours à des concentrations de 0, 1, 2, 4 et 8×10^4 cellules/ml d'algue *Isochrysis galbana* (moyenne \pm écart-type).

Tableau 2. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) pour le taux de croissance des larves d'*Holothuria scabra* sur une période de dix jours et des valeurs p pour la moyenne des moindres carrés à 0, 1, 2, 4 et 8×10^4 cellules/ml d'algues *Isochrysis galbana* ($p < 0,005$).

Source	DF	SS	MS	Valeur F	Pr>F
Modèle	4	12387	3097	22,99	0,0001
Erreur	10	1347	135		
Total corrigé	14	13734			
Moyenne LS*	1	2	4	8	
0	0,0001	0,0001	0,8151	0,8870	
1		0,9600	0,0001	0,0001	
2			0,0001	0,0001	
4				0,7077	
8					

* Moyenne des moindres carrés

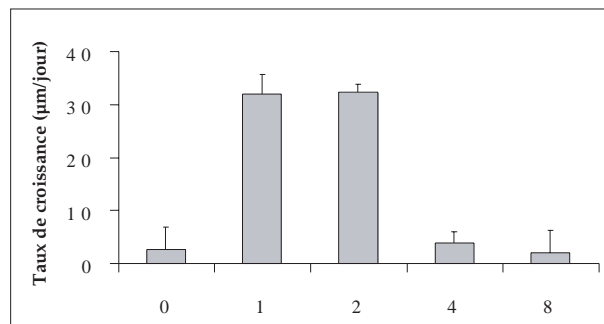


Figure 3.

Taux de croissance moyenne (n = 3) de larves d'*Holothuria scabra* mesurées sur une période de huit jours à des concentrations de 0, 1, 2, 4 et 8×10^4 cellules/ml d'algue *Isochrysis galbana* (moyenne \pm écart-type).

Développement

Les plus fortes proportions de larves au stade auricularia final ont été observées à des concentrations de 1 et 2 x 10⁴ cellules/ml le dixième jour, alors qu'un développement faible, voire nul, avait été enregistré lors du stade final d'auricularia dans d'autres concentrations d'algues (figure 4). Le huitième jour, on a observé une légère augmentation du nombre des larves au stade initial d'auricularia à 4 et 8 x 10⁴ cellules/ml en raison des incertitudes de distinction entre des larves à développement précoce et à développement anormal.

Après deux jours, seules les larves au stade initial d'auricularia étaient présentes à toutes les concentrations. Les stades auricularia intermédiaires ont été observés à des niveaux divers dans toutes les concentrations du quatrième au dixième jour et les stades final n'ont été observés qu'aux huitième et dixième jours (figure 4).

Du quatrième au dixième jour, la proportion de larves au stade intermédiaire d'auricularia n'a pas changé de manière significative. Cependant, les larves au stade initial ont été observées de manière moins fréquente à 1 et 2 x 10⁴ cellules/ml.

Tableau 3. Récapitulatif des mesures de croissance et de survie des larves d'*Holothuria scabra* à des concentrations différentes de l'algue *Isochrysis galbana*.

Concentr. x 10 ⁴ cellules/ml	Long. (µm) au 10ème jour	Taux de croiss. (µm/jour)	Nb. initial par litre	Nb. final par litre	Survie (%)
0	654	2,64	478	263	55
1	899	32,00	462	373	81
2	866	32,00	437	467	107
4	642	3,78	468	294	63
8	568	1,95	433	293	68

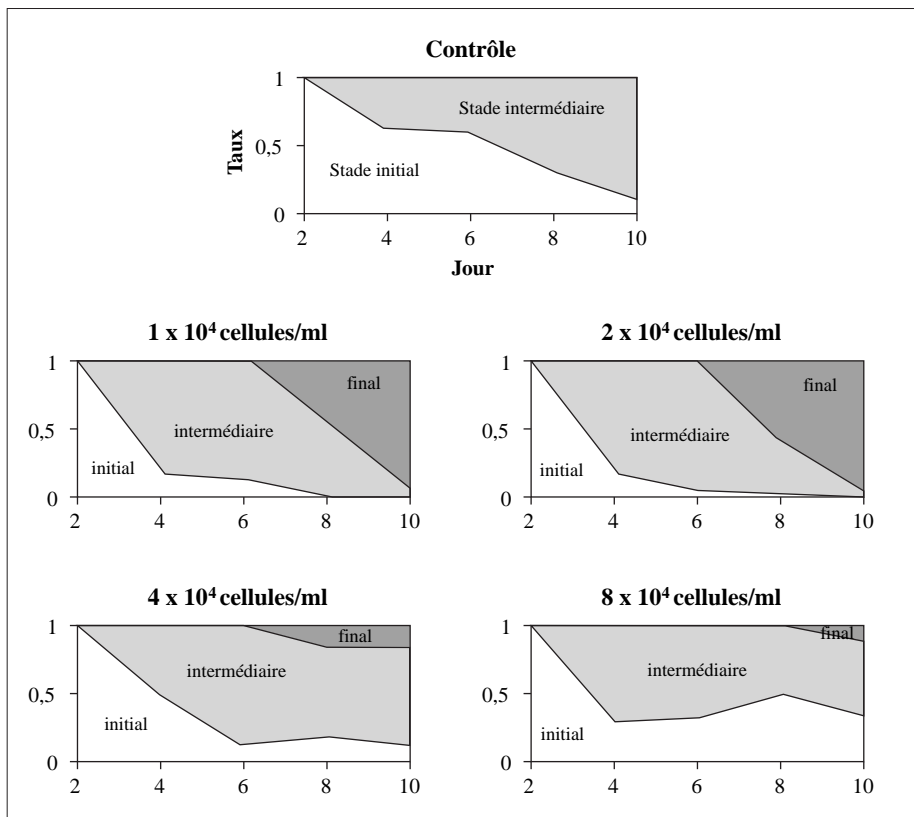


Figure 4 .

Développement des larves d'*Holothuria scabra* observées sur une période de dix jours à des concentrations de 0, 1, 2, 4 et 8 x 10⁴ cellules/ml d'algue *Isochrysis galbana* (trois réplicats menés en parallèle pour chaque concentration; moyenne ± écart-type; n = 30 à 50 larves par jour/aquarium).

Qualité des larves

L'apparence physique des larves différait selon les concentrations d'algues. L'apparence des larves a été considérée comme un indicateur de l'effet de l'environnement d'élevage sur la qualité des larves (figure 5). Les larves au stade auricularia initial ne semblaient pas affectées au cours des tout premiers jours dans chaque concentration d'algues.

Cependant, au moment où les larves atteignaient le stade intermédiaire, les différences de la forme des larves apparaissaient (figure 5; a1, b1 et c1). Deux caractéristiques étaient évidentes lorsqu'on distinguait la qualité des larves. L'apparence du derme les larves et la courbure et le degré de repli des bras latéraux. Une quantité minimale de replis et un apex pointu conjugués à une contraction postérieure de toute la longueur du corps ont indiqué une anomalie extrême de la larve (figure 5; c, c1 et

c2). Ce phénomène a été essentiellement observé à des concentrations de 8×10^4 cellules/ml mais a été moins fréquent à d'autres concentrations. La décoloration du derme a pu être constatée (figure 5; b1 et b2) mais n'a pas eu lieu dans les autres cas anormaux décrits ci-dessus. Certaines variations du pH ont été observées à des concentrations de 4 et 8×10^4 cellules/ml (7,5 à 8,5), qui peuvent avoir reflété la variation du niveau d'ammoniaque non ionisé affectant la qualité des larves.

Les stades larvaires initiaux d'*Holothuria scabra* ont été affectés par la pipette d'aération car elles n'étaient pas suffisamment fortes pour sortir des remous créés à la base de l'aquarium. La pipette a été placée environ à 2 cm du fond de chacun des aquariums et les larves ont été plongées dans des aquariums entre 60 et 72 heures après la fertilisation car elles étaient mieux à même de maintenir leur position dans la colonne d'eau.

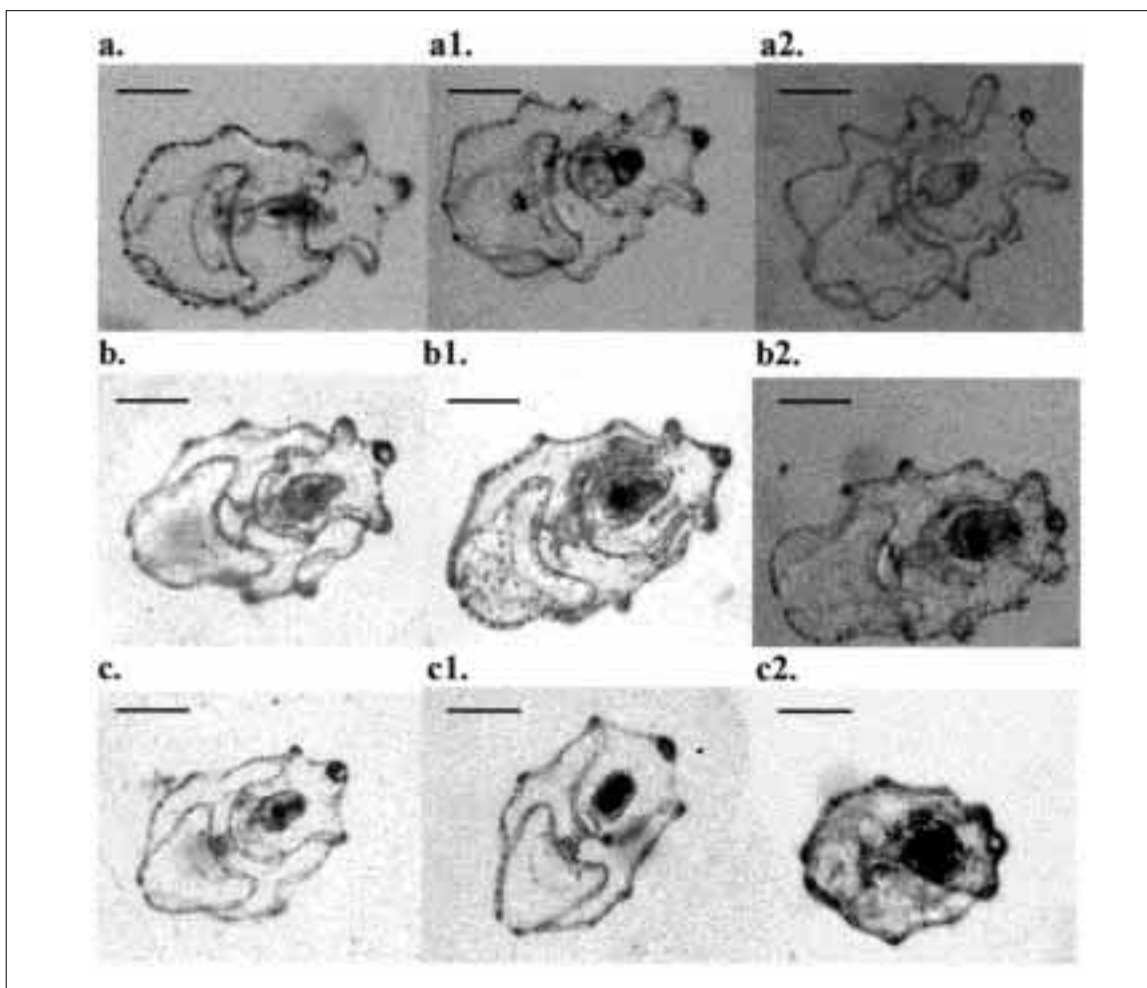


Figure 5.

Qualité de larves d'*Holothuria scabra* dans des concentrations différentes d'algues *Isochrysis galbana* : a) larves à développement normal au stade auricularia initial, intermédiaire et final dans des quantités modérées d'algues (1 et 2×10^4 cellules/ml); b) développement anormal de larves des concentrations d'algues accrues (4×10^4 cellules/ml); c) développement anormal de larves dans des quantités excessives d'algues (4×10^4 cellules/ml; échelle environ $100 \mu\text{m}$).

Discussion

Dans la présente étude, les niveaux optima d'algues pour maintenir la qualité des larves en culture ont été de 1 et 2×10^4 cellules/ml ou 2 à 4×10^4 cellules/larves/jour. Le fait d'augmenter la concentration des algues à des valeurs supérieures, c'est-à-dire 4 et 8×10^4 cellules/ml n'a pas entraîné une augmentation de la croissance et du développement mais ont affecté la qualité des larves et l'environnement de la culture.

Il est probable que le maintien de concentrations excédentaires d'algues a dû perturber le processus de filtration, d'ingestion et de digestion chez les larves d'*Holothuria scabra*. En observant l'état des viscères des larves d'*Holothuria scabra*, James et al. (1994) ont considéré qu'une concentration de 2 à 3×10^4 cellules/ml était optimale pour la croissance et le développement. Ito (1995) déclare qu'au début du développement des larves d'holothuries *Stichopus japonicus*, une concentration de $0,5 \times 10^4$ cellules/ml était suffisante mais elle a été portée à environ 3×10^4 cellules/ml plus tard dans le cycle larvaire. Il était probable que la survie des larves d'*Holothuria scabra*, en l'absence d'algues, résultait de l'utilisation de nutriments stockés. Archer (1996) a constaté que les larves d'holothuries *S. mollis* cessaient finalement de s'alimenter lorsque les concentrations d'algues dépassaient constamment $0,6 \times 10^4$ cellules/ml, alors que l'état d'ingestion atteignait un chiffre maximum de 18,2 cellules/minute à ce niveau.

Ito (1995) a indiqué que la croissance en longueur et en largeur de l'estomac pouvait être une indication importante de la qualité des larves, en particulier vers la fin du développement. Dans la présente étude, la forme d'intestin de la plupart des larves, en présence d'une quantité modérée d'algues, était sphérique mais, en présence de quantités plus importantes d'algues, il avait une forme plus variable et il était souvent contracté le long de l'axe latéral (figure 5 c1 et c2).

Une certaine asymétrie du développement des plis latéraux des larves est apparue en présence de quantité excessive d'algues (figure 5 b et c). Si les larves ne se développaient pas normalement, il y avait une plus grande possibilité d'erreurs dans l'observation des stades de développement au stade initial, intermédiaire ou final d'auricularia. L'absence de squelette chez les larves d'holothuries rendait difficile la distinction de la transition jusqu'à des stades larvaires ultérieurs. Dans la présente étude, des quantités importantes de larves se développant anormalement sont restées dans la colonne d'eau durant toute la durée de l'expérience et, dans certains cas, ont fait apparaître des caractéristiques normales de développe-

ment mais avaient des plis latéraux contractés. Dans des cultures contenant de la nourriture excédentaire, la qualité des plis latéraux, la symétrie de la forme, la croissance en longueur totale et la forme de l'intestin indiquaient le mieux la réponse des larves à l'environnement de culture.

L'observation du développement des somatocœles gauche et droit était difficile dans des cultures contenant une nourriture trop abondante. Au stade initial auricularia, l'hydrocœle est relié au somatocœle gauche qui se scinde de l'hydrocœle au cours du développement de la larve et se subdivise en somatocœle gauche et droit (Balsler et al., 1993). Le moment de la séparation du somatocœle gauche et de l'hydrocœle, et du stomatocœle droit du somatocœle gauche peut indiquer la transition des larves vers des stades ultérieurs de développement.

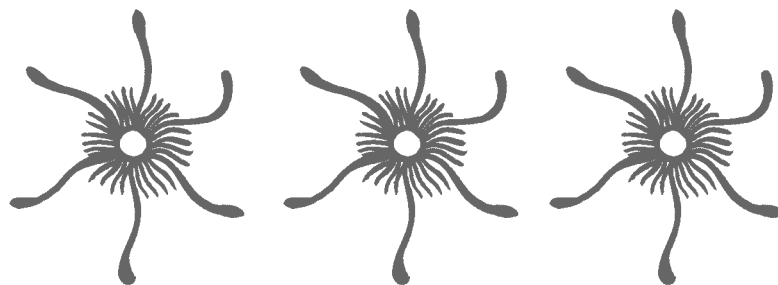
Remerciements

Je voudrais remercier le *Bribie Island Aquaculture Research Centre* (Centre de recherche aquacole de l'île de Bribie) et le *Zoology Department of the University of Queensland* (Département de zoologie de l'Université du Queensland), qui nous ont permis d'utiliser leur matériel et leurs installations. Le Dr Don Fielder, de l'*University of Queensland School of Marine Science* (École d'océanographie de l'Université du Queensland), et Russ Babcock, *University of Auckland School of Environmental and Marine Science* (École des sciences de l'environnement et d'océanographie de l'Université d'Auckland), de leurs conseils lors de la préparation de ce manuscrit. David Mann et Dave Hewitt, du ministère des Activités du secteur primaire du Queensland, le Centre de recherche aquacole de l'île de Bribie, de leurs conseils sur le protocole expérimental et les cultures d'algues.

Bibliographie

- Archer, J.E. 1996. Aspects of the reproductive and larval biology and ecology of the temperate holothurian *Stichopus mollis* (Hutton). MSc thesis, University of Auckland (Nouvelle-Zélande). 189 p.
- Balsler, E.J., E.E. Ruppert and W.B. Jaekle. 1993. Ultrastructure of the coeloms of auricularia larvae (Holothuroidea: Echinodermata): Evidence for the presence of an axocoel. *Biol. Bull.* 185:86-96.
- Battaglione, S.C., J.E. Seymour and C. Ramofafia. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178:293-322.

- Burke, R.D., D.G. Brand and B.W. Bisgrove. 1986. Structure of the nervous system of the auricularia larvae of *Parastichopus californicus*. Biol. Bull. 170:450–460.
- Chia, F-S. and J.B. Buchanan. 1969. Larval development of *Cucumaria elongata* (Echinodermata: Holothuroidea). J. Mar. Biol. Ass. Royaume-Uni. 49:151–159.
- Conand, C. 1990. Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique document technique FAO sur les pêches. 143 p.
- Conand, C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. Mar. Biol. 116:439–450.
- Conand, C. and M. Byrne. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. Marine Fisheries Review. 55(4):1–13
- Dautov, S.S. 1997. Structure and properties of hyaline spheres in holothuroid larvae. J. Invert. Rep. Develop. 32:155–161.
- Dautov, S.S. and S.D. Kashienko. 1995. Hyaline spheres in auricularia of *Stichopus japonicus*. J. Invert. Rep. Develop. 27:61–64.
- Ito, S., 1995. Studies on the technological development of the mass production for sea cucumber juvenile, *Stichopus japonicus*. Saga Prefectural Sea Farming Center, Japan, 87 pp.
- James, D.B., A.D. Gandhi, N. Palaniswamy and J.X. Rodrigo. 1994. Hatchery techniques and culture of the sea cucumber *Holothuria scabra*. CMFRI (Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India) special publication. No. 57.
- Maruyama, Y.K. 1980. Artificial induction of oocyte maturation and development in the sea cucumbers *Holothuria leucospilota* and *Holothuria pardalis*. Biol. Bull. 158:339–348.
- Mashanov, V.S. and I.U. Dolmatov. 2000. Developmental morphology of a holothurian, *Cucumaria japonica* (Dendrochirota: Holothuroidea), a species with accelerated metamorphosis. Invertebrate Reproduction and Development. 37(2):137–146.
- McEuen, E.S. and F-S. Chia. 1991. Development and metamorphosis of two Psolid sea cucumbers, *Psolus chitonoides* and *Psolidium bullatum*, with a review of reproductive patterns in the family Psolidae (Holothuroidea: Echinodermata). Mar. Biol. 109:267–279.
- 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.
- Ramofafia, C., M. Gervis et J. Bell. 1995. Reproduction et élevage de larves d'holothuria atra. La Bêche-de-mer, bulletin d'information de la CPS 7:2–6.
- Smiley, S. 1986. Metamorphosis of *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea) and its phylogenetic implications. Biol. Bull. 171:611–631.



Le marché de détail de l'holothurie de Singapour

Chantal Conand¹

Le marché de détail de l'holothurie de Singapour est actif, et un grand nombre de commerçants vendent divers produits de la mer séchés (photo 1). Le prix de l'holothurie *Holothuria scabra* avoisinait les 180 SGD par kg en octobre 2000 (Ndlr : 1 SGD = 0,58 USD). Sur le principal marché de la ville, il y a

un grand nombre de vendeurs d'holothuries déjà hydratées. Il est difficile de déterminer l'espèce dans ce cas. Ces spécimens se vendent entre 14 et 18 SGD le kg (photo 2), et un assortiment de six-sept pièces se vend 2 SGD (photo 3).

Photo 1



Photo 2



Photo 3



1. Laboratoire d'écologie marine, Université de La Réunion, 97715 Saint-Denis (France).

Le point sur les méthodes de reproduction et d'élevage de l'holothurie de sable

Rayner Pitt¹

Résumé

L'holothurie de sable (*Holothuria scabra*), un concombre de mer qui vit dans des eaux chaudes, revêt une grande importance économique. Généralement, on trouve dans chaque collecte quelques individus parvenus à maturité. Il y a un ou deux pics de reproduction annuels. La ponte est stimulée par des variations de température mais ne peut être induite, au mieux, que pour un tiers environ des animaux de grande taille qui viennent d'être récoltés. L'élevage des larves jusqu'à leur fixation a été effectué avec succès, à plusieurs reprises, dans le cadre d'une expérience antérieure, à l'aide de phytoplancton de culture, *Chaetoceros* spp, *Skeletonema* spp et *Isochrysis galbena*. Tout récemment, on a appliqué un protocole d'alimentation, en dispensant *Chaetoceros muelleri*, *Chaetoceros calcitrans* et *Rhodomonas salina* à raison de 20 000 à 40 000 cellules par millilitre "d'équivalent-muelleri". La fixation est accélérée par l'emploi de plaques conditionnées et placées dans des bacs extérieurs conditionnés, parfois sous ombre partielle, au début de la phase d'élevage en nourricerie. Lorsqu'ils atteignent 20 mm (1 g) environ, les juvéniles peuvent être transférés sur du sable fin pour y poursuivre leur grossissement. La croissance des juvéniles (et des adultes) semble dépendre en grande partie de la production de leurs aliments par photosynthèse, même lorsque des aliments préparés sont ajoutés, et elle diminue abruptement pour des niveaux de stockage supérieurs à 225 g/m² environ. Cela pourrait provoquer un goulet d'étranglement dans la gestion du stock reproducteur et dans la production en nourricerie à grande échelle à des fins d'élevage ou de reconstitution des stocks. Les données disponibles laissent à penser que les animaux adultes pourraient grandir à raison de 2 g par jour.

Introduction

Parmi les concombres de mer des eaux chaudes, l'holothurie de sable (*Holothuria scabra*) a suscité de l'intérêt car cette espèce se prête à la reproduction et à l'élevage; étant surexploitée, elle pourrait en outre bénéficier de programmes d'amélioration des stocks (Conand 1998a, 1998b). Les holothuries de sable se trouvent souvent dans des lagons ou des estuaires, à proximité de mangroves ou sur des herbiers, ce qui pourrait indiquer qu'elles tolèrent des conditions plus variées de salinité, de température et d'eutrophisation que les espèces plus profondes. Leur régime alimentaire consiste, semble-t-il, en algues benthiques et en bactéries associées à des débris organiques qu'elles extraient en ingérant et en rejetant de grandes quantités de substrat. C'est pourquoi l'on espère pouvoir mettre au point des régimes peu coûteux. Grâce à leur prédilection pour les substrats sableux, sablo-vaseux ou vaseux, les holothuries de sable peuvent s'adapter à des systèmes de culture en bassin ou en vivier et jouer un rôle dans la polyculture en tant qu'agent benthique. Ces animaux qui se déplacent lentement et vivent dans des eaux côtières peu profondes sont exposés à la surexploitation.

Le produit séché (bêche-de-mer) obtenu à partir de l'holothurie de sable présente une grande valeur marchande et constitue souvent la principale

espèce exportée par les pêcheries des petits États insulaires en développement. Au cours de son traitement, la bêche-de-mer perd toutefois environ 95 pour cent de son poids (Shelley, 1985; Conand, 1989, 1990; Preston, 1990). On connaît mal la tolérance des holothuries de sable vis-à-vis des facteurs de l'environnement, c'est-à-dire leurs conditions de croissance, et non simplement de survie à ces facteurs, ni leur compatibilité avec d'autres espèces d'élevage, et l'on peut s'étonner de la rareté de données publiées sur les taux de croissance et la productivité de cette espèce.

Plusieurs centres ont réussi à élever des holothuries de sable : le Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin (Inde) (James et al. 1994; James 1996); le Mariculture Development Centre, Lampung, Sumatra (Indonésie); la station de recherche en halieutique côtière de Gondol, Bali (Indonésie) (Dr Ketut Sugama, communication personnelle); et le Centre d'aquaculture côtière (CAC) de l'ICLARM, Guadalcanal (Îles Salomon) (Battaglione et Seymour, 1998; Battaglione et al. 1999). De nombreux autres ont étudié des aspects de l'écologie, du comportement, de la maturité sexuelle, du traitement et de l'élevage de cette espèce en bassin ou en vivier. La présente étude a pour but de présenter succinctement les résultats de ces travaux à tous ceux qui envisagent d'élever cette espèce. Une étude exhaustive de tous les as-

1. Centre international pour la gestion des ressources bioaquatiques (ICLARM) – World Fish Center, c/o Research Institute for Aquaculture No. 3, 33 Dand Tat Street, Nha Trang, Vietnam (mél. : iclarm@dng.vnn.vn)

pects de la biologie de *Holothuria scabra* a été préparée par Hamel *et al.* (2001).

Maturité et fécondité

Ce n'est qu'à partir du début de la ponte que l'on peut différencier les sexes extérieurement. L'étude du rapport gonado-somatique et de la ponte montre généralement que certains animaux sont mûrs durant la majeure partie de l'année, avec généralement un ou deux pics saisonniers.

À Batangas (Philippines), Ong Che et Gomez (1985) ont observé des pics de ponte au milieu de l'année (juin-juillet), lorsque la température de la mer est élevée, et à la fin de l'année (soit décembre-janvier, soit octobre-novembre), lorsque l'eau se refroidit; la maturation est rapide après la ponte. En Nouvelle-Calédonie, Conand (1989, 1993), se fondant sur les variations de la morphologie et du rapport gonado-somatique, a identifié un premier pic très marqué de décembre à février, suivi d'un pic moins prononcé et plus variable entre août et octobre. Dans le sud-ouest de Sulawesi (Indonésie), Tuwo (1999) a observé des gonades à maturité pendant une bonne partie de l'année, et un accroissement de juin à octobre et de février à avril. Krishnaswami et Krishnan (1966) font état de deux périodes de reproduction aux îles Krusadi, dans le golfe du Myanmar (Inde), en juillet et en octobre.

Morgan (1999) a examiné une population d'holothuries de sable dans une zone subtropicale située à 27° de latitude Sud (Stradbroke Island, Queensland, Australie) et constaté un pic du rapport gonado-somatique en novembre. Tandis que les gonades et les ovocytes se développaient de juin à décembre, le tégument perdait du poids. Le chercheur a pu induire la ponte chez tous les animaux, ce qui fait présumer des variations saisonnières plus marquées dans cette région. Cependant son stock de géniteurs conservé à l'intérieur se dégrade et de nombreux individus meurent.

Battaglione *et al.* (en cours de révision, 2000) ont travaillé sur des lots de — en moyenne — 28 grands animaux (généralement d'au moins 500 g chacun) qui venaient d'être récoltés dans le lagon de Vonavona, dans la province occidentale des Îles Salomon. Ils ont constaté une pointe de la production d'œufs en septembre, époque à laquelle 35 pour cent des animaux ont pondu. Les mâles ont été actifs chaque mois de l'année sauf en février, les femelles n'ont pas pondu en mai ni décembre. En moyenne, 1,9 million d'œufs ont été produits par femelle. La collecte des œufs fécondés a été possible dans 46 pour cent des tentatives. La ponte s'est avérée un peu plus facile au cours du dernier

quartier lunaire, et plus fréquente l'après-midi, le soir ou la nuit avant minuit (mais cela s'explique peut-être par l'horaire de transport). En moyenne, 1,9 femelle et 3,6 mâles de ce lot ont frayé.

Concrètement, cela signifie qu'il a fallu des lots d'une trentaine d'animaux venant d'être récoltés dans la nature pour avoir une chance d'obtenir quelques millions d'œufs, mais ces chances ont été multipliées en travaillant au cours du mois où la maturité est maximale, ou juste avant.

Récolte de stock reproducteur et stimulation de la ponte

James (1996) a recueilli des reproducteurs à partir de débarquements destinés au commerce, en choisissant des individus de grande taille, en bon état et non éviscérés. Il les a ensuite conservés dans des bacs de reproduction où s'est parfois produite une ponte naturelle au cours des mois de maturité maximale. On ne sait toutefois pas si le frai a eu lieu juste après la récolte ou au bout de quelques mois d'élevage. James affirme qu'il est possible d'obtenir des œufs fécondés en sacrifiant des animaux; on prélève des ovaires mûrs translucides, on les sèche à l'ombre "pendant quelque temps", puis on perce l'ovaire dans un cuvette remplie d'eau de mer, et l'on introduit des sections de testicules matures. Le chercheur décrit aussi une technique permettant d'obtenir des œufs à partir de reproducteurs vivants, en vidant le bac du stock géniteurs, en séchant les animaux à l'ombre pendant une demie heure, puis en les arrosant d'un jet d'eau puissant pendant quelques minutes et en les replaçant dans le bac rempli, ce qui entraîne la ponte dans les deux à trois heures. Il préconise toutefois une stimulation thermique des animaux en élevant la température de l'eau de 3 à 5 degrés.

À l'ouest des Îles Salomon, des plongeurs équipés de masques et de tubas ou de scaphandres autonomes ont recueilli, en matinée, des animaux qu'ils ont transportés par bateau jusqu'à la station de Nusa Tupe, près de Gizo (province Ouest) dans un réservoir isolé, non aéré, dont l'eau a été renouvelée à plusieurs reprises. La récolte et le transport ont pris 3 à 5 heures. À la station, les animaux ont été stockés pendant quelques heures — en fonction des horaires des avions — dans un bac à débit d'eau de mer continu, puis enveloppés individuellement dans des sachets en plastique contenant 500 à 1 000 ml d'eau de mer. De 15 à 25 sachets ont été emballés dans une caisse isolée, pour le vol d'environ deux heures et le trajet par la route d'une heure; ils sont arrivés à l'écloserie en soirée, quelque 8 à 10 heures après la récolte.

Le stress de la récolte et du transport suffit souvent à induire la ponte le soir même ou la nuit

suivante. Dans le cas contraire, on a tenté de stimuler la ponte cette nuit-là ou les jours suivants en conservant généralement les animaux dans un bac peu profond de 2000 litres, aéré et rempli d'eau de mer statique. C'est le recours à de l'eau chauffée par le soleil pour élever la température de 5 degrés qui s'est avéré le plus efficace. On a également appliqué des renouvellements d'eau, l'arrosage au jet d'eau, le séchage de courte durée et le remplissage d'eau de mer refroidie ainsi que l'addition de *Schizochytrium* en poudre, disponible dans le commerce (Algamac-2000 Bio-Marine, Hawthorne, Californie) au bac à raison de 0,1 g/l pendant une heure.

Conservation du stock reproducteur

James et al. (1994) a décrit les conditions de conservation de 20 à 30 animaux sur 15 cm de sable dans un bac d'une tonne dont l'eau est renouvelée tous les jours et le sable tous les 15 jours; les animaux sont alimentés une fois par semaine avec un peu de pâte d'algues fraîchement moulue. En 1996, il a recommandé de stocker 15 à 20 animaux sur 100 mm de vase dans un bac d'une tonne contenant 800 litres d'eau, complètement renouvelés chaque jour, et de leur administrer tous les jours 50 g d'une préparation à base de têtes de crevettes, de poudre de soja et de son de riz (6,5 pour cent de protéines). Apparemment, les animaux ainsi conservés ont pu être mis à contribution pour la ponte pendant plusieurs mois, et ont souvent frayé au moment du renouvellement de l'eau.

Selon Battaglone (comm. pers.), les animaux stockés à faible densité sur du sable, dans des bacs à débit d'eau de mer continu, alimentés en poudre d'algues séchées et en boulettes de crevettes, parviennent parfois à maturité et frayent plusieurs fois.

Morgan (1999) a relevé des pertes de poids d'environ 20 pour cent par mois chez des animaux non alimentés, stockés sur du sable dans un bac (pas de données sur la densité de stockage), voire des pertes de 50 pour cent lorsqu'on leur administre des boulettes de crevettes et de luzerne. Le stockage des animaux pendant cinq semaines ne semble pas influencer sur leur fécondité, mais réduit le taux d'éclosion des œufs.

Ponte et incubation

Des mouvements de roulement d'un côté sur l'autre, le redressement et le balancement de l'extrémité antérieure du corps, signalent l'imminence de la ponte. Les mâles entrent en action les premiers en émettant du sperme pendant de nombreuses minutes, voire des heures. Les femelles présentent souvent un renflement à l'avant du corps où émerge le gonopore; la ponte est plus in-

termittente, mais peut aussi croître et décroître pendant une heure ou plus. Pour éviter qu'un excès de sperme n'endommage les œufs, des animaux d'un ou des deux sexes ont été retirés à plusieurs reprises du bac de stimulation de la ponte et placés dans des petits conteneurs de 10 à 60 litres après le début de la ponte (le risque qu'ils ne recommencent pas à pondre après ce transfert est plus grand pour les femelles). Les œufs et le sperme semblent rester viables séparément pendant une heure ou davantage.

James (1996) et Battaglone et al. (en cours de révision, 2000) conseillent de laver les œufs (qui descendent au fond) pour éliminer le sperme excédentaire. Une autre solution consiste à féconder les œufs à l'aide de sperme en suspension de densité connue (par comptage sur un hémocytomètre). Une concentration finale d'environ 20 000 spermatozoïdes par millilitre d'eau contenant des œufs semble suffisamment basse pour éviter d'avoir à laver les œufs. Dans un cas au moins, les œufs fécondés de cette manière puis exposés durant la nuit à une aération dans un conteneur de 60 litres étaient en meilleur état, le lendemain, que ceux qui avaient été soigneusement lavés sur un tamis (à mailles de 50 ou 80 microns) et stockés dans des bacs d'élevage.

James (1996) fait état de niveaux de stockage d'environ 0,5 à un œuf par millilitre, dans des bacs d'environ 800 litres avec une aération faible à moyenne. Des densités supérieures pourraient éventuellement être obtenues avec des lots d'œufs nettoyés, bien manipulés, dans de l'eau propre; Battaglone (comm. pers.) conseille 2,5 œufs/ml. Aux Îles Salomon, des bacs cylindriques en fibres de verre à fond conique de 200 litres ou à fond plat de 600 litres ont été généralement utilisés pour l'éclosion et l'élevage larvaire.

James (1996) indique qu'il faut environ 24 heures pour l'éclosion (jusqu'au stade de la gastrula mobile) et 48 heures jusqu'à l'apparition de la première auricularia, le premier stade d'alimentation. D'un autre côté, Ramofafia et al. (2000, en cours de révision) affirment qu'à 25–27 °C, l'éclosion jusqu'au stade de la gastrula capable de nager se produit au bout de 12 heures, et le passage au stade auricularia au bout de 30 heures.

Élevage larvaire

Au Centre d'aquaculture côtière, des bacs opaques de 200 litres ou translucides de 600 litres équipés de drains centraux et de colonnes montantes intérieures ont été utilisés à l'abri, avec ou sans couvercles transparents et sous un éclairage artificiel puissant pendant 12 heures. L'éclairage consistait dans un ou deux tubes fluorescents de 20 W par

bac, placé à un mètre environ au-dessus de la surface de l'eau. L'eau était pompée dans la mer à une profondeur de 12 m environ, traversait le bac puis était filtrée par des cartouches d'un micron (théoriquement). Un traitement aux ultraviolets était parfois appliqué. La température était généralement de 27–29 °C, la salinité de 32–37 ppt. L'aération assurée par un Airstone central était généralement légère au début.

L'eau présente dans les bacs d'éclosion n'était généralement pas renouvelée le premier jour, bien que des taches bactériennes roses ou jaunes apparentes, au fond de la cuve, aient été éliminées par siphonnage. Les bacs ont été complètement drainés le deuxième jour (en comptant le jour de la fécondation, qui se produit généralement le soir ou avant minuit et qui est le jour zéro), et les premières larves auricularia ont été recueillies sur des tamis de 80 µm plongés dans des cuvettes. On a veillé à ce que les débits restent faibles (moins de 10 litres/minute environ sur un tamis cylindrique de 300 mm de diamètre) et que les larves demeurent constamment dans l'eau. À l'aide d'un vase à bec, elles ont été périodiquement transférées dans des seaux aérés (brièvement agités de manière à pouvoir compter les parties aliquotes) avant d'être stockées dans des bacs d'élevage propres du même type. La densité optimale de stockage des larves est de 0,3–0,7 larve par millilitre selon James (1996), et de 1/ml selon Battaglene et Bell (1999).

L'alimentation doit commencer le deuxième jour. James (1996) préconise une culture mixte de diatomées *Chaetoceros* spp et de *Skeletonema* spp plus *Isochrysis galbena*, ou cette dernière espèce seule, en maintenant une densité de 20 000–30 000 cellules/ml dans le bac d'élevage. Au Centre d'aquaculture côtière, divers essais d'élevage larvaire ont été réalisés, et le programme d'alimentation était encore à l'étude fin 1999, mais le tableau 1, repris de Battaglene (comm. pers.) établit la synthèse des expériences effectuées jusqu'à présent. Dans les derniers lots, il semblerait que *C. calcitrans* ait été omis

et qu'un bac n'ayant reçu que les régimes mixtes d'Algamac et de Livic (Riken Vitamin Co. Tokyo, Japon) séchés ait donné quelques pentaculária.

En règle générale, les bacs d'élevage larvaire ont été complètement drainés (comme indiqué ci-dessus) tous les deux jours. Après comptage, les larves ont été à nouveau stockées dans des bacs propres et nourries à l'aide d'un mélange de trois espèces d'algues. La dose d'alimentation a été progressivement augmentée au fur et à mesure du développement des larves. Les restes de nourriture n'ont pas été comptés, et il n'a pas été administré de compléments nutritionnels les autres jours. Les trois espèces, *Chaetoceros muelleri*, *Chaetoceros calcitrans* et *Rhodomonas salina*, ont été dispensées "à biomasse égale". La taille des cellules des trois espèces étant différente, il a fallu augmenter le nombre de cellules de *C. calcitrans* dispensées (divisées par 0,75) et réduire celui de *R. salina* (divisées par 3). La dose de nourriture dispensée est "l'équivalent-muelleri" du mélange total. Si, en un jour donné, il fallait dispenser 30 000 cellules/ml, la dose administrée consisterait dans environ 10 000 cellules/ml de *C. muelleri*, 13 000 cellules/ml de *C. calcitrans* et 3 300 cellules/ml de *R. salina*. Au Centre d'aquaculture côtière, les algues étaient généralement produites sous abri, sous lumière artificielle, avec une climatisation, dans des flacons étuvés ou des bonbonnes.

Vers le septième jour commence le conditionnement des plaques de diatomées. Des plaques empilées, similaires à celles qui sont utilisées pour la culture des ormeaux, ont été placées à l'extérieur, en partie à l'ombre (50–75 %), dans des bacs peu profond alimentés en eau de mer à flux continu, filtrée à un micron pour éviter la prolifération des copépodes. (Au Centre d'aquaculture côtière, les plaques en fibres de verre ondulées de couverture sont découpées en rectangles de 300 x 400 mm environ et réunies par paquets de quatre, espacées de 30 mm. La surface des paquets est d'environ un mètre carré). On a utilisé une surface de

Tableau 1. Doses de nourriture des larves d'*Holothuria scabra*

Nombre de jours (après la ponte)	Dose de nourriture (cellules/ml)	Traitement	Stade	Autres aliments
2	20 000	renouvell. de l'eau	auricularia précoce	
4	20 000	"	auricularia	
6	25 000	"	auricularia	
8	30 000	"	fin du stade auricularia	
10	35 000	"	1er stade doliolaria	
12 et plus	40 000 (1 fois par jour)	écoulement (12 h)	1er stade pentaculária	plaques + algues sèches

plaque de 0,25–0,5 m² pour 100 litres de bac d'élevage larvaire, et laissé un biofilm se développer sur ces plaques pendant 4 à 7 jours. James (1996) a utilisé des extraits de *Sargassum* pour induire le développement du biofilm. Il existe d'autres techniques plus perfectionnées de culture des diatomées benthiques sur les plaques, mais elles n'ont pas été testées.

Dans des conditions favorables, on a pu observer des larves en fin de stade auricularia, avec des globules huileux, à partir du jour 8, quelques doliolaria non alimentées à partir du jour 10, et les premières pentacularia vers le jour 12. À ce stade, les plaques empilées, conditionnées, ont été placées dans les bacs, après rinçage dans de l'eau de mer filtrée pour éliminer les copépodes. Le renouvellement des lots était en général arrêté, et un flux d'eau continu ou semi-continu mis en route à raison de 1 à 3 volumes de bac par jour. Le maillage des filtres de sortie était de 80 ou 120 microns. Les microalgues ont continué d'être administrées tous les jours, surtout aux larves moins développées. Un supplément journalier d'algues sèches mélangées à de l'eau, Algamac *Tetraselmis* sp. (Cell Systems, Cambridge, Royaume-Uni), Livic ou un mélange (selon les disponibilités) a été ajouté à raison d'environ 0,05 g pour 100 l d'eau dans le bac.

Les plaques peuvent rester dans les bacs d'élevage larvaire tant que quelques auricularia actives sont présentes et que la disponibilité de nourriture ne freine pas la croissance des pentacularia et des juvéniles (qui apparaissent vers le jour 20). La surface relativement limitée et les faibles niveaux d'éclairage peuvent signifier que les juvéniles vont probablement avoir une taille excessive par rapport à la nourriture dispensée, que l'on suppose se composer, à ce stade, de diatomées benthiques ou fixées, ou d'autres cellules d'algues fixées.

Si des dénombrements et des mesures de poids précis sont nécessaires, des juvéniles peuvent être détachés à l'aide d'une solution de chlorure de potassium à 0,5–1 % dissout dans de l'eau de mer. Cette technique a été quantifiée par Battaglione et Seymour (1998) qui ont constaté qu'une immersion de 10 mn dans une solution de KCl à 1% provoquait moins de 2% de mortalité parmi les juvéniles de 2–20 mm (bien que 17% des juvéniles de grande taille soient éviscérés), et que les juvéniles se fixaient à nouveau rapidement une fois remis dans de l'eau de mer normale. On peut également placer les plaques à l'extérieur sans détacher les juvéniles et effectuer au besoin des comptages en inspectant les plaques individuellement (séparément). Lorsque les bacs d'élevage sous abri sont vidés, la pulvérisation d'une solution de KCl à 1% facilite le détachement des animaux des parois et du fond du bac.

Élevage en nurricerie

Au cours d'une longue série d'expériences, Battaglione et al. (1999) ont examiné en détail les conditions d'élevage de juvéniles de différentes tailles en nurricerie. Voici leurs principales observations.

1. Des juvéniles d'un mois ont été élevés dans des bacs en fibres de verre, nus et conditionnés (comportant de nombreuses plaques), à une densité d'environ 400/m² de surface du fond et des parois du bac, et nourris à l'Algamac à raison d'un gramme par mètre cube. Ils sont passés d'une longueur moyenne de 1,8 mm à 13 mm en quatre semaines, avec un taux de survie moyen de 34 %.
2. Des juvéniles de différents âges (un à deux mois) et tailles (3–10 mm) ont été transférés dans des petits aquariums intérieurs non conditionnés, avec ou sans sable. On les a nourris d'Algamac à raison de 10 % de la biomasse initiale. Leur taux de survie a sensiblement augmenté en proportion de leur taille au moment du transfert, passant de 52 % pour une taille de 3 mm à 87 % pour les plus gros juvéniles. La survie ne dépend pas de manière déterminante du substrat, mais la croissance est meilleure sur le sable.
3. Des petits juvéniles (1,5 mm) ont été stockés dans des bacs nus en ciment (comportant quelques plaques) à deux densités différentes (167 et 558/m², parois comprises) et nourris d'Algamac ou de Livic à 10 % de la biomasse initiale. Les différences de taux de survie (15,7 % à faible densité, 5,9 % à densité élevée) n'étaient pas significatives, apparemment. Les juvéniles nourris au Livic ont commencé par croître plus rapidement que ceux alimentés à l'Algamac, mais, au bout de deux mois d'expérience, la longueur (19,5 mm en moyenne), le poids (1,1 g en moyenne) et le taux de survie ne présentaient pas d'écarts significatifs selon le régime dispensé.
4. Des juvéniles de quatre mois (1,6 g en moyenne) ont été stockés dans des bacs en ciment à une densité de 5/m² de surface de fond et de parois (ou environ 10/m² de surface de fond), avec ou sans sable. Ils ont été nourris d'Algamac à 1 % ou 10 % du poids corporel (ajusté). Au bout de deux mois, les animaux ayant bénéficié du meilleur traitement (sable et nourriture abondante) ont tous survécu et atteint en moyenne plus de 60 mm et 23 g. La présence de sable était nettement plus favorable à la croissance (voire à la survie) que l'absence de sable, mais la dose de nourriture était sans incidence notable.

5. Des juvéniles d'un gramme, âgés d'un mois, ont été élevés dans des bacs d'extérieur, en fibres de verre, à des densités de stockage de 7,5/m² de fond et de parois (ou 25/m² de fond), avec ou sans sable, et avec ou sans ombre à 70 %. Ils ont été nourris d'Algamac à raison de 0,2 g/jour. Au bout de deux mois, leur poids était sensiblement différent : les juvéniles élevés à l'ombre atteignaient en moyenne 7,3 g en présence de sable et 11,5 g sans sable, tandis que les juvéniles élevés sans abri atteignaient en moyenne 12,5 g sans sable et 14,1 g avec sable.
6. L'expérience décrite ci-dessus a été répétée un an après sur des animaux de 0,9 g, à des niveaux de stockage 1,8 fois plus élevés, avec des abris donnant deux fois plus d'ombre, ou sans abri. Les juvéniles soumis aux deux traitements à l'ombre ont grandi très lentement (1,4 g avec sable et 2 g sans sable), tandis que les juvéniles exposés ont survécu à 95 % et ont mieux grandi (10,8 g sans sable, 12,1 g avec sable).
7. Des juvéniles d'un gramme, âgés de cinq mois, ont été stockés à trois densités (7,5, 15 et 30/m² de fond et de parois, ou 25, 50 et 100/m² de fond) dans des bacs extérieurs en fibres de verre, avec du sable. Ils ont été nourris d'Algamac à deux dosages, 1 % et 10 % du poids corporel par jour (avec ajustement tous les 15 jours) pendant huit semaines. Les poids obtenus à la fin de l'expérience étaient inversement proportionnels à la densité (minimum 17,8 g, moyen 11,8 g, maximum 7 g), mais le dosage de la nourriture n'avait pas d'incidence significative.
8. Des juvéniles de 0,8 g ont été stockés à 15/m² de fond et de parois (50/m² de fond) dans des bacs extérieurs, conditionnés ou non pendant deux semaines avant le stockage, avec un substrat de sable de plage ou de sable de corail. Ils ont été nourris d'Algamac à une dose quotidienne de 10 % du poids corporel (révisée au bout de quatre semaines) ou n'ont pas reçu de nourriture. Au bout de huit semaines, les juvéniles nourris et conditionnés, élevés sur du sable de corail, présentaient la plus grande taille, mais les moyennes de tous les groupes étaient comprises entre 6,6 et 9,9 g, et aucun des écarts n'a été significatif.
9. Des juvéniles de 7,5 mm (0,5 g) ont été stockés dans de grands bacs en ciment (conditionnés pendant deux semaines), avec ou sans sable, à une densité de 27,6/m² de fond et de parois (ou 40/m² de fond) et nourris tous les jours à l'Algamac à raison de 3 % de la biomasse initiale. Au bout de trois mois, les juvéniles élevés

dans le sable étaient nettement plus grands que les autres (27,2 g contre 7,2 g), mais le taux de survie sur le sable était nettement moins élevé (12,4 % contre 67,2 %). Quelques juvéniles survivants, parmi les plus grands, pesant environ 40 g chacun, ont été stockés sur du sable frais à une densité de 5/m² de fond, et n'ont pas été alimentés pendant un an. Parmi ces juvéniles, 92 % ont survécu mais sans grandir.

Les conclusions et les recommandations des auteurs de ces travaux sont les suivantes. Les diatomées et les algues fixées constituent une source importante de nourriture pour les juvéniles jusqu'à 50 mm de longueur au moins. Les juvéniles doivent donc être élevés dans des bacs extérieurs exposés à une lumière vive.

Le ralentissement de leur croissance, qui se produit lorsque la densité dépasse environ 200–225 g/m², ne peut être que légèrement atténué par un complémentaire nutritif d'algues sèches; les individus retardés par une forte densité semblent croître normalement une fois que des conditions plus favorables sont restaurées. Le transfert des juvéniles sur un substrat de sable doit être différé jusqu'à ce qu'ils atteignent environ 20 mm ou 1 g de poids vif, mais, par la suite, la croissance et la survie sont meilleures sur le sable que dans les bacs nus. La croissance des grands juvéniles est à peu près linéaire et atteint en moyenne 0,5 mm ou 0,2 g par jour.

Il faut donc prévoir deux phases d'élevage dans des bacs extérieurs de nourricerie, la première dans des bacs nus jusqu'à ce que les juvéniles atteignent environ 1 g, la seconde sur le sable. Il n'y a pas actuellement de régime préparé efficace pour ces deux phases; la nourriture produite par photosynthèse semble déterminante, de même que la densité de stockage.

Pour le début de l'élevage en nourricerie au Centre d'aquaculture côtière, des bacs en fibres de verre de 2,2 m de diamètre et 70 cm de profondeur ont été parcourus d'un flux continu d'eau filtrée à 1 µm, à raison d'environ 6 l/mn, soit 2 à 3 renouvellements par 24 heures. Un seul abri était souvent utilisé, et des abris supplémentaires pouvaient être ajoutés si les algues filamenteuses risquaient de prédominer.

Les juvéniles étaient généralement nourris quotidiennement d'une suspension d'algues séchées (à 1 g/m³ environ), parfois de phytoplancton de culture, s'il était disponible (à 40 000 cellules/ml maximum), mais, en l'absence de régime efficace, il fallait conserver de faibles niveaux de stockage ou diluer périodiquement les bacs pour maintenir un taux de croissance régulier.

Grossissement

Selon certaines sources, des exploitants indonésiens et indiens pratiqueraient l'élevage de petites holothuries de sable, récoltées en milieu naturel, dans des bassins ou des viviers. On manque toutefois de données concrètes concernant la croissance et la survie d'animaux de grande taille dans des bacs, des bassins ou des viviers. Battaglione (1999), qui a apparemment été témoin de la culture commerciale en bassin au sud de Sulawesi (Indonésie), a signalé qu'une expérience avait été menée en Inde sur des juvéniles de 67 g, stockés dans un réservoir annulaire de ciment (haut obturé par un filet, fond incrusté dans la vase d'un bassin d'élevage de crevettes). Les juvéniles ont atteint 284 g en six mois. Leur croissance était satisfaisant dans un bac de nourricerie de crevettes contenant du sable et de la vase : 0,7 g par jour à faible densité et 0,3 g par jour à densité élevée, avec 93 pour cent de survie en 20 semaines. Les animaux de grande taille stockés dans un bassin de grossissement de crevettes ont toutefois disparu sans laisser de trace.

Des scientifiques de l'Institut de recherche sur les pêches maritimes de Djakarta (RIMF 2000; Basuki, comm. pers.) ont stocké un millier d'holothuries de sable, prélevées dans la nature et pesant en moyenne 46 grammes, dans un vivier peu profond de 10 x 20 m, entouré d'un filet et installé sur un herbier sablonneux au large de Kongs Island dans l'archipel de Pulau Seribu (baie de Djakarta, Indonésie). Les holothuries échantillonnées par la suite tous les mois présentaient un poids moyen de 101, 113 et environ 150 g. Il se peut toutefois que, d'ici qu'une récolte complète soit effectuée, cette croissance apparente s'explique en partie par la fuite sélective ou la mortalité d'individus plus petits, ou par la plus grande facilité d'en trouver de grands lors de l'échantillonnage. Un autre essai d'élevage en vivier aurait été effectué à Sabah, en Malaisie orientale, par un étudiant indonésien qui travaille dans la société Ko-Nelayan (Société des pêcheurs et d'expansion de la pêche de Sabah), mais aucune donnée n'était disponible au moment de la visite (mai 2000).

À Nha Trang (Nguyen Chinh, 1995; N.T. Xuan Thu, comm. pers.), cent holothuries de sable de 55–160 g (moyenne : 68 g) prélevées en milieu naturel ont été élevées sur du sable dans un bac en béton de 50 m², et nourries de boulettes de crevettes, 2 à 3 fois par semaine. Au bout de trois mois, 85 animaux de 140–440 g (350 g en moyenne) ont été récoltés. C'est là un rare exemple de bonne croissance à densité élevée. Non loin de là, à Cam Ranh, 48 animaux de 40–220 g (moyenne : 90 g) ont été stockés en compagnie de post-larves de crevettes (et nourries avec elles) dans un bassin de nourricerie de 200 m², sur un substrat de vase et de sable. Au bout de trois

mois, 34 animaux récoltés pesaient 160 à 645 g (353 g en moyenne).

Plus récemment, et toujours dans la même région, des pêcheurs ont apporté plusieurs centaines d'holothuries de sable (pesant pour la plupart de 50 à 500 g) qui ont été placées dans des bassins et des viviers. D'après les premiers résultats (R. Pitt, 2000, en préparation), les taux de croissance apparents dans les bassins sont de 2,2 à 3,2 g/jour et varient en proportion inverse de la densité de stockage, entre 106 et 170 g/m². Le taux de survie était excellent dans les bassins (88–97 %) jusqu'au début de la saison humide, rapidement suivi de mortalités massives. Stockées dans un vivier à une densité d'environ 500 g/m², les holothuries ont survécu à près de 98 %, mais n'ont pratiquement pas grandi, alors que la croissance et la survie étaient satisfaisantes (1,7 g/jour et 90 %) dans un vivier à une densité d'environ 390 g/m².

Les données concernant la croissance et la survie d'animaux dans le milieu naturel, prélevés dans la nature ou élevés puis relâchés, sont rares. Shelley (1985) a échantillonné des holothuries de sable dans Bootless Bay, près de Port-Moresby (Papouasie-Nouvelle-Guinée), pendant plus d'un an. D'après ses mesures de la fréquence par taille, il a estimé le taux de croissance à 14 g/mois et la production d'holothuries de sable sur le récif à près de 500 kg/an. Battaglione a relâché des adultes de grande taille recueillis ailleurs, dans Ndoma Bay près du Centre d'aquaculture côtière, où personne n'en avait trouvés auparavant. La plupart des individus ont pu être retrouvés, des mois plus tard, dans la même zone. Hamel et al. (2000, en préparation) ont relâché des juvéniles élevés en éclosérie sur différents substrats, dans des zones situées au nord-ouest de Guadalcanal (Îles Salomon) où l'on n'avait pas trouvé d'holothuries de sable auparavant, et ils ont pu apparemment observer des taux de croissance très élevés (10 à 15 cm/mois) lors de visites ultérieures.

D'autre part, Dance (comm. pers.) a eu du mal à retrouver des animaux, élevés en éclosérie, (surtout ceux d'une taille de 25 à 35 mm) dans les jours qui ont suivi le lâcher. Entre 15 et 95 pour cent d'entre eux étaient introuvables 24 heures seulement après le lâcher sur deux herbiers différents près de Gizo (Îles Salomon). Lors d'essais ultérieurs, Dance et al. (2000, en cours de révision) ont relâché des lots de juvéniles élevés en éclosérie et en nourricerie de 20 à 74 mm (36 mm en moyenne) sur du sable fin, ou des zones de limon et de sable fin sur un platier corallien ou des herbiers de mangrove. Ils ont ensuite observé la survie et le comportement des animaux sur les sites. Sur le platier corallien, le taux de survie moyen était faible (37,5 %) une heure après le lâcher, et la mortalité était totale en 48 heures sur

deux des trois sites. Sur les herbiers de mangrove, 0 à 5 % seulement des animaux étaient abîmés ou dévorés en moins d'une heure, et 70 % ont été retrouvés vivants au bout de trois jours. La prédation par les balistes, les poissons-empeyeurs et les perches (Balistidés, Lethrinidés et Nemiptéridés) aurait pu être évitée si l'on avait utilisé un petit enclos, mais la croissance et la survie à long terme n'ont pas été mesurées.

Perspectives et problèmes

Gestion du stock géniteur

En principe, on peut obtenir des œufs de stock géniteur, soit prélevés dans la nature, soit élevés en captivité. Dans les zones où les populations sont déjà épuisées, il peut toutefois être difficile de trouver des stocks d'animaux de grande taille accessibles dans le milieu naturel. Aucune méthode de maintien de stocks adéquats en captivité, pouvant frayer avec fiabilité, n'a encore été mise en évidence. En l'absence de régimes préparés efficaces, il faudra probablement recourir à des bacs ou des viviers de grande surface. Si des bassins existants (d'élevage de crevettes, par exemple) s'avèrent appropriés pour la conservation d'un stock géniteur, en particulier si les holothuries de sable sont compatibles avec des espèces élevées localement (du point de vue biologique et sous l'angle de la gestion), cela pourrait déboucher sur une solution économique viable.

Élevage larvaire

Le recours à des bacs plus grands pourrait comporter de nombreux avantages. Ils nécessitent relativement moins de main-d'œuvre. Sur le plan physique et biologique, ils sont plus stables, de sorte qu'un bâtiment peu coûteux, voire un simple toit, devrait suffire. Il pourrait même être possible de remplacer les renouvellements d'eau complets par drainage par des renouvellements partiels par lots ou en continu, ce qui réduirait d'autant les frais de main-d'œuvre. La lumière naturelle pourrait probablement remplacer aussi un éclairage artificiel intense.

Phytoplancton

Il devrait être possible de produire certaines algues, ou la totalité, en cultures extérieures. Cela économiserait une grande partie des capitaux immobilisés et des frais d'exploitation qu'impliquent le passage de grands volumes d'eau en autoclave, l'éclairage artificiel des cultures et l'évacuation de la chaleur produite par les projecteurs. Il faut maintenir les cultures suffisamment exemptes de contamination de manière à ce qu'elles durent assez longtemps pour être utilisables et qu'elles ne deviennent pas des sources d'organismes indési-

rables pouvant infester les bassins d'élevage larvaire. Étant donné qu'il faut ajouter de l'engrais à l'eau pour la culture des algues puis la stocker, il faudrait probablement apporter plus de soin au traitement de l'eau qu'à l'élevage larvaire, en lui appliquant un filtrage supplémentaire, un traitement aux UV, une chloration-déchloration ou un chauffage à 60–80 °C.

Nourricerie

Il faut actuellement disposer de bacs extérieurs de grande surface parce qu'il n'existe pas, pour l'instant, de régime préparé efficace. Pour le début de l'élevage en nourricerie, il faut environ 3–5 m² (de fonds nus et de parois) pour mille juvéniles de 20 mm (un gramme environ), mais on pourrait sans doute gagner un peu de place en utilisant des plaques conditionnées supplémentaires et en éliminant progressivement les animaux les plus grands. Pour la suite de l'élevage en nourricerie, il faudrait des bacs de 30 à 50 m² à fond de sable fin pour mille juvéniles de 50 mm (10 grammes environ); à partir de cette taille, les animaux pourraient poursuivre leur grossissement dans des bassins. Les bacs devraient être d'autant plus grands que l'on devra utiliser des animaux de plus grande taille pour la culture en vivier ou le lâcher. Leur coût sera probablement prohibitif à moins que des bassins, des viviers ou des cages posées sur le fond de la mer ne puissent remplacer les bacs à des stades ultérieurs de l'élevage en nourricerie.

Élevage

Des bassins de grande surface ont été construits pour l'élevage de crevettes, en Asie et ailleurs. Beaucoup de fermes crevettières sont confrontées à de graves problèmes zoosanitaires. D'autres espèces et des systèmes d'élevage différents sont intéressants s'ils permettent de pallier ces problèmes et de fournir d'autres cultures. Les holothuries de sable ingèrent de grandes quantités de substrat et peuvent améliorer la qualité de l'eau en éliminant les débris organiques. Même si une petite fraction des bassins d'élevage de crevettes existants peut être maintenue à un degré de salinité convenant aux holothuries de sable et si l'on peut mettre au point des systèmes permettant de les élever soit seules soit en polyculture avec des poissons, des crustacés ou des mollusques, le potentiel de production sera considérable.

Reconstitution du stock

Hormis les expériences limitées décrites par Dance et al. (2000) et Hamel et al. (2000), on dispose encore de très peu d'informations sur la survie des animaux relâchés. L'ICLARM a récemment reçu des fonds du Centre australien pour la recherche

agricole internationale pour mettre au point des stratégies d'optimisation des lâchers d'holothuries de sable élevées selon des programmes de reconstitution des stocks. Des dispositions ont été prises pour effectuer ce travail en Nouvelle-Calédonie, en collaboration avec les gouvernements des Provinces, l'IFREMER, l'Institut australien des sciences de la mer et des communautés de pêcheurs mélanésiennes. Le projet sera axé sur la définition de la taille optimale au lâcher, de la densité de stockage appropriée, de l'habitat et du moment favorables au lâcher. On examinera dans quelle mesure pourront être utilisés des bassins d'élevage commercial de crevettes pour la production en masse de juvéniles d'holothuries de sable.

Bibliographie

- Battaglione, S.C. and J.E. Seymour. 1998. Detachment and grading of the tropical sea cucumber sandfish, *Holothuria scabra*, juveniles from settlement substrates. *Aquaculture* 159(3-4):263-274.
- Battaglione, S.C. and J.D. Bell. 1999. Potential of the tropical indo-pacific sea cucumber, *Holothuria scabra*, for stock enhancement. Published in 'Proceedings of the First International Symposium on Stock Enhancement and Sea Ranching' edited by E.S. Moksness et al, Blackwell Science. pp 478-490
- Battaglione, S.C., J.E. Seymour and C. Ramofafia. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178(3-4):293-322.
- Battaglione, S.C. 1999. Culture of tropical sea cucumbers for stock restoration and enhancement. *Naga, The ICLARM Quarterly* (Vol 22, No.4) October-December 1999
- Conand, C. 1989. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, écologie et exploitation. Études et thèses, O.R.S.T.O.M., Paris, 393 p.
- Conand, C. 1990. Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Document technique de la FAO sur les pêches, 2e partie : Holothuries. Rome, Italie, n° 272.2, 143 p.
- Conand, C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian lagoon. *Marine Biology* 116:439-450.
- Conand, C. 1998a. Holothurians. Tiré de: FAO species identification guide. The marine living resources of the Western Central Pacific. Vol 2 cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks. K Carpenter & V. Niem (eds). 1157-1190.
- Conand, C. 1998b. Overexploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. In: R. Mooi and M. Telford (eds). *Echinoderms*: San Francisco. A.A. Balkema, Rotterdam: 449-454.
- Dance, S., I. Lane and J. Bell. 2000 (in review). Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands.
- Hamel, J.-F., D.L. Pawson, C. Conand and A. Mercier. 2000. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): its biology and its exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology* (in preparation).
- James, D.B., A.D. Gandhi, N. Palaniswamy and J.X. Rodrigo. 1994. Hatchery and culture of the sea-cucumber *Holothuria scabra*. CMFRI Special Publication no. 57
- James, D.B. 1996. Prospects for hatchery and culture of sea cucumbers in India. In: *Proceedings of the seminar on fisheries - a multibillion dollar industry*, pp 123-135, conducted by Aquaculture Foundation of India and Fisheries Technocrats Forum, Madras.
- James, D.B. 1996. Culture of sea-cucumber. *Bull. Cent. Mar. Fish. Inst.* 48:120-126.
- Morgan, A.D. 1999. Élevage et reproduction de *Holothuria scabra* (Echinodermes: Holothurides). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* n° 12. p 35.
- Morgan, A.D. 2000. Aspects de la gestion des stocks géniteurs d'holothuries de sable (Echinodermes : Holothurides). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* n° 13: 2-8
- Nguyen Chinh. 1995. Research on breeding and culture of scallop (*Chlamys nobilis* Reeve 1852) and sea cucumber (*Holothuria scabra* Jaeger 1883, *Actinopyga echinites* Jaeger 1883). National Project KNO4-08 Developing economic marine species for Vietnam. (in Vietnamese)
- Ong Che, R.G. and E.D. Gomez. 1985. Reproductive Periodicity of *Holothuria scabra* Jaeger at Calatagan, Batangas, Philippines. *Asian Mar. Biol.* 2:21-29.

Preston G. 1990. Beche-de-mer recovery rates. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 1, p 7.

RIMF, 2000. Progress report of sea cucumber fishery sustainability by its stock enhancement in Seribu Islands waters (Internal report of the Research Institute for Marine Fisheries, Jakarta, Indonesia).

Shelley, C.C. 1985. Growth of *Actinopyga echinites* and *Holothuria scabra* (Holothurioidea: Echinodermata) and their fisheries potential (as beche-de-mer) in Papua New Guinea. Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti.

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

Remerciements

Ce résumé repose en grande partie sur les travaux effectués de 1996 à 1999 par l'ICLARM au Centre d'aquaculture côtière d'Aruligo, Guadalcanal (Îles Salomon). L'équipe d'étude de l'holothurie était conduite par Stephen Battaglene, secondé successivement par Chris Ramofafia, Evizel Seymour, Joseph Olisia, Maxwell Saurongo, Annie Mercier, Jean-François Hamel et Susan Dance. De nombreuses autres personnes ont joué un rôle important, notamment Johann Bell, Idris Lane, et le personnel de soutien des sites d'Aruligo et de Nusa Tupe.

La pêche des Galapagos : une menace ou une opportunité de conservation pour les holothuries ?

Priscilla C. Martinez¹

La demande croissante d'holothuries enregistrée ces dernières années sur les marchés asiatiques et leur surexploitation dans le Pacifique occidental ont entraîné un récent déplacement des activités de pêche vers le Pacifique oriental, jusqu'au Galapagos. Ces Îles sont renommées dans le monde entier pour leurs flore et faune uniques. Environ 97 pour cent des terres émergées des Galapagos ont été déclaré Parc national en 1959 et les zones marines et côtières des îles ont été transformées en réserve marine en 1986. Depuis la création du parc national des Galapagos, le gouvernement de l'Équateur s'est employé à protéger l'intégrité des îles et l'environnement unique qu'elles abritent. Ces efforts ont incité l'UNESCO à inscrire les Galapagos au patrimoine naturel de l'humanité en 1978 et à en faire une réserve de la biosphère en 1985. Malheureusement, le continent exerce aujourd'hui de nouvelles pressions sur les îles qui risquent de bouleverser leur équilibre naturel, y compris la pêche d'holothuries.

L'exploitation des holothuries a débuté aux Galapagos au début des années 1990, par la pêche d'une seule espèce, *Stichopus fuscus*. Ce furent des commerçants asiatiques, venus s'installer en Equateur en 1989, qui lancèrent cette nouvelle acti-

tivité. Après avoir épuisé les stocks de *Stichopus fuscus* le long de la côté équatorienne, ils élargirent leur zone de pêche aux Galapagos, entraînant une main d'œuvre importante, à la recherche de nouvelles opportunités. Dès le début, la pêche pratiquée dans cette région se développa sans collecte de données biologiques élémentaires et du moindre plan de gestion. Elle s'accompagna également de changements socioéconomiques radicaux, aboutissant à un fort déplacement de population vers les Galapagos, à une pêche illégale et à des violations du règlement du Parc National. Tous ces facteurs poussèrent le gouvernement d'Équateur à interdire, par décret présidentiel, toute activité de pêche d'holothuries aux Galapagos à partir de 1992.

Néanmoins, la pêche clandestine des holothuries continua. En 1994, la pêche artisanale fut à nouveau autorisée à titre expérimental, sur une période de deux mois. Un mois avant la date prévue, la pêche fut fermée, en raison des violations par les pêcheurs des règles imposées par les responsables du Parc national et le service des pêches.

La pêche des holothuries a ensuite été interdite aux Galapagos. Mais, en l'absence d'un mécanisme permettant d'assurer le respect de la loi, les

1. Faculté de zoologie, université de Melbourne, Australie (occupait auparavant un poste au centre de recherche Charles Darwin des Galapagos). Adresse électronique : p.martinez1@grad.unimelb.edu.au

activités illégales de pêche se poursuivirent. Parallèlement, les études conduites par des chercheurs du centre de recherche Charles Darwin sur la population de *Stichopus fuscus* révélèrent un déclin continu du nombre d'holothuries. La communauté scientifique et les défenseurs de l'environnement exhortèrent les pouvoirs publics d'Équateur à se mobiliser davantage pour la protection du milieu marin des Galapagos.

En réponse à cette demande, un processus de gestion consensuelle et participative fut engagé en 1996, auquel participèrent des représentants des différents secteurs concernés dont celui de la pêche, du tourisme, de la communauté scientifique et de l'éducation, ainsi que la direction du parc national. Les membres de ce groupe se réunirent régulièrement en vue d'élaborer des politiques de gestion et de conservation durables, avant d'en évaluer les résultats. Leurs travaux aboutirent à l'adoption d'une loi spéciale relative à la gestion des Îles Galapagos, signée par le Président de la république d'Équateur en 1998, et à l'élaboration du deuxième plan de gestion marine des Galapagos, approuvé par le gouvernement en 1999. Ces quelques pas en avant permirent d'établir un cadre juridique dans lequel s'inscrivent aujourd'hui toutes les mesures de gestion et de conservation de la réserve marine.

Parallèlement, le secteur de la pêche artisanale continua à solliciter auprès du gouvernement la réouverture de la pêcherie d'holothurie. Leur requête fut acceptée et la pêche fut réouverte pendant une période de deux mois, en avril et mai 1999. Les services du Parc national des Galapagos, la Fondation Charles Darwin, l'Institut national des pêches et la marine équatorienne furent chargés du contrôle des opérations et de la gestion de la pêcherie, en collaboration avec les pêcheurs concernés. Cet accord permit la constitution d'une équipe composée de représentants de différents bords, capables de planifier, de coordonner et de contrôler la totalité des opérations de pêche et de commercialisation du produit, ainsi que d'en assurer le suivi.

Environ 795 pêcheurs et 222 embarcations de pêche artisanale participent à cette activité. Au total, 4 401 657 holothuries furent exportées au cours de cette période de deux mois, soit un total de plus de 122 tonnes de produit sec, d'une valeur de 3,4 millions USD. Cette première phase de réouverture, parfaitement orchestrée et supervisée, fut riche en enseignements, négatifs et positifs. Néanmoins, le véritable succès de l'opération consiste à avoir mis en place un nouveau système de gestion et de contrôle des activités de pêche qui soit acceptable pour la plupart de pêcheurs et la communauté locale. Quel pas en avant !

Cette année, une nouvelle saison de pêche de l'holothurie a été inscrite au calendrier, de mai à juillet. Sur la base des expériences précédentes, de nombreux efforts ont été déployés en vue d'améliorer la gestion et le contrôle de la pêcherie. Un quota fixe a été déterminé et certaines zones ont été fermées à toute activité de pêche. Cependant, quelques jours seulement avant l'ouverture de la pêche, un groupe de pêcheurs s'est insurgé contre les règles fixées par les autorités. Ils ont pris d'assaut les bureaux du Parc national et de la Fondation Charles Darwin sur l'île d'Isabela et ont enlevé plusieurs tortues du centre d'élevage pour les échanger contre une augmentation du quota de pêche. Heureusement, le gouvernement a refusé de négocier les règles fixées par les responsables de la gestion de la pêcherie et la tentative des pêcheurs s'est soldée par un échec. Les tortues ont été récupérées et des poursuites ont été engagées contre les responsables de cet acte criminel.

Bien que l'incident ait engendré un certain tumulte et certaines interrogations sur le processus de gestion, tous les pêcheurs ne sont pas unanimes sur le bien fondé de ce type d'action. Le responsable de la coopérative de pêche de l'île de Santa Cruz a exprimé son désaccord face à cette action de protestation et a réitéré son soutien au processus de gestion participative. Il reste encore un long chemin à parcourir mais les bases d'une gestion des ressources des Galapagos ont été posées.

Il reste à espérer que cette nouvelle stratégie de conservation fondée sur une gestion commune des ressources ne soit pas seulement une nouvelle expérience de l'homme sur la nature, mais également une base solide pour la protection globale des Galapagos.

La reproduction asexuée par scission transversale chez *Stichopus chloronotus*

Sven Uthicke¹

Introduction

Stichopus chloronotus est généralement considérée comme une espèce à valeur commerciale faible. Néanmoins, en raison de la surexploitation mondiale des espèces de valeur commerciale élevée (Conand et Jacquemet 2000), elle pourrait acquérir une importance accrue dans les pêcheries tropicales. Elle fait partie des huit espèces d'holothuries aspidochirotées connues pour avoir deux systèmes de reproduction, l'un asexué, par scission transversale, et l'autre sexué, par émission de gamètes (Harriott, 1980; Conand et al., 1998; Uthicke, 1997; Uthicke et al., 1999). La reproduction asexuée est un phénomène saisonnier, principalement observé en hiver, qui contribue largement au maintien des populations des espèces concernées (Uthicke, 1997; Uthicke et al., 1998). Il est donc important de disposer d'informations sur ce mode de reproduction, si l'on souhaite gérer de façon durable la pêche de cette espèce.

La plupart des espèces d'holothuries à reproduction asexuée procèdent suivant le modèle par torsion, puis étirement (Emson et Wilkie, 1980) : les sections antérieures et postérieures effectuent une lente rotation dans des directions opposées, créant ainsi une zone de constriction sur l'animal. Les deux moitiés se déplacent ensuite dans des directions opposées, jusqu'à ce que le tégument se déchire au niveau de la constriction et que les deux moitiés se séparent complètement. Ce processus n'avait jamais été observé chez *S. chloronotus*.

Observations

Au cours d'études de routine conduites sur des populations d'holothuries autour de Lizard Island (Grande barrière australienne) le 8 juin 2000 à 14h00, j'ai pu observer, sur le platier, un spécimen de *S. chloronotus* présentant une légère constriction de sa section antérieure jusqu'en son milieu et la présence de certains tissus blancs au niveau de la zone de constriction (Fig. 1A). J'ai prélevé avec grand soin le spécimen et l'ai transporté jusqu'à un aquarium à eau de mer courante situé à proximité. Après une certaine activité, le spécimen s'est immobilisé sur la paroi de l'aquarium pendant environ 4

heures. À 19h30, la constriction s'est accentuée légèrement et l'animal a commencé à se déplacer (Fig. 1B). Peu de temps après, la section postérieure de l'individu s'est immobilisée, alors que la section antérieure a continué à progresser vers l'avant. La constriction s'est accentuée encore (Fig. 1C). À ce stade, le tégument se trouvant au niveau de scission était pratiquement liquide, et les deux moitiés du corps se sont séparées sans effort apparent, reliées seulement par quelques fils de mucus pendant 30 secondes environ (fig. 1D). L'intégralité du processus de scission s'est déroulé en l'espace de cinq minutes environ. Le tégument situé au point de scission a conservé un état liquide ou semblable à du mucus pendant au moins deux heures. Le lendemain matin, le tégument avait retrouvé sa consistance habituelle et les lésions des deux sections séparées étaient entièrement refermées.

Cet événement s'est déroulé en période d'intense reproduction asexuée en milieu naturel. Trois jours avant le prélèvement de l'animal décrit, j'ai observé dans une population de *S. chloronotus* située à proximité que 15,5 pour cent de tous les spécimens présents étaient le produit d'une reproduction asexuée (Tableau 1). Seulement quatre jours après, ce pourcentage est passé à 23,2 pour cent (Tableau 1). La plupart des individus semblaient s'être divisés récemment et un seul spécimen était en régénération (une partie antérieure présentant des signes de régénération de sa partie supérieure; sensu Conand et al., 1998).

Tableau 1. Observations sur la fréquence d'individus issus de la scission (post-scission) observés dans une population de *Stichopus chloronotus* sur le littoral de Lizard Island, sur la Grande barrière Australienne.

	5 juin 2000		9 juin 2000	
	N	%	N	%
Nb total observé	110		112	
Intacts	93	84,5%	86	76,8%
Post-scission	17	15,5%	26	23,2%

1. Australian institute of Marine Science, PMB n°3, Townsville, Queensland 4810, Australia; tél : +61 7 47534211, télécopie : +61 7 47725852, adresse électronique : S.Uthicke@aims.gov.au

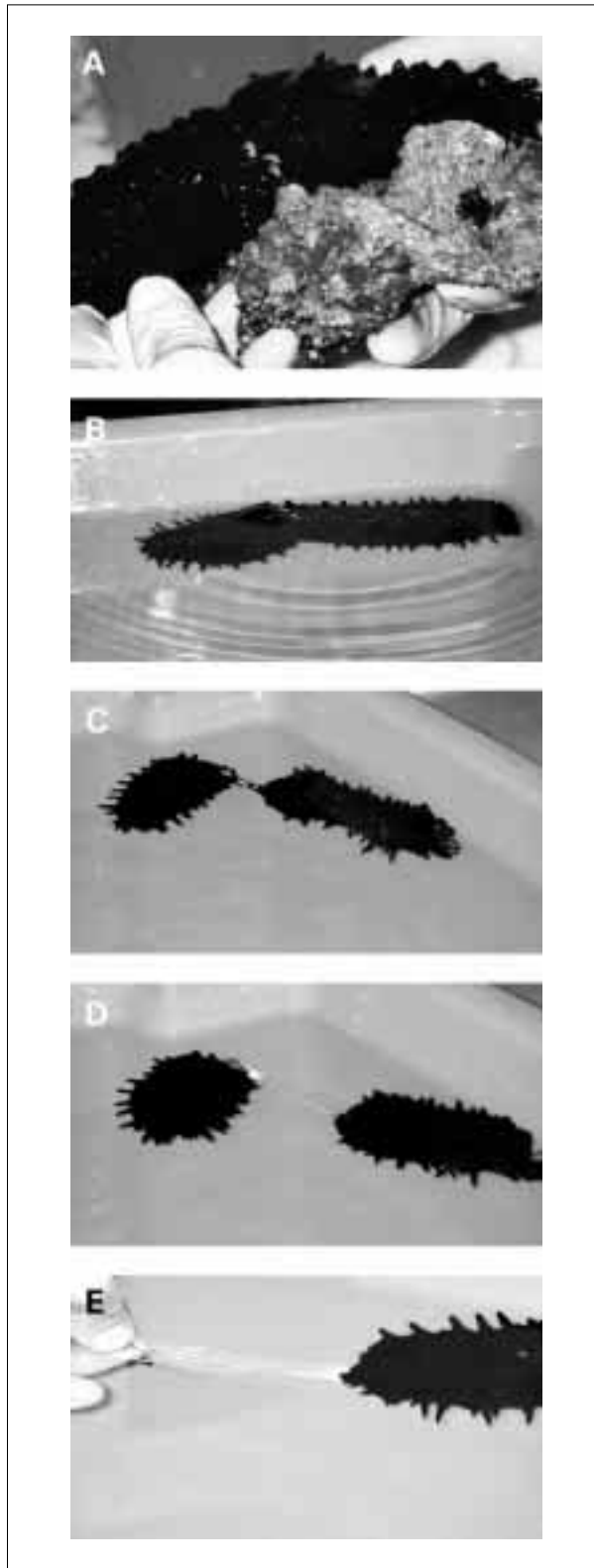


Figure 1.

Processus de reproduction asexuée chez *Stichopus chloronotus*. Un individu présente une légère constriction de son tégument et des lésions des tissus (A). Lorsque l'animal devient actif (B), la section antérieure s'éloigne de la section postérieure (B), jusqu'à ce qu'elles ne soient plus rattachées que par un mince filet de mucus (C, D) et qu'elles se séparent après environ 5 minutes. Le tégument situé au niveau des lésions reste liquide pendant quelques heures (E).

Discussion

À ma connaissance, il s'agit là de la première description du processus de reproduction asexuée chez *S. chloronotus*. Néanmoins, ces observations ne portent que sur un seul individu et ont été effectuées en aquarium. Elles ne doivent être extrapolées qu'avec la plus grande prudence.

La reproduction asexuée chez le spécimen observé de *S. chloronotus* ne s'est pas déroulée selon le mode habituel de torsion et d'étirement, décrit pour plusieurs espèces du genre *Holothuria* (Emson et Wilkie, 1980), qui s'étale parfois sur plusieurs heures (observations personnelles). Dans le cas présent, les propriétés mécaniques du tégument permettent à ce dernier de se transformer en une matière quasi-fluide et les sections de l'animal peuvent alors se diviser rapidement, sans grand effort apparent, par un déplacement vers l'avant de la partie antérieure.

Les propriétés mécaniques du tégument de nombreuses espèces d'holothuries ont fasciné les physiologistes depuis de nombreuses années et celles de *S. chloronotus* sont bien décrites (Motokawa, 1982, 1984). Le tissu conjonctif des holothuries (et d'autres échinodermes) est appelé "tissu conjonctif mutable" (Motokawa, 1984 ; Wilkie, 1984). Ces tissus peuvent se contracter ou s'étendre quasiment instantanément sans intervention des muscles, vraisemblablement sous le contrôle du système nerveux (Wilkie, 1984). *S. chloronotus* en est un exemple. Lorsque l'on frotte des animaux de cette espèce, il arrive que le tégument se désagrège en quelques minutes seulement, ce qui rend leur manipulation délicate, notamment pour les pêcheurs.

Le tissu conjonctif mutable semble avoir pour fonction de faciliter la locomotion de l'animal. *S. chloronotus* a été observé en train d'abandonner une partie de son tégument pour se soustraire à une attaque de gastéropodes (Kropp, 1982). Cette action est sans doute facilitée par le tissu conjonctif. Il semble, au moins chez *S. chloronotus*, que le tissu conjonctif mutable contribue également à la reproduction asexuée par scission transversale et permette une cicatrisation rapide.

La principale période de scission de *S. chloronotus* sur la Grande barrière australienne (Uthicke, 1997) et autour de l'île de la Réunion (Conand et al, 1988) se situe en hiver. Les conclusions présentées ici confirment que le taux de scission est extrêmement élevé en juin. En réalité, le très faible effectif en régénération recensé tend à suggérer que la scission avait commencé juste avant le début des observations. J'ai déjà établi que la reproduction asexuée chez *S. chloronotus* avait lieu principalement la nuit (Uthicke, 1997). Malgré l'apparition

des premiers signes en début d'après-midi, les observations présentées ici semblent corroborer cette affirmation. Néanmoins, en raison de la rapidité du processus, et étant donné que je n'ai pu observer qu'un seul individu, il n'est pas exclu que la scission ait aussi lieu de jour.

Remerciements

Je tiens à remercier Michael Brown de son aide sur le terrain et au cours de mes observations. Cette communication est la contribution n°1049 du Australian Institute of Marine Science.

Bibliographie

- Conand, C., J. Armand, N. Dijoux et J. Garryer. 1998. reproduction asexuée par scission dans une population de *Stichopus chloronotus*, La Réunion, océan Indien. La Bêche-de-Mer, bulletin d'information de la CPS n° 10:15-23.
- Conand, C. and S. Jaquemet. 2000. Overview over the last decade of sea cucumber fisheries, what means for a durable management? 10th International Echinoderm Conference, Dunedin, New Zealand. Programme and Abstracts: p. 45, Abstract only.
- Emson, R.H. and J.C. Wilkie. 1980. Fission and autotomy in echinoderms. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 18:155-250.
- Harriott, V.J. 1980. The ecology of holothurian fauna of Heron Reef and Moreton Bay. M.Sc. Thesis, University of Queensland, Brisbane.
- Kropp, R.K. 1982. Response of five holothurian species to attacks by a predatory gastropod, *Tonna perdix*. Pacif. Sci. 36:445-452.
- Motokawa, T. 1984. Catch connective tissue: the connective tissue with adjustable mechanical properties. Proceedings of the Fifth International Echinoderm Conference Galway/24-29 September 1984. 69-73.
- Motokawa, T. 1982. Fine structure of the dermis of the body wall of the sea cucumber, *Stichopus chloronotus*, a connective tissue which changes its mechanical properties. Galaxea 1:55-68.
- Uthicke, S. 1997. The seasonality of asexual reproduction in *Holothuria (Halodeima) atra*, *Holothuria (Halodeima) edulis* and *Stichopus chloronotus* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef. Mar. Biol. 129:435-441.
- Uthicke, S., J.A.H. Benzie and E. Ballment. 1998. Genetic structure of fissiparous populations of *Holothuria (Halodeima) atra* on the Great Barrier Reef. Mar. Biol. 132:141-151.
- Uthicke, S., J.A.H. Benzie and E. Ballment. 1999. Population genetics of the fissiparous holothurian *Stichopus chloronotus* (Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef, Australia. Coral Reefs 18:123-132.
- Wilkie, I.C. 1984. Variable tensility in echinoderm collagenous tissues: a review. Mar. Behav. Physiol. 11:1-34.

Observations de pont

Sumaitt Putchakarn¹

Au cours de ma dernière étude de terrain à Koh Samet ("Koh" signifie "île"), sur la côte est de la Thaïlande entre le 22 et le 24 septembre 2000, j'ai observé des holothuries en train de pondre. Il s'agissait de l'espèce *Holothuria (Thymioscygia) impatiens*. J'y ai repéré des mâles et des femelles.

Je pense que cette espèce se reproduit deux par deux car chaque couple d'holothurie était seul

dans un rayon de 2 ou 3 mètres (si mes observations sont exactes). La distance entre les mâles et les femelles était d'environ 80 centimètres et la taille des holothuries d'environ 15 centimètres de long.

J'ai observé ce phénomène l'après-midi du 23 septembre, la fin de la saison des pluies en Thaïlande. La matinée avait été très pluvieuse

1. Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Chonburi 20131, Thaïlande. Tél : +66 38 391671-3, télécopie : +66 38 391674, courrier électronique : sumaitt@bucc4.buu.ac.th ou sumaitt@dolphin.BIMS.buu.ac.th

mais la mer était calme et il n'y avait pas de courant. C'est la première fois que j'assistais à la ponte d'holothuries.

Vous pouvez consulter les photos de sperme projeté par les mâles sur la page Web suivante :

<http://www.nrm.se/ev/dok/thaiechinod.html.en>

Cette page Web est tenue à jour par le Dr Sabine. Malheureusement, je n'ai pas pu prendre de photos de femelles.

Je souhaiterais vivement recevoir des informations sur la reproduction des holothuries en milieu naturel et échanger des données sur la ponte des holothuries.



Courrier

la bêche-de-mer

1 - De Jerry Comans

(Chargé de programme, Hervey Bay Dugong and Seagrass Monitoring Programme, 22 Byron St, Scarness, Hervey Bay, Australia 4655)

Je suis Chargé de projet au sein d'un programme de surveillance des herbiers marins à Hervey Bay, dans le Queensland. Pourriez-vous me dire si vous disposez d'informations sur le lien existant entre les holothuries et les herbiers ? Dans notre région, nous savons que la mort des herbiers est suivie de la disparition des holothuries. À l'inverse, l'appauvrissement des stocks d'holothuries a-t-il un impact sur les herbiers marins ?

2 - De Norman Reichenbach

(nreichen@liberty.edu)

Comment allez-vous ? Je travaille en ce moment sur les amphibiens. Peut-être utilisez-vous ou connaissez-vous déjà les méthodes de marquage à l'élastomère. Nous les utilisons sur des amphibiens en guise de marques permanentes et elles nous donnent entière satisfaction.

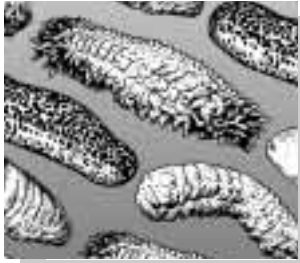
Je pense qu'elles devraient être testées sur les holothuries. Ce pourrait être un moyen de les marquer de façon permanente. Le site Web de la société qui commercialise l'élastomère est consultable à l'adresse suivante : www.nmt-inc.com. Vous pouvez prendre contact avec Mary Woodgate, qui travaille pour cette société.

Vous devriez pouvoir injecter l'élastomère directement dans la masse musculaire, juste sous la peau de façon à ce qu'elle reste visible. La société envoie un échantillon de test gratuit. À moins qu'il n'existe déjà un moyen efficace de marquer de façon permanente les holothuries, je pense que cette méthode mérite un test. La société teste ses produits sur différents organismes pour vérifier qu'ils fonctionnent. Elle propose aussi d'autres méthodes de marquage, dont un fil très fin qui peut être placé dans l'organisme et détecté par un scanner. Ce dernier met sous tension le fil, qui émet alors un signal vers le scanner, lui précisant son numéro. Je n'ai pas testé cette dernière technique.

3 - De Peter Howard

(phishypete@yahoo.com)

Veuillez me faire parvenir par courrier électronique toutes les informations dont vous pourriez disposer sur la viabilité commerciale des holothuries présentes au large des îles Vierges.



résumés, publications, colloques & conférences

la bêche-de-mer

Résumés

Induction de la ponte chez l'holothurie *Holothuria scabra* (Échinoderme : Holothuride)

Andrew Morgan
(a.morgan@auckland.ac.nz)

Source : Journal of the World Aquaculture Society. 31 (2) : 186–194. (2000)

Pour permettre le développement de l'aquaculture du concombre de mer dans la région du Pacifique sud, il convient d'élaborer une méthode fiable permettant d'induire la ponte chez de nombreux individus maintenus en captivité. Un stock géniteur d'holothuries *Holothuria scabra* collecté à Stradbroke Island, Moreton Bay (27°30'N, 153°24'E), en Australie, au cours de la saison de reproduction se situant entre octobre et janvier a été utilisé dans le cadre d'essais de ponte. Au cours de l'été 1997-1998, quatre essais d'induction de ponte ont été réalisés pendant une période de captivité de une à cinq semaines, au crépuscule de période de pleine ou de nouvelle lune. La ponte a pu être induite chez 100% des individus, soit 9 mâles et 9 femelles placés dans un bac ReIn contenant 30 cm d'eau de mer filtrée et exposés à un choc thermique de 3 à 5 °C. La ponte de *H. scabra* a été induite chez quelques individus pendant l'été 1996-1997 malgré une perte de poids sensible. Tous les individus induits ont pondu pendant l'été 1997-1998 et présentaient une perte de poids minime. La différence entre le nombre d'œufs pondus par des spécimens de taille semblable et le nombre moyen d'œufs pondus lors d'essais consécutifs a diminué à mesure que la durée de captivité précédant la ponte s'est allongée. Le taux d'éclosion des œufs s'est révélé significativement réduit chez les géniteurs maintenus en captivité pendant plus d'un mois. Le taux d'éclosion et la fécondité sont des indicateurs importants de la viabilité des œufs du stock géniteur conservé en captivité pendant une période prolongée.

Cucumaria flamma, une nouvelle espèce d'holothurie découverte dans le Pacifique central oriental (Échinoderme : Holothuride)

Francisco A. Solis-Marín et Alfredo Laguarda-Figueroa
Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Post. 70-305, México, D.F. 04510 Mexique

Source : Proceedings of the Biological Society of Washington 112 (4) : 778–786. 1999

Cucumaria flamma, n. sp, est une espèce de taille moyenne du Pacifique central oriental. Elle se caractérise par une bouche et un anus terminaux tournés vers le haut. La face dorsale est parcourue sur toute sa lon-

gueur, depuis la base des tentacules jusqu'à l'anus, par un sillon antéro-postérieur profond et très net. Les spicules de la face ventrale sont constitués de boutons d'aspect nodulaire et de plaques perforées et lisses, tandis que ceux de la face dorsale sont formés de plaques perforées et de boutons lisses. L'espèce est présente sur toute la zone qui s'étend de Mazatlán, dans l'État de Sinaloa (Mexique) jusqu'à Isla de Plata (Équateur) sur des substrats rocheux entre 4 et 12 mètres de profondeur.

Les concombres de mer sont très demandés

Source : Seafood New Zealand no 69, juillet 2000

L'holothurie *Stichopus mollis* est une espèce pour le moins bizarre dont on aurait du mal à croire qu'elle puisse avoir la moindre valeur commerciale. Pourtant, au Japon et en Chine, les produits dérivés de *Stichopus mollis* et d'autres espèces de concombres de mer originaires de zones tempérées et tropicales sont considérés comme des mets de choix et peuvent atteindre des prix élevés. Du fait de la surexploitation des stocks de la région Asie/Pacifique, la pêche des espèces évoluant dans les zones tempérées constitue aujourd'hui une activité économiquement viable.

Préférence pour les substrats de fixation et première migration chez l'holothurie tropicale *Holothuria scabra*

Annie Mercier^{a,b,c}, Stephen C. Battaglene^b, Jean-François Hamel^a

a. Société d'exploration et de valorisation de l'environnement (SEVE), 655 rue de la Rivière, Katevale, Québec, Canada JOB 1W0

b. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Coastal Aquaculture Centre, P.O. Box 438, Honiara, Îles Salomon

c. Institut Royal des Sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Université du Québec, 310 Allée des Ursulines, Rimouski, Québec, Canada G5L 3A1

Source : Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 249 : 89-110 (2000)

Des expériences effectuées en laboratoire ont permis d'étudier la fixation et les processus ultérieurs chez l'holothurie *Holothuria scabra* Jaeger. Réalisées sur un ou plusieurs substrats, elles ont révélé que plusieurs d'entre eux pouvaient induire la métamorphose des larves en pentaculas mais que certains substrats seulement favorisaient la fixation des individus. Les feuilles de l'herbe marine *Thalassia hemprichii*, recouvertes ou non de leur film bactérien naturel, ont présenté le plus fort taux de fixation (entre 4,8 et 10,5%). *T. hemprichii* exerce une attraction plus forte que le sable, les débris coralliens, plusieurs autres espèces de plantes aquatiques et les herbes artificielles, qu'elles soient couvertes ou non de film bactérien. Seule la fixation sur l'herbe marine *Enhalus acoroides* a présenté certaines caractéristiques communes avec celle induite par *T. hemprichii*. En l'absence de substrat adéquat, les larves ont retardé leur fixation de près de 96 heures et le taux de survie a été inférieur à 0,5%. Le sable et les débris coralliens, pris séparément ou mélangés, ont attiré moins de 1,5% des larves disponibles. Les pentaculas découvertes sur le sable, les débris coralliens ou dans de simples conteneurs étaient de 10 à 35% plus petites que celles observées sur les feuilles de *T. hemprichii*. Les extraits solubles de *T. hemprichii* et de *E. acoroides* ont permis d'induire la métamorphose et la fixation des larves sur des surfaces de plastique propres. Les juvéniles nouvellement fixés sont restés sur les herbes marines pendant quatre à cinq semaines avant de migrer vers des zones sablonneuses. Ils mesuraient alors environ 6 mm de longueur. Avant de se fixer définitivement sur le sable, les juvéniles sont revenus vers les herbes marines pendant quatre à cinq jours. Une fois fixés, ils ont commencé à se nourrir de sédiments mais n'ont pas adopté le comportement d'enfouissement caractéristique des individus plus âgés avant d'avoir atteint une longueur moyenne de 11 mm. Les larves de *H. scabra* semblent sélectionner activement les feuilles d'herbes marines sur lesquelles elles se fixent, peut-être grâce à un système de détection chimique. Nous supposons que les larves qui se fixent sur des herbes marines ont plus de chances de croître et de survivre car elles y trouvent un substrat adapté à leurs besoins de croissance et une transition idéale vers des substrats sableux, lorsqu'elles commencent à s'alimenter de matières détritiques.

Ingestion et assimilation par l'holothurie *Parastichopus californicus* des biosalissures dans les cages d'élevage de saumons : leurs incidences sur les activités de polyculture

Molly O. Ahlgren

Science Division, Sheldon Jackson College, Sitka, Alaska, 99835 États-Unis

Source : Journal of the World Aquaculture Society, vol. 29, no 2, juin 1998

Les biosalissures composées de fèces de poisson, de résidus d'aliments pour poisson, d'algues et d'autres particules de matière organique peuvent poser des problèmes écologiques dans les fermes aquacoles où l'élevage des poissons s'effectue dans des cages en filets installées en mer. L'accumulation de débris organiques peut en effet entraîner un encrassement des filets et entraver la circulation de l'eau, phénomène qui contribue à stresser le poisson. Des expériences ont été menées sur des spécimens d'holothuries *Parastichopus californicus* qui ont pu se nourrir dans les cages flottantes en filet d'une station d'élevage de saumons située dans le sud-est de l'Alaska. On a constaté que les holothuries consommaient les biosalissures et nettoyaient une part importante de la surface des filets ($P < 0,0001$). Les holothuries assimilaient les acides aminés et les autres matières organiques contenus dans les biosalissures deux à trois fois mieux qu'elles n'assimilent les sédiments dont elles se nourrissent normalement. Le développement musculaire des individus ingérant les biosalissures à l'intérieur des cages était par ailleurs largement supérieur à celui observé chez les holothuries se nourrissant dans leur milieu naturel ($P < 0,0003$). Les résultats de ces travaux indiquent que les opérations de polyculture qui consisteraient à élever des espèces détritivores d'importance commerciale, comme l'holothurie *Parastichopus californicus*, avec des saumons dans des cages en filet pourraient transformer les filets "auto-encrassants" en filets "autonettoyants" et les biosalissures en produit à valeur commerciale (biomasse de l'holothurie).

Aspects du cycle de reproduction de l'holothurie *Holothuria scabra* (Échinoderme : Holothuride)

Andrew David Morgan

Source : Bulletin of Marine Science. 66 (1) : 47-57. (2000)

L'holothurie de sable *Holothuria scabra* est une espèce de valeur commerciale présente dans l'ensemble de la région indo-pacifique qui affectionne plus particulièrement les habitats estuariens des zones intertidales. L'espèce est commercialisée dans les pays de la région Asie-Pacifique et fait l'objet d'une exploitation intense. Compte tenu de l'intérêt grandissant que suscite l'aquaculture de cet animal, il est essentiel de comprendre les mécanismes qui régulent le cycle de reproduction de l'espèce et d'améliorer en conséquences les méthodes d'élevage. De juillet à décembre 1997, le cycle de reproduction de spécimens mâles et femelles de *Holothuria scabra* été observé pour le compte des habitants Stradbroke Island, Moreton Bay (27°30'N, 153°24'E), en Australie. C'est en novembre de ces deux années que culminent les rapports gonado-somatiques du poids éviscéré, alors qu'on ne constate aucune augmentation sensible de la taille des ovocytes. La gamétogénèse coïncide avec une période de perte de poids du tégument, du milieu de l'hiver (juin) au milieu de l'été (décembre). Au cours de la gamétogénèse, on a relevé la présence constante d'ovocytes matures qui étaient soit réabsorbés soit pondus pendant ou avant la période vitellogène, de septembre à novembre. Les nutriments stockés dans le tégument étaient probablement utilisés pour la gamétogénèse à la fin de l'hiver et la production des ovocytes matures était vraisemblablement régulée par activité phagolytique, en réaction à l'environnement. Si on parvient, à un stade quelconque de la gamétogénèse, à accroître la vitellogénèse naturelle des ovocytes chez certains des individus collectés et à déclencher la maturation (gamétogénèse) chez d'autres, on devrait pouvoir induire la ponte de certains spécimens de *H. scabra* en dehors de la période normale de ponte.

Exploitation des holothuries à Saipan (Îles Mariannes du Nord)

M. Trianni

Division des ressources halieutiques et des espèces sauvages du Commonwealth des Îles Mariannes du Nord.

Courrier électronique : mtsdfw@itecnmi.com

Source : Neuvième symposium international sur les récifs coralliens, Bali 10/100, Résumés, p. 209

Une pêcherie ciblant l'holothurie de brisants *Actinopyga mauritania* VU et l'holothurie noire à mamelles *Holothuria nobilis* s'est établie sur l'île de Saipan (Commonwealth des Îles Mariannes du Nord) de 1996 à 1997. Aucune évaluation des stocks n'ayant été réalisée au préalable, la gestion des activités de pêche s'est fondée sur les seules statistiques de prises et d'effort. Les opérations se sont temporairement interrompues en 1997 en raison de la baisse de la CPUE. Par la suite, une analyse des statistiques de prises et d'effort a été effectuée à l'aide de trois modèles statistiques d'appauvrissement des stocks : le modèle Leslie, le modèle DeLury et un estimateur de probabilité non biaisé dérivé du modèle Leslie et appelé modèle Akamine. Ces modèles ont permis d'établir que les peuplements présents dans les zones couvertes par les mesures de gestion de la pêcherie étaient fortement exploités et que les opérations de pêche avaient entraîné la disparition de 78 à 90 pour cent de la population initiale. Les activités de pêche ont donc cessé et l'enquête de suivi menée par la division des ressources halieutiques et des espèces sauvages a confirmé les résultats des analyses effectuées à l'aide des modèles d'appauvrissement. Ces résultats présentaient toutefois des différences d'un modèle à l'autre. Ainsi, les modèles Leslie et DeLury n'ont pas permis d'obtenir des résultats valables pour l'ensemble des unités de gestion considérées. Le modèle Akamine a finalement été retenu en vue d'éventuelles estimations supplémentaires de l'appauvrissement des stocks. Les agents de la division considèrent néanmoins que l'évaluation des stocks avant exploitation et la collecte de données statistiques sur les opérations de pêche seront indispensables à la mise en place d'un régime cohérent de gestion de la pêcherie.

Surexploitation des holothuries de la Grande barrière australienne : effets sur la structure des populations de *Holothuria nobilis* et sources probables de recrutement

Sven Uthicke* et John A.H. Benzie

* Australian Institute of Marine Science, PMB No. 3, Townsville MC, Queensland 4810, Australie.

Courrier électronique : S. Uthicke@aims.gov.au

Source : Neuvième symposium international sur les récifs coralliens, Bali 10/100, Résumés, p. 209

La baisse des prises de *H. nobilis* enregistrée sur la Grande barrière australienne a incité les services de gestion des ressources halieutiques, en octobre 1999, à en interdire la pêche. Nous avons vérifié les densités et la structure des taille des peuplements de *H. nobilis* sur 20 récifs et avons examiné la connectivité générique entre les récifs à l'aide d'analyses des allozymes et de l'ADN mitochondrial (ADNmt). Les densités de *H. nobilis* relevées sur quatre récifs fermés à la pêche étaient environ quatre fois supérieures à celles observées sur seize autres récifs exploités par les pêcheurs et le poids moyen des animaux était largement inférieur sur les récifs ouverts à la pêche. L'analyse de sept enzymes polymorphes n'a révélé aucune différence majeure entre les populations évoluant sur des récifs séparés par des distances pouvant atteindre 1 300 kilomètres. Cette caractéristique pourrait traduire un fort potentiel de dispersion des larves et pourrait signifier que les larves issues de peuplements ou de régions non exploités sont capables de recoloniser les récifs surexploités. Toutefois, les conclusions tirées de l'analyse des données sur les allozymes pourraient être erronées dans la mesure où les allozymes n'ont peut-être pas atteint le point d'équilibre de leur processus d'évolution, les récifs étant encore relativement jeunes. Les études préliminaires réalisées à l'aide de marqueurs génétiques à haute résolution (séquences d'ADNmt) ont montré que les populations pourraient se différencier même à de petites échelles géographiques. En conséquence, on ne pourra formuler de recommandation sur l'échelle à laquelle doit se faire la gestion de la pêche des holothuries sur la Grande barrière australienne qu'une fois toutes les analyses des marqueurs mitochondriaux réalisées.

Reproduction asexuée des holothuries (Holothurides) : comparaison entre les populations de *Stichopus chloronotus* du Pacifique (Grande barrière australienne) et de l'océan Indien (La Réunion)

C. Conand* et S. Uthicke

* Laboratoire d'Écologie marine, Université de La Réunion, 97715 Saint Denis Cedex, France.

Courrier électronique : chantal.conand@univ-reunion.fr

Source : Neuvième Symposium international sur les récifs coralliens, Bali, 10/100, Résumés, p. 300

Stichopus chloronotus est une espèce d'holothurie largement répandue dans la région indo-pacifique où les densités de population sont souvent élevées. Sa reproduction asexuée par scission a été observée dans plusieurs peuplements de la Grande barrière australienne (océan Pacifique) (Uthicke, 1997) et des récifs frangeants de La Réunion (France, océan Indien) (Conand et al., 1998). Les résultats obtenus ont été comparés afin d'étudier les similitudes entre les processus de scission constatés dans ces deux régions géographiques. Les taux de scission ont fait apparaître des caractères saisonniers différents, avec des maxima survenant pendant la saison fraîche (mai à juillet), aussi bien à La Réunion que sur la Grande barrière australienne. Les processus de régénération externe et interne ont été décrits afin de comprendre comment s'opère la reprise de l'alimentation et de la reproduction sexuée après scission. Il existe une corrélation positive entre les taux annuels de scission et les densités de population dans tous les peuplements étudiés. En revanche, la corrélation entre les taux annuels de scission et les tailles modales dans la population est négative. Les auteurs ont examiné les conséquences de la scission au plan de la densité et de la taille des spécimens. Ils supposent que plusieurs facteurs abiotiques, qui peuvent varier d'une espèce à l'autre, déclenchent le processus de scission chez les holothuries. Pour *S. chloronotus*, il est possible que la disponibilité d'aliments et les densité de peuplement interviennent dans la régulation de la reproduction asexuée. Cependant, la comparaison d'un plus grand nombre de stations reste nécessaire pour établir le bien-fondé de cette hypothèse.

Techniques d'éclosion et d'élevage de l'holothurie *Holothuria scabra* Jaeger en Inde

D. B. James

Source : Naga, revue trimestrielle de l'ICLARM, vol.22, no 4, octobre-décembre 1999

On procède actuellement à la production de juvéniles de l'holothurie *Holothuria scabra* Jaeger à l'institut central indien de recherche sur les pêches maritimes. L'article décrit les techniques utilisées en vue de la production de juvéniles ainsi que les expériences d'élevage des juvéniles menées dans cet institut. Les essais d'aquaculture des juvéniles dans les écloséries de fermes d'élevage de crevettes ont donné des résultats spectaculaires et ont montré que le procédé était à la fois rentable et respectueux de l'environnement.

Production d'holothuries tropicales en vue de la reconstitution et de l'amélioration des stocks

S. C. Battaglene

Source : Naga, revue trimestrielle de l'ICLARM, vol.22, no 4, octobre-décembre 1999

Les stocks d'holothuries ont été fait l'objet d'une surexploitation intense dans la plus grande partie de la région Indo-Pacifique. Le centre d'aquaculture côtière (CAC) de l'ICLARM, basé aux Îles Salomon, évalue actuellement l'intérêt que présentent les lâchers de juvéniles d'élevage pour la reconstitution et l'amélioration des stocks. L'holothurie de sable, *Holothuria scabra*, est l'espèce tropicale qui semble convenir le mieux à cette fin. Cette espèce de grande valeur, présente en de nombreuses régions, est relativement facile à élever dans des systèmes simples et peu coûteux. L'article résume les informations relatives à l'élevage de *H. scabra* et les compare à celles recueillies pour l'espèce *Stichopus japonicus*, qui évolue dans les zones tempérées. Les holothuries de sable vivent dans des environnements riches en nutriments à des densités de plusieurs centaines d'individus par hectare. La ponte atteint son point culminant en septembre et octobre, mais peut néanmoins être induite toute l'année. Une hausse de la température et l'adjonction d'algues en poudre sont des moyens efficaces de provoquer la ponte. *Chaetoceros muelleri* et *Rhodomonas salina* sont deux des

meilleures microalgues pour nourrir les larves. Les larves d'holothuries de sable sont plus robustes et faciles à élever que celles d'autres espèces tropicales. Les larves se métamorphosent en juvéniles après avoir séjourné pendant deux semaines dans une eau à 28 °C et se fixent alors sur des plaques sur lesquelles on a cultivé des diatomées. Le CAC a produit 200 000 juvéniles issus de six pontes. Les holothuries de sable peuvent être élevées sur des substrats durs jusqu'à ce qu'elles atteignent une longueur de 20 mm et il est préférable de les transférer ensuite sur des substrats sablonneux. Les taux absolus de croissance des holothuries de sable sont en moyenne de l'ordre de 0,5 mm/jour ($\pm 0,03$ erreur-type) et sont compris entre 0,2 et 0,8 mm/jour selon la densité de peuplement, l'intensité de la lumière et selon que des algues en poudre ont été ajoutées ou pas. Dans l'ensemble, tout porte à croire que les holothuries de sable peuvent être produites dans des conditions rentables en vue de la reconstitution et de l'amélioration des stocks. L'intérêt potentiel que présente l'aquaculture des juvéniles aux fins de la gestion des opérations de pêche ciblant les holothuries sera fonction de l'élaboration de stratégies visant à améliorer le taux de survie des juvéniles relâchés en milieu naturel et à évaluer les lâchers à l'échelle commerciale.

Note de la rédaction: D'autres résumés ont été publiés dans la version anglaise du bulletin mais n'ont pu être traduits. En voici la liste:

La transformation d'auricularia en doliolaria chez deux holothuries aspidochirotes

Thurston C. Lacalli and Jenifer E. West

Biology Department, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, S7N-5E2, Canada

(Source: Communication de Vicki Pearse Editor, Invertebrate Biology)

Changements dans la spiculation de *Holothuria scabra* avec une discussion de l'évolution des spicules chez les holothuries

Claude Massin¹, Annie Mercier^{2,3} and Jean-François Hamel³

¹ Section Malacology, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 29 rue Vautier, B-1000 Brussels, Belgium,

² International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Coastal Aquaculture Centre, P.O. Box 438, Honiara, Solomon Islands,

³ Society for the Exploration and Valuing of the Environment (SEVE), 655 rue de la Rivière, Katevale (Québec), Canada
JOB 1W0

(Source: Acta Zoologica (Stockholm) 81: 77–91 (January 2000))

Activité mitotique des cellules pendant la régénération des muscles chez une holothurie *Eupenctata fraudatrix*

I. Yu. Dolmatov and T.T. Ginanova

Institute of Marine Biology (Far Eastern Branch), Russian Academy of Sciences, ul. Pal'chevskogo 17, Vladivostok, 690041 Russia

(Source: Russian Journal of Development Biology, Vol. 29, No. 6, 1998, pp. 282-285. Traduit de Ontogenez, Vol. 29, No. 6, 1998, pp. 459-462. Texte original en russe © 1998 par Dolmatov, Ginanova.)

Régénération des muscles longitudinaux chez les holothuries juvéniles

I. Yu. Dolmatov and M.G. Eliseikina

Institute of Marine Biology, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Pal'chevskogo 17, Vladivostok, 690041 Russia

(Source: Russian Journal of Development Biology, Vol. 29, No. 5, 1998, pp. 188–194. Traduit de Ontogenez, Vol. 29, No. 5, 1998, pp. 354–361. Texte original en russe © 1998 par Dolmatov, Eliseikina.)

Reproduction de l'holothurie apode *Patinapta ooplax* : cycle de ponte semi-lunaire et changement de sexe

Tomoyuki Kubota

Department of Biology, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan

(Source: Zoological Science 17: 75–81 (2000))

Tubules de Cuvier chez les holothuries tropicales : utilité et efficence comme mécanisme de défense

Jean-François Hamel^a and Annie Mercier^{a,b}

^a Society for the Exploration and Valuing of the Environment (SEVE), 655 rue de la Rivière, Katevale (Québec), Canada JOB 1W0;

^b International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Coastal Aquaculture Centre, P.O. Box 438, Honiara, Solomon Islands

(Source: Mar. Fresh. Behav. Physiol. 33:115–139)

Stress et reproduction déviante chez les Échinodermes

John M. Lawrence et Joan Herrera

(Source: Zoological studies 39(3):151–171 (2000))

Induction de la ponte chez l'holothurie *Holothuria scabra*

Andrew David Morgan

School of Marine Science, University of Queensland, Australia

(Source: Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 31, No. 2. (June 2000))

Reproduction et croissance de *Isostichopus fuscus* dans le sud du golfe de Mexico

M.D. Herrero-Pérezrul, H. Reyes Bonilla, F. Garcia-Dominguez and C.E. Cintra-Buenroostro

(Source: Marine Biology 1999:521–532)

Autres références

Sea cucumber farming in New Zealand

Andrew Morgan

(Source: Austasia Aquaculture – 54 (August/September 2000))

A glimpse into some sea cucumbers in Panay, Philippines

M.B. Surtida and R.Y. Buendia

(Source: SEAFDEC Asian Aquaculture Vol. XXII No. 3 (May-June 2000))

Asha. P.S. 1999. A small scale sea cucumber fishery along Gulf of Mannar and Palk Bay. In: papers presented in the National Scientific Seminar in Official Language Hindi. 16–18.

Eswaramohan, T., P. Krishnarajah, and V. Arasaratnam. 2000. A search for the digestive enzymes in gut fluid of *Holothuria scabra* Jaeger, 1833 (Echinodermata: Holothuroidea). Proceedings of Jaffna Science Association 8(1):6.

James, D.B. 1999. Abnormal asteroids from the seas around India. Mar. Fish. Infor. Serv., T. & E. Ser., No.158:21–22.

James, D.B. 1999. Hatchery and culture technology for the sea cucumber *Holothuria scabra* Jaeger in India. Naga, 22(4):12–16.

James, D.B. and G. Ruparani. 1999. New resources for the Indian Beche-de-mer industry and its management. Proc. Fourth Indian Fisheries Forum. 385–388.

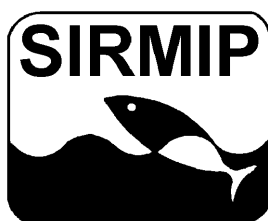
James, D.B. 1999. *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, a rare Holothurian from the Gulf of Mannar. Mar. Fish. Infor. Serv., T. & E. Ser., No.161:15.

- Landeira-Fernandez, A.M., K.R.M. Aiello, R. Aquino, L.C.F. Silva, L. de Meis, and P. Mourao. 2000. A Sulfated Polysaccharide from the sarcoplasmic reticulum of sea cucumber smooth muscle is an endogenous inhibitor of the Ca²⁺-ATPase. *Glycobiology*, 10(8):773–779.
- Landeira-Fernandez, A.M. 2000. The Ca²⁺-ATPase derived from sea cucumber smooth muscle is regulated by K⁺ and sulfated polysaccharides. (review paper) *Journal Experimental Biology*.
- Landeira-Fernandez, A.M., A. Galina, P. Jennings, M. Montero-Lomeli, and L. de Meis. 2000. Sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase of sea cucumber smooth muscle: regulation by K⁺ and ATP. *Comparative Biochemistry and Physiology*.
- Landeira-Fernandez, A.M., A. Galina, and L. de Meis. 2000. Catalytic activity and heat production by Ca²⁺-ATPase from sea cucumber (*Ludwigothuria grisea*) longitudinal smooth muscle: Modulation by monovalent cations. *Journal Experimental Biology*.
- Mashanov, V.S., and I.Yu. Dolmatov. 2000. Development morphology of a holothurian, *Cucumaria japonica* (Dendrochirota, Holothuroidea), a species with accelerated metamorphosis. *Invertebrate Reprod. Develop.* 37(2):137–146.
- Mashanov, V.S., and I.Yu. Dolmatov. 2001. Ultrastructure of the digestive tract in 5-month-old pentactulae of a holothurian *Eupentacta fraudatrix* (Holothuroidea, Dendrochirota). *Russian J. Marine Biol.*
- Mashanov, V.S., and I.Yu. Dolmatov. 2001. Ultrastructural peculiarities of gut regeration in 5-month-old pentactulae of a holothurian *Eupentacta fraudatrix* (Holothuroidea, Dendrochirota) after artificial transverse bisection. *Russian J. Marine Biol.*
- Mashanov, V.S., and I.Yu. Dolmatov. (In press). Regeneration of the digestive tract in the pentactulae of the far-eastern holothurian *Eupentacta fraudatrix* (Holothuroidea, Dendrochirota). *Invertebrate Reprod. Develop.*
- Shukaluk, A.I., and I.Yu. Dolmatov. 2001. Regeneration of the digestive tube in holothurian *Stichopus japonicus* after evisceration. *Russian J. Marine Biol.*
- Smirnov, A.V., A.V. Gebruk, S.V. Galkin, and T. Shank. 2000. New species of holothurian (Echinodermata: Holothuroidea) from hydrothermal vent habitats. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 80:321–328.

Conférences

1. **Le neuvième Congrès international sur la reproduction et le développement** s'est tenu à Grahamstown (Rhodes University, Afrique du Sud) du 15 au 20 juillet 2001. Pour de plus amples informations, veuillez consulter le site web suivant : www.rhodes.ac.za/conferences/icird2001/
2. **La sixième conférence européenne sur les échinodermes** s'est tenue du 3 au 7 septembre 2001 à Banyuls (France).

Le SIRMIP est un projet entrepris conjointement par 5 organisations internationales qui s'occupent de la mise en valeur des ressources halieutiques et marines en Océanie. Sa mise en oeuvre est assurée par le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), l'Agence des pêches du Forum du Pacifique Sud (FFA), l'Université du Pacifique Sud, la Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées (SOPAC) et le Programme régional océanien de l'environnement (PROE). Ce bulletin est produit par la CPS dans le cadre de ses engagements envers le SIRMIP. Ce projet vise à mettre



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

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.