

informations la bêche-de-mer nouvelles

Aspects de la gestion des stocks géniteurs d'holothuries de sable (Echinodermes : Holothurides)

Andrew David Morgan¹

Résumé

Des stocks géniteurs d'holothuries de sable *Holothuria scabra* ont été obtenus sur l'île de Stradbroke, Moreton Bay (27°30' N, 153°24' E) dans le Queensland (Australie), pendant les saisons de reproduction de novembre 1996 à février 1997 et d'octobre à novembre 1997. Ils ont été placés dans un bassin intérieur de 12 tonnes à fond de sable, équipé d'un biofiltre à sable et d'un système de circulation d'eau de mer. Au cours de la première période suivant la reproduction, de mars à mai 1997, les individus n'ont pas récupéré le poids qu'ils avaient perdu pendant la période où ils ont été soumis à une induction de la ponte, malgré un complément alimentaire. D'octobre à novembre 1997, l'administration de divers compléments nutritifs a permis de réduire la perte pondérale d'*H. scabra* maintenues en captivité et exposées à une température et à un cycle de lumière constants. Au bout de cinq semaines, les animaux ont présenté des symptômes d'infection, rejetant d'abondantes mucosités. Il reste à étudier l'application d'un régime alimentaire approprié et les effets des conditions de température et de lumière sur la conjugaison du régime alimentaire et du cycle de reproduction.

¹ Université du Queensland, Australie. Adresse postale : University of Auckland, School of Environmental and Marine Science, Leigh Marine Laboratory. P.O. Box 349, Warkworth, Northland (Nouvelle-Zélande). Tél. : 649 422 6111, télécopieur : 649 422 6113, mél : a.morgan@auckland.ac.nz.

Introduction

On dispose de peu d'informations concernant l'incidence de la captivité sur l'association du synchronisme de reproduction et du comportement alimentaire des concombres de mer (James *et al.*, 1994; Ito, 1995; Yanagisawa, 1995; Ramofafia *et al.*, 1997; Battaglène & Bell, 1997). La biologie alimentaire des concombres de mer, quantifiée *in situ* (Cameron & Fankboner, 1984; Weidemeyer, 1992; Ahlgren, 1998; Uthicke & Karez, 1999), laisse à penser que d'autres conditions et régimes alimentaires appropriés pourraient être appliqués en captivité. Du varech des espèces *Eysenia bicyclis* et *Undaria pinnatifida* a été moulu et transformé en pâte, congelé ou séché, puis placé dans des bassins contenant des stocks géniteurs de *Stichopus japonicus* (Masaki, comm. pers.; Ito, 1995; Yanagisawa, 1995) et consommé le lendemain. Battaglène et Bell (1997) ont indiqué qu'en Inde et en Indonésie, on donne aux stocks géniteurs de *Holothuria scabra* de la poudre de soja, du son de riz, de la fiente de poulet, des algues moulues et des têtes de crevettes.

Yingst (1976) a observé qu'en captivité, le concombre de mer *Parastichopus parvimensis* tire une grande valeur nutritionnelle de la chair de crabe stérile décomposée, tandis que des végétaux stériles présentent une valeur nutritive faible ou nulle. La chair prélevée du crabe avait été placée dans un bûcher dans lequel avaient été injectées des bactéries, puis, pendant 14 jours, sur une table vibrante pour stimuler la décomposition. McClintock *et al.* (1982) ont constaté que les oursins *Echinometra lucunter*, *Lytechinus variegatus* et *Eucidaris tribuloides* préféraient, en captivité, le bivalve *Donax variabilis* sous

forme de pulpe ou détrempé, aux limbes de l'herbe *Thalassia testudinum*. Les préférences alimentaires sont difficiles à déterminer chez les holothuries aspidochiotes parce qu'elles sont détritivores et se nourrissent probablement des populations fongiques et bactériennes favorisées par la décomposition de la faune et de la flore (Yingst, 1976; Moriarty, 1982; Moriarty *et al.*, 1985).

Le marquage *in situ* des concombres de mer n'a eu que peu d'utilité (Harriott, 1980; Shelley, 1981; Conand, 1990). Cela consiste à faire une petite marque en forme de T dans le tégument à l'aide d'un pistolet de marquage. Au cours de ces études, une nécrose localisée du tissu a été observée et, dans la majorité des cas, la marque est tombée au bout de quelques mois. Cette méthode pourrait néanmoins s'avérer efficace pour le marquage du stock géniteur en captivité pendant de brèves périodes.

Pour l'instant, aucune étude n'a déterminé comment la régulation des facteurs exogènes et ses effets sur un rythme endogène influent sur l'alimentation et la reproduction des concombres de mer en captivité. Faute de la compréhension de l'interaction du comportement alimentaire et du stade de reproduction, on a procédé à la capture du stock géniteur à la fin de la gamétogenèse ou durant la période vitellogène, de manière à éviter les problèmes liés à l'alimentation et à la gamétogenèse (James *et al.*, 1994; Ito, 1995; Battaglène, comm. pers.; Masaki, comm. pers.). Des études effectuées sur des concombres de mer en captivité ont en partie traité certains de ces points. Le présent article présente des informations sur la manière dont la gestion du stock géniteur affecte le concombre de mer *Holothuria scabra*.

Matériel et méthodes

Gestion des stocks reproducteurs en captivité

En octobre et novembre 1997, une centaine de *H. scabra* ont été capturées sur l'île de Stradbroke, Moreton Bay (27°30' N, 153°24'E) et transplantées au Centre de recherche aquacole de l'île de Bribie (BIARC) à l'aide d'un bac à poissons de 750 litres pourvu d'une entrée d'oxygène. Les individus ont été placés dans des cylindres en grillage fermés (figure 1). La couche inférieure de cylindres ne contenait pas d'animaux et servait de soubasse-

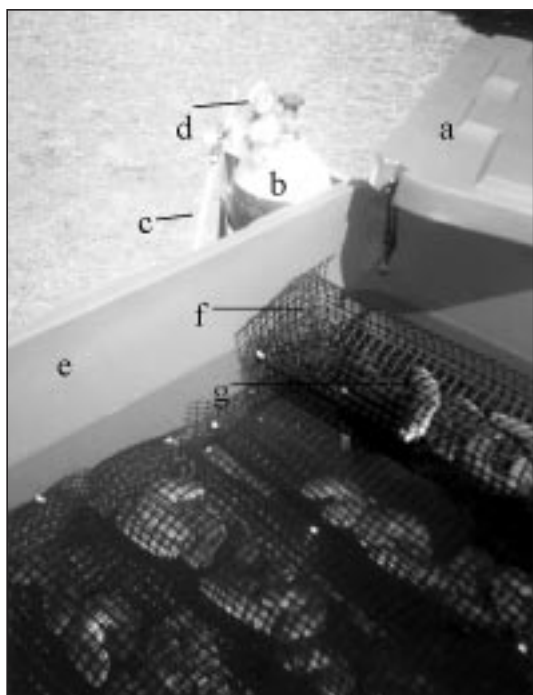


Figure 1.

Le bac en polycarbonate de 750 litres utilisé pour transporter le stock géniteur : a) couvercle du bac; b) bouteille d'oxygène; c) flexible d'alimentation en air; d) manomètre; e) bac de transport de poisson; f) parois en grillage; g) stock géniteur d'*Holothuria scabra*.

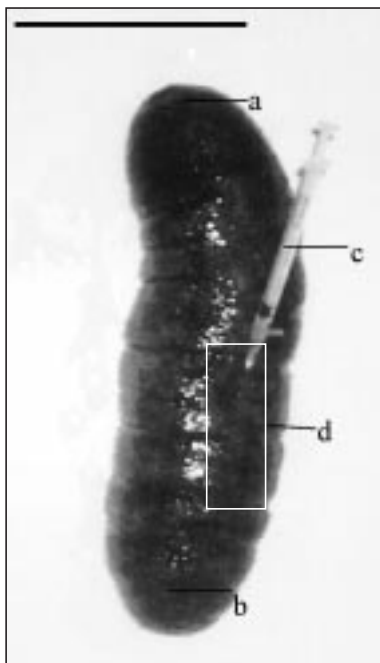


Figure 2.
Orientation de l'aiguille de biopsie pendant l'échantillonnage de gonades d'*Holothuria scabra* (échelle : 10 cm) : a) partie postérieure; b) partie antérieure; c) seringue; d) région de l'épiderme où a été pratiquée la biopsie.

ment aux cylindres contenant *H. scabra*. Les animaux ont été disposés dans un bassin intérieur de 12 tonnes à fond de sable, équipé d'un biofiltre à sable et d'un système de circulation d'eau de mer.

À la fin de la saison de ponte de l'été 1996/97 (novembre à janvier), quarante géniteurs ont été répartis dans quatre zones séparées par des écrans en grillage disposés dans le bassin. Dans trois zones, on a donné aux animaux des granules de crevettes, de luzerne (herbe) ou des granules mixtes crevettes et luzerne. Cette nourriture a été dispensée *ad libitum* à ces trois quadrats, tandis que le quatrième quadrat témoin n'a pas reçu de complément nutritif. On a enregistré périodiquement le poids des individus pour en déterminer la variation de taille dans le temps.

Au cours de l'été 1997/98, les animaux ont été placés dans l'une des quatre zones du bassin (n = 18 animaux par zone), plongés dans de l'eau de mer à 27 °C et exposés à une photopériode de seize heures de lumière et huit heures d'obscurité. Dans trois zones, on a donné aux animaux de la poudre de crabe bleu ou d'ormeaux, achetée à *Gulf Feeds South Australia* ou un mélange d'espèces de varech brun séché, en poudre (*Durvillaea potatorum*, *Ecklonia radiata*, *Macrocystis angustifolia*, *Cystophora platylobium* et *Cystoseira trinodis*) acheté à *Beachport Sea Products* (Australie méridionale). Les animaux

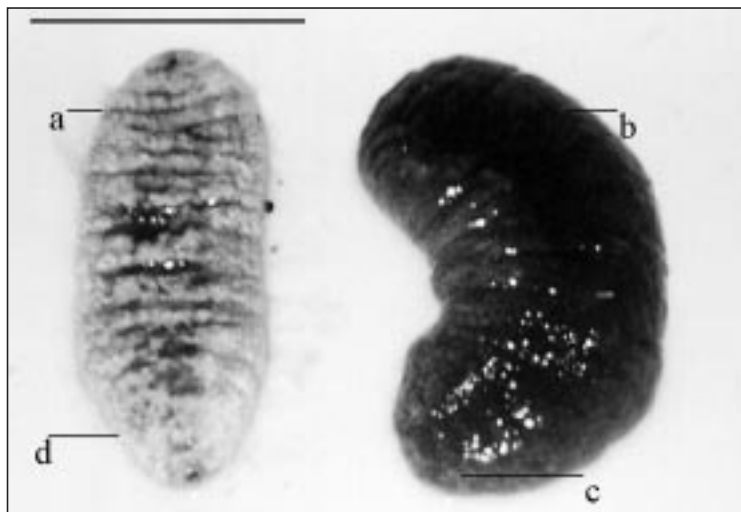


Figure 3.
Un concombre de mer fortement infecté, à côté d'un individu aux premiers stades de l'infection (échelle = 10 cm) :
a) concombre de mer fortement infecté;
b) concombre de mer à épiderme normal;
c) lésions apparaissant sur l'épiderme;
d) perte de pigmentation.

placés dans le quatrième bac et servant de témoins se sont nourris uniquement des matières détritiques naturelles contenues dans le sable. Avant de leur donner cette nourriture, on a coupé l'arrivée d'eau de mer et laissé les courants circuler. Il y eut quelques échanges de matières dans la colonne d'eau, à travers le grillage séparant les quadrats. La charge nutritive du sédiment a été évaluée visuellement. Une trop forte ration alimentaire provoque une croissance fongique sur le substrat et un mauvais filtrage de la charge nutritive excédentaire.

Après leur prélèvement de leur milieu naturel et leur transport en bassin, les individus ont été placés dans un baquet contenant 20 à 30 cm d'eau de mer. Après les avoir laissés une dizaine de minutes au repos, on les a marqués au moyen d'une petite marque en T (disponible auprès de *Hallprint South Australia*) implantée à l'aide d'un pistolet Dennison modèle 3030 (Harriott, 1980). On piquait l'aiguille au milieu de la partie dorsale, à travers le tégument avant de tirer la marque au pistolet. Une fois marqués, les animaux ont été replacés dans le bassin; ceux qui avaient perdu leur marque étaient soumis à nouveau à cette opération et leur nouveau numéro de marque enregistré.

Le lendemain, on a effectué une biopsie sur des animaux pour déterminer le sexe des individus. Il s'agit d'extraire une partie de la gonade à l'aide d'une

aiguille hypodermique et d'une seringue, insérée selon un certain angle à gauche de la ligne midorsale, entre le tiers et la moitié de la partie inférieure du corps (figure 2), et d'examiner ce prélèvement au microscope à dissection. Si l'aiguille pénètre le derme selon un angle trop obtus ($> 45^\circ$ par rapport à l'horizontale), on risque de percer les organes viscéraux et de provoquer une éviscération.

Détection et traitement des agents pathogènes infectieux

Au cours de la cinquième semaine de captivité, le stock géniteur obtenu en octobre 1997 a été infecté et a connu un taux de mortalité de 95 pour cent, trois à sept jours plus tard. Quatre animaux (deux dans les derniers stades de l'infection et deux dans les premiers) ont été envoyés au laboratoire vétérinaire de Yeerongpilly pour examen pathologique (figure 3).

On a transporté le deuxième groupe de stock géniteur de *H. scabra* (obtenu en novembre 1997) au BIARC, on l'a pesé, marqué et biopsié après avoir chloré et rincé à l'eau courante le bassin du Centre et remis en service le biofiltre. Au cours de la troisième et de la quatrième semaines de captivité, la même infection s'est déclarée dans ce groupe. On a cessé l'entretien du stock géniteur dans le bassin, séparé les animaux en bonne santé

que l'on a placés dans un autre bassin rempli d'eau de mer propre à un débit de plus de 20 litres par minute. Les autres animaux ont continué de présenter des symptômes d'infection, mais celle-ci a progressé plus lentement.

Résultats

Les granules de crevettes et de luzerne placés dans le bassin contenant le stock géniteur pour enrichir le substrat et fournir une bonne source alimentaire après la saison de ponte 1996/97 n'ont pas stoppé la perte de poids de *Holothuria scabra* qui s'était produite durant la saison de reproduction. En mai 1997, quel que soit le traitement, l'épiderme de certains animaux s'est mis à se fendre bien qu'il n'y ait pas eu d'infection pathogène. Au cours de la saison de ponte de l'été 1997/98, la perte de poids de *H. scabra* non alimentées ou soumises aux régimes alimentaires à base de varech, de crabe bleu, d'ormeaux s'est ralentie ($n = 18$; figure 4). On a observé une perte de poids d'environ 10 pour cent au cours de la première semaine de captivité, et un net gain de poids au cours de la deuxième semaine de captivité. Le poids moyen des *H. scabra* témoins et de celles nourries de varech et d'ormeaux a continué de diminuer pendant les troisième et quatrième semaines. Au bout de quatre semaines, ce sont les animaux nourris de crabe bleu qui ont accusé la perte pondérale la

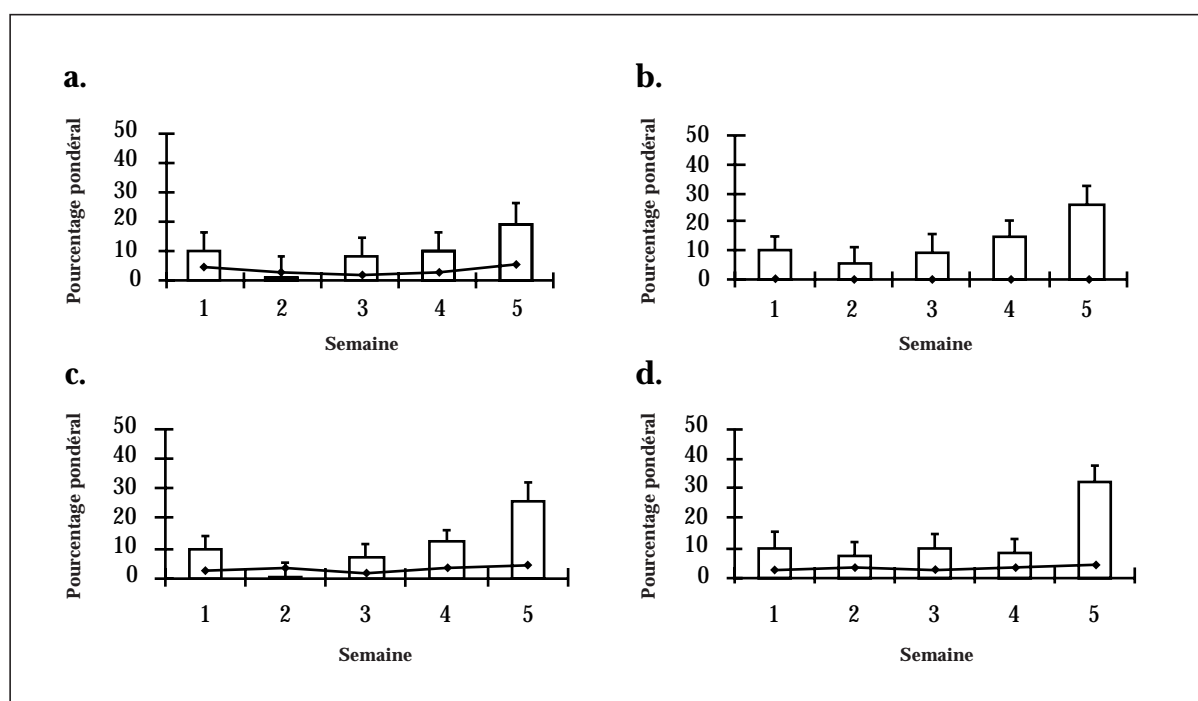


Figure 4.

Gain ou perte de poids (en pourcentage), d'après une proportion du poids total (g) du stock géniteur d'*Holothuria scabra* dans chaque bac soumis à un régime particulier (varech; pas de nourriture; ormeaux; crabe bleu). $n=18$ individus marqués par traitement. a) alimentation à base de varech; b) groupe témoin; c) alimentation à base d'ormeaux; d) alimentation à base de crabe bleu. Le trait représente la quantité de nourriture en proportion de la biomasse dispensée aux animaux.

moins prononcée, puisqu'elle s'est située entre 5 et 10 pour cent. Au cours de la cinquième semaine, une perte de poids marquée a été observée quel que fût le régime alimentaire, à un moment correspondant à l'apparition visible d'une infection causée par un pathogène qui a tué la plupart des animaux dans l'espace de trois à sept jours (figure 4).

Au bout de deux semaines de captivité, 5 pour cent des marques étaient perdues, chiffre qui est passé à 8 pour cent deux semaines après. À cinq semaines de captivité, le pourcentage cumulé de perte de marques de *H. scabra* était de 10 pour cent.

Diagnostic des agents pathogènes infectieux

L'infection qui s'est déclarée chez le stock géniteur au cours de l'été 1997/98 a été observée pour la première fois autour de la bouche et/ou de l'anus de l'animal, puis s'est étendue latéralement avant, dans le pire des cas, de toucher la totalité de l'animal. Sur le site de collecte, 10 pour cent des animaux présentaient des lésions similaires. L'infection n'était pas obligatoirement liée à des blessures superficielles de l'épiderme, mais elle progressait plus rapidement à partir d'une blessure existante. L'infection d'animaux contenus dans le bassin est apparue quel que fût leur traitement et a été lente à se manifester (cinq à sept jours), mais s'est rapidement propagée aux autres concombres de mer (trois jours).

Le bilan pathologique du laboratoire vétérinaire de Yeerongpilly, lequel relève du ministère des Activités du secteur primaire du Queensland (QDPI), a indiqué que les deux animaux présentant les symptômes d'infection les plus manifestes montraient une dépigmentation épidermique associée à d'abondantes quantités de mucus visqueux. Une production minimale de mucus et la décoloration de l'épiderme étaient observées sur des animaux apparemment en bonne santé. Il n'y avait pas de pathologie apparente dans les viscères des quatre animaux. La seule différence entre les échantillons humides de fragments de peau prélevés sur les quatre animaux était qu'une abondante matière mucoïde filamenteuse était présente dans les fragments des deux concombres de mer "malades".

Des coupes de fragments cutanés, passées au colorant de Giemsa, ont été examinées pour les quatre concombres de mer. Les lames des deux animaux apparemment sains révélaient la présence en quantité modérée de populations mixtes de bactéries. Les lames des deux animaux malades contenaient de la matière mucoïde fine, filandreuse, ainsi que des quantités modérées de bactéries, dont une population semblait prédominer celle de *Vibrio harveyi*. On a également constaté de faibles

quantités, probablement non significatives, de bactéries mobiles et gram-négatives en forme de baguettes. Les résultats obtenus n'ont pas permis de poser un diagnostic.

Discussion

Gestion du stock reproducteur pendant la saison de ponte

La perte de poids constatée au cours de l'été 1997/98 peut s'expliquer par la captivité et une nutrition inadéquate. Masaki (comm. pers.) a constaté que le stock géniteur du concombre de mer japonais *Stichopus japonicus* ne conservait pas son poids et commençait la gamétogenèse en dehors de la saison de ponte.

Même si les animaux captifs se nourrissaient bien pendant la saison de reproduction, ils ne pouvaient peut-être pas compenser entièrement l'énergie qu'ils dépensaient pour la reproduction. Les animaux du groupe témoin, auxquels il n'avait pas été administré de complémentaire nutritif pendant la période de captivité 1997/98, présentaient une perte de poids similaire sur un mois (environ 20 pour cent). Les animaux placés dans les bacs contenant des aliments à base de varech, d'ormeaux et de crabe bleu pendant l'été 1997/98 n'ont pas perdu autant de poids.

Il se peut que la régulation de la température et de la photopériode au cours de l'été 1997/98 ait affecté le comportement alimentaire de *H. scabra*. Ito (1995) et Masaki (comm. pers.) ont collecté des *Stichopus japonicus* plusieurs mois avant la ponte, pendant la gamétogenèse. Les animaux ont été exposés à un long cycle de lumière plongés dans l'eau de mer dont la température était inférieure à la température ambiante normale en été, et nourris d'algues séchées qu'ils consommaient du jour au lendemain.

Il est possible que les conditions de température influent sur le comportement alimentaire et l'activité métabolique de *H. scabra* en captivité. Les conditions de température et de lumière destinées à favoriser la gamétogenèse et la vitellogenèse peuvent nuire à l'alimentation et à d'autres processus métaboliques.

Récupération après la ponte

Malgré le complément alimentaire administré pour accélérer la croissance bactérienne et fongique dans le substrat après la saison de reproduction de l'été 1997/98, l'épiderme s'est encore résorbé, ce qui laisse à penser que les animaux soumis aux expériences n'ont pas été capables d'utiliser les ressources nutritives disponibles. Une fois

qu'un minimum pondéral critique a été franchi, il se peut que les *Holothuria scabra* n'aient pas été en mesure de se rétablir. Peut-être faudrait-il ne ramasser que les animaux de grande taille dans le milieu naturel pour éviter les problèmes liés à l'inanition et à la résorption de l'épiderme pendant des périodes de captivité prolongées.

Il faudrait peut-être alimenter continuellement *H. scabra* pour optimiser les processus d'ingestion et de digestion (Hammond, 1982; Penny et Jumars, 1987); la mobilité dépend peut-être aussi de la disponibilité d'aliments et de l'énergie requise pour aller les chercher (Cameron et Fankboner, 1985). Penny et Jumars (1987) ont indiqué que les intestins des concombres de mer ressemblent à un réacteur à flux et à brassage continu, tandis que Hammond (1982) estime que l'alimentation continue du concombre de mer *Stichopus chloronotus* est probablement nécessaire pour favoriser le péristaltisme du fait de la faiblesse des muscles des intestins.

La mobilité de l'oursin *Lytechinus variegatus* et du concombre de mer *Parastichopus californicus* est fonction de la disponibilité de nourriture et de l'énergie requise pour aller la chercher (Cameron et Fankboner, 1985). L'absence de nourriture pendant la saison de ponte 1996/97 pourrait avoir réduit avec le temps la capacité de *H. scabra* de se déplacer. Cameron et Fankboner (1985) ont signalé qu'après le transfert de spécimens de *P. californicus* dans des aquariums dépourvus de détritus, ceux-ci avaient cessé toute activité locomotrice et alimentaire. Cela fut aussi le cas pour *H. scabra*, objet de la présente étude, au bout d'environ trois mois de captivité après la ponte, au cours de l'été 1996/97.

Il peut s'avérer nécessaire d'ajuster la température et la photopériode pour que les stocks géniteurs ne sont pas affectés, au cours de la période suivant la ponte, par la perturbation des rythmes interactifs d'alimentation et de reproduction. Le temps pendant lequel les animaux peuvent être maintenus en captivité sans que les processus métaboliques soient sérieusement affectés peut être de courte durée si les animaux ne sont pas nourris. Lorsqu'on prolonge artificiellement la saison de ponte, il peut être important de réduire au minimum la perte de poids du tégument et l'effet des cycles de température et de photopériode sur les conditions de ponte et la récupération d'énergie après la ponte.

La distribution de nourriture dans le bassin, le confinement et les conditions de température et de photopériode peuvent avoir influé sur les activités habituelles et le comportement alimentaire d'*Holothuria scabra*. Il importerait sans doute de faire une régulation plus fine des paramètres des

conditions de captivité influant sur le comportement alimentaire et la production d'œufs et d'appliquer des régimes alimentaires spécifiques à chaque espèce pour assurer le succès de la reproduction. Par ailleurs, le type de régime alimentaire n'est peut-être pas aussi déterminant que les populations bactériennes et fongiques que ce régime nourrit.

Manipulation

Collecte et marquage

Pour interpréter le comportement des individus lors de la reproduction, il était essentiel d'identifier ceux-ci (Morgan, 1999). Les Japonais ont utilisé avec succès un fil chauffé au rouge pour marquer le concombre de mer *Stichopus japonicus* (Yanagisawa, 1995) sans infliger aux animaux la piqûre épidermique d'implantation des marques en T. Dans la présente étude, la perte de marques (10% des animaux au bout de cinq semaines de captivité) avait été précédée de la nécrose du tissu entourant la marque; de ce fait, la marque avait été expulsée ou absorbée dans la cavité coelomique. Il est possible d'éviter la perte des marques, dans une certaine mesure, en veillant à planter la marque en T tout droit dans le derme et à faire la piqûre la plus petite et la plus propre possible.

Des chercheurs avaient auparavant utilisé une teinture fluorescente pour marquer les plaques calcaires qui entourent l'orifice buccal des concombres de mer (Harriott, 1980), mais sans grand succès. La réussite de la coloration dépendait du moment de l'injection de la teinture et du dépôt de calcium destiné à augmenter la taille des parties buccales. L'extraction hypodermique de matière des gonades impliquait également des manipulations pouvant avoir des effets négatifs. Dans la présente étude, l'extraction de matière des gonades de *H. scabra* a servi à déterminer le sexe du stock géniteur de concombres de mer. Une fois cette technique affinée, aucun animal n'a subi d'éviscération de la gonade, de l'estomac ni de l'appareil respiratoire, du fait de la piqûre des viscères au moyen de l'aiguille de biopsie.

Agents pathogènes infectieux

L'infection non identifiée qui a affecté le stock géniteur pendant sa récolte sur l'île de Stadbroke, durant l'été 1997/98, ne s'était pas produite en 1996/97. On n'avait pas observé de lésions sur les animaux capturés pendant l'été 1996/97 ni sur les individus obtenus dans l'extrême nord de Moreton Bay en 1995/96.

On a évité la propagation de l'infection en retirant les animaux du bassin dès l'observation des premiers symptômes. Les animaux ont ensuite été

placés dans un baquet où l'eau de mer circulait librement, et les lésions ont cessé de sécréter du mucus et ont fini par se refermer, laissant des cicatrices. La prédominance d'un seul type de population bactérienne sur des animaux fortement infectés justifie que l'on étudie de façon plus approfondie les effets des agents pathogènes sur les bactéries qui résident dans l'épiderme de *H. scabra*. L'étude de ces relations entre hôte et bactéries pourrait contribuer à identifier l'agent pathogène qui affectait le stock géniteur étudié ici.

Remerciements

Je tiens à remercier le ministère des Activités du secteur primaire du Queensland, le Centre de recherche aquacole de l'île de Bribie qui m'a permis d'utiliser ses locaux, son matériel et ses installations, ainsi que mon directeur de recherche, le Dr Don Fielder, Université du Queensland, École des sciences de la mer.

Bibliographie

- Ahlgren, M.O. (1998). Consumption and assimilation of salmon net pen fouling debris by the red sea cucumber *Parastichopus californicus*: Implications for polyculture. *Journal of the World Aquaculture Society* 29(2): 133–139.
- Battaglione, S.C. & J.D. Bell. (1997). Potential of the tropical Indo-Pacific sea cucumber, *Holothuria scabra*, for stock enhancement. In: Proceedings of the first international symposium on stock enhancement and sea ranching, Bergen, Norway. 478–490.
- Cameron, J.L. & P.V. Fankboner. (1984). Tentacle structure and feeding processes in life stages of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 81: 193–209.
- Cameron, J.L. & P.V. Fankboner. (1985). Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). I. Reproductive periodicity and spawning behaviour. *Can. J. Zool.* 64: 168–175.
- Conand, C., (1990). Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Deuxième partie : les holothuries. *FAO document technique sur les pêches*, 272.2: 108p.
- Hammond, L.S. (1982). Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar. Sc.* 32(2): 549–571.
- Harriott, V.J. (1980). The ecology of Holothurian fauna of Heron Reef and Moreton Bay. MSc thesis, University of Queensland, Brisbane. 153 p.
- Ito, S. (1995). Studies on the technological development of the mass production for sea cucumber juvenile, *Stichopus japonicus*. Saga Prefectural Sea Farming Center. Japan. 87 p.
- James, D.B., A.D. Gandhi, N. Palaniswamy & 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.
- McClintock, J.B., T.S. Klinger & J.M. Lawrence. (1982). Feeding preferences of echinoids for plant and animal food models. *Bull. Mar. Sc.* 32(1): 365–369.
- 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.
- Moriarty, D.J.W. (1982). Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on Bacteria, Organic Carbon and Organic Nitrogen in Sediments of the Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 33: 255–263.
- Moriarty, D.J.W., P.C. Pollard, W.G. Hunt, C.M. Moriarty & T.J. Wassenberg. (1985). Productivity of bacteria and microalgae and the effect of grazing by holothurians in sediments on a coral reef flat. *Mar. Biol.* 85: 293–300.
- Penny, D.L. & P.A. Jumars. (1987). Modelling animal guts as chemical reactors. *Am. Nat.* 129: 69–96.
- Ramofafia, C., M. Gervis & J. Bell. (1995). Reproduction et élevage de larves *Holothuria atra*. *Information Bulletin d'information de la CPS La bêche-de-mer n° 7*, pages 2–6.
- Ramofafia, C., T.P. Foyle & J.D. Bell. (1997). Growth of juvenile *Actinopyga mauritiana* (Holothuroidea) in captivity. *Aquaculture* 152: 119–128.
- Shelley, C.C. (1981). Aspects of the distribution, reproduction, growth and 'Fishery' potential of holothurians (Beche-de-mer) in the Papuan Coastal Lagoon. MSc thesis, University of Papua New Guinea. 165 p.

- Uthicke, S. & R. Karez. (1999). Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothuroidea: Aspidochirotida) analysed with multiple choice experiments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 236: 69–87.
- Wiedemeyer, W.L. (1992). Feeding behaviour of two tropical holothurians *Holothuria (Metriatyla) scabra* (Jager 1833) and *H. (Halodemia) atra* (Jager 1833), from Okinawa, Japan. Proceedings of the seventh international coral reef symposium, Guam. 2: 853–860.
- Yanagisawa, T. (1995). Sea-cucumber ranching in Japan and some suggestions for the South Pacific. *Tonga Aquaculture Workshop.* 387–400.
- Yingst, J.Y. (1976). The utilisation of organic matter in shallow marine sediments by an epibenthic deposit feeding Holothurian. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 23: 55–69.