

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

Grisilda Ivy et Daniel Azari Beni Giraspy¹

Résumé

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

Introduction

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

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

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

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

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

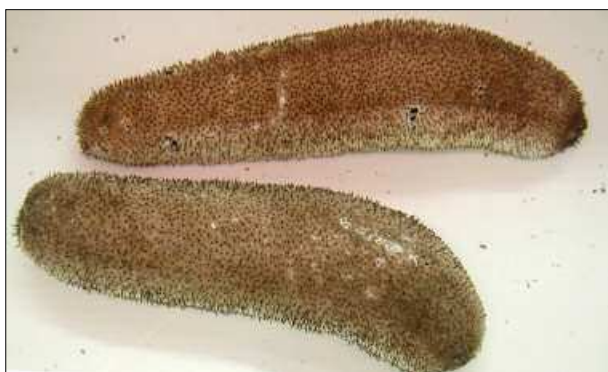


Figure 1. Holothuries de sable versicolores, *Holothuria scabra* var. *versicolor*.



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

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

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

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

Équipements et méthodes

Collecte des géniteurs

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

Induction de la ponte

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

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

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

Élevage des larves

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

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

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

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

Résultats

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

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

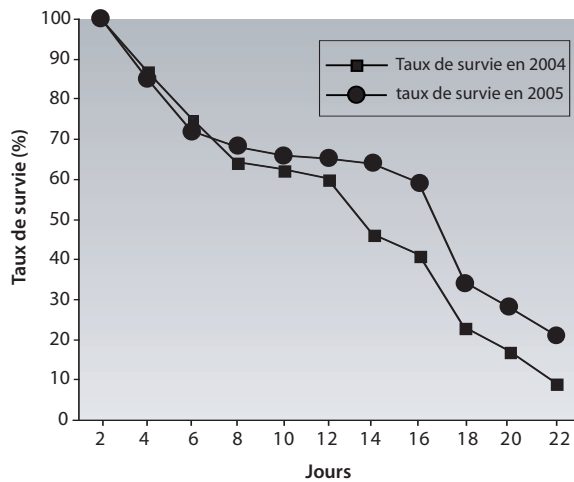


Figure 5. Taux de survie des larves de *H. scabra versicolor*.

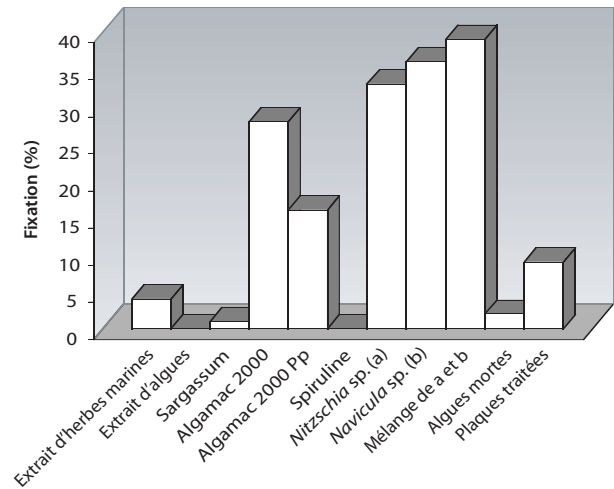


Figure 6. Fixation de *H. scabra versicolor* sur différents milieux de fixation.

Discussion

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Remerciements

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

Bibliographie

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

- Conand C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 116:439–450.
- Conand C. 1998a. Holothurians. p. 1157–1190. In: Carpenter K. and Niem V. (eds). *FAO species identification guide. The marine living resources of the Western Central Pacific. Vol 2 cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks.*
- Conand C. 1998b. Manuel de qualité des holothuries commerciales du sud ouest de l'océan Indien. Programme Régional Environnement, Indian Ocean Committee, Quatre Bornes, Mauritius. 44 p. (in French).
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilisation: an international overview. *Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463.* Rome, FAO. p. 13–23.
- Desurmont A. 2005. Observations de pontes de *Bohadschia vitiensis* et *Holothuria scabra versicolor* en milieu naturel. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 21:28.
- Giraspy D.A.B and Ivy W. 2005. Le projet commercial d'élevage et de mariculture d'holothuries à Hervey Bay, au Queensland: une première pour l'Australie. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 21:29–31.
- Hamel J.-F., Conand C., Pawson D.L. and Mercier A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): Its biology and exploitation as bêche-de-mer. *Advances in Marine Biology* 41:129–233.
- Imai I., Inaba D.I, Sato R. and Hatanaka M. 1950. The artificial rearing of the transparent flagellate larvae of *Stichopus japonicus*. *Tohoku Daigaku Nogakuhu Kenkyo Iho* 2(2):269–277.
- Inaba D. 1937. Artificial rearing of sea cucumber. *Suisen Kenkyushi* 35(2):241–246.
- Ito S. 1995. Studies on the technological development of the mass production for sea cucumber juvenile, *Stichopus japonicus*. Saga Prefectural Sea Farming Center, Japan. 87 p.
- James D.B. 1996a. Culture of sea cucumber. p. 120–126. In: Rengarajan K. (ed.). *Artificial reefs and seafarming technologies.* Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute, vol. 48.
- James D.B. 1996b. Culture of sea cucumbers. *Bulletin of the Central Marine Fisheries Research Institute* 48:120–126.
- James D.B. 2004. Captive breeding of the sea cucumber *Holothuria scabra* from India. *Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463.* Rome, FAO. p. 385–395.
- James D.B., Gandhi A.D., Palaniswamy N. and Rodrigo J.X. 1994. Hatchery techniques and culture of the sea cucumber *Holothuria scabra*. CMFRI (Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India) special publication. No. 57.
- James D.B., Lordson A.J., Ivy W.G. and Gandhi A.D. 1996. Experiments on rearing of the juveniles of *Holothuria scabra* Jaeger produced in the hatchery. p. 207–214. In: Samuel Paul Raj (ed.). *Proceedings of the Symposium Aquaculture for 2000.* Madurai Kamaraj University, Madurai.
- James D.B., Rajapandian M.E., Baskar B.K. and Gopinathan C.P. 1988. Successful induced spawning and rearing of holothurian, *Holothuria (Metriatyla) scabra*, Jaegar at Tuticorin. *Marine Fisheries Information Service, Technical and Extension Service* 87:30–33.
- Jangoux M., Rasolofonirina R., Vaitilingon D., Ouin J.M., Seghers G., Mara E. and Conand C. 2002. Un projet pilote d'écloserie et de mariculture d'holothuries à Tuléar, Madagascar. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 14:2–5.
- Li F. 1987. The artificial breeding and cultivation of *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Zoological Marine Drugs* 6(2):103–106.
- Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F., Mercier A. (eds). 2004. *Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463.* Rome: FAO. 425 p.
- Massin C. 1999 Reef-dwelling Holothuroidea (Echinodermata) of the Spermonde archipelago (South-West Sulawesi, Indonesia). *Zoologische Verhandlungen Leiden, The Netherlands* 329:1–144.
- Morgan A.D. 2000. Induction of spawning in the sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea). *Journal of the World Aquaculture Society* 31(2):186–194.
- Pitt R. and Duy N.D.Q. 2004. Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Viet Nam. p. 333–346. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463.*
- Purcell S., Gardner D. and Bell J. 2003. Élaboration de stratégies optimales pour la reconstitution des stocks d'holothuries de sable : un projet conjoint mis en œuvre en Nouvelle-Calédonie. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 16:2–4.
- Ramofafia C., Gervis M. and Bell J. 1995. Reproduction et élevage de larves d'*Holothuria atra*. *La Bêche-de-Mer, Bulletin de la CPS* 7:2–6.
- Shuxu X. and Gongehao G. 1981, Experiments on southward transportation and artificial breeding of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. *Journal of Fisheries, China* 5(2):147–155.
- Uthicke S., Purcell S. and Blockmans B. 2005. Natural hybridization does not dissolve species boundaries in commercially important sea cucumbers. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2005, 85:261–270.