Production de juvéniles d'holothuries en écloserie en Malaisie : la recherche et le développement au service d'un projet pilote de production d'holothuries de sable *Holothuria scabra*

Devarajen Vaitilingon[1,2], Stuart Smit[1,2], Guy Watson[1,2], Tim Miller[1], Syed Alattas[3], Keat Ong Hock[2], Jamari Zainoddin[4], Ilias Zaidnuddin[4], Hamzah Azhar[5]*

Résumé

Surexploités depuis des dizaines d'années, les stocks d'holothuries de Malaisie se sont effondrés : leur niveau est au plus bas en Malaisie péninsulaire et dans l'État de Sabah. Ce phénomène a des répercussions directes tant sur les populations des zones côtières que sur les écosystèmes marins. C'est pourquoi les autorités malaisiennes s'intéressent à de nouvelles solutions pour la gestion de ces stocks sauvages en voie d'épuisement, en regardant du côté de la gestion et de la préservation des ressources halieutiques et de l'aquaculture. Le projet présenté ici résulte de la fructueuse collaboration des autorités malaisiennes avec une entreprise privée établie en Australie. Depuis son lancement en juillet 2014, le projet s'est concrétisé par la mise en place d'une écloserie, d'une nurserie et d'une installation d'élevage de géniteurs. Réalisés en février 2015, les premiers essais de ponte ont été répétés à neuf reprises sur une période de neuf mois, avec de bons résultats à la clé. Globalement, on a enregistré un taux de réussite de la ponte de quelque 60 % et un taux de fécondation de 85 %. Les géniteurs sont désormais conditionnés dans des bacs, certains spécimens mâles et femelles étant conservés séparément. Les épisodes de ponte ont permis la production de quelque 4,3 millions de larves présentant un taux de survie supérieur à 30 % au cours du stade larvaire. La fixation a eu lieu au 12e jour suivant la fécondation et jusqu'à présent, ce sont quelque 30 000 juvéniles (de 3 à 5 mm de longueur) qui ont été produits.

Introduction

Les holothuries (*gamat* en malais) sont une ressource exploitée depuis des décennies en Malaisie en raison de leurs nombreuses qualités nutritives et autres propriétés médicinales. L'holothurie intervient dans la préparation de plats traditionnels ou de produits médicinaux locaux. De plus l'holothurie séchée est très prisée par les populations chinoises locales pour ses qualités gustatives, mais aussi parce qu'elle est réputée apporter chance, argent et prospérité, surtout si on la consomme dans la fameuse « soupe des trésors » lors des fêtes du Nouvel An chinois. Ces dernières décennies ont été marquées par une progression de la demande, tant sur les marchés locaux que régionaux, phénomène qui contribue à la raréfaction des populations d'holothuries sauvages. En conséquence, les stocks de la Malaisie péninsulaire et, en particulier, de l'État de Sabah se sont effondrés et s'établissent à des niveaux extrêmement faibles, ce qui a des répercussions directes sur les populations des zones côtières aussi bien que sur les écosystèmes marins (Choo 2012).

La situation est désormais aggravée par la demande croissante en produits dérivés tels que l'eau et l'huile de *gamat* (aux propriétés médicinales), les produits d'hygiène (savon, dentifrice, pommade anti-acnéique) et des produits utilisés traditionnellement dans les *kampung* (villages), et qui gagnent en popularité sur les circuits commerciaux. Une étude réalisée en 2012 par une société de distribution locale a montré que l'on trouve au moins 13 sociétés enregistrées en Malaisie déclarant mener des activités de recherche et de développement en vue de l'élaboration de produits dérivés des holothuries, principalement des espèces du genre *Stichopus* (BioSys Consulting Pty Ltd 2012 ; Purcell *et al.* 2014). Les autorités malaisiennes recherchent actuellement de nouvelles solutions pour faire face à l'épuisement des stocks sauvages, telles que la gestion et la préservation des ressources halieutiques ou l'aquaculture. Le projet présenté ici résulte d'une fructueuse collaboration mise en place entre le Service des pêches de Malaisie, AADCo Projects Malaysia Sdn Bhd[6] (société créée dans le prolongement des travaux de recherche réalisés par une société australienne, Asia Aquaculture Development Co.

[1] Asia Aquaculture Development Company Pty Ltd, Suite 4.1/105 Kippax street, Surry Hills, 2010 NSW, Australie
[2] AADCo Projects Malaysia Sdn Bhd, 2980-02 Kompleks Chai Leng, Jalan Baru 13700, Prai, Pulau Pinang, Malaisie
[3] Sesaga Engineering Sdn Bhd, 2980-02 Kompleks Chai Leng, Jalan Baru, 13700, Prai, Pulau Pinang, Malaisie
[4] Fisheries Research Institute Langkawi, Pejabat Perikanan Daerah Langkawi,Bukit Malut, 07000 Langkawi, Kedah, Malaisie
[5] Fisheries Research Institute Pulau Sayak, Kampung Pulau Sayak, 08500 Kota Kuala Muda, Kedah, Malaisie
[6] Sdn Bhd est l'abréviation de sendirian berhad, qui signifie « privé et limité » en malais.
* Auteur à contacter : dev@aadcoprojects.com

Pty Ltd) et un bureau d'études local (Sesaga Engineering Snd Bhd). Piloté par la société spin-off, le projet a pour objectif de concevoir et de commercialiser un système d'holothuriculture permettant la production de trepang (bêche-de-mer) de qualité supérieure. Il a été mis en place sous l'égide de la pépinière d'entreprises de l'Institut de recherche halieutique (FRI), à Pulau Sayak, dans l'État de Kedah, en Malaisie. Notre objectif est de développer, dans les trois ans à venir, une installation d'holothuriculture commercialement viable qui permettra :

- ✓ de produire en continu du trepang de bonne qualité ;
- ✓ d'améliorer le contrôle de la qualité des produits finis ;
- ✓ d'augmenter les taux de production ; et
- ✓ de répondre à la demande croissante à l'échelon mondial en proposant un produit labellisé de qualité supérieure.

Depuis son lancement en juillet 2014, le projet s'est traduit par la mise en place d'une écloserie, d'une nurserie et d'une installation d'élevage de géniteurs. Les premiers essais de ponte ont eu lieu en février 2015 et ont été suivis de plusieurs autres opérations de ponte probantes, au cours d'une période de neuf mois. On trouvera ci-dessous un aperçu des réussites engrangées par le projet à ce jour.

Installations d'élevage

Notre élevage se situe dans le complexe de l'Institut de recherche halieutique (FRI), à Kampung Pulau Sayak, dans l'État de Kedah. Il occupe une superficie de 600 m^2, dont la moitié se situe dans un bâtiment préexistant, le reste se trouvant à l'extérieur. L'installation est alimentée en eau de mer filtrée par les systèmes d'adduction et de traitement de l'eau de mer du FRI, et bénéficie des autres services collectifs assurés par le complexe principal. La salinité de l'eau de mer oscille entre 29 et 32 ppt, suivant la saison, la température s'établissant entre 28 °C et 33 °C et le pH s'élevant en moyenne à 8,1.

Le bâtiment abrite une écloserie où la biosécurité est assurée et dont la température est contrôlée : 85 m^2 y sont consacrés à la culture larvaire et à l'élevage des petits juvéniles (nurserie 1, ou N1) et 15 m^2 à la production de phytoplancton. L'écloserie est équipée de 12 bacs à fond conique de 1 000 L destinés à l'élevage des larves (figure 1 A), d'un bac de 4 m^3 (figure 1 B) et de 4 bacs de 0,5 m^3 pour N1. La pièce est alimentée en eau de mer filtrée à 1 μm et stérilisée aux ultraviolets (UV), produite par une batterie de filtres située à l'extérieur (figure 1 F) et distribuée par un circuit de tuyaux suspendus. Un compresseur centralisé alimente l'écloserie en air comprimé. La salle de culture du phytoplancton est équipée d'un système distinct à eau de mer recyclée qui l'alimente de manière continue en eau filtrée (à 1 μm) et stérilisée aux UV pour la production à grande échelle de *Chaetoceros calcitrans* et *Pavlova* sp. (figure 1 C). La capacité de production en phytoplancton s'élève en permanence à environ 300 L en monoculture. Les 200 m^2 restants se

Figure 1. Installations d'élevage d'holothuries. A : Écloserie avec bacs d'élevage larvaire ; B : Bac de pré-grossissement en intérieur avec plaques de fixation ; C : Salle de culture du phytoplancton avec cultures de *Chaetoceros* sp. ; D et E : bacs de pré-grossissement extérieurs contenant les juvéniles > 10 mm ; F : système de stockage et filtration de l'eau de mer.

situent dans un environnement à température ambiante et non sécurisé sur le plan biologique. Les bacs sont protégés par une toiture, mais se situent dans un espace ouvert, qui se divise entre la nurserie 2 (N2, 120 m^2), consacrée au grossissement des juvéniles, et l'élevage et le conditionnement des géniteurs (80 m^2). Dans N2 (figures 1 D et E), les bacs sont alimentés en eau de mer filtrée au sable à 15 μm, alors que les bacs des géniteurs sont approvisionnés en eau de mer filtrée au sable à 30 μm, ces deux systèmes fonctionnant en circulation continue.

L'espace extérieur est équipé de 8 bacs de 13 m^3 et de 4 bacs de 15 m^3 alimentés par de l'eau de mer filtrée à 30 μm grâce à un système en circulation continue et à air comprimé. Cet espace sera très bientôt recouvert d'une serre et utilisé pour agrandir les installations de N2 et de conditionnement des géniteurs. À cette installation d'élevage s'ajoutent un bureau destiné à notre personnel technique, un laboratoire sec et des installations de stockage.

Gestion des géniteurs

Des holothuries de sable d'une longueur supérieure à 25 cm (figure 2 A) ont été prélevées à trois reprises (octobre 2014, janvier et juillet 2015) le long de la côte de l'île de Pulau Balambangan, au large de Kudat, dans l'État de Sabah en Malaisie. On a prélevé à chaque reprise entre 30 et 40 individus, avant de les transporter par bateau à Kudat, puis par la route à Kota Kinabalu. On les a ensuite laissés reposer pendant la nuit dans des bacs alimentés en continu d'eau de mer fraîche, avant de les conditionner pour les expédier par avion le lendemain. Des lots de huit à dix individus ont été déposés dans des caissons en polystyrène expansé tapissés de deux couches de sac plastique et préalablement remplis de 2 à 3 cm d'eau de mer filtrée (figure 2 B). Le sac a ensuite été rempli d'oxygène avant d'être fermé hermétiquement. On a ensuite disposé deux sacs de glace d'environ 500 g chacun dans chaque caisson, avant de les emballer et de les préparer pour les expédier par avion. Une fois arrivées à l'aéroport de Penang, les holothuries ont été transportées vers nos installations de Kedah et déposées dans des bacs réservés aux géniteurs pour leur permettre de s'acclimater (figures 2 C et D). Le taux de survie après acclimatation s'est élevé à 70 % après le premier envoi en octobre 2014, et à 100 % lors des deux suivants. On a constaté l'éviscération d'un petit nombre d'individus pendant le premier et le deuxième envoi, mais aucun lors du troisième.

Les géniteurs ont été nourris régulièrement d'un mélange d'algues séchées : *Sargassum* sp., *Gracillaria* sp. et *Ulva* sp. Le poids des géniteurs a été contrôlé toutes les deux semaines et, après chaque essai de ponte, les individus mâles et femelles observés ont été déposés dans des bacs séparés et conditionnés afin de favoriser la croissance et la maturation gonadiques.

Essais de ponte

On a eu recours à la stimulation thermique pour induire la ponte chez les holothuries de sable et on a constaté qu'une augmentation de 3 à 5 °C de la température de l'eau de mer était suffisante pour déclencher la ponte chez les individus matures. Des essais de ponte ont été réalisés au moins deux fois par mois et à chaque fois, la ponte a été induite chez 20 à 45 individus. Au cours de chaque épisode de ponte observé, les mâles ont toujours émis leurs gamètes en premier, ceci déclenchant la ponte chez les femelles dans un délai de 30 minutes à deux heures (figures 3 A et B). En moyenne, chaque femelle a pondu environ un million d'œufs. À ce jour, deux mâles et une femelle du lot de janvier 2015 ont émis des gamètes à deux reprises au cours d'une période de cinq mois.

Le taux de réussite de la ponte a varié au cours de la période d'essai de neuf mois (figure 4). Neuf des 14 essais de ponte (64 %) ont débouché sur des fécondations. De février à mai 2015, le taux de réussite de la ponte s'est élevé en moyenne à 25 %, aucune femelle n'ayant émis de gamètes au cours des mois de juin, juillet et août. Au mois de septembre, on a de nouveau pu observer l'émission de gamètes par les mâles et les femelles. Cette observation pourrait s'expliquer par le caractère saisonnier du cycle reproductif des holothuries concernées.

Stade larvaire

Après l'émission de gamètes lors des épisodes de ponte, on a laissé la fécondation se réaliser dans les bacs de ponte, tout en veillant à éviter la polyspermie.

Figure 2. *Holothuria scabra.*
A : Holothurie de sable adulte (> 25 cm) ; B : Emballage et conditionnement avant l'expédition par avion ;
C : Holothuries de sable en phase de récupération dans notre bac de géniteurs (médaillon D).

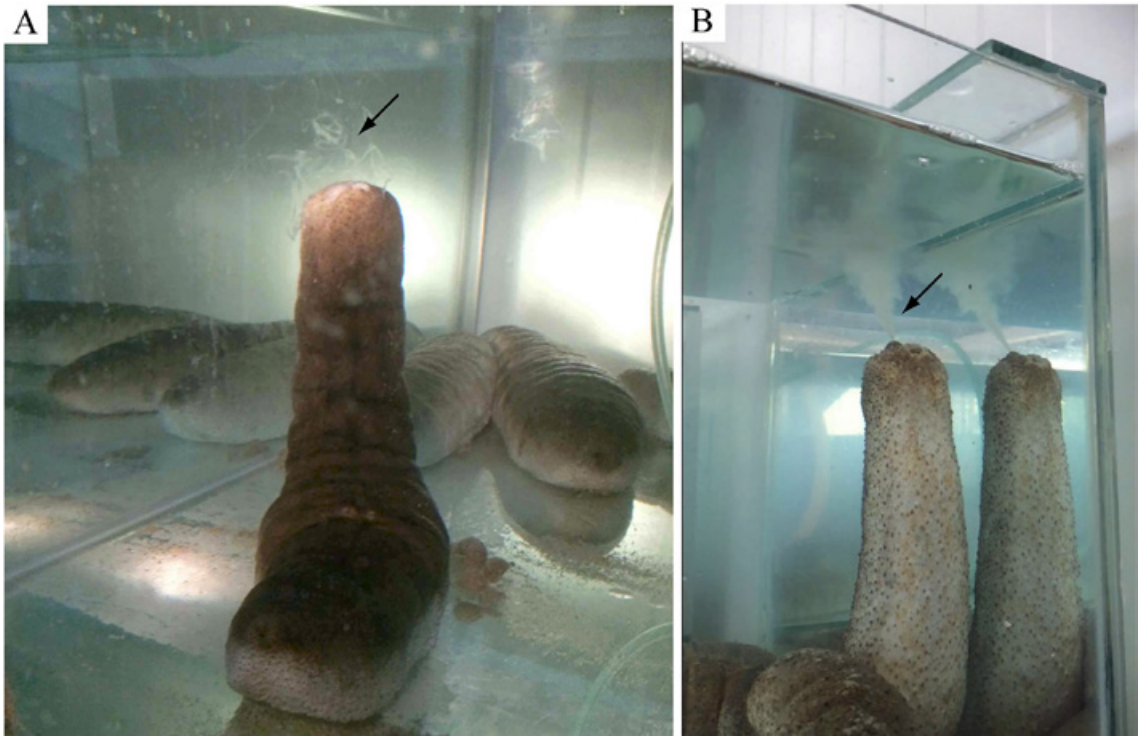

Figure 3. Épisodes de ponte chez *Holothuria scabra* .
A : mâle ; B : femelle.

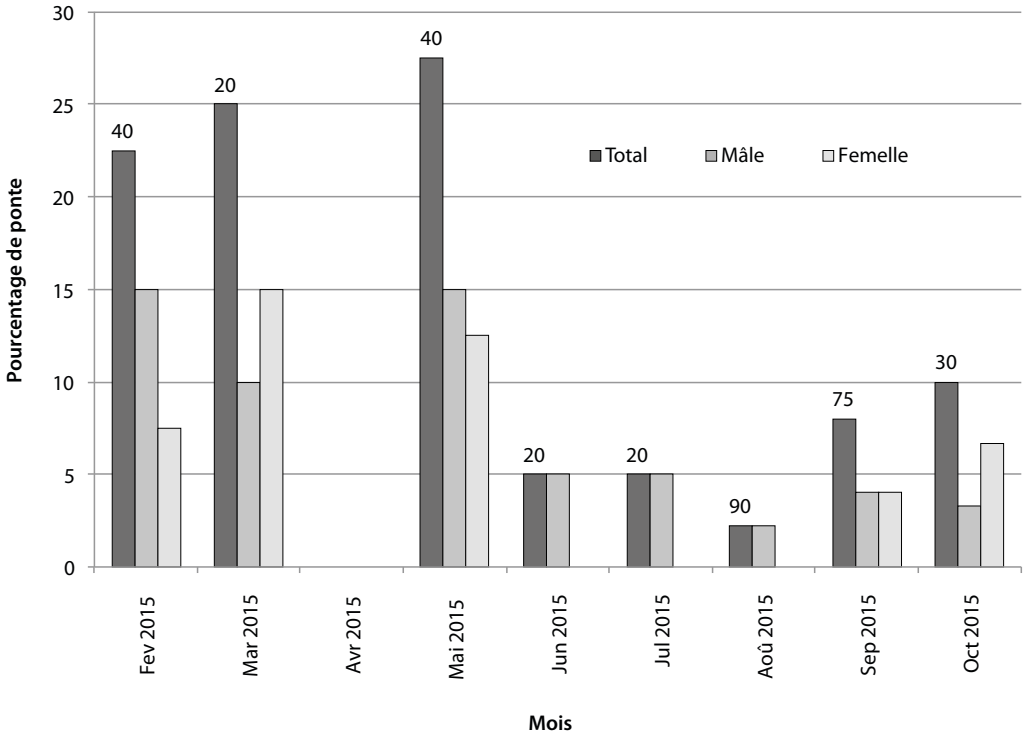

Figure 4. Taux de réussite de la ponte de *Holothuria scabra* sur une période de neuf mois. Le nombre total d'individus dont la reproduction a été induite est représenté par les colonnes ci-dessus.
N.B. : aucun essai n'a été réalisé en avril.

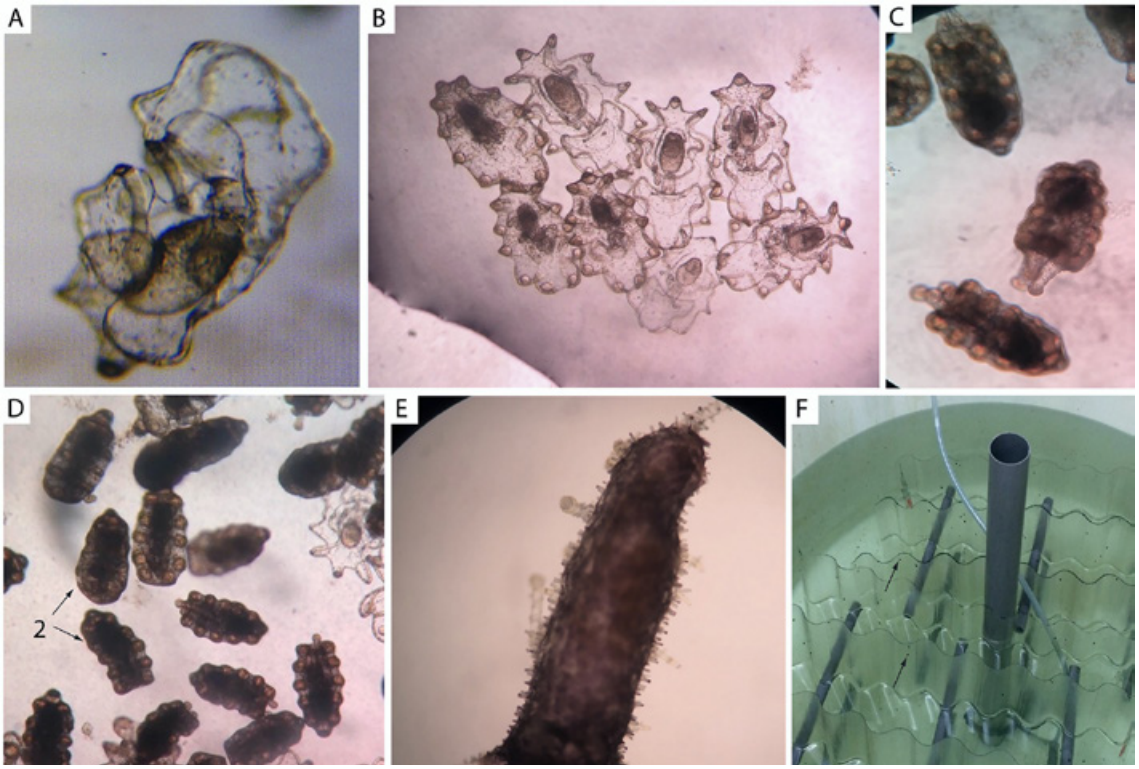

Figure 5. Stades de développement larvaire de *Holothuria scabra*.
A : stade auricularia initial ; B : stade auricularia avancé ; C : stade doliolaria ; D : stade doliolaria mixte (2), et stade auricularia avancé (1) ; E : stade pentactula ; F : petits juvéniles (flèche) sur les plaques de fixation.

Les géniteurs ont ensuite été prélevés et les œufs fécondés ont été transférés vers les bacs d'élevage larvaire présentant une densité de 200 à 300 œufs par litre (L^{-1}). Les bacs avaient été remplis la veille d'eau de mer filtrée à 1 μm, afin de permettre à l'eau d'atteindre la température ambiante de l'écloserie réglée à 27 °C. Chaque bac était alimenté en air par un diffuseur ou bulleur. En fonction du nombre de femelles ayant pondu et du nombre d'œufs fécondés récoltés, on a rempli à chaque essai entre trois et six bacs d'élevage larvaire.

On a commencé à nourrir les larves deux jours après la fécondation, en apportant quotidiennement 1 litre de diatomées *Chaetoceros calcitrans* par bac, cultivées à une densité située entre 4 x 10^6 et 6 x 10^6 cellules au millilitre. Les différents stades larvaires sont présentés à la figure 5 (A-E) et le développement larvaire s'est achevé dans les 12 à 15 jours suivant la fécondation. On a laissé les larves au stade doliolaria se fixer sur des plaques de fixation préalablement conditionnées (figure 5 F) et on les a introduites dans les bacs d'élevage larvaire huit jours après la fécondation. Les post-larves pentactula en résultant ont été élevées dans le même bac pendant 20 à 30 jours supplémentaires et les petits juvéniles ont alors été transférés dans les bacs N1. On a procédé au renouvellement d'environ 50 % de l'eau des bacs d'élevage larvaire une fois par semaine et une fois toutes les larves fixées, la ration alimentaire a été réduite à 500 ml, jusqu'à ce que l'ensemble des petits juvéniles aient été transférés dans les bacs de pré-grossissement.

Tout au long de l'élevage des larves, des post-larves et des petits juvéniles, il a été procédé à un contrôle journalier de plusieurs paramètres de l'eau : salinité, température, pH et oxygène dissous.

Stade juvénile

La figure 6 montre les premiers stades de développement des juvéniles dans les bacs N1 et N2. Environ 35 à 45 jours après la fécondation, les juvéniles produits ont été transférés vers les bacs N1 (figures 6 A et B). La densité d'élevage s'élevait à 500 individus au m^2 (ind. m^{-2}). Ils affichaient une taille moyenne variant de 1 mm à 5 mm, même si on a observé des individus précoces mesurant environ 10 mm. Afin d'en augmenter la superficie utile, on a disposé, dans les bacs N1, des plaques de fixation préalablement conditionnées pour favoriser la croissance des biofilms. On a nourri les juvéniles tous les deux jours de cultures de phytoplancton (2 L pour le bac de 4 m^3 et 0,5 L pour les bacs de 0,5 m^3) et d'un supplément de poudre d'algues séchées (mélange de *Sargassum* sp., *Ulva* sp. et *Gracillaria* sp.). On a renouvelé environ 50 % de l'eau des bacs N1 tous les deux jours, avant la distribution de la nourriture. Une fois que les individus atteignaient une longueur de 10 à 15 mm, ils étaient transférés vers les bacs N2. Certains des juvéniles précoces des bacs d'élevage larvaire ont été transférés directement vers les bacs N2.

Les bacs N2 étaient tapissés d'une couche de sable de 3 à 5 mm d'épaisseur et alimentés en eau de manière continue (figures 6 C à F). Les densités d'élevage de

ces bacs variaient de 450 ind. m^{-2} pour les individus de 15 mm de long, à 200 ind. m^{-2} pour les individus de 30 mm de long, et à 75 ind. m^{-2} pour les individus de 60 mm de long. Les juvéniles étaient nourris tous les deux ou trois jours avec le même mélange d'algues séchées que N1. Au bout de neuf mois de production expérimentale, nous avons comptabilisé environ 30 000 juvéniles de 3 à 5 mm de long, ayant produit quelque 6 000 juvéniles de 15 à 20 cm de long.

Les taux de croissance des juvéniles (n = 60) dans N1 et N2 sont présentés à la figure 7. Les taux de croissance mesurés chez les juvéniles des bacs N1 font apparaître une croissance moyenne de 8 mm $mois^{-1}$ (soit 0,3 mm $jour^{-1}$), ce qui correspond à 0,01 g $jour^{-1}$. La flèche présente sur la figure 7 indique le moment du transfert de la totalité du lot de juvéniles de N1 vers N2. Dans les bacs N2, les juvéniles ont enregistré une croissance moyenne de 5 mm $mois^{-1}$ (0,2 mm $jour^{-1}$, 0,02 g $jour^{-1}$).

La relation allométrique entre le poids humide (g) et la longueur (mm) a été étudiée sur la base d'un échantillon aléatoire de 220 juvéniles des bacs N1 et N2. La longueur des juvéniles a été mesurée à 0,1 mm près et leur poids a été relevé à 0,01 g près. Les juvéniles ont été épongés avec du papier absorbant avant leur pesée. La figure 8 montre la relation entre le poids et la longueur, ainsi que la courbe de la fonction de puissance ajustée aux données. La relation observée présente une forte corrélation ($r^2 = 0,9$, $p < 0,01$) et le coefficient allométrique obtenu est de 2,69, ce qui correspond à des études réalisées précédemment (Agudo 2012 ; Purcell and Agudo 2013).

Essai de grossissement

Un essai de grossissement à petite échelle en enclos marins a récemment été mis en place au large de l'île de Pangkor, dans l'État de Perak (figure 9). L'enclos principal a une superficie de 100 m^2 et est constitué d'un filet en polyéthylène (maillage 6 mm) haute densité d'une hauteur de 1 mètre soutenu par des piquets de bois. Cet espace a été subdivisé en enclos d'environ 3 m^2 délimités par des armatures en fer. Ils étaient destinés au grossissement des juvéniles.

En octobre 2015, un petit lot de 100 juvéniles (longueur : 38 ± 10 mm ; poids = 3,50 ± 2,19 g) a été ensemencé dans l'un des petits enclos. Au bout d'un mois d'essai, le taux de survie s'élevait à 77 %. La croissance était très encourageante, avec une augmentation moyenne de la longueur de 18 % et un gain de poids humide de 48 % dans le mois suivant le début de l'essai de grossissement en mer (0,4 mm $jour^{-1}$, 0,1 g $jour^{-1}$).

Figure 6. Stade juvénile de *Holothuria scabra*.
A : petits juvéniles (flèche) dans le bac de la nurserie ; B : lot de juvéniles présentant des tailles différentes ; C et D : juvéniles de 1,5 à 2 cm de long dans les bacs de la nurserie à l'extérieur ; E et F : juvéniles de 3 à 6 cm de long avant leur transplantation dans des enclos marins aux fins de grossissement.

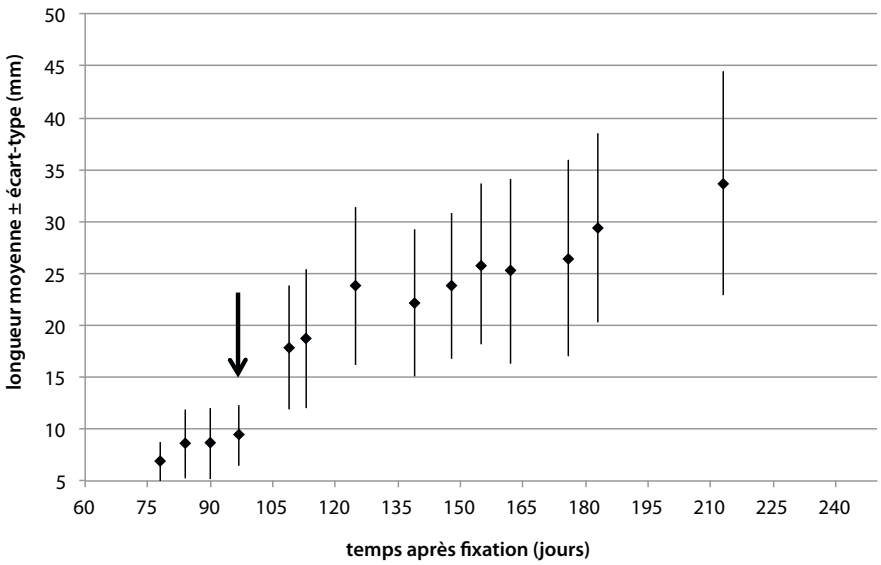

Figure 7. Données de croissance des petits juvéniles de *Holothuria scabra* dans les bacs de la nurserie (n = 60). La flèche indique le moment où les juvéniles ont été transférés de N1 à l'intérieur, vers les bacs N2 situés à l'extérieur.

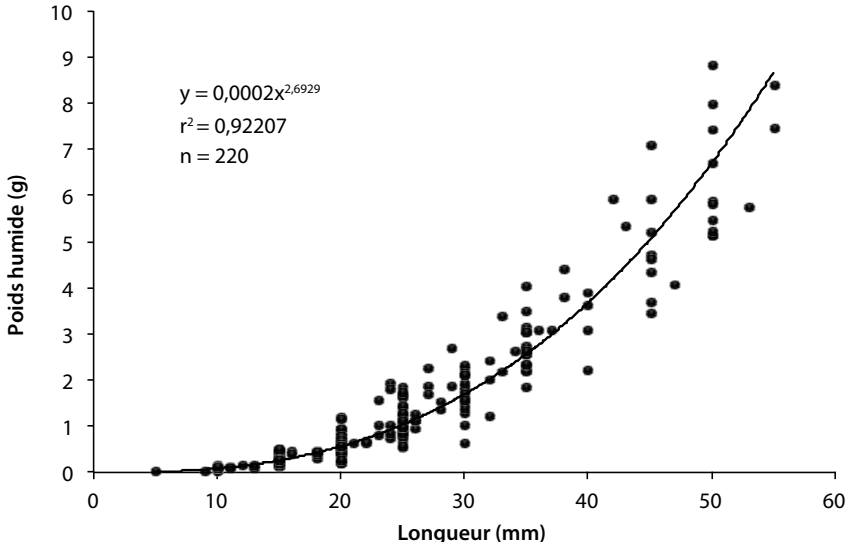

Figure 8. Relation allométrique entre la longueur et le poids humide de 220 petits juvéniles de *Holothuria scabra*.

Discussion

Si les résultats obtenus au bout de neuf mois d'exploitation sont très prometteurs, ils ont également mis en évidence certains freins à la production. Il s'agit des éléments suivants : 1) caractère apparemment saisonnier de la réussite de la ponte ; 2) faible fertilité des femelles, et 3) faible taux de survie des juvéniles de 0,3 mm à 1,5 cm de long comme le montre le tableau 1 ci-après.

Le cycle de la reproduction de *Holothuria scabra* dans la région de Sabah est inconnu, mais il est généralement admis que les cycles de ponte de l'holothurie de sable à des latitudes basses n'ont pas de caractère saisonnier et que la ponte se produit tout au long de l'année (Ramofiafia *et al.* 2003 ; Tuwo 1999). Si aucune analyse des organes reproducteurs de nos géniteurs n'a été réalisée, les observations indirectes des taux de ponte des trois lots prélevés dans l'État de Sabah (octobre 2014, janvier 2015 et juillet 2015) semblent faire apparaître un cycle dans la reproduction, les mâles présentant des taux d'émission de gamètes faibles et les femelles ne pondant pas entre juin et août 2015. Une étude en bonne et due forme reposant sur l'analyse histologique des gonades s'impose pour confirmer ces observations. Au sein de notre stock conditionné, seuls deux mâles et une femelle ont émis des gamètes à deux reprises au cours d'une période de cinq mois. Il en ressort qu'il nous faudra travailler à l'optimisation de notre système de conditionnement, en ajustant la qualité de l'eau, la densité de charge et l'alimentation.

Si d'autres études (Agudo 2006) signalent une faible production d'œufs chez les femelles dont la ponte a été induite artificiellement, des holothuries de sable de Madagascar, dont la ponte a été déclenchée par stimulation thermique, ont produit jusqu'à 4 millions d'œufs (Devarajen Vaitilingon, observation personnelle).

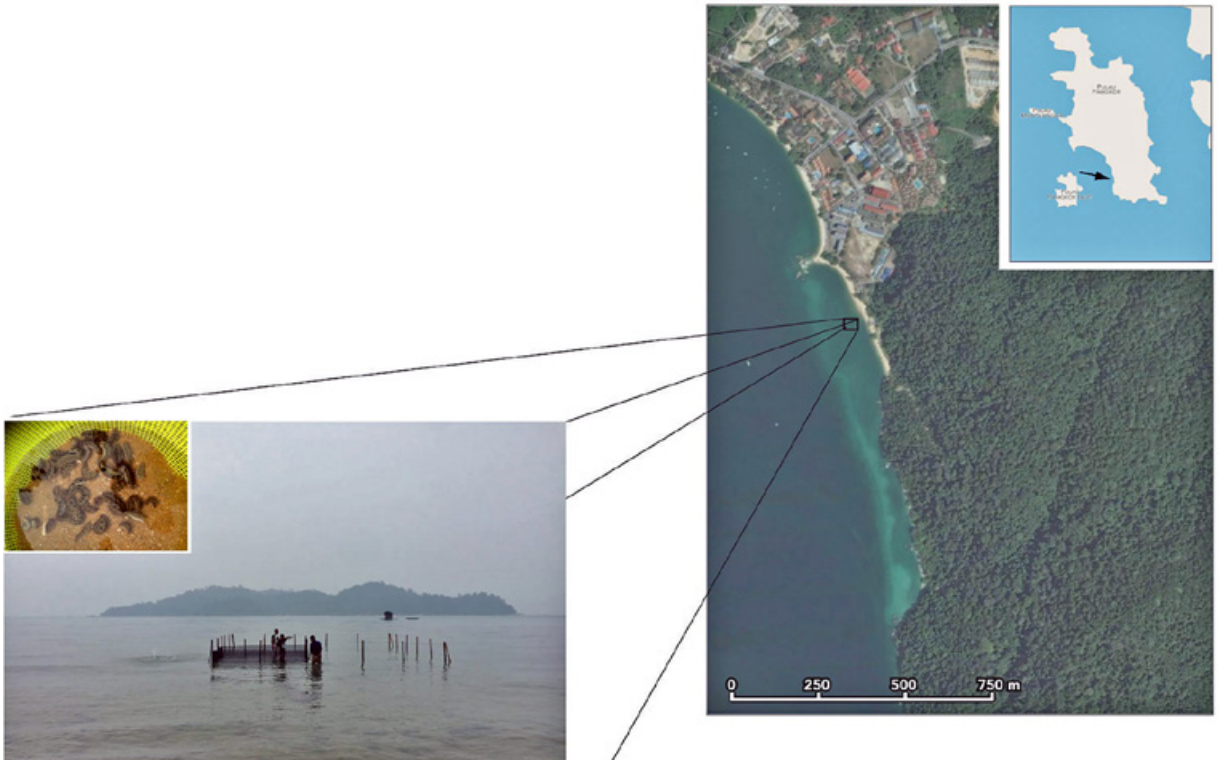

Figure 9. Site de l'enclos marin au large de l'île de Pangkor.

Le fait que les femelles ne produisent qu'environ un million d'œufs par ponte constitue un frein à notre production. Pour pouvoir exploiter l'écloserie à plein régime (avec une densité de 200 œufs L^{-1}), il faudra que les œufs d'au moins six femelles soient fécondés, ce qui peut constituer un problème si l'espace dédié au conditionnement des géniteurs est limité. Des essais de ponte sont actuellement réalisés sur d'autres populations d'holothuries de sable (en Thaïlande et en Indonésie) afin de déterminer si le faible taux de fécondité constaté est propre aux populations de Sabah.

Le tableau 1 présente nos chiffres de production pour une écloserie fonctionnant à plein régime. Les taux de survie des juvéniles pendant le transfert des bacs d'élevage larvaire aux bacs N1 sont faibles et imprévisibles (comme l'indique la forte variabilité autour de la moyenne) et ceci constitue un frein considérable à la production. De plus, à ce stade, les juvéniles ont des tailles très variées (figure 6 B), les individus de plus grande taille présentant de meilleurs taux de survie que les autres. À l'avenir, nous nous attacherons à résoudre ce problème en mettant davantage l'accent sur les méthodes de transfert, ainsi que sur le conditionnement des géniteurs dans nos installations d'élevage et l'essai de différents types d'aliments sur les géniteurs individuels. On sait que chez les échinodermes, les triglycérides contenus dans les œufs constituent une source majeure de lipides permettant de renforcer le développement des larves, voire même des petits juvéniles (Byrne *et al.* 2008). Les effets de cet approvisionnement maternel sur les juvéniles de l'holothurie de sable sont inconnus et feront l'objet de recherches dans les mois à venir. Nous sommes partis du principe qu'en manipulant les types d'aliments apportés aux géniteurs et en augmentant la teneur en lipides de type triglycéride des œufs, on pourrait renforcer la performance des juvéniles à ce stade critique.

Les taux de croissance observés chez les juvéniles dans les bacs de pré-grossissement sont inférieurs à ceux qui sont enregistrés dans les essais réalisés en bassins ou en enclos marins (Purcell and Agudo 2013). Ceci s'explique sans doute par les différences entre ces deux systèmes en matière de qualité de l'eau et de densité d'élevage. Notre premier essai en mer réalisé avec des individus de 3,5 g (38 mm) donne d'ailleurs de meilleurs taux de croissance (0,1 g $jour^{-1}$).

Au stade suivant, le projet sera axé sur l'optimisation de la production en éliminant ces freins et en agrandissant nos installations en profitant de l'espace disponible à l'extérieur. Ceci permettra d'augmenter l'espace consacré à l'élevage et au conditionnement des géniteurs. L'accès au lagon situé au large des côtes de l'île de Pangkor sera aussi l'occasion de réaliser des essais de grossissement en mer, plutôt qu'en bacs.

Tableau 1. Synthèse des données de production sur *Holothuria scabra*, basée sur les résultats obtenus à chaque stade de développement d'une opération de production représentative, réalisée alors que l'écloserie fonctionnait à plein régime.

Unité d'élevage	Stade	Âge (jours)	Temps (jours)	Taille moyenne (longueur)	Poids (g)	Élevage		Survie depuis le stade précédent (± écart-type)	n	Taux de survie global moyen (%)	Données de sortie (nombre d'individus)
						Densité	Système				
Écloserie	Embryon	2	2	100 µm	-	200 L^{-1}	Élevage larvaire - 12 x bac de1 000 L	-	6	100,00	2 400 000
	Auricularia	8	10	800 µm	-	110 l^{-1}	Élevage larvaire - 12 x bac de 1 000 L	54,8 ± 5,6	6	54,80	1 315 200
	Doliolaria	2	12	450 µm	-	70 L^{-1}	Élevage larvaire - 12 x bac de 1 000 L	34,4 ± 11,1	6	34,40	825 600
	Pentactula	3	15	0,3 mm	-	-	Élevage larvaire - Plaques de fixation	68,8 ± 15,2	6	23,70	568 013
	Juvéniles	45	60	5 mm	0,01	500 ind. m^{-2}	Nurserie 1- Plaques de fixation	2,0 ± 1,5	22	0,47	11 360
Nurserie	Juvéniles	45	105	1,5 cm	0,3	450 ind. m^{-2}	Bacs nurserie 2	19,8 ± 6,3	3	0,09	2 249
	Juvéniles	75	180	3 cm	2	200 ind. m^{-2}	Bacs nurserie 2	55*	2	0,05	1 237
	Jeunes adultes	70	250	6 cm	10	75 ind. m^{-2}	Bacs nurserie 2	80*	2	0,04	990

* Quand n < 2, seule la valeur moyenne est indiquée.

Remerciements

Le projet bénéficie du soutien financier d'un investisseur australien privé (Tim Miller). Nous remercions le Service des pêches de Malaisie, ainsi que le personnel de l'Institut de recherche halieutique de Pulau Sayak pour le soutien qu'ils ont apporté au projet depuis son démarrage en juillet 2014. Nous sommes reconnaissants à M. et Mme Beh Wong King ainsi qu'à l'équipe technique de Pulau Pangkor pour l'élaboration du volet du projet consacré au grossissement. Nous remercions Mme Sue Lin et M. Shafirul Shamin Bin Azizan pour le soutien technique qu'ils ont apporté au projet.

Bibliographie

Agudo N.S. 2006. Sandfish hatchery techniques. Australian Centre for International Agricultural Research, the Secretariat of the Pacific Community and the WorldFish Centre. 44 p.

Agudo N.S. 2012. Pond grow-out trials for sandfish (*Holothuria scabra*) in New Caledonia. p. 104. In: Hair C.A., Pickering T.D. and Mills D.J. (eds) 2012. Asia-Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia, 15-17 February 2011. ACIAR Proceedings No. 136. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra.

Byrne M., Prowse T.A.A., Sewell M.A., Dworjanyn S., Williamson J.E. and Vaitilingon D. 2008. Maternal provisioning for larvae and larval provisioning for juveniles in the toxopneustid sea urchin *Tripneustes gratilla*. Marine Biology 155:473-482.

Choo P.S. 2012. La pêche de l'holothurie à Semporna, Sabah (Malaisie). La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 32:43-48.

Purcell SW. and Agudo N.S. 2013. Optimisation of mesh enclosures for nursery rearing of juvenile sea cucumbers. PLoS ONE 8(5): e64103

Purcell S., Choo P.S., Akamine J. and Fabinyi M. 2014. Nouvelles formes de produit, de conditionnement et de commercialisation des holothuries tropicales et de leurs composés dérivés. La bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 34:47-52.

Ramofafia C., Byrne M. and Battaglene S.C. 2003. Reproduction of the commercial sea cucumber Holothuria scabra (Echinodermata: Holothuroidea) in the Solomon Islands. Marine Biology 142:281-288.

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 11:9-12.