

Une expérience de zoologie appliquée : l'holothuriculture à Madagascar*

par

Michel JANGOUX**

RÉSUMÉ. Très prisées par les peuples d'Extrême-Orient, les holothuries sont depuis une quinzaine d'années intensément récoltées/exploitées dans tous le domaine Indo-pacifique occidental. Les risques sont grands de voir la ressources se raréfier avec, à la clé, des conséquences économiques (appauvrissement des populations de pêcheurs) et écologiques (disparition des principaux détritivores littoraux) très dommageables. Le contrôle du processus de fécondation chez l'espèce *Holothuria scabra*, une holothurie à haute valeur commerciale, a permis l'installation d'une holothuriculture (écloserie et ferme de grossissement) performante dans le sud de Madagascar.

ABSTRACT. Being a popular sea-food in Far East Asia, holothuroids were intensively collected and processed over the past fifteen years in the whole Indo west pacific area. Risks occur that the resource becomes scarce with negative consequences both economically (impoverishment of fishermen) and ecologically (disappearance of major deposit-feeders). Control of the fertilization process in the species *Holothuria scabra*, a species with high commercial value, allows the settlement of an efficient sea-cucumber cultivation system (hatchery and growing farm) in the south part of Madagascar.

SAMENVATTING. Als delicatessie beschouwd en zeer geapprecieerd door de volkeren van het verre Oosten, zijn de zeekomkommers, sinds een vijftiental jaren op een intensieve manier gekweekt en geogost in de hele indisch-west gedeelte van de stille oceaan. Het risico is dan ook groot dat deze rijkdom schaars wordt met 2 belangrijke gevolgen: economische gevolgen door de verarming van de visserspopulatie, en op het milieu: verdwijning van de belangrijkste kustafvaleters. De controle op het bevruchtingsproces voor *Holothuria scabra*, een zeekomkommer met een grote commerciële waarde, heeft als gevolg gehad dat er een zeer efficiënte zeekomkommer fokkerij gestart is (broedplaats en kwekerij) in het zuiden van Madagascar.

MOTS CLES: holothuries; aquaculture; écloserie; ferme de grossissement.

* Communication présentée à la Classe des Sciences naturelles et médicales tenue le XXXX 2011. Texte reçu le XXXX 2011.

** Laboratoires de Biologie marine, Université Libre de Bruxelles et Université de Mons.

KEY WORDS: sea-cucumbers; cultivation; hatchery; growing farm.

1. Introduction et Historique

Les holothuries, des échinodermes à squelette réduit et à allure souvent vermiforme, sont une ressource marine très appréciée des peuples d'Extrême-Orient. Appelées aussi 'concombres de mer' ou 'bêche-de-mer'¹, elles sont proposées au consommateur après avoir été éviscérées puis portées à ébullition et enfin séchées à l'air. Le produit ainsi obtenu (du tégument séché) est commercialisé sous le nom de 'trepang', un terme d'origine malaise qui traduit l'implication de longue date des pêcheurs de la région de Macassar dans la collecte et la préparation de ces animaux (Macknight 1976). Ainsi, et à titre d'exemple, le zoologiste Péron, témoin des 'razzia' opérées par des flottilles malaises sur des populations d'holothuries au large de l'archipel Bonaparte (nord-ouest de l'Australie) écrivait, en 1816, à propos du devenir de leurs prises : « *Servis sur la table des riches et des grands de l'Empire [chinois] ces Tripans s'y présentent à la fois comme une source de vigueur nouvelle et comme un témoignage éclatant de la fortune et de la puissance de l'homme qui en fait usage* ».

Sans négliger ces aspects socio-aphrodisiaques, qui ne sont pas qu'historiques, le tégument d'holothuries, particulièrement riche en protéine et faible en matières grasses, n'en a pas moins une haute valeur nutritionnelle (Chen 2004). Ces animaux sont par ailleurs les principaux macro-détritivores des écosystèmes coralliens. Ils participent de ce fait aux chaînes trophiques détritiques dont le rendement est particulièrement élevé (ca. 30-40%) comparé à celui des chaînes trophiques classiques lesquelles ont un rendement de l'ordre de 10% d'un étage trophique à l'autre (Sorokin 1993).

Plus d'une cinquantaine d'espèces d'holothuries sont exploitées commercialement. La grande majorité d'entre-elles proviennent des zones tropicales de l'océan indo-ouest pacifique (South Pacific Commission 1994, Conand & Muthiga 2007, Purcell et al. 2010). Si l'une de ces espèces, l'*Apostichopus japonicus* des eaux tempérées des mers de Chine et du Japon, fait l'objet d'une aquaculture intensive (Xilin 2004), les espèces tropicales indo-pacifiques sont elles simplement récoltées sur toutes l'étendue de leur aire de répartition, des côtes africaines aux archipels micronésiens. Parmi ces espèces, *Holothuria scabra*, très commune, largement distribuée et à haute valeur marchande, est récoltée partout de façon intensive, et donc aussi à Madagascar.

La collecte d'holothuries est une activité traditionnelle à Madagascar, particulièrement sur la côte sud-ouest de l'île (Petit 1930). Pendant quasi tout le XXème siècle, le trepang malgache (une centaine de tonnes par an, soit l'équivalent de 1.000 tonnes d'animaux frais) était essentiellement exporté vers l'Indochine. Dans les années nonante le marché a connu une véritable explosion avec une exportation maximale vers Singapour de l'ordre de 650 tonnes en 1995 (chiffres 'officiels'). De 2000 à 2005 les quantités exportées annuellement ont atteint quelque 820 tonnes (Lavitra 2008), un accroissement qui résultait en bonne partie de l'élargissement des zones de collecte par l'utilisation (illégal) de bouteilles de plongée. Outre que ce mode de récolte accélère le processus de disparition de la ressource, il est responsable de nombreux accidents dus à la non-préparation des pêcheurs à cette technique particulière (voir, e.g., Rufez 2008). A la fin du siècle dernier la situation était telle qu'à défaut du développement rapide d'une technique aquacole appropriée on se dirigeait vers une situation à grand risque aussi bien sur les plans humains (dangerosité des récoltes en plongée) et économiques (le trepang est une ressource importante dans les communautés villageoises du sud-ouest malgache) que sur le plan écologique (principaux macro-détritivores littoraux en régions tropicales, la raréfaction/disparition des holothuries aurait des conséquences écologiques dommageables).

¹ Du portugais 'bicho da mar' qui signifie 'bête de mer'.

Ces diverses considérations alliées aux faits, d'une part, que les laboratoires de Biologie marine des Universités de Bruxelles et de Mons étaient spécialisés dans l'étude des échinodermes (notamment dans celle de leur reproduction et de leur vie larvaire) et que, d'autre part, un partenaire malgache (l'Institut Halieutique et des Sciences Marines [IH.SM] de l'Université de Tuléar) nous avait dit sa vive préoccupation face au problème de la surexploitation de la ressource holothurie, a fait qu'un projet de recherche holothuricole belgo-malgache a pu être présenté. Pour des raisons explicitées plus haut l'espèce choisie fut *H. scabra*. Selon les termes du projet, il s'agissait dans un premier temps d'atteindre la maîtrise des processus amenant à la production de juvéniles post-métamorphiques (la phase 'écloserie'); dans un deuxième temps d'arriver à contrôler au mieux la croissance des individus post-métamorphiques et obtenir dans les meilleurs délais possibles des animaux de taille commercialisable (la phase 'ferme de grossissement') (Jangoux et al. 2001). Le projet accepté, il fut naturellement basé dans la région de Tuléar (figure 1). La recherche dura au total neuf années (de 1999 à 2008) pour aboutir à la réalisation, à l'échelle pilote, d'un cycle d'élevage complet : environ 14 mois sont aujourd'hui nécessaires pour obtenir des adultes de taille commercialisable à partir de fécondations réalisées dans l'écloserie. La recherche a été supportée par des financements émanant principalement de la Coopération Universitaire au Développement (CUD), mais aussi du Ministère malgache de la Recherche scientifique (construction des bâtiments), de l'Université Libre de Bruxelles (ULB) et du Fonds pour la Recherche (FRS-FNRS).

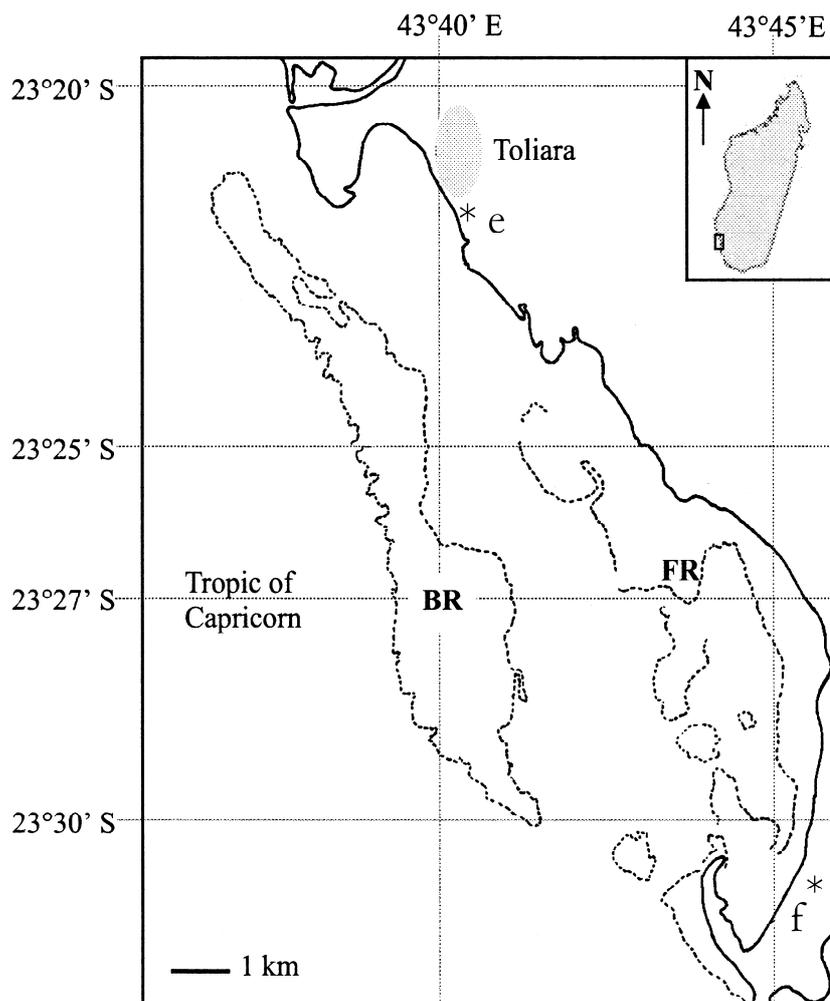


Figure 1. Carte de la région de Toliara (Tuléar). BR, récif barrière ; e, écloserie ; f, ferme de grossissement (Belaza) ; FR, récif frangeant.

2. La phase « écloserie »

D'une durée de cinq années (1999-2004) cette phase consista dans un premier temps en la construction et l'équipement du bâtiment nécessaire à sa bonne réalisation. Il fallut donc installer/équiper des aquariums pour géniteurs, une salle pour les élevages larvaires (15 cuves de 300 l), une salle pour la culture du phytoplancton destiné à nourrir les larves (pour ce faire des souches de l'espèce *Phaeodactylum tricorutum* furent importées d'Europe) (planche I). Il fallut aussi pouvoir disposer d'un laboratoire humide (dissections, fécondations, mesures diverses), d'un laboratoire sec (pour l'histologie et l'analyse microscopique), d'un local informatique, d'un atelier, et d'une salle de gonflage de bouteilles et d'entreposage de matériel de plongée. On construisit également un réservoir d'eau de mer (15 m³) avec prise d'eau au large à marée haute ainsi que des petits bassins extérieurs (5 bassins de 8 m²) pour y réaliser diverses expérimentations. Enfin, il fallut acquérir un véhicule automobile (acheté d'occasion en Europe) et un bateau (acquis sur place).

Cycle de reproduction. L'étude du cycle reproducteur de *H. scabra* commença bien avant le début officiel du projet et porta sur une période de 30 mois (novembre 1998 - avril 2001). Les gonades de tous les individus prélevés (à raison de 30 individus par mois) furent systématiquement analysées : évolution des rapports gonado-somatiques, détermination des sexes, détermination des stades gonadiques, suivi des fluctuations des indices de maturités, etc. Les résultats révélèrent l'existence d'un cycle annuel de reproduction relativement bien marqué, avec un maximum d'individus aux gonades matures s'observant entre novembre et avril, soit, pour l'essentiel, pendant l'été austral. Toutefois, si le nombre de gamètes matures culmine pendant l'été, on en observe aussi en proportion non négligeable pendant toute l'année tant chez les mâles que chez les femelles de l'espèce (Rasoloforina *et al.* 2005).

Fécondation. Avoir le contrôle du processus de fécondation, et par là de la production de larves et subséquemment d'individus post-métamorphiques, était impératif pour assurer le lancement du projet. Au début de la recherche, la façon habituelle de procéder pour assurer la fécondation était de faire subir, en période de reproduction, un choc thermique aux animaux (un choc de l'ordre de 10°C). Un tel procédé provoquait, effectivement, l'émission de gamètes aptes à la fécondation par quelques individus. Ce travail se faisait cependant en aveugle : l'espèce ne présentant pas de dimorphisme sexuel et les individus ne pouvant être préalablement disséqués, on ignorait aussi bien leur sexe que le stade de maturité atteint par leurs gonades. L'utilisation d'une telle méthode, au rendement faible, était malgré tout préférable à la dilacération de gonades mâles et femelles matures suivi de la mise en présence d'ovocytes et de spermatozoïdes. En effet cette façon de faire, très simple, n'enclenchait jamais la fécondation des gamètes femelles (alors que, chez les oursins par exemple, elle donne d'excellents résultats). Il s'en est suivi une longue période d'essais expérimentaux, tant rationnels qu'empiriques, pour tenter d'induire la maturation ovocytaire et par là permettre la fécondation (il faut savoir que les ovocytes aboutis sont, chez les holothuries, bloqués en prophase I de la méiose, la maturation nécessitant la levée de ce blocage). La maturation a finalement pu être induite à partir d'extrait de ponte d'oursins femelles (espèce *Tripneustes*

gratilla). Cet extrait, appelé ‘Nirine’², montrait des propriétés extraordinaires puisqu’il entraînait des taux de maturation et de fécondation des ovocytes holothuriens de plus de 90% et permettait en outre d’assurer la fécondation de ceux prélevés en dehors de la période de reproduction (pour peu qu’ils soient arrivés en blocage de méiose). Par ailleurs, la Nirine n’entraînait pas de mortalité ni de malformations significatives des larves obtenues par ce procédé (voir Léonet et al. 2009). La méthode a fait l’objet d’un dépôt de brevet (PCT/EP2007/056665).

Larves et métamorphose. Disposant d’une technique fiable assurant la maturation ovocytaire, des élevages larvaires ont pu être lancés, bien sûr en période de reproduction de l’espèce, mais aussi pendant presque toute l’année sauf au plus fort de l’hiver austral (juin/juillet). Pour ce faire on utilise de larges cuves d’un volume total de 300l. Il fallut évidemment optimiser les élevages : détermination de la température de l’eau, de la densité d’ovocytes fécondés, de la densité de cellules algales, de la périodicité du renouvellement l’eau, des taux de mortalité, etc. Le but était que toutes les larves survivantes d’un même lot atteignent, si possible ensemble, la compétence à la métamorphose ; il était aussi nécessaire de tenter d’établir, toutes choses étant égales, une chronologie standard de développement larvaire quel que soit l’élevage entrepris. Par chronologie standard il faut plutôt comprendre chronologie moyenne, les variations en termes de vitesse de développement étant parfois assez marquées d’un lot de larves à l’autre selon l’origine des géniteurs. Ainsi, une fois les œufs fécondés et dans les conditions de l’écloserie, les temps moyens d’apparition des différents stades sont : 5 h pour le stade *blastula*, 20h pour le stade *gastrula*, 2j pour la larve *dipleurula*, et 10j pour la larve *auricularia* compétente (c’est-à-dire apte à se métamorphoser). Quant à la métamorphose en elle-même (de la larve *auricularia* à la larve *doliolaria*) elle prend de l’ordre de 5 jours (planche I) et aboutit à un stade pré-juvénile appelé *pentactula* (figure 2). La métamorphose des holothuries est très progressive ; elle se distingue par là de celle des autres échinodermes chez qui elle se fait beaucoup plus rapidement (à titre d’exemple la métamorphose de l’oursin comestible des mers d’Europe prend de 30 à 45 min.)

La *pentactula* précède immédiatement le stade juvénile. Pour qu’elle devienne juvénile, il faut impérativement que la *pentactula* s’attache à un substrat (rocher, coquille, pied d’algue, etc.) à l’aide du large tentacule impair qu’elle développe dans sa région postérieure. Au contraire de nombreux invertébrés benthiques (dont certaines espèces d’holothuries), la *pentactula* de *H. scabra* n’a pas d’exigences particulières ; l’existence d’un biofilm sur la paroi des cuves d’élevage suffit à enclencher la réaction de fixation³ et, par là, la transformation finale en juvénile (figure 3).

² ‘Nirina’ signifie espoir en malgache.

³ Un biofilm est une communauté microbienne enserrée dans des biopolymères qu’elle produit elle-même et qui recouvre toute les surfaces immergées en mer ou contenant de l’eau de mer.

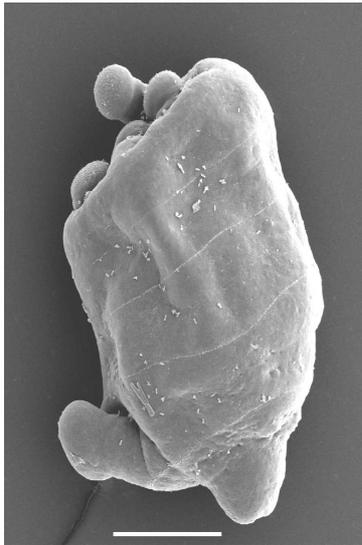


Figure 2. *Pentactula* âgée
(barre : 100 μ m)

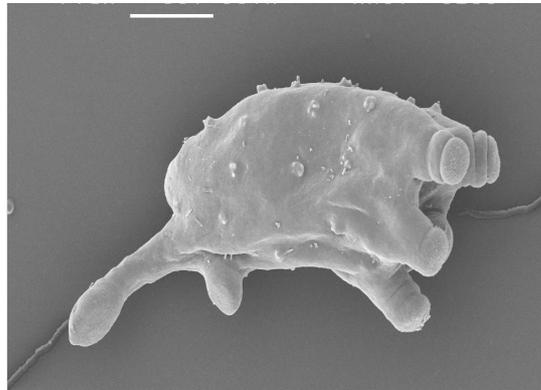


Figure 3. Juvénile de 5 jours
(barre : 100 μ m)

3. La phase « grossissement »

La croissance des juvéniles. Pendant leurs deux premiers mois de vie les juvéniles, qui mesurent au départ de l'ordre du 0,5 mm de long, sont laissés dans les cuves d'élevage larvaire, là même où ils ont effectué leur métamorphose. Lorsqu'ils atteignent entre 2 et 3 cm de long environ ils sont amenés à la ferme de Belaza où se réalisent les étapes ultérieures de la croissance, étapes dites de « grossissement ».

Les juvéniles ont une biologie particulière : ils ne s'enfoncent pas dans le sédiment mais restent continuellement en surface (ils sont épibiontes), un comportement aisément observable en bassins expérimentaux (planche 1). Ils sont constamment en activité et sont particulièrement sensibles à la prédation et aux variations environnementales. En réalité ils n'acquerront que très progressivement la capacité de s'enfouir dans le substrat comme d'ailleurs celle de pouvoir ingérer le sédiment. Toutefois dès leur plus jeune âge ils seront détritivores : ils s'alimentent du film épibenthique recouvrant les cuves d'élevage mais ingèrent également de la matière organique dissoute et/ou en suspension (fines particules).

En condition d'élevage, l'ajout d'extraits d'algues – essentiellement des extraits réalisés à partir de la sargasse *Sargassum latifolium* – donne d'excellents taux de croissance (environ 300% sur huit semaines au départ de juvéniles de 0.5 mm (Lavitra et al. 2009a). Une telle accélération de croissance des juvéniles est des plus intéressante car elle permet d'anticiper le moment du transfert des individus dans les installations de Belaza.

La ferme de Belaza. Distant de environ 25 km de l'écloserie, au sud de Tuléar, la ferme de Belaza a été construite le long d'une piste carrossable sur un terrain anciennement dévolu à une installation ostréicole. Situé à flanc de collines calcaires (d'où jaillissent des sources d'eau douce) et à l'embouchure d'une large baie liserée de mangroves, l'endroit est propice à l'holothuriculture : une zone calme et un sédiment riche, un biotope qui convenait particulièrement bien à l'espèce cible (*Holothuria scabra*). Le chantier de la ferme dura près d'un an (période 2004/2005). Outre une maison d'habitation, un dortoir pour hôtes de passage, des sanitaires, on y construisit un laboratoire et une salle d'aquariums marins (pompage d'eau de mer), le tout étant approvisionné en eau douce (puisée à la source par une pompe éolienne) et en électricité (produite par un groupe électrogène) (planche 2). Dix

bassins en béton pour le pré-grossissement furent également construits. Ces bassins ont le fond recouvert de sédiment prélevés dans la baie ; ils accueillent les juvéniles de 2 à 3 cm issus de l'écloserie.

Le pré-grossissement. C'est par la piste que les juvéniles sont amenés à la ferme de Belaza. Le transfert vers la ferme correspond à la période où se réalise leur changement de biologie : de strictement épibiontes, ils deviennent partiellement endobiontes (figure 4). Ils ont acquis la capacité de s'enfouir dans le sédiment, acquisition qui va de pair avec la modification de leur rythme d'alimentation. Pendant les heures les plus chaudes (après-midi et soirée) les individus sont enfouis (endobiontes) et restent immobiles. Au contraire en fin de nuit et début de matinée, aux heures où la température de l'eau est la plus fraîche, ils se retrouvent en surface (épibiontes) et sont actifs : ils s'alimentent, se nourrissent et défèquent. Un tel comportement s'observe tant chez les juvéniles récemment transférés de l'écloserie que chez les adultes élevés en enclos au large ou issus du milieu naturel.

Le pré-grossissement se fait en bassins hors-mer (bassins de 32m² contenant 16m³ d'eau ; planche 2) sur du sédiment régulièrement renouvelé et prélevé dans les herbiers à front de mangrove. Moins sensibles aux variations environnementales, les individus en bassins, du fait de leur petite taille, le sont cependant encore à la prédation (ils subissent particulièrement

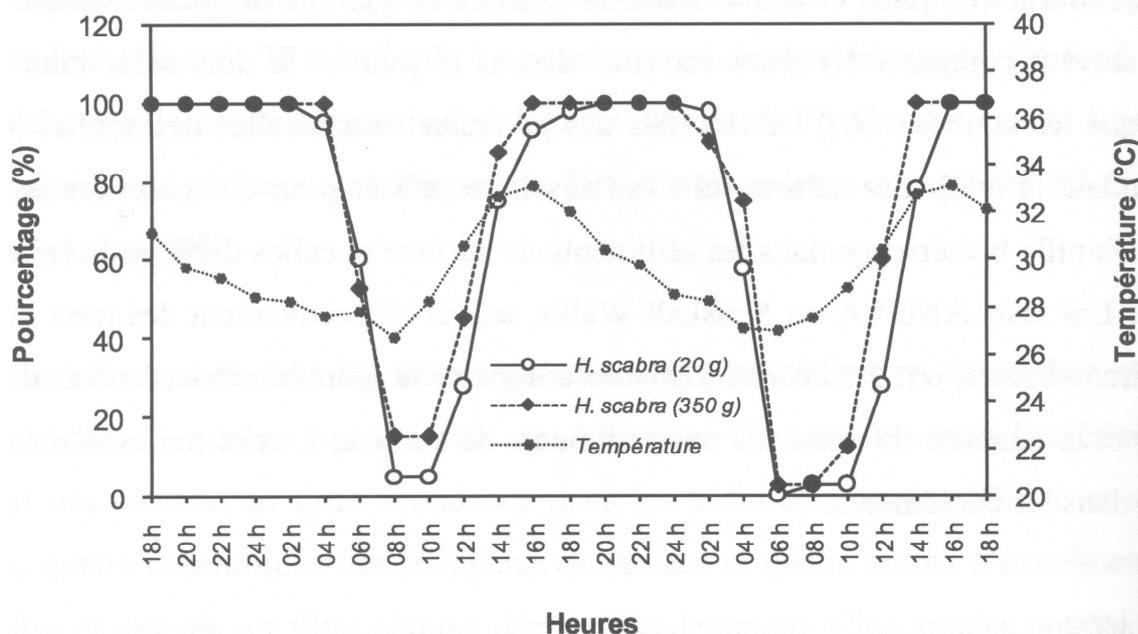


Figure 4. Proportions (%) de juvéniles (20g, 3cm) et d'adultes (350g, 15cm) d'*H. scabra* enfouies au cours du temps (deux nycthémères successifs) (n=25). La courbe reprenant la variation de la température de l'eau est superposée (d'après Lavitra 2008).

les attaques de crabes portunides du genre *Thalamita* ; Lavitra et al. 2009b).

Si elle se justifie par la relative fragilité des individus, la mise en bassins de pré-grossissement permet aussi la réalisation de multiples observations et essais sur, par exemple, l'alimentation des individus (effets de sédiments d'origines diverses sur la croissance, établissement du rythme optimal du renouvellement sédimentaire, détermination de

l'épaisseur de la strate de sédiment effectivement prélevée par les animaux, ...), l'étude de leurs maladies (*e.g.* Becker et al. 2004, Lavitra et al. 2009b) ou encore l'effet de la densité de population sur leur croissance. Ainsi on a pu établir que pour une densité d'holothuries comprise entre 10 et 40 individus/m² la biomasse produite après 2 mois d'élevage était semblable mais que la taille des individus était d'autant plus faible que la densité des animaux en bassin était plus élevée (Lavitra 2008). La densité optimale pour l'étape de pré-grossissement est de 20 individus/m².

Le grossissement. Lorsque, dans les bassins de la ferme, les individus atteignent entre 5 et 7 cm de longueur, ils sont transférés dans des enclos de grossissement situés en mer à quelques centaines de mètres du rivage. Les enclos sont relativement grands (600m²), ouverts et aux parois grillagées (vide de maille: 1cm²). Ils sont toujours partiellement immergés (ils sont implantés au-delà de la limite de la mer basse et la hauteur des parois est quelque peu supérieure à celle atteinte par l'eau à marée haute). Rien n'est ajouté aux enclos : les holothuries s'y développent donc dans des conditions naturelles, hormis qu'elles sont encagées et que leur densité (de l'ordre de 2 individus/m²) est déterminée en début de grossissement. Les enclos font toutefois l'objet de visites régulières à la fois pour le nettoyage de leurs parois (éviter le colmatage du grillage par des algues et des débris divers) et pour assurer une surveillance contre le vol. Après environ 8 mois en enclos, les holothuries atteignent une taille de 22 cm (350 g), taille qui est celle de la commercialisation.

4. Une holothuriculture pilote

La difficulté majeure en holothuriculture est l'obtention, en quantité suffisante, d'œufs fécondés par une méthode à la fois reproductible et n'induisant pas d'anomalies développementales. Un challenge rencontré par la mise au point d'un procédé nouveau (le procédé à base de Nirine) qui entraîne la maturation des gamètes femelles et permet de réaliser leur fécondation *in vitro*. Cette méthode assure de disposer d'ovocytes matures en quantité adéquate presque toute l'année, et donc d'obtenir des œufs fécondés pendant plus de dix mois sur douze.

Les élevages larvaires se font dans des structures 300l contenant 250l d'eau de mer et à une densité de l'ordre de 0,5 embryons/ml, soit quelque 125.000 embryons par cuve. Environ 95% de cet effectif meurt en cours de développement et le nombre moyen de juvéniles obtenus par cuve est d'environ 6.250 (il serait au total de 125.000 si les quinze cuves étaient utilisées simultanément). Comme ces cuves servent aussi, on s'en souviendra, au primo-développement des juvéniles jusqu'à ce qu'ils atteignent environ 2 à 3 cm, seule la moitié d'entre-elles est effectivement utilisée pour les élevages larvaires, l'autre moitié étant réservée aux juvéniles. Puisque les durées des développements larvaire et primo-juvénile sont chacune de un mois et, si on tient compte de la mortalité des primo-juvéniles (environ 50%), les cuves de l'écloserie peuvent produire jusqu'à 30.000 juvéniles transférables vers la ferme de Belaza par bimestre.

Ce nombre est bien trop élevé car, pour optimiser le pré-grossissement, les bassins de Belaza ne peuvent accueillir que 20 holothuries par m² soit, au total, 6.400 individus (il y a 10 bassins de 32m² chacun). Le taux de mortalité dans les bassins de Belaza avoisinant 10%, ce sont un peu plus de 5.500 individus qui en sont issus après 2 mois.

Actuellement la superficie couverte par les enclos en mer est de 360 m² et, pour assurer une production optimale, la densité des holothuries doit y être de 2 individus par m². On ne peut donc y installer que 720 individus dont, étant donné une mortalité de 25%, environ 600 atteindront tous une taille commercialisable après 8 mois.

En résumé, l'optimisation des diverses étapes de la structure holothuricole malgache permet d'obtenir, après 14 mois, 600 individus de taille adéquate. Ce nombre est évidemment très inférieur au nombre d'embryons placés en cuves d'élevage (ils sont au départ près de 900.000) ; il est le résultat tant de la mortalité en cours d'élevage (mortalité qui affecte surtout les larves) que du caractère pilote des installations (les surfaces d'élevages pour les post-métamorphiques sont limitées et ne peuvent accueillir toute la production).

Quatorze mois sont donc nécessaires pour fermer la boucle. Cependant, dans l'hypothèse où on ne serait plus limité par le nombre d'enclos (par exemple en installant face aux différents villages côtiers de la région et en y plaçant des individus subadultes issus des bassins de Belaza), la production holothuricole pourrait être, dans nos conditions, quadruplée. En effet la Nirine permettant d'effectuer des fécondations pendant au moins dix mois sur douze et l'occupation des structures qui précèdent la mise en enclos (cuves et bassins de pré-grossissement) étant respectivement de deux et trois mois, cela permet le lancement de quatre séries d'élevages sur l'année et amènerait une production totale de annuelle de 22.000 subadultes. Présumant que les conditions d'élevage en enclos seraient idéales (pas de vol et une mortalité de 25%) et sachant que le poids frais moyen d'un adulte commercialisable est de 350g, la production serait d'environ 6,4 tonnes fraîches. Une production certes trop faible que pour être commercialement rentable, mais le but n'était pas celui-là : il s'agissait de démontrer la faisabilité scientifique et technique de l'holothuriculture en condition pilote.

5. Vers une exploitation industrielle

Le financement du projet holothuricole aura duré neuf années ; il s'est terminé en mars 2008. Dans les mois qui suivirent un partenariat tripartite, associant les Universités belges, l'Institut malgache et une société privée de pêcheerie établie à Tuléar (la Copefrito SA), a été constitué pour former la première compagnie malgache basée sur l'holothuriculture (Madagascar Holothurie SA [MHSA]) (Eeckhaut et al., 2008).

Utilisant tant les installations de l'écloserie que celles de la ferme de Belaza, MHSA a décidé, pour le lancement de ses activités, de se limiter pour le moment à la production de juvéniles (5-7 cm de long) destinés au grossissement. Avec l'aide d'ONG, des enclos sont installés près de villages côtiers et entretenus par les villageois eux-mêmes ou par des groupes de pêcheurs. Ceux-ci reçoivent la formation nécessaire par les responsables des ONG. L'idée développée ici est de racheter ensuite les holothuries aux personnes qui se sont occupé de l'entretien des enclos et de leur surveillance dès qu'elles auront atteint une taille commercialisable.

La société MHSA se préoccupe aussi de la commercialisation des holothuries sous la forme de trévang. Elle s'intéresse aux traitements divers subis par le tégument des holothuries avant leur exportation vers les marchés extrême-orientaux (Lavitra et al. 2009b).

Enfin, disposant de l'exclusivité du brevet de la Nirine, la société MHSA négocie actuellement des partenariats avec différents groupes privés et publics de pays riverains de l'Océan Indien.

Remerciements. La recherche holothuricole a eu la chance de s'attacher les talents de : Igor Eeckhaut, Thierry Lavitra, Aline Léonet, Édouard Mara, Jean-Marc Ouin, Thomas Plotieau, Man-Waï Rabenevanana, Richard Rasoloforinina, Guy Seghers, Jérôme Servais et Dévarajen Vaïtilingon. Elle a disposé, de 1999 à 2008, de financements de la Coopération Universitaire au Développement (CUD) attribués aux Laboratoires de Biologie marine (ULB et UMons) et à l'Institut halieutique et des Sciences marines (UTuléar, Madagascar), ainsi qu'à un financement complémentaire de l'ULB, pendant l'année 2003-2004.

6. Bibliographie

- Chen J., 2004. Present status and prospects of sea cucumber industry in China. — FAO Fisheries Technical Paper, 436: 25-38 (Rome, FAO).
- Conand C. and Muthiga N., 2007. Commercial sea-cucumbers: A review for the Western Indian Ocean. — WIOMSA Book Series 5, 67 pp.
- Eeckhaut I., Lavitra Th., Rasoloforinina R., Rabenevanana M.W., Gildas P., Jangoux M., 2008. Madagascar Holothurie S.A. : la première entreprise commerciale axée sur l'aquaculture des holothuries à Madagascar. — Beche-de-mer Information Bulletin, 28: 22-23.
- Jangoux M., Rasoloforinina R., Vaïtilingon D., Ouin J.M., Seghers G, Mara E., Conand C., 2001. A sea cucumber hatchery and mariculture project in Tuléar, Madagascar. — Beche-de-mer Information Bulletin, 14: 2-5.
- Lavitra Th., 2008. Caractérisation, contrôle et optimisation des processus impliqués dans le développement post-métamorphique de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaëger, 1833). — Thèse de doctorat, Université de Mons, 166 pp.
- Lavitra Th., Rasoloforinina R., Grosjean Ph., Jangoux M, Eeckhaut I., 2009a. The effect of food quality and rearing density on the growth and survival of epibenthic juveniles of the sea cucumber *Holothuria scabra*. — Western Indian Ocean Journal of marine Sciences 8: 87-96.
- Lavitra Th., Rasoloforinina R., Jangoux M., Eeckhaut I., 2009b. Problems related to the farming of *Holothuria scabra* (Jaëger, 1833). — Beche-de-mer Information Bulletin 29 : 20-30.
- Lavitra Th., Rasoloforinina R., Eeckhaut I., 2010. The effect of sediment quality and stocking density on survival and growth of the sea-cucumber *Holothuria scabra* reared in nursery ponds and sea pens. — Western Indian Ocean Journal of marine Sciences 9 : 153-164.
- Léonet A., Rasoloforinina R., Wattiez R., Jangoux M., Eeckhaut I., 2009. A new method to induce oocyte maturation in holothuroids (Echinodermata). — Invertebrate Reproduction and Development 53: 13-21.
- Macknight G.G., 1976. The voyage to Marege. Macassan trepangers in northern Australia. — Melbourne, Melbourne University Press.
- Péron F. in Freycinet L., 1816. Voyage de découvertes aux Terres australes, vol. 2 — Paris, Imprimerie Royale (voir pp 247-251).
- Petit G., 1930. L'industrie des pêches à Madagascar. — Paris, Société d'Édition géographique, maritime et coloniale.
- Purcell, S.W., Lovatelli A., Vasconcellos M., Ye Y., 2010. Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. — FAO fisheries and aquacultural technical Paper 520, 157 pp.
- Rasoloforinina R., 2004. Reproduction et développement de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaëger, 1833). — Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 176 pp.
- Rasoloforinina R., Jangoux M., 2005. Apparition et développement des éléments

- squelettiques chez les larves et les juvéniles épibiontes de *Holothuria scabra*.
— Beche-de-mer Information Bulletin 22 : 6-10.
- Rasolofonirina R., Vaïtilingon D., Eeckhaut I., Jangoux M., 2005. Reproductive cycle of edible echinoderms from the South-Western Indian Ocean. — Western Indian Ocean Journal of marine Sciences 4: 61-75.
- Ruffez, J. 2008. Diving for holothurians in Vietnam : a human and environmental disaster. — Beche-de-mer Information Bulletin 28: 42-45.
- Sorokin Y. I., 1993. Coral reef ecology. — Ecological Studies 102 : 465 pp — Berlin, Springer-Verlag.
- South Pacific Commission, 1994. Sea cucumbers and beche-de-mer of the tropical pacific. A handbook for fishers. — SPC Handbook n° 18, 51 pp (Noumea, New Caledonia).
- Xilin S., 2004. The progress and prospects of studies on artificial propagation and culture of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. — FAO Fisheries Technical Paper n°436: 273-276 (Rome, FAO).