

Problèmes liés à l'élevage aquacole d'*Holothuria scabra* (Jaeger, 1833)

Thierry Lavitra^{1,2*}, Richard Rasolofonirina¹, Michel Jangoux^{1,2,3} et Igor Eeckhaut^{2*}

Résumé

Différents problèmes liés à l'élevage aquacole d'*Holothuria scabra* ont été observés dans le cadre du projet d'aquaculture Madagascar Holothurie S.A. (Toliara, Madagascar). Le présent article fait état de ces problèmes, caractérise leur incidence sur la production d'holothuries et propose des solutions visant à éviter ou réduire au minimum cette incidence. Une chute brutale de la salinité s'est produite à une certaine période de l'année, à marée basse et après le passage de cyclones. Cette réduction a entraîné des troubles du comportement chez *H. scabra* : les individus restaient enfouis dans les sédiments, même la nuit, alors qu'à cette période, ils évoluent normalement à la surface du sédiment. Ce comportement n'a toutefois eu aucun impact sur leur croissance. Dans tous les cas possibles, nous recommandons d'installer les sites d'élevage loin des zones où la salinité est susceptible de chuter.

Dans les bassins extérieurs, les holothuries étaient infestées par des isopodes *Cymodoce sp.* au cours de la saison chaude, ce qui a entraîné une forte mortalité dans les élevages de *H. scabra* (en moyenne 8 % par semaine). Le poisson carnivore *Terapon jarbua* a été introduit dans les bassins d'élevage dans le but de prévenir ce problème, solution qui s'est révélée efficace. Les poissons mangent les isopodes et peuvent les éliminer en l'espace de dix jours. Les infections provoquées par les isopodes ont complètement disparu dans les deux semaines.

On a observé, à certaines périodes de l'année, une abondance anormale de crabes *Thalamita crenata* dans les enclos. Il s'agit du prédateur le plus redoutable auquel les holothuries ont à faire face dans la région, puisqu'il peut exterminer un stock entier d'holothuries en l'espace d'un seul mois. Les crabes s'en prennent principalement aux juvéniles qui viennent d'être transférés. Les adultes dont le poids dépassait 250 grammes n'ont jamais été inquiétés. L'élimination des crabes vivant dans les milieux environnants doit avoir lieu avant le transfert des juvéniles, et il est nécessaire de surveiller au quotidien les enclos afin de limiter l'impact de la prédation sur la production.

Introduction

La maîtrise des paramètres biotiques et abiotiques sur les sites d'élevage des holothuries est indispensable (Purcell, 2004 ; Wang et al., 2004). Les juvéniles de *H. scabra* sont, dans un premier temps, élevés dans des bassins extérieurs pendant deux mois, jusqu'à ce qu'ils atteignent 6–7 cm. Ils sont ensuite transférés dans des enclos aménagés dans des herbiers (Battaglione, 1999 ; Pitt et Duy, 2004). Il convient donc d'examiner plusieurs facteurs avant de sélectionner le site le plus adapté à la croissance des holothuries, notamment les paramètres physico-chimiques et la présence de prédateurs (Chen, 2004 ; Pitt et Duy, 2004). Au nombre de ces prédateurs, on compte les crabes, les crevettes, les gastropodes et les poissons de la famille des siganidés qui attaquent de préférence les jeunes holothuries qui viennent d'être transférées en enclos (Pitt et Duy, 2004).

Des contrôles récurrents doivent être mis en place pour identifier toutes les pathologies ou les parasites affectant les holothuries afin d'éviter d'introduire des organismes nuisibles au sein du stock sauvage (Eeckhaut et al., 2004 ; Purcell et Eeckhaut, 2005). On compte, parmi les parasites des holothuries, des bactéries, des protozoaires et plusieurs métazoaires (Jangoux, 1990 ; Eeckhaut et al., 2004).

Dans certains cas, les maladies qu'ils provoquent sont mortelles pour les juvéniles touchés (Becker et al., 2004). Cela dit, étant donné que l'holothuriculture est une filière assez nouvelle, on n'a encore que très peu d'informations sur ces agents pathogènes et les réponses à leur apporter (Battaglione, 1999 ; Xilin, 2004). À Madagascar, on a observé pour la première fois une maladie appelée ulcère cutané en septembre 2000 (Becker et al., 2004). L'infection, située au niveau du tégument de *H. scabra*, se propage très rapidement dans les bassins et peut provoquer la mort de l'animal en seulement trois jours après apparition des premiers symptômes. Cette pathologie est due à une infection par une bactérie opportuniste. Toutefois, l'agent causal de l'ulcère n'a pu être identifié (Becker et al., 2004). Le projet de recherche Aqua-Lab/Belaza, qui a donné naissance à la société commerciale Madagascar Holothurie S.A. à Toliara, était axé, entre 2004 et 2008, sur l'optimisation de la croissance de *H. scabra*. Au cours de cette période, plusieurs problèmes d'origine biotique et abiotique sont apparus et ont dû être résolus. Trois problèmes particuliers ont eu des retombées sur l'avancée du projet aquacole : (i) la baisse brutale de la salinité à marée basse à une certaine période de l'année et après le passage de cyclones, (ii) la présence d'isopodes en abondance anormale dans les bassins extérieurs pendant la saison chaude et (iii) la

¹ Institut Halieutique et des Sciences Marines (IH.SM), Université de Tuléar, 601-Tuléar, Madagascar.

² Service de Biologie marine, Université de Mons-Hainaut, 7000-Mons, Belgique.

³ Service de Biologie marine, Université Libre de Bruxelles, 1050-Bruxelles, Belgique.

* Correspondance :

Thierry Lavitra: IH.SM; Université de Tuléar; BP : 141; 601-Tuléar; Madagascar. Courriel: lavitra_thierry@yahoo.fr

Igor Eeckhaut: Biologie marine; 6, Av. Champ de Mars; 7000 Mons; Belgique. Courriel: Igor.eeckhaut@umh.ac.be

surabondance de crabes dans les enclos à une période de l'année. Le présent article fait état de ces problèmes, caractérise leur incidence sur la production d'holothuries et propose des solutions qui doivent permettre d'éviter ou de réduire au minimum cette incidence.

Matériel et méthodes

Baisse de la salinité

La salinité a été relevée quotidiennement entre juillet 2006 et décembre 2007 dans les bassins (figure 1) et dans les enclos (figure 2). À chaque fois qu'une variation importante de la salinité a été observée, l'ensemble des variations du comportement, du cycle nyctéméral et de l'anatomie des spécimens d'élevage *H. scabra* ont été notées. Par deux fois (une fois en saison fraîche et une fois en saison chaude), la salinité a baissé à 20 ‰ (2 ‰). Les deux épisodes ont eu lieu à marée basse et étaient liés à une résurgence d'eau douce qui coulait dans les enclos. Pour analyser les effets de cette baisse de salinité sur l'anatomie des spécimens, quatre juvéniles (de 7 cm de long et de 15 g) ont été transférés pendant quatre semaines dans une cuve de 15 litres contenant une eau faiblement saline (20 ‰) et on les a comparés à quatre juvéniles évoluant dans un milieu à salinité normale (35 ‰). L'oxygénation de chaque cuve était assurée par un diffuseur rattaché à un compresseur. L'eau de mer a été changée tous les deux jours et les juvéniles ont reçu pour alimentation des *Sargassum* broyés chaque jour. On a photographié les juvéniles et caractérisé leurs symptômes. Par ailleurs, à deux reprises, des cyclones tropicaux ont entraîné une chute de la salinité dans le lagon à 10 ‰. Pour étudier les effets de cette baisse brutale de la salinité sur la survie de *H. scabra* en milieu d'élevage, des spécimens (8 cm de long et 41 g) ont été placés dans des cuves (cinq spécimens par cuve) à une salinité de 10 ‰ pendant 1, 2, 3, 6, 12, 18 et 24 heures (35 spécimens au total), après quoi la salinité a été ramenée à 35 ‰. Ces spécimens sont ensuite restés dans les mêmes cuves pendant quatre semaines afin d'évaluer les effets postérieurs de la baisse de salinité sur le comportement et la survie des animaux. Enfin, on a également étudié les effets de la baisse de salinité sur la croissance de *H. scabra*. Pour ce faire, deux bassins de 8 m² ont été utili-

sés. Chaque bassin a été subdivisé en 4 compartiments de 2 m² chacun et on y a placé 4 lots de 6 *H. scabra* d'un poids moyen de 4 g, 24 g, 68 g et 117 g respectivement (48 spécimens au total). L'eau de mer (maintenue à 20 ‰ dans un bassin et 35 ‰ dans l'autre) a été changée une fois par semaine. Les sédiments (couvrant une profondeur de 10 cm) n'ont pas été changés pendant l'expérience. L'expérience a duré cinq semaines, après quoi les spécimens ont à nouveau été pesés et leurs poids moyens respectifs calculés. L'analyse des données consistait à comparer le poids moyen des spécimens placés dans un milieu à 20 ‰ et celui de ceux maintenus dans un milieu à 35 ‰.

Étude des parasites

En 2007, pendant la saison chaude, on a observé dans les bassins extérieurs une abondance anormale de crustacés, en l'occurrence d'isopodes, qui a entraîné l'apparition d'une maladie chez les juvéniles en milieu d'élevage. Pendant les six semaines qui ont suivi l'apparition de la maladie, des examens quotidiens ont eu lieu. Les stades de la maladie ont été caractérisés et les spécimens atteints à chacun de ces stades ont été comptés et pesés. Les isopodes incriminés ont été identifiés. Le nombre d'isopodes et d'holothuries malades a été compté. Au laboratoire, on a disséqué l'estomac de cinq isopodes afin de déterminer de quoi ils s'alimentaient et de vérifier, en particulier, si on retrouvait dans le contenu stomacal des spicules de *H. scabra*.

Le tégument des spécimens normaux et malades de *H. scabra* (à différents stades de l'infection) a été fixé de façon adéquate pour procéder à un examen histologique et à un examen au microscope électronique à balayage (MEB) (voir ci-dessous). Deux expériences ont été réalisées afin de trouver des solutions pour éradiquer cette maladie : (i) le transfert des juvéniles malades (n = 189) dans un nouveau bassin contenant des sédiments fraîchement prélevés et exempts d'isopodes, et (ii) l'introduction du poisson carnivore *Terapon jarbua* (Forskall, 1775) de la famille des Teraponidae (poids moyen : 44 g ; longueur moyenne : 12 cm ; n = 15) dans un bassin contenant des juvéniles malades (n = 114). Chaque expérience a duré trois semaines et l'évolution de la maladie a été notée quotidiennement.



Figure 1. Bassins extérieurs des juvéniles de *H. scabra* de 1 à 7 cm



Figure 2. Enclos installés dans un herbier pour le grossissement des spécimens *H. scabra* (de 7 cm à une taille commercialisable de 22 cm)

Étude des prédateurs

On a observé, à certaines périodes de l'année, une abondance de crabes dans les enclos, accompagnée d'une surmortalité de *H. scabra*. Après identification du crabe, une expérience a été réalisée dans un bassin extérieur (avec trois bassins répétés). Elle consistait à mettre plusieurs lots de *H. scabra* en présence de crabes. Un bassin de 8 m de long et de 4 m de large a été subdivisé en quatre compartiments contenant respectivement : (i) 20 *H. scabra* d'un poids moyen de 17 g (7 cm) mises en présence de 5 crabes et sans apport de nourriture ; (ii) 10 *H. scabra* d'un poids moyen de 54 g (10 cm) en présence de 5 crabes et sans apport de nourriture ; (iii) 20 *H. scabra* d'un poids moyen de 17 g (7 cm) en présence de 5 crabes et avec apport de nourriture ; et (iv) 10 *H. scabra* d'un poids moyen de 54 g (10 cm) en présence de 5 crabes et avec apport de nourriture. Le bassin contenait, sur une profondeur de 10 cm, des sédiments prélevés dans un herbier. L'eau de mer a été changée deux fois par semaine. Les crabes pesaient en moyenne 51 g. Ils se nourrissaient de bernard-l'hermite découpés en petits morceaux (3 cm de long). Les rations alimentaires ont été distribuées une fois par jour, en fin d'après-midi. Le groupe témoin se composait de 20 *H. scabra* (17 g) et de 10 *H. scabra* (54 g) placées dans des bassins exempts de crabes. Les bassins ont été observés quotidiennement pendant 30 jours et les juvéniles morts ont été comptés à chaque observation.

Histologie et microscope électronique à balayage

Pour les besoins de l'analyse histologique, les échantillons ont été fixés pendant 48 heures dans du liquide

de Bouin. Ensuite, les spécimens ont été déshydratés par trempage dans une série de bains d'éthanol de concentration croissante (70 %, 90 % et 100 %), puis placés dans du butanol (pendant une nuit à 60 °C), inclus dans le Paraplast, découpés en sections de 7 µm et colorés avec une solution de coloration azocarmin orangé G bleu d'aniline. Pour l'examen au MEB, les spécimens ont été fixés pendant 48 heures dans du liquide de Bouin (sans acide acétique). Ils ont ensuite été déshydratés dans une série de bains d'éthanol de concentration croissante (50 %, 70 %, 90 % et 100 %), séchés au point critique, déposés sur des porte-objets, métallisés à l'or et examinés au microscope électronique Jeol JSM-6100.

Résultats

Chute de la salinité

La salinité de l'eau de mer relevée à proximité des enclos variait au cours de l'année, mais également pendant la journée. Les extrêmes relevés au cours d'une année étaient de 17 ‰ et de 35 ‰. Les individus soumis à une faible salinité, égale ou inférieure à 20 ‰, changeaient de comportement : ils restaient enfouis dans le sédiment la nuit, moment auquel ils devraient évoluer en surface. Leur corps gonflait (figures 3 A et B). Une fois replacés dans des conditions de salinité normale (35 ‰), les spécimens malades sont revenus à leur état normal en 96 heures. Après 9 jours passés dans un milieu à 20 ‰ de salinité sans avoir la possibilité de s'enfouir dans le sédiment, les spécimens normaux (figure 3 A) se sont affaiblis, ont raccourci et leur tégument s'est ramolli (stade 1, figure 3 B). Après 17 jours, l'épiderme était détruit à dif-

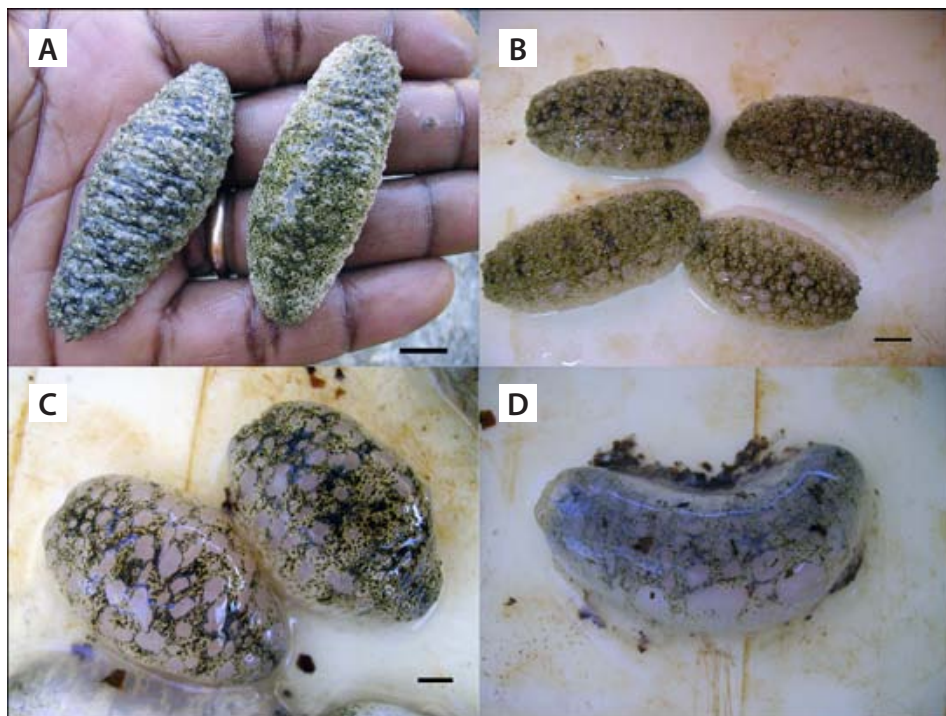


Figure 3. Juvéniles de *H. scabra* qui ont été placés dans une cuve à faible salinité (20 ‰). A. Juvéniles au début de l'expérience (état normal) ; B. Juvéniles stressés, le tégument s'est ramolli (stade 1) ; C. Tégument détruit à différents endroits de la paroi corporelle (stade 2) ; D. Tégument entièrement détruit (stade 3). Échelle : barre = 1 cm.

Tableau 1. Variation du poids moyen de *H. scabra* (n = 48 au total) après cinq semaines d'élevage dans des bassins extérieurs à des salinités de 20 ‰ et 35 ‰. La densité d'élevage était de 3 individus par m². L'analyse statistique compare les tailles moyennes finales des spécimens évoluant dans des milieux à 20 ‰ et 35 ‰ de salinité.

Taille initiale	Taille finale (cinq semaines)		Analyse statistique
	Témoin (salinité à 35 ‰)	Expérience (salinité à 20 ‰)	
3,80 ± 1,49	28,04 ± 6,26	21,13 ± 8,67	PT test = 0,172
23,84 ± 10,39	60,64 ± 17,03	70,70 ± 16,11	PT test = 0,318
67,79 ± 5,06	128,53 ± 12,54	114,04 ± 22,64	PU test = 0,259
116,85 ± 28,39	180,82 ± 50,22	188,36 ± 50,46	PT test = 0,801

férents endroits du corps (stade 2, figure 3 C). Les juvéniles ont subi une auto-éviscération et leur tégument était fortement affecté après 22 jours (stade 3, figure 3 D). Ils sont devenus translucides et sont morts dans les jours qui suivaient.

Le tableau 1 montre les résultats de l'expérience où des individus de tailles différentes de *H. scabra* ont été placés sur des sédiments dans des conditions faiblement salines (20 ‰) pendant cinq semaines. Durant l'expérience, aucun symptôme anatomique anormal n'a été signalé. Les individus restaient enfouis dans le sédiment, même la nuit, sans que cela n'affecte leur croissance (tableau 1). Quand les spécimens *H. scabra* ont été placés dans des bassins à très faible salinité (10 ‰ ; équivalant aux conditions post-cycloniques), ils se rétablissaient du stress subi si l'exposition était inférieure à 12 heures, après quoi ils s'éviscéraient (18 heures) ou mouraient (24 heures) (tableau 2).

Tableau 2. Comportement de *H. scabra* (n = 35 au total) à faible salinité (10 ‰). Poids et longueur moyens des spécimens : 41 g, 8 cm.

Temps passé dans une eau faiblement saline 10 ‰ (exprimé en heures)	État des spécimens
1	100 % vivants, normaux
2	"
3	"
6	"
12	"
18	60 % éviscérés, 40 % morts
24	100 % morts

Étude des parasites

Épidémiologie. Les premiers signes de maladie chez les juvéniles de *H. scabra* (7 cm, 15 g en moyenne) ont été observés en janvier 2007 dans deux bassins extérieurs.

Le premier bassin contenait 500 juvéniles, dont 10 % étaient infectés. Le second contenait 480 juvéniles, dont 8 % étaient morts, 50 % étaient fortement infestés et seuls 42 % étaient sains. Les premiers symptômes de la maladie se manifestaient systématiquement à proximité de l'orifice cloacal où le tégument prenait une coloration blanchâtre sur une zone de quelques centimètres. Cette coloration se manifestait ensuite à proximité de l'orifice buccal avant de couvrir l'ensemble de la surface dorsale de la paroi corporelle des juvéniles. Une fois la surface entièrement couverte, les juvéniles

s'affaiblissaient, arrêtaient de s'enfouir dans le sédiment et mouraient. Nous avons remarqué que l'infection commençait toujours sur la face dorsale des juvéniles, jamais sur la face ventrale (figure 4). Les mêmes symptômes sont à nouveau apparus en février 2007, cette fois dans trois bassins extérieurs : un bassin de pré-grossissement et deux bassins de grossissement où sont placés les individus plus grands (> 6 cm de long). Ces deux bassins contenaient des jeunes holothuries de 66 g (n = 82, dont 91 % étaient encore saines) et de 108 g (n = 114, toutes malades) respectivement. Nous faisons remarquer que cette maladie n'a encore jamais été observée dans les enclos d'élevage aménagés dans des herbiers pour la culture de *H. scabra*.

La figure 5 (A, B, C) résume l'évolution de la maladie dans les bassins affectés. En moyenne, on a enregistré une mortalité de 1 % à 8 % par semaine pendant les quatre semaines de l'étude (figure 5 A). En revanche, aucune mortalité n'a été observée chez les spécimens de



Figure 4. Juvéniles malades de *H. scabra* (ulcération de la face dorsale). Les flèches indiquent la zone infectée. Échelle : barre = 1 cm.

plus grande taille (figures 5 B et C). En général, indépendamment de leur taille, tous les spécimens étaient complètement infectés et atteignaient le stade 3 en trois à six semaines (figures 5 A–C).

Observé au MEB, le tégument endommagé présentait une structure désordonnée (figures 6 B et C), par rapport aux régions saines (figure 6 A). Les spicules étaient visibles à certains endroits (figure 6 D). Aux endroits fortement infestés, le tégument était complètement détruit et les spicules à découvert (figures 6 E et F). L'observation des lésions n'a pas révélé de fortes concentrations de bactéries (figures 6 C et F).

L'examen histologique a montré que le tégument des juvéniles sains de *H. scabra* mesurait 1 mm d'épaisseur

et présentait un épiderme et un cuticule (0,24 mm), une couche de tissu conjonctif (0,5 mm), une couche musculaire circulaire (0,24 mm) et un épithélium coelomique (0,02 mm) (figure 6 G). Dans la zone infectée, le cuticule et la peau étaient entièrement détruits, tout comme la partie supérieure des tissus conjonctifs ; seul l'épithélium coelomique était intact (figure 6 H).

Étiologie

Les observations sur le terrain et les expériences en laboratoire ont montré que les isopodes *Cymodoce sp.* de la famille des Sphaeromatidae (Ordre : Flabellifera) (figure 7) étaient responsables de la maladie. Ils ont été observés en abondance sur les individus *H. scabra* malades (15 à 30 isopodes par juvénile, voir figure 8),

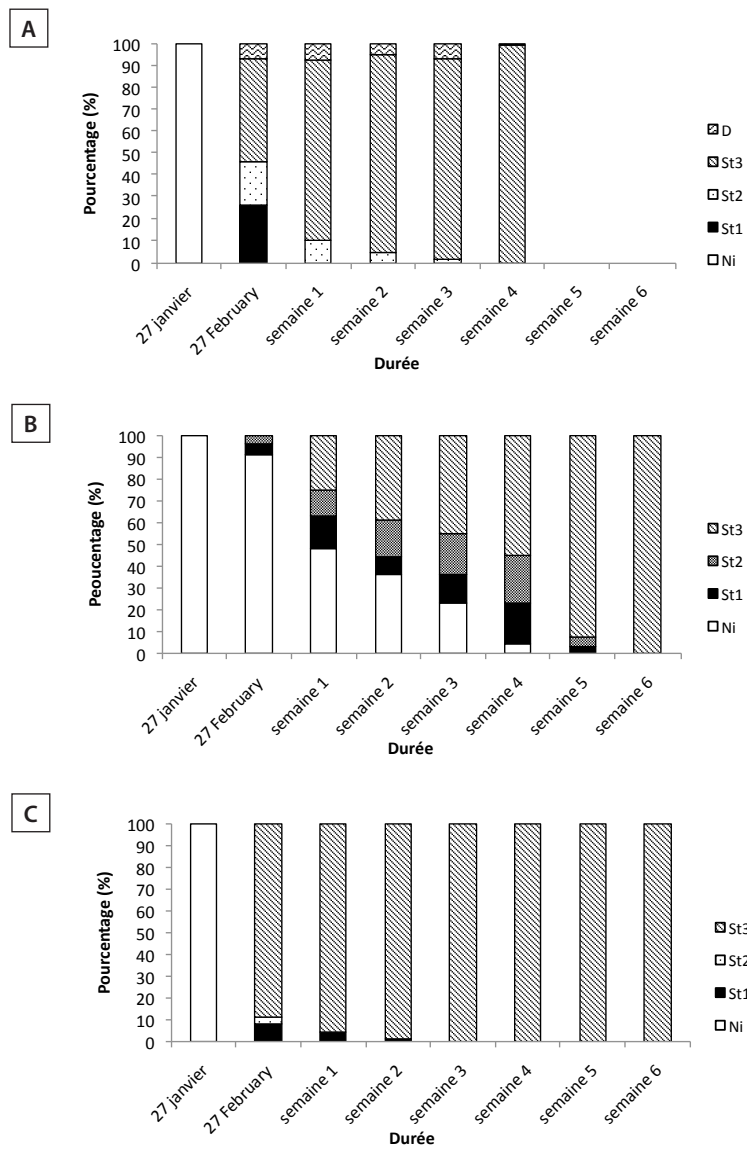


Figure 5. Évolution de la maladie dans les bassins extérieurs infestés par les isopodes *Cymodoce sp.* Le pourcentage exprime le nombre de spécimens aux différents stades de la maladie par rapport à l'effectif total du stock. A : poids moyen de 15 g (n = 189) ; B : poids moyen de 66 g (n = 82) ; C : poids moyen de 108 g (n = 114). NI : spécimen non infesté ; St1 : orifice cloacal infesté ; St2 : orifices cloacal et buccal infestés ; St3 : tégument entier infesté ; D : spécimen mort.

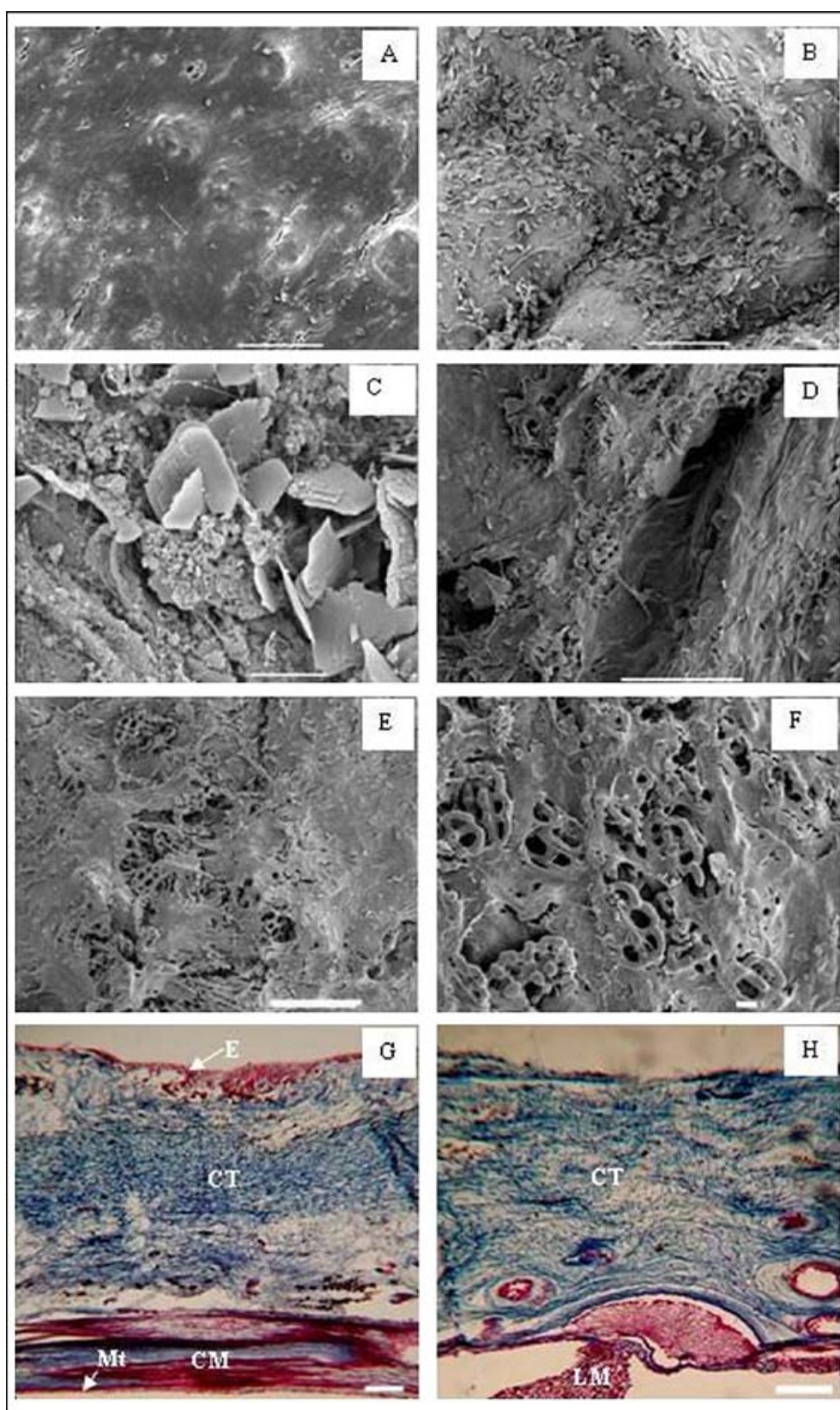


Figure 6. Téguments de *H. scabra* (A–F : observation au MEB ; G–H : coupe transversale).
 A et G : téguments sains ; B–F et H : téguments infectés. B : structure désordonnée ; C : structure désordonnée (observée à 2000 x) ; D : spicules visibles ; E : spicules complètement découverts.
 F : E observé à 500 x ; H : cuticule et épiderme complètement détruits. E : épiderme ; CM : muscle circulaire ; LM : muscle longitudinal ; Mt : mésothélium ; CT : couche de tissu conjonctif.
 Échelles : barres = 100 µm pour A, B, D, E, G et H, et 10 µm pour C et F.

dans le substrat et dans la colonne d'eau. En dehors de la période où les individus sont tombés malades, nous n'avons trouvé que 10 isopodes par m² dans les bassins extérieurs. En revanche, pendant la période où sévissait la maladie, nous avons recensé 520 isopodes par m² en moyenne. La densité d'isopodes n'était pas homogène dans les bassins : en effet, on les retrouvait en concentrations supérieures à proximité des bords des bassins, près de la paroi en béton. Les estomacs d'isopodes disséqués ont révélé la présence de quantités abondantes de spicules d'holothuries.

Les symptômes que présentaient les juvéniles malades (n = 189) placés dans des bassins exempts d'isopodes disparaissaient dans les quelques jours suivant leur transfert. En l'espace de deux jours seulement, la lésion du tégument s'était refermée et les juvéniles étaient redevenus très actifs et avaient repris leur cycle circadien d'enfouissement. Après une semaine, 95 % des juvéniles étaient guéris ; après deux semaines, les juvéniles étaient complètement rétablis (figure 9 A).

L'introduction de *T. jarbua* a également donné de très bons résultats en termes de guérison de l'infection. Les poissons consommaient et éliminaient les isopodes en moins de dix jours. Après deux semaines, l'infection avait complètement disparu (figure 9 B), de même que les isopodes.

Étude des prédateurs

En 2007, on a constaté une mortalité anormale des juvéniles de *H. scabra* qui venaient d'être transférés dans les enclos (aménagés dans l'herbier), alors que la population adulte n'était aucunement affectée (poids moyen des adultes > 250 g). Un mois après le transfert, 70 % des 400 juvéniles transférés en mars 2007 avaient disparu ; en moins d'un mois, ils avaient tous disparu. En août 2007, 800 juvéniles ont disparu en l'espace d'un mois après leur transfert, suivis par 500 juvéniles supplémentaires à la fin de même mois. Seuls quelques juvéniles ont été retrouvés morts dans les enclos pendant la période d'observation. Plusieurs observations diurnes et nocturnes ont permis d'identifier les causes de ces disparitions anormales. Une abondance de crabes *Thalamita crenata* (Rüppell, 1830) (figure 10) de la famille des Portunidae a été observée à proximité et à l'intérieur des enclos. Après plusieurs observations, nous avons découvert que ces crabes mangeaient souvent les juvéniles nouvellement transférés de *H. scabra*. Les expériences menées dans les bassins extérieurs ont montré que les crabes ne mangeaient pas *H. scabra* quand les individus étaient alimentés quotidiennement. Par contre, cinq crabes suffisaient à tuer et manger 20 juvéniles d'un poids moyen de 17 g en seulement cinq jours et 10 juvéniles d'un poids moyen de 54 g en seulement dix jours, lorsqu'on les plaçait dans des bassins extérieurs sans apport de nourriture (tableau 3).

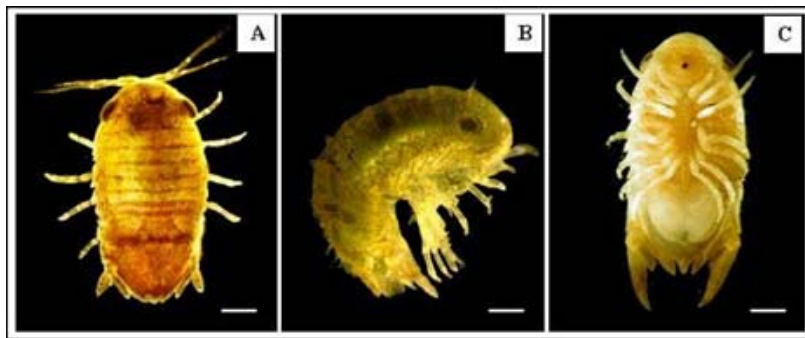


Figure 7. *Cymodoce* sp. A : vue supérieure ; B : vue de profil ; et C : vue inférieure. Échelle : barre = 1 mm.

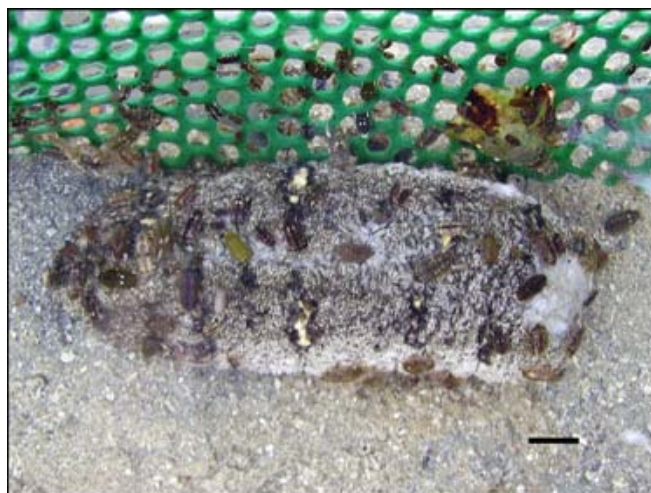


Figure 8. Jeune *H. scabra* couverte d'isopodes. Échelle : barre = 1 cm.

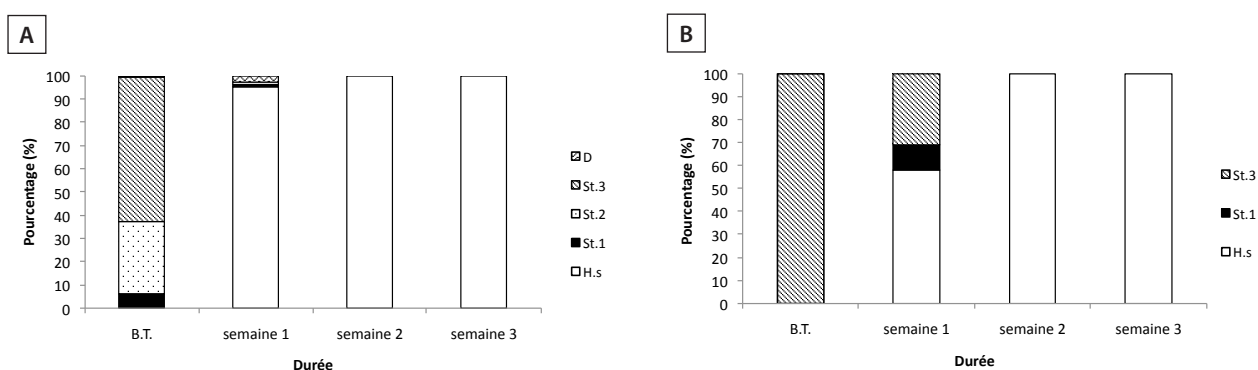


Figure 9. Évolution de la maladie dans les bassins d'élevage après traitement. Les chiffres expriment le pourcentage de spécimens aux différents stades de la maladie par rapport à l'effectif total du stock. H.s : spécimen sain (ou guéri) ; St.1 : infestation à proximité de l'orifice cloacal ; St.2 : infestation de l'orifice cloacal et buccal ; St.3 : infestation de la totalité du tégument ; D : spécimen mort ; B.T : début du traitement. A : Prélèvement de nouveaux sédiments dans la zone d'herbier. Taille moyenne de *H. scabra* : 15 g (n = 189). B : Introduction de poissons carnivores *T. jarbua*. Taille moyenne de *H. scabra* : 108 g (n = 114).



Figure 10. Vue supérieure du crabe *Thalamita crenata* (Rüppell, 1830). Échelle : barre = 1 cm.

Tableau 3. Mortalité moyenne (exprimée en pourcentage) de *H. scabra* dans les bassins extérieurs de grossissement en présence de crabes *T. crenata*. Témoin : *H. scabra* d'élevage sans crabes. Lot A : 20 juvéniles (poids moyen : 17 g ; longueur moyenne : 7 cm) + 5 crabes, sans apport de nourriture. Lot B : 10 adultes (poids moyen : 54 g ; longueur moyenne : 10 cm) + 5 crabes, sans apport de nourriture.

	Début	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J30
Témoin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lot A	0	15	37,5	47,5	55	100	-	-	-	-	-	-
Lot B	0	0	0	0	5	5	5	55	65	80	100	-

Tableau 4. Pathologies des holothuries d'élevage recensées entre 2000 et 2007. Les barres obliques indiquent que l'agent étiologique n'a pas été identifié.

Pathologie	Symptômes	Stades infestés	Agent étiologique	Pays	Référence bibliographique
I	Obscurcissement des extrémités du corps ; les spécimens malades subissent une autolyse et le corps se désintègre complètement en l'espace de deux jours.	Auricularia	Bactérie	Chine	Wang et al. 2004
II	Les parois de l'estomac et/ou de l'intestin des larves sont atrophiques.	Auricularia	Bactérie	Chine	Wang et al. 2004
			/	Chine	Liu et al. 2004
			Protozoaire	Équateur	Mercier et al. 2004
III	Présence de bulles de gaz dans l'organisme des larves, qui entraîne une anorexie.	Auricularia	/	Chine	Wang et al. 2004
IV	Les spécimens malades présentent un œdème à proximité du péristome. Les tentacules des juvéniles ne peuvent plus se rétracter ; ils perdent la capacité de se fixer au substrat disponible. Les juvéniles peuvent s'éviscérer. Le tégument se couvre de mucus, l'épiderme disparaît et le corps complet peut se dissoudre par autolyse.	Juvéniles	Bactérie	Chine	Wang et al. 2004
			Virus	Chine	Wang et al. 2007
V	La lésion apparaît à proximité de l'orifice du cloaque et s'étend sur toute la surface du corps. Le tégument prend une couleur blanchâtre et les spicules peuvent devenir apparents. Les spécimens fortement infestés s'affaiblissent et meurent dans les jours qui suivent. La maladie est très contagieuse et se propage rapidement dans les populations d'élevage.	Juveniles	Copépodes	Chine	Wang et al. 2004
		Juveniles	Bactérie	Madagascar	Becker et al. 2004; Eeckhaut et al. 2004
		Juveniles	/	Îles Salomon	Hamel et al. 2001
		Juveniles	/	/	Purcell et Eeckhaut 2005
		Juveniles et adultes	Bactérie	Chine	Wang et al. 2004
		Géniteurs	Bactérie	Australie	Morgan 2000
	Juveniles et adultes	Isopodes	Madagascar	Travail en cours	
VI	Les individus infestés sont faibles et anorexiques. Le corps se rigidifie et se couvre d'un excédent de mucus. À mesure que l'infection progresse, la totalité des viscères est expulsée et le spécimen infecté finit par mourir.	Juveniles et adultes	Plathelminthe	Chine	Wang et al. 2004
VII	Les papilles des spécimens malades blanchissent. Le tégument semble prendre une couleur blanche bleutée à mesure que l'infection progresse. Le tégument s'amincit et les individus affectés développent des œdèmes.	Juveniles et adultes	Champignons	Chine	Wang et al. 2004
VIII	Les protozoaires résident dans le tube digestif et dans les arbres respiratoires des holothuroïdes et peuvent provoquer des lésions internes. Les animaux infectés tendent à être faibles et léthargiques. En général, le corps ne présente aucune lésion visible. Toutefois, les intestins, l'arbre respiratoire, etc. peuvent être éviscérés en cas d'infection grave.	Juvéniles et adultes	Protozoaire	Chine	Wang et al. 2004
			Protozoaire	/	Eeckhaut et al. 2004

Discussion

Il se peut que l'essor rapide de l'holothuriculture favorise l'apparition de plusieurs maladies qui pourraient compromettre la production d'holothuries à grande échelle (Wang et al., 2004 ; Purcell et Eeckhaut, 2005). Ces maladies peuvent toucher les larves, les juvéniles, les adultes et même les géniteurs (tableau 4) et sont provoquées par divers agents pathogènes, dont les bactéries (Morgan, 2000 ; Becker et al., 2004 ; Eeckhaut et al., 2004 ; Wang et al., 2004), les champignons (Wang et al., 2004), les protozoaires (Eeckhaut et al., 2004 ; Mercier et al., 2004), les copépodes (Wang et al., 2004), les plathelminthes (Eeckhaut et al., 2004 ; Wang et al., 2004), les gastropodes (Jangoux, 1990), les crabes (Jangoux, 1990 ; Mohan et James, 2005), les isopodes et les virus (Wang et al., 2007). Les agents pathogènes et les moyens de lutte contre ces agents restent encore largement méconnus (Xilin, 2004). Pour les maladies qui touchent les holothuries, l'ulcère cutané est le symptôme le plus répandu (tableau 4). Ces ulcères peuvent apparaître sous l'action de divers agents pathogènes et toucher plusieurs espèces d'holothuries, dont *A. japonicus* en Chine, *Isoetichopus fuscus* en Équateur, et *H. scabra* en Australie, en Nouvelle-Calédonie et à Madagascar (Becker et al., 2004). Les ulcères cutanés s'accompagnent souvent de sécrétions de mucus visibles sur le corps, d'une décoloration de la peau et de modifications du comportement (Purcell et Eeckhaut, 2005). Les autres pathologies qui n'entraînent pas d'ulcère cutané ne provoquent généralement pas de mortalité importante. On a observé un amincissement, un affaiblissement et un état léthargique chez les individus malades. Certains s'éviscèrent en cas d'infection grave, mais le tégument ne présente aucune lésion suspecte (Wang et al., 2004).

En plus des parasites pathogènes, les holothuries sont aussi victimes des prédateurs en milieux d'élevage (Hamel et al., 2001). À l'écloserie, les copépodes et les ciliés constituent les plus redoutables prédateurs des larves au stade auricularia (James et al., 1994). Ils peuvent également s'attaquer aux juvéniles qui viennent d'achever leur métamorphose (Tanaka, 2000 ; Wang et al., 2004). Les tectibranches (gastropodes) et certaines espèces d'amphipodes s'alimentent de larves au stade pentactula et de juvéniles d'holothuries juste après leur métamorphose (Mercier et al., 2000). Dans le milieu naturel, les juvéniles qui viennent d'être relâchés sont la proie (i) de différentes espèces de poisson (Hamel et al., 2001 ; Pitt et Duy 2004), (ii) de crabes (Pitt et Duy, 2004), (iii) de crevettes (Pitt et Duy, 2004) et (iv) d'étoiles de mer (Hatanaka et al., 1994). Cette prédation peut entraîner la disparition du stock entier en très peu de temps (Mercier et al., 2000 ; Tanaka, 2000).

Lorsque l'on utilise des enclos aménagés dans le milieu naturel, les prédateurs représentent l'un des principaux risques dont il faut tenir compte pour l'élevage aquacole des holothuries. Une observation méticuleuse des sites est indispensable pour éviter que les prédateurs n'infestent les sites. La présente étude a révélé que le crabe *T. crenata* est le plus redoutable prédateur dans la région de Toliara. Au-delà de la maîtrise des paramètres biotiques, le choix de sites adéquats pour l'aménagement des enclos marins constitue l'un des principaux paramètres de réussite d'un élevage holothuricole. Les sites doivent être amé-

nagés dans des zones d'herbier, protégées des vents et des vagues, où les holothuries ne restent pas découvertes trop longtemps à marée basse. Les substrats sablonneux vaseux, riches en matière organique, représentent aussi un habitat favorable. Même *H. scabra* pourrait résister à une faible salinité à 20 ‰ (Mercier et al., 1999a, 1999b ; Pitt et Duy, 2004). Il est préférable d'aménager le site aquacole loin des estuaires et des arrivées d'eau douce. La salinité qui convient le mieux aux holothuries se situe entre 28 ‰ et 31 ‰ (Chen, 2004 ; Xilin, 2004).

Remerciements

Ce travail n'aurait pu se faire sans le concours financier de la Commission Universitaire pour le Développement de la Communauté française de Belgique, dans le cadre du projet d'holothuriculture tropicale à Madagascar. Nous adressons tous nos remerciements à Jean-Marc Ouin, Pascal Manohitsara, Joelson Ralainirina, Nicolas Fohy, Gaëtan Tsiresy, Brunel Taxi et Franco pour leur aide et leur contribution.

Bibliographie

- Battaglione S.C. 1999. Progress in the production of tropical sea cucumbers *Holothuria scabra* and *Holothuria fuscogilva* for stock enhancement. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 12:32.
- Becker P., Gillan D., Lanterbecq D., Jangoux M., Rasolofonirina R., Rakotovo J. and Eeckhaut I. 2004. The skin ulceration disease in cultivated juveniles of *Holothuria scabra* (Holothuroidea, Echinodermata). *Aquaculture* 242:13–30.
- Chen J. 2004. Present status and prospects of sea cucumber industry in China. p. 25–38. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Eeckhaut I., Parmentier E., Becker P., Da Silva S.G. and Jangoux M. 2004. Parasites and biotic diseases in field and cultivated sea cucumbers. p. 311–325. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hamel J. F., Conand C., Pawson D. L., Mercier A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): Its biology and exploitation as Bêche-de-Mer. *Advances in Marine Biology* 41:129–223.
- Hatanaka H., Uwaoku H., Yasuda T. 1994. Experimental studies on the predation of juvenile sea cucumber, *Stichopus japonicus* by sea star, *Asterina pectinifera*. *Suisanzoshoku* 42:563–566.
- James D.B., Rajapandian M.E., Gopinathan C.P. and Bascar B.K. 1994. Breakthrough in induced breeding and rearing of the larvae and juveniles of *Holothuria*

- (*Metriatyta*) *scabra* Jaeger at Tuticorin. p. 66–70. In: Rangarajan, K. and James D.B. (eds). Proceedings of the National Workshop on Beche-de-mer. Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India. 46.
- Jangoux M. 1990. Diseases of Echinodermata. p. 439–567. In: Kine, O. (ed). Disease of marine animals. Vol. 3. Hamburg, Germany: Biologische Anstalt Helgoland.
- Mercier A., Battaglione S.C. and Hamel J.F. 1999a. Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 239:125–156.
- Mercier A., Battaglione S.C. and Hamel J. F. 1999b. Daily activities of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. Abstracts 34th European Marine Biology Symposium, Ponta Delgada, 13–17 September 1999, Azores, Portugal, p. 83.
- Mercier A., Battaglione S.C. and Hamel J.F. 2000. Settlement preferences and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 249:89–110.
- Mercier A., Hidalgo R.Y. and Hamel J.F. 2004. Aquaculture of the sea cucumber, *Isostichopus fuscus*. p. 347–358. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Mohan R.M.K. and James D.B. (2005). Incidence d'une infestation parasitaire dans *Holothuria atra* Jaeger. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 22:38.
- Morgan A.D. 2000. Aspects de la gestion des stocks géniteurs d'holothuries de sable (Echinodermes : Holothurides). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 13:2–8.
- 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. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Purcell S.W. 2004. Criteria for release strategies and evaluating the restocking of sea cucumber. p. 181–192. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Purcell S.W. and Eeckhaut, I. 2005. Un examen sanitaire externe des holothuries produites en éclosion. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 22:34–38.
- Tanaka M. 2000. Diminution of sea cucumber *Stichopus japonicus* juveniles released on artificial reefs. *Bulletin of the Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center* 2:19–29.
- Wang Y.G., Zhang C., Rong X., Chen J. and Shi C. 2004. Disease of cultured sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, in China. p. 297–310. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wang P., Chang Y., Yu J., Li C. and Xu C. 2007. Acute peristome edema disease in juvenile and adult sea cucumbers *Apostichopus japonicus* (Selenka) reared in North China. *Journal of Invertebrate Pathology* 96:11–17.
- Xilin S. 2004. The progress and prospects of studies on artificial propagation and culture of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. p. 273–276. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.