

Stratégies visant à améliorer la survie des juvéniles de *Holothuria scabra* produits en éclosérie dans les fermes holothuricoles communautaires

Antoine Rougier^{1*}, Mebrahtu Ateweberhan^{1,2} et Alasdair Harris¹

Résumé

L'aquaculture communautaire de l'espèce *Holothuria scabra* offre une activité de subsistance complémentaire potentiellement rentable et écologiquement viable aux villages côtiers de la région indopacifique tropicale où l'espèce est largement répandue. Cependant, l'élevage de *H. scabra* demeure une pratique relativement nouvelle. Les premières tentatives de substitution de l'holothuriculture à la pêche de cette espèce au sein des communautés côtières se sont heurtées à plusieurs difficultés d'ordre pratique qui, jusqu'à présent, ont compromis le succès commercial de la démarche, parmi lesquelles des taux de mortalité inacceptables durant — et, plus encore, après — le transfert des juvéniles de l'éclosérie vers les enclos marins. La présente étude évalue les effets d'un ensemble d'améliorations techniques apportées aux pratiques holothuricoles de communautés du sud de Madagascar sur la survie de juvéniles *H. scabra* produits en éclosérie. Parmi ces mesures figurent l'introduction de modifications structurelles aux enclos marins, une amélioration de l'entretien des enclos et la mise en place de systèmes de gestion active axés notamment sur l'élimination intensive des crabes prédateurs. Les effets de ces améliorations sur la survie des juvéniles de *H. scabra* sont analysés sur trois périodes allant de la phase antérieure à la mise en œuvre de ces stratégies à la phase postérieure. Les résultats montrent qu'avant l'apport de ces modifications, le taux de survie moyen des juvéniles trois mois après leur transfert de l'éclosérie vers les enclos marins n'atteignait que 40,2 %, soit un niveau trop faible pour permettre aux exploitations de rentrer dans leurs frais ou d'atteindre le seuil de rentabilité. L'introduction d'améliorations techniques et de stratégies de gestion active a porté le taux de survie à 76,6 %. Ce gain de productivité important devrait se répercuter de manière positive sur la rentabilité de la filière dans les communautés côtières. Nos résultats illustrent la nécessité de conjuguer des solutions techniques et une gestion active au sein des structures aquacoles communautaires pour optimiser la survie des juvéniles au cours des premiers mois du cycle d'élevage postérieurs au transfert de l'éclosérie vers les enclos.

Mots-clés : sources de revenus alternatives, gestion communautaire, conservation des ressources marines, développement durable, dépendance à l'égard des ressources naturelles, surpêche, région occidentale de l'océan Indien.

Introduction

Des progrès considérables ont été accomplis ces dernières années dans l'étude et la pratique de l'holothuriculture. Cette évolution a coïncidé avec un effondrement massif de nombreuses pêcheries d'holothuries des régions côtières tropicales du monde. Seuls les milieux tropicaux marins les plus reculés échappent désormais au prélèvement et à l'exportation de bêche-de-mer (Price et al. 2010 ; Conand 2008), d'où l'intérêt croissant porté à l'holothuriculture qui permet l'élevage de cette précieuse ressource marine. Dans le présent article, nous passons en revue les mesures prises pour réduire la mortalité des juvéniles dans une structure holothuricole communautaire, et examinons les effets bénéfiques de ces mesures sur la productivité et la rentabilité de cette technique aquacole propre à diversifier l'économie de subsistance des populations côtières.

Évolution de l'holothuriculture

L'élevage communautaire d'holothuries ne constitue pas une activité économique viable dans de nombreuses parties du monde en développement, car la mise en place

des écloséries qui approvisionnent les fermes en juvéniles exige un investissement financier non négligeable (Eriksson et al. 2011). Pourtant, Madagascar fait figure de pays pionnier en matière d'holothuriculture grâce à un programme de recherche entrepris en 1999 (Jangoux et al. 2001) qui a conduit à la création d'une éclosérie commerciale, Madagascar Holothurie SA (MHSA) (Eckhaut et al. 2008). L'existence de cette société et sa volonté de soutenir les communautés locales offrent une perspective prometteuse aux villages côtiers pour lesquels le grossissement de *H. scabra* pourrait devenir une activité économique novatrice (Eckhaut et al. 2008 ; Robinson et Pascal 2009). La disponibilité sur place de l'espèce *H. scabra* exempte les communautés de la nécessité d'investir dans une éclosérie exigeant un savoir-faire technique considérable. Dès lors que l'approvisionnement en juvéniles est assuré, l'élevage des holothuries (grossissement des juvéniles dans des enclos marins placés en milieu lagunaire) requiert un investissement initial modeste, ne nécessite aucun apport en nourriture ou en nutriment, et n'exige d'autre surveillance de la part des éleveurs que celle visant à protéger les stocks des perturbations environnementales, de la prédation et du braconnage.

¹ Blue Ventures Conservation, Level 2 Annex, Omnibus Business Centre, 39–41 North Road, London, N7 9DP, United Kingdom

² Department of Life Science, University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, United Kingdom

* Courriel : antoine@blueventures.org

Depuis 2007, des essais de grossissement en enclos marin d'holothuries de sable (*Holothuria scabra*) produites en écloserie sont réalisés afin d'évaluer la viabilité de cette stratégie de subsistance complémentaire pour les villages de pêcheurs situés le long du littoral, y compris l'aire marine de Velondriake administrée à l'échelon local, une zone de conservation marine de 800 km² gérée par la communauté locale (<http://www.velondriake.org>). Le modèle d'élevage des holothuries de Velondriake repose sur un partenariat public-privé dans lequel des juvéniles d'holothurie de sable d'un poids moyen de 15 g sont vendus à des groupements d'éleveurs de la communauté par MHSA, implantée dans la ville de Toliara, à environ 200 km au sud de Velondriake (figure 1) (Eeckhaut et al. 2008). Les groupements communautaires achètent les juvéniles à MHSA à un prix subventionné par les donateurs du projet, et sont responsables du grossissement des juvéniles jusqu'à ce que les holothuries atteignent une taille commercialisable (au minimum 350 g). Les adultes ayant atteint la taille recherchée sont alors revendus à MHSA qui se charge de leur traitement et de leur exportation (Robinson et Pascal 2009).

Les populations du sud-ouest de Madagascar appartiennent essentiellement à l'ethnie Vezo, et dépendent quasi exclusivement des produits de la mer et des protéines qu'ils contiennent pour assurer leur sécurité alimentaire et leur subsistance. Les Vezo figurent parmi les populations les plus démunies et les plus marginalisées de Madagascar au plan économique, et ce, dans l'un des pays les plus pauvres du monde (World Bank 2011). D'après des études récentes, le revenu moyen d'un ménage à Velondriake s'élève à environ 0,83 dollar É.-U. par personne et par jour. La pêche artisanale occupe 87 % de la population, génère 82,4 % des revenus et fournit 99 % de l'apport protéique (Barnes-Mauthe et al., en révision). Le déclin des pêcheries dû à la surexploitation et à l'emploi généralisé d'engins de pêche de moins en moins sélectifs et de plus en plus destructeurs, conjugué à une croissance démographique rapide dans toute la région, a suscité une reconnaissance accrue de la nécessité de diversifier les moyens de subsistance au-delà de l'exploitation des stocks sauvages appauvris.

L'holothuriculture offre aux communautés côtières un produit de forte valeur marchande (environ 3 dollars É.-U. le kilo dans la région étudiée du sud de Madagascar) par rapport aux poulpes de récif, qui constituent dans cette région la principale source de revenus issus des produits de la mer (environ 0,6–1,0 dollar É.-U. par kg — prix au pêcheur pratiqués en 2011). Par ailleurs, la niche écologique cruciale qu'occupent les holothuries, véritables « ingénieurs des écosystèmes » détritivores (Coleman et Williams 2002 ; Wolkenhauer et al. 2010), pourrait conférer à l'élevage des vertus environnementales en favorisant le recyclage de la matière organique, particulièrement dans les lieux où les populations sauvages ont été décimées par la surpêche. À titre d'exemple, les herbiers marins sont plus abondants dans les zones caractérisées par des densités élevées d'holothurie de sable tropicale *Holothuria scabra*, une espèce omniprésente dans l'Indo-Pacifique mais dont la cote élevée lui a valu d'être lourdement exploitée dans toute la partie tropicale et subtropicale de la région (Battaglione 1999 ; James 2004 ; Hamel et al. 2001 ; Purcell et Kirby 2006 ; Purcell et Sime-toga 2008 ; Wolkenhauer et al. 2010).

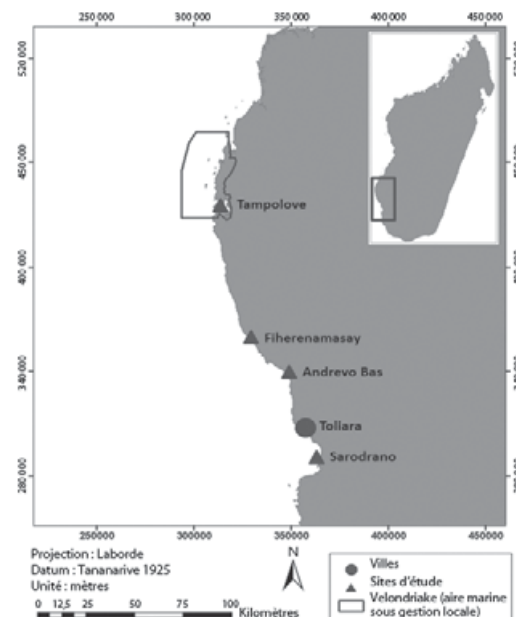


Figure 1. Carte de la zone étudiée indiquant les sites d'élevage (villages).

Au cours de ces dernières années, des recherches considérables ont été consacrées à la mise au point de techniques d'écloserie, de nourricerie et de lâcher de *H. scabra* à grande échelle. Des enclos marins ont été utilisés à divers stades de l'élevage de l'holothurie de sable, y compris pour le stockage des reproducteurs (Pitt 2001 ; Agudo 2006), pour évaluer les taux de croissance et de survie des juvéniles produits en écloserie et modéliser les effets du réensemencement des stocks surexploités (Purcell et Sime-toga 2008). Les résultats de ces travaux ont inspiré un certain nombre d'initiatives de mariculture d'holothuries produites en écloserie dans des régions aussi éparses que l'Asie, le Sud-Est asiatique, l'Australie, le Moyen-Orient et l'Océan indien occidental (Conand et al. 2004). Ces initiatives visent différents objectifs, depuis la culture commerciale privée de cette précieuse ressource jusqu'à la diversification des moyens de subsistance traditionnels au travers d'entreprises à vocation sociale. Dans ces dernières, le grossissement en enclos marins de juvéniles d'holothuries de sable produits en écloserie reste une technique relativement nouvelle, et peu d'études ont été publiées sur cette méthode d'élevage (Tsiresy et al. 2011 ; Robinson et Pascal 2009 ; Purcell 2010).

Bien que cette technique aquacole permette d'espérer de nouveaux revenus pour les communautés Vezo de Velondriake, le potentiel rémunérateur de l'initiative ne s'est pas encore concrétisé, principalement en raison de niveaux de mortalité très élevés chez les juvéniles après leur transfert vers les micro-fermes communautaires (Tsiresy et al. 2011). Une analyse de la mortalité mesurée dans 42 enclos situés dans quatre villages au moment du lancement de l'holothuriculture de *H. scabra* à Velondriake, au premier trimestre 2009 (Robinson et Pascal 2009), a révélé des taux moyens de 40,2 % au cours des trois mois qui ont suivi le transfert des juvéniles de l'écloserie de MHSA vers les enclos marins communautaires.

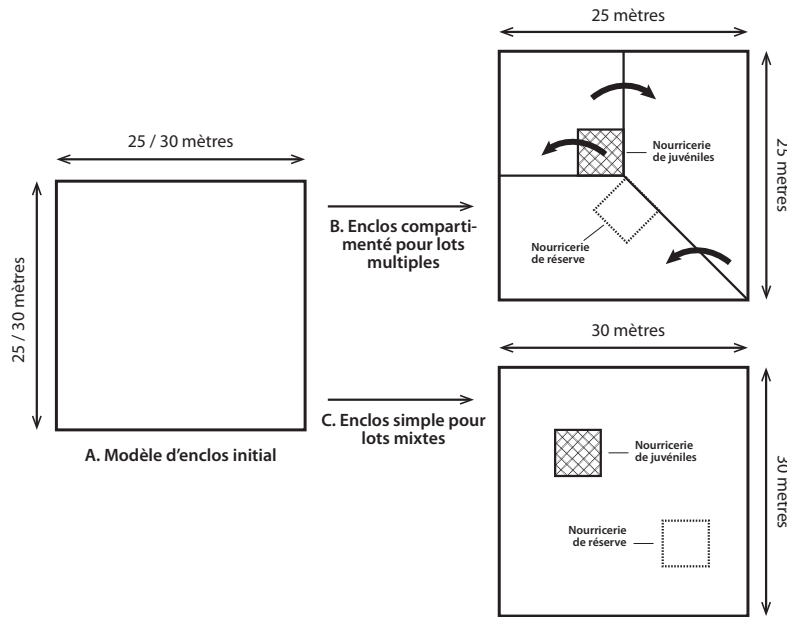


Figure 2. Schéma des enclos de grossissement des holothuries. A : modèle d'enclos initial avant amélioration ; B et C : enclos avec compartiments d'élevage des juvéniles.

Entre novembre 2009 et février 2011, plusieurs améliorations techniques ont été apportées aux méthodes d'élevage et de gestion utilisées sur les sites communautaires d'holothuriculture afin de réduire la mortalité des juvéniles dans les enclos après leur transfert depuis l'écloserie. Dans la présente étude, nous comparons les taux de survie des juvéniles aux différentes étapes de l'introduction de ces interventions, et passons en revue chacune de ces interventions tour à tour, ainsi que leur contribution probable à la baisse du taux de mortalité des juvéniles dans les enclos. Nos conclusions et recommandations sont pertinentes au regard du nombre croissant d'initiatives d'holothuriculture en enclos marins dans les régions côtières tropicales et subtropicales du monde.

Méthodes

Le modèle de production

L'élevage s'effectue dans des enclos marins placés en zone infratidale dans des habitats adaptés à l'espèce *H. scabra* (figure 2). Les sites sont peu profonds, abrités et riches en nutriments, et comprennent notamment des substrats vaseux et des herbiers (Tsiresy et al. 2011 ; Hamel et al. 2001 ; Agudo 2006). Un certain nombre de critères ont présidé au choix des sites d'élevage : une épaisseur sédimentaire suffisante pour la construction des enclos (20 cm minimum), la proximité du village sélectionné pour faciliter l'entretien et la surveillance des enclos, et une profondeur d'eau d'au moins 10 centimètres pendant les marées basses de vives-eaux.

Chaque enclos est conçu pour optimiser les taux de croissance en maintenant la biomasse totale au même niveau que la capacité de charge des habitats naturels de *H. scabra*, estimée à 692 g m⁻², soit environ deux individus

adultes de taille commercialisable, dans les herbiers situés près de Toliara dans le sud-ouest de Madagascar (Lavitra 2008).

Les groupements d'éleveurs sont essentiellement composés de groupes de ménages de trois à huit membres, et de groupes communautaires, y compris des collectifs de femmes locales, des associations de jeunes et même une école locale, gérée par des enseignants, des élèves et leurs parents. Au sein de chaque village, les enclos et les systèmes de mise en charge ont été conçus pour recevoir plusieurs lots de juvéniles par an afin de répartir les risques de mortalité et de perte, et d'étaler les revenus.

Pour évaluer l'amélioration des pratiques d'élevage entre l'introduction de l'holothuriculture en milieu communautaire (janvier 2009) et la fin de la présente étude (août 2011), nous avons analysé trois périodes distinctes. La première correspond à la situation de départ, caractérisée par des taux de survie inacceptables ; la deuxième marque l'introduction de la première série de mesures destinées à réduire la mortalité des juvéniles ; la troisième correspond à la mise en œuvre d'activités techniques plus soutenues et d'une gestion plus active. Le tableau 1 précise le nombre d'éleveurs suivis à chacune de ces périodes.

Deux cycles de mise en charge, dans des enclos de 625 m² (Tampolove) et de 900 m² (les trois autres sites), à raison de quatre livraisons de 195 à 900 juvéniles par an, ont été achevés au cours de la période initiale. Au cours des deux et troisième périodes, des lots de 300 et 450 juvéniles ont été placés dans des nourriceries de 16 m² (Tampolove) et de 25 m² (les trois autres sites). Pendant toute la durée du projet, les villages ont reçu quatre ou cinq lots annuels de 300 à 450 juvéniles, selon la taille des enclos de grossissement (entre 625 et 900 m²). La survie des juvéniles a été évaluée trois mois après leur

introduction dans les différents sites d'étude. À l'issue de cette période seuil, les juvéniles atteignent le poids critique d'environ 50 g, au-delà duquel ils sont considérés comme beaucoup moins vulnérables à la prédation (Pascal et Robinson 2011).

Tableau 1. Nombre d'éleveurs suivis dans quatre villages (sites) sur trois périodes caractérisées par différents niveaux d'entretien.

Village / Site	1 ^{ère} période	2 ^e période	3 ^e période
Andrevo	7	14	6
Fiherenamasay	5	2	0
Sarodrano	4	4	12
Tampolove	15	7	23

Mesures de réduction des pertes de juvéniles

Les mesures prises au cours des deux et troisième périodes pour tenter de réduire la mortalité des juvéniles ont porté essentiellement sur la lutte contre la prédation — due principalement au crabe *Thalamita crenata* — et sur l'amélioration de la structure des enclos pour éviter que les juvéniles ne s'échappent. Les modifications apportées au cours de la deuxième période ont été introduites dans 23 enclos situés dans quatre villages (tableau 2). Elles visaient à améliorer la conception des enclos et à promouvoir une gestion et une surveillance plus actives des enclos par les groupements d'éleveurs communautaires.

Des enclos de meilleure conception

À l'origine, les modèles d'enclos utilisés dans le sud-ouest malgache étaient fabriqués à l'aide de matériaux disponibles sur place tels que des filets de pêche à petit maillage, en fil de coton, tendus à l'aide de filins en polyéthylène (4 mm de diamètre) attachés à des pieux en bois ou en métal plantés à environ un mètre d'intervalle. Quelques mois seulement après la construction des enclos, les filets en coton présentaient déjà des signes d'usure et certaines parois commençaient à s'affaisser sous l'effet des intempéries. De même, les matériaux utilisés étaient trop souples pour permettre de nettoyer convenablement les structures et d'en déloger les bio-salissures et les débris incrustés. Par ailleurs, les filets

n'étaient pas solidement fixés au fond, laissant s'échapper des holothuries et gênant ainsi l'évaluation des taux de survie et de croissance. En outre, les juvéniles étaient placés directement dans les enclos d'élevage conçus pour recevoir des holothuries adultes, trop grands pour que l'on puisse lutter efficacement contre la prédation.

L'amélioration des techniques d'entretien entreprise au cours de la deuxième période a consisté notamment à introduire des filets en plastique rigide du type utilisé comme brise-vent dans l'agriculture. Un bâti horizontal en bois fixé sur le fond marin et enfoui dans le sédiment empêche désormais les animaux de s'échapper des enclos. Le nouveau système n'a pas tardé à faire la preuve de sa robustesse : les parois des enclos restent en place même lorsque la mer est agitée. Après s'être assurés de l'intégrité des enclos, les éleveurs ont pu se consacrer à l'entretien en inspectant le maillage des filets et en veillant à ce que les parois restent solidement arrimées aux piquets. Les liens de fixation cassés ont été réparés sans attendre. À l'aide de brosses, les éleveurs ont également effectué un nettoyage régulier des parois afin d'éliminer les bio-salissures.

Réduction de la prédation sur les holothuries juvéniles

La prédation de l'étrille *Thalamita crenata* sur les holothuries juvéniles est considérée comme le principal facteur nuisant à la survie des juvéniles d'élevage *H. scabra* dans la zone étudiée ; en effet, un seul crabe peut tuer jusqu'à un juvénile *H. scabra* de moins de 50 g par jour (Pascal et Robinson 2011). Parmi les mesures prises pour améliorer l'état général des installations, les éleveurs et les techniciens aquacoles ont entrepris d'éliminer les crabes prédateurs. Les premières tentatives ont été laborieuses, en raison de la taille des enclos, et n'ont pas donné les résultats voulus. En outre, la chasse au crabe ne pouvait se pratiquer qu'à marée basse ; les enclos étaient donc à la merci des prédateurs la majeure partie du temps.

Le problème a été résolu en plaçant les juvéniles dans des « pouponnières », compartiments fermés à l'intérieur des enclos destinés à l'élevage des animaux adultes. Contrairement aux enclos, les pouponnières ont été recouvertes d'un filet de faible maillage afin d'empêcher les crabes prédateurs d'y pénétrer par en haut (Tsiresy et al. 2011). Les juvéniles ont séjourné dans ces petits casiers couverts (figure 2) pendant trois mois avant d'être transférés dans les enclos de plus grande taille, une fois atteint le poids critique de 50 g.

Tableau 2. Synthèse des mesures prises pour améliorer les techniques d'élevage.

Défaut constaté dans les techniques d'élevage	Amélioration introduite pour remédier au problème
Utilisation de matériaux locaux, peu résistants, pour fabriquer les grillages des enclos	Mise en place de parois grillagées en plastique rigide
Fuite des juvéniles, surtout en période de mer agitée, due à l'absence de fonds fixes dans les enclos	Fixation de bâtis en bois au bas des enclos avant enfouissement dans le sédiment pour stabiliser les structures et éviter la fuite des juvéniles
Mortalité élevée des juvéniles après les premières livraisons, due principalement aux crabes prédateurs	Introduction de nourriceries couvertes destinées aux juvéniles (pouponnières) pendant les trois mois suivant leur livraison
Défaut d'entretien des enclos et mauvaise gestion de la prédation des crabes	Entretien accru des enclos, particulièrement avant les livraisons, et élimination plus intensive des crabes

Les pouponnières mesuraient 16 m² (Tampolove) et 25 m² (les trois autres sites) et occupaient environ 2,5 % de la superficie des enclos pour adultes, la partie restante étant consacrée au grossissement. Chaque cohorte d'adultes a été placée dans un compartiment différent de l'enclos principal afin de pouvoir mesurer séparément le taux de survie et les modifications de taille au sein de chaque cohorte. Le transfert de chaque cohorte de juvéniles des pouponnières à l'enclos de grossissement, trois ou quatre mois après leur livraison, a permis de maintenir la biomasse critique en deçà de 692 g m² dans les compartiments de stockage des juvéniles et dans l'aire de grossissement de chaque enclos (Lavitra 2008).

Gestion et surveillances actives

Afin d'améliorer encore la survie des juvéniles et d'optimiser l'efficacité des pouponnières, les responsables du projet ont formé les équipes d'aquaculteurs aux bonnes pratiques d'élevage (troisième période). L'introduction d'une gestion active et renforcée au cours de la troisième période visait à contrer « l'effet pouponnière » (Tsiresy et al. 2011), qui conduit les éleveurs à se reposer exagérément sur les améliorations techniques, apportées dans notre expérience au cours de la deuxième période, et à se montrer plus négligents, notamment en relâchant leurs efforts de lutte contre les crabes. Sous la direction des techniciens du projet, les groupes d'éleveurs ont dû consacrer deux à quatre jours, à chaque marée de vives-eaux, à l'élimination des crabes présents dans les pouponnières avant chaque livraison de juvéniles, offrant à ces derniers un environnement dépourvu de tout prédateur pendant la phase critique des trois premiers mois. Depuis 2010, l'élimination des crabes tant dans les pouponnières que dans les enclos destinés aux adultes se poursuit à chaque marée de vives-eaux, et s'accompagne d'une maintenance et d'une réparation minutieuses des pouponnières et des filets qui les recouvrent afin d'éviter que des crabes n'y pénètrent. La supervision assurée par les techniciens du projet a garanti une mise en œuvre optimale des mesures susmentionnées et a permis de sensibiliser les éleveurs à l'importance d'un entretien rigoureux.

Transport

Le site le plus éloigné de l'écloserie (Tampolove) se trouve à 200 km de la ville de Toliara. On y accède par une route secondaire, après environ huit heures de trajet en véhicule 4x4. Cette distance présente des difficultés logistiques considérables pour les éleveurs. Les premières tentatives de transport de juvéniles par la mer à bord d'embarcations rapides, dans des bacs de transport alimentés en eau de mer par un système à circulation continue, ont donné des résultats très mitigés ; certains voyages ont provoqué l'éviscération ou la mort de nombreux individus (10,6 % des juvéniles sont arrivés morts ou éviscérés sur le site d'élevage en décembre 2009, données non publiées de Blue Ventures Conservation), sans doute sous l'effet des forts mouvements engendrés par le trajet en bateau.

Depuis mars 2010, des améliorations considérables ont été apportées aux méthodes de transport, avec l'introduction d'une nouvelle technique, qui consiste à placer des lots de 50 à 60 juvéniles dans des sacs en plastique robustes destinés au transport de poissons d'aquarium.

Les sacs sont remplis d'environ quatre litres d'eau de mer et d'air comprimé. Ils sont ensuite fermés hermétiquement et calés dans un véhicule. Toutes les précautions sont prises pour atténuer les chocs durant le trajet par la route. Les livraisons ne sont effectuées qu'au moment des marées basses de vives-eaux, lorsque les éleveurs peuvent accéder aux enclos sans difficulté, et les juvéniles sont lâchés dès leur arrivée au site d'élevage. Cette procédure a permis de réduire les pertes occasionnées par le transport à un niveau négligeable (moins de dix individus sur 20 000 juvéniles livrés). Le taux de mortalité ne présente pas de différence significative d'un site à l'autre, quelle que soit la distance qui les sépare de l'écloserie.

Analyse des données

Des comparaisons ont été effectuées entre les taux de survie des juvéniles mesurés à trois reprises au cours des trois mois consécutifs à leur introduction dans les enclos. Les différences relevées entre les différents villages pour chaque période étudiée ont également fait l'objet de comparaisons. Dans certains villages, plusieurs livraisons ont été effectuées au cours d'une seule période d'entretien. Les cohortes ont elles aussi été comparées afin de déterminer si les variations constatées dans les taux de survie fluctuent en fonction de la livraison et si celle-ci produit un effet de confusion sur les résultats relatifs à l'entretien.

Dans les comparaisons effectuées entre les taux de survie, l'enclos d'élevage a été considéré comme une variable aléatoire. Puisque les enclos étudiés étaient répartis dans le même secteur et que les livraisons destinées à un même site se déroulaient sur une seule journée, les variations constatées sur chaque site s'expliquent essentiellement par des différences dans les efforts d'entretien déployés par les différents groupes d'éleveurs. Des hypothèses statistiques paramétriques ont été testées avant de procéder aux comparaisons statistiques. La normalité des données et l'homogénéité des variances ont été vérifiées à l'aide des tests de Shapiro-Wilk et de Levene, respectivement. Devant l'absence de normalité de la distribution (W de Shapiro-Wilk = 0,95 ; $P = 0,0008$) et l'hétéroscédasticité des données (F de Levene = 5,75 ; $P = 0,004$), c'est finalement le test d'analyse de variance de Kruskal-Wallis qui a été retenu, et des comparaisons par paire entre sites pour une même période et entre périodes pour un même site ont été effectuées à l'aide du test du chi-carré de Mann-Whitney.

Résultats et discussion

L'étude a révélé d'importantes variations dans la survie des juvéniles selon le niveau d'entretien, et selon le site considéré au cours d'une même phase d'entretien (figure 3 ; tableau 3). De manière générale, les taux de survie ont augmenté, passant de 40,2 % en moyenne pour la première période à 76,6 % pour la troisième. Les comparaisons entre sites ont révélé que la hausse du taux de survie la plus marquée — de 21,3 à 83 % — avait été enregistrée à Sarodrano entre les deuxième et troisième périodes. À Fiherenamasay, où seules les première et deuxième périodes ont été comparées, aucune différence significative n'a été constatée dans la survie des animaux (1^{ère} période : 53,8 % \pm 4,4 % ; 2^e période : 52,1 % \pm 7,0 % ;

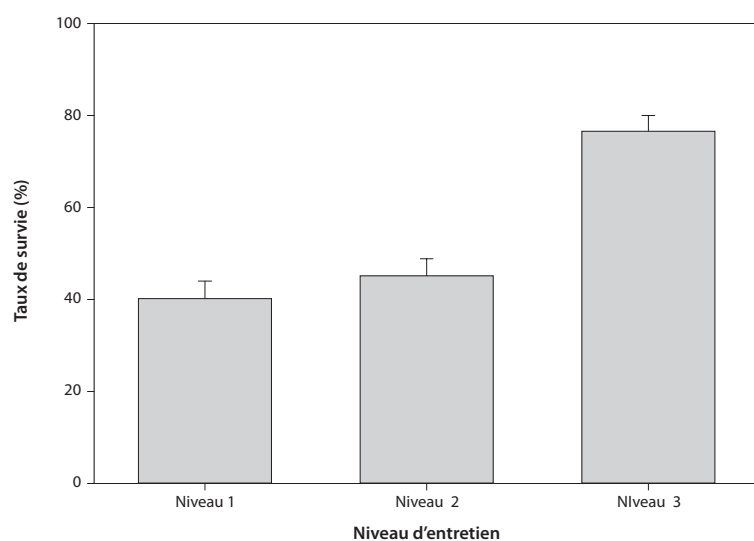


Figure 3. Variation du taux de survie en fonction du niveau d'entretien.

Tableau 3. Comparaison à un facteur effectuée à l'aide du test du Kruskal-Wallis entre les périodes d'entretien pour chaque village / site et pour l'ensemble des sites.

Village / Site	χ^2	P	Comparaison
Andrevo	7,16	0,03	a, a, b
Fiherenamasay	0,15	0,7	a, a
Sarodrano	13,73	0,001	a, a, b
Tampolove	16,92	0,0002	a, ab, b
Ensemble des sites	42,98	< 0,0001	a, a, b

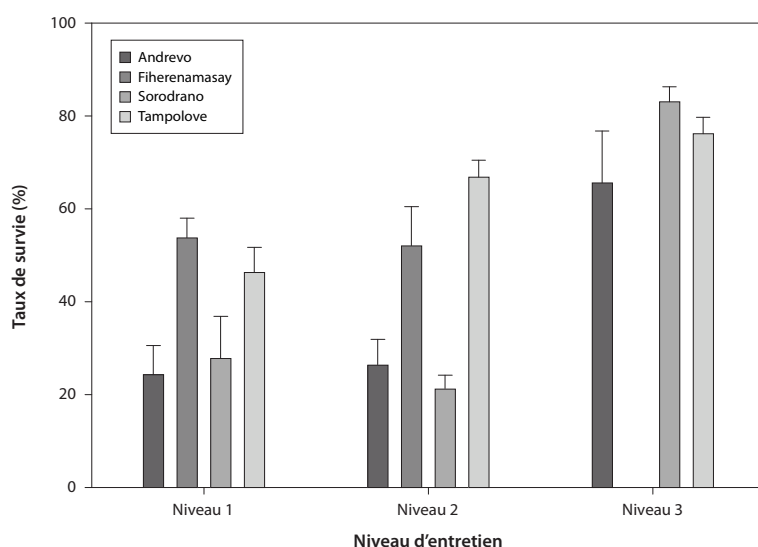


Figure 4. Variation des taux de survie au sein des sites et selon le niveau d'entretien.

$\chi^2 = 0,15$; $P = 0,70$). L'écart le plus faible a été observé à Tampolove où le taux initial de survie, déjà relativement élevé (46,3 %) en première période, n'a augmenté que de 29,9 %. Une différence marquée est apparue entre la première et la troisième période ($\chi^2 = 16,91$; $P = 0,0002$). La deuxième période ne présente pas de différence significative avec la première ou la troisième ($P > 0,05$).

La comparaison entre les différentes périodes d'entretien fait apparaître des taux de survie plus élevés à Fiherenamasay et à Tampolove qu'à Andrevo et Sarodrano, pour les première et deuxième périodes. Quant à la troisième période, aucune différence significative ne ressort des taux de survie mesurés sur les trois sites pour lesquels on dispose de données (figure 4). Fiherenamasay, qui présentait pourtant l'un des taux de survie les plus élevés en première et en deuxième périodes, s'est retiré du programme d'holothuriculture au cours de la troisième période et n'a pu faire l'objet d'aucune comparaison. Les comparaisons effectuées entre cohortes d'un même site au cours de la même période n'ont révélé aucune différence significative pour l'ensemble des sites ($P \geq 0,5$).

La forte progression du taux de survie moyen des juvéniles (de 40,2 à 76,6 %) devrait avoir de profondes répercussions, à la fois pratiques et socioéconomiques, sur l'holothuriculture communautaire pratiquée dans le sud de Madagascar. Cette amélioration résulte de plusieurs facteurs parmi lesquels l'amélioration des techniques d'élevage et la mise en place d'une gestion active, ainsi que la réduction des perturbations et de la prédation à un stade de croissance crucial chez les spécimens cultivés de *H. scabra*. L'étude souligne la nécessité d'un entretien permanent des installations et d'une maîtrise continue de la prédation des crabes.

La fuite des juvéniles hors des enclos et la prédation du crabe *Thalamita crenata* étaient les principales causes de mortalité élevée avant l'introduction d'améliorations dans les pratiques d'élevage. Le remplacement des parois en filets de coton, moins stables et moins durables, par des grilles en plastique rigide, résistantes aux éléments, et l'enfouissement des parois plus profond dans le sédiment permettent d'empêcher la fuite des juvéniles vers l'extérieur. Il convient de noter que le nouveau type de grille en plastique renchérit le coût des clôtures, qui passe de 2,17 à 2,62 dollars É.-U. par mètre, soit un surcoût minime pour une

durabilité fortement accrue (durée de vie estimée à cinq à sept ans, contre un à deux ans précédemment). L'introduction de pouponnières permet de maintenir les juvéniles sous étroite surveillance. Leur éparpillement dans des bassins de plus grande superficie entraînerait une marge d'erreur plus importante dans leur dénombrement et dans l'estimation des taux de survie.

Ces petits enclos contribuent également à réduire la prédation des crabes de deux manières différentes : la chasse au crabe effectuée par les éleveurs et les techniciens est plus efficace dans des enclos plus petits et plus faciles à contrôler, et le filet de faible maillage qui les recouvre limite la pénétration des crabes prédateurs.

Outre les ajustements techniques, la préparation des pouponnières deux ou trois jours avant chaque livraison a marqué un pas important dans l'amélioration de la technique d'élevage. L'obturation des ouvertures a réduit la pénétration des crabes. L'élimination des crabes existants, qui auraient pu se retrouver piégés dans les enclos et grossir en se nourrissant essentiellement de juvéniles de *H. scabra*, a marqué une autre étape clé. C'est sans doute lors de cette phase d'acclimatation au milieu aquacole, après un long trajet depuis l'écloserie (jusqu'à huit heures de transport), que les juvéniles sont les plus vulnérables aux effets du stress environnemental, une vulnérabilité exacerbée par la prédation des crabes.

L'absence de différences entre les première et deuxième périodes sur l'ensemble des sites indique que l'amélioration des pratiques d'élevage par l'utilisation de pouponnières fermées pendant les trois mois consécutifs à la livraison des juvéniles ne suffit pas à elle seule à accroître les taux de survie. Ces résultats concordent avec ceux d'études antérieures qui montrent que l'introduction de nourriceries couvertes n'est pas « la panacée » (Tsiresy et al. 2011), mais un facteur clé qui renforce la productivité en réduisant la prédation des crabes. Parmi les deux sites ayant enregistré une progression des taux de survie entre les première et deuxième périodes, l'un présentait une densité naturelle de crabes faible (Fiherenamasay) et l'autre avait vu son niveau d'entretien fortement rehaussé au cours de la deuxième période (Tampolove) (données non publiées). La mise en place d'une gestion plus rigoureuse au cours de la troisième période à Tampolove s'est traduite par une nouvelle progression du taux de survie. Bien que le nombre de crabes éliminés dans tous les enclos et pour les toutes les périodes n'ait pas été consigné, on sait par exemple qu'un éleveur a tué à lui seul 150 crabes en une seule journée à Tampolove (observation personnelle AR). L'élimination des crabes après le transfert vers les grands enclos est moins maîtrisée, dans la mesure où l'activité d'entretien est plus intense au moment des marées basses de vives-eaux et où ses effets sont moins contrôlés dans les périodes intermédiaires. Cependant, les animaux sont transférés dans les enclos de grossissement une fois qu'ils ont atteint le poids critique de 50 g ; ils sont dès lors moins vulnérables à la prédation.

L'aquaculture de *H. scabra* exige peu de main-d'œuvre et offre la promesse d'une activité économique complémentaire aux populations côtières du sud-ouest malgache. Toutefois, comme nous l'avons expliqué plus haut, les solutions techniques proposées pour optimiser la

production ne se suffisent pas à elles-mêmes. La réduction des surfaces à contrôler et à nettoyer et le renforcement de la protection physique contre les crabes par l'introduction de pouponnières présentent certes des avantages, mais ils doivent s'accompagner d'une meilleure gestion des juvéniles de *H. scabra*. Cette étude souligne l'importance de la préparation des enclos d'élevage avant la livraison des holothuries, d'un entretien continu des installations et d'une lutte constante contre les crabes prédateurs après la livraison. L'holothuriculture reste un projet novateur dans la région (Robinson et Pascal 2009) et l'entretien permanent des installations tardera sans doute à figurer parmi les habitudes d'élevage. L'exercice d'une supervision attentive par des techniciens qualifiés sera indispensable à la pleine réalisation du potentiel économique de l'activité.

L'augmentation du taux de survie aura pour autre résultat d'accroître la densité des individus de grande taille. Sur la base d'observations effectuées sur des populations sauvages d'holothuries non exploitées, une densité de stockage de 250 g m² a été recommandée pour les fermes holothuricoles (Battaglene 1999 ; Purcell et Simegona 2008), soit moins d'un individu par m². En postulant un taux de survie de 100 %, la densité relevée dans les enclos considérés dans la présente étude serait plus de deux fois supérieure à la valeur recommandée (~ 2 individus m² ; Lavitra 2008). Cette valeur repose sur l'étude de la croissance de *H. scabra* dans la région de Toliara au sud-ouest de Madagascar. L'écart important entre les deux estimations de densité optimale témoigne de la nécessité de mener de nouvelles recherches sur le type de sédiment, sa concentration en nutriments et son taux de renouvellement afin d'assurer la pérennité de l'activité aquacole.

L'élevage communautaire des holothuries vise à créer une source de revenus complémentaire pour les populations du sud-ouest malgache qui sont largement tributaires de la pêche. Le projet a pour objectif de générer un revenu supplémentaire net d'au moins 60 dollars É.-U. par mois et par groupement après déduction des frais de fonctionnement des exploitations. La réalisation de cet objectif implique par ailleurs que les éleveurs s'émancipent financièrement des bailleurs et des organisations non gouvernementales qui soutiennent actuellement le projet. Pour assurer la viabilité de l'activité, au niveau actuel des coûts du matériel aquacole et du prix de vente d'un spécimen adulte de *H. scabra* issu de l'holothuriculture, au moins 60 % des juvéniles cultivés doivent atteindre le marché. Les taux de survie obtenus grâce aux améliorations techniques et à un entretien rigoureux dépassent largement ce pourcentage.

En outre, les revenus et avantages socioéconomiques supplémentaires générés devraient encourager les éleveurs actuels à intensifier les efforts d'entretien et renforcer l'intérêt et l'adhésion des habitants des villages soutenus par le projet. Dans le village de Tampolove, par exemple, l'augmentation des taux de survie et des revenus a conduit à la multiplication du nombre de fermes, dont l'une est même gérée par une école. Grâce aux « nombreux bras » disponibles, cette ferme scolaire figure parmi les mieux entretenues et, selon les études les plus récentes, elle affiche l'un des taux de survie de juvéniles

les plus élevés. La participation de l'école à l'activité holothuricole favorisera la transmission des compétences et des connaissances aux générations futures, ainsi que la promotion et le développement de la conservation dans une région figurant parmi les plus pauvres du monde, et caractérisée par une dépendance extrême, tant vivrière que commerciale, à l'égard des ressources écologiques côtières.

L'une des principales difficultés rencontrées dans la gestion des élevages du sud-ouest malgache a été le vol d'animaux de taille commercialisable. Les éleveurs ont réagi en instaurant des tours de garde nocturne auxquels participent tous les membres. Une tour de guet a été construite pour faciliter la surveillance. Le manque d'habitats susceptibles d'accueillir de nouvelles exploitations contrarie également la demande et l'intérêt croissants des membres de la communauté. En outre, la pénurie de financements disponibles limite les possibilités d'expansion du projet qui, à ce stade initial, ne génère pas encore de bénéfices.

Remerciements

Nous remercions les aquaculteurs et les techniciens chargés du projet, en particulier Georgi Robinson, Gaétan Tsiresy, Zizienne, Angelo Donah et Benjamin Pascal pour leur engagement indéfectible envers cette initiative, ainsi que les partenaires du projet : MHSA, l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Toliara et les Universités de Bruxelles et de Mons. Le projet a bénéficié du soutien de Norges Vel et ReCoMaP-COI.

Bibliographie

- Agudo N. 2006. Sandfish hatchery techniques. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the WorldFish Center. 44 p.
- Battaglene S.C. 1999. Culture of tropical sea cucumbers for stock restoration and enhancement. *Naga ICLARM* 22:4–11.
- Barnes-Mauthe M., Oleson K.L.L. and Zafindrasilivonona B. (In review). The total economic value of small-scale fisheries with a characterization of post-landing trends.
- Coleman F.C. and Williams S.L. 2002. Overexploiting marine ecosystem engineers: Potential consequences for biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* 17:40–44.
- Conand C., Purcell S, Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. 2004. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization. 425 p.
- Conand C. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean. p. 143–193. In: Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M. and Conand C. (eds). *Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Eeckhaut I., Lavitra T., Rasoforinina R., Rabenevanana M.W., Gildas P. et Jangoux M. 2008. Madagascar Holothurie SA : la première entreprise commerciale axée sur l'aquaculture des holothuries à Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 28:22–23.
- Eriksson H., Robinson G., Slater M.J. and Troell M. 2011. Sea cucumber aquaculture in the Western Indian Ocean: Challenges for sustainable livelihood and stock improvement. *AMBIO* 41:109–121.
- Hamel J.F., Conand C., Pawson D. and Mercier A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): Its biology and exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology* 41:129–223.
- James B.D. 2004. Captive breeding of the sea cucumber, *Holothuria scabra*, from India. p. 385–395. In: Conand C., Purcell S, Uthicke S., Hamel J.-F. and Mercier A. (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Jangoux M., Rasoloforinina R., Vaitilingon D., Ouin J.M., Seghers G., Mara E. et Conand C. 2001. Un projet pilote d'écloserie et de mariculture d'holothuries à Tuléar (Madagascar). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 14:2–5.
- Lavitra T. 2008. Caractérisation, contrôle et optimisation des processus impliqués dans le développement postmétamorphique de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833). PhD Thesis, Université de Mons-Hainaut.
- Pascal B. and Robinson G. 2011. Handbook for sandfish farming, ReCoMap programme, Indian Ocean Commission.
- Pitt R. 2001. Le point sur les méthodes de reproduction et d'élevage de l'holothurie de sable. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 14:14–21.
- Price A.R.G., Harris A., McGowa A., Venkatachalam A.J. and Sheppard C.R.C. 2010. Chagos feels the pinch: Assessment of holothurian (sea cucumber) abundance, illegal harvesting and conservation prospects in British Indian Ocean Territory. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20:117–126.
- Purcell S.W. 2010. Diel burying by the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*: Effects of environmental stimuli, handling and ontogeny. *Marine Biology* 157:663–671.
- Purcell S.W. and Kirby D.S. 2006. Restocking the sea cucumber *Holothuria scabra*: Sizing no-take zones through individual-based movement modelling. *Fisheries Research* 80:53–61.
- Purcell S.W. and Simentoga M. 2008. Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. *Reviews in Fisheries Science* 16:204–214.
- Robinson G. et Pascal B. 2009. De l'écloserie au village — Premier programme communautaire d'holothuriculture à Madagascar. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 29:38–43.

- Tsiresy G., Pascal B. et Plotieau T. 2011. Analyse du grossissement d'*Holothuria scabra* exploitée en micro fermes marines (région Sud-Ouest de Madagascar). La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 31:17–22.
- Wolkenhauer S.M., Uthicke S., Burridge C., Skewes T. and Pitcher R. 2010. The ecological role of *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) within subtropical seagrass beds. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 90:215–223.
- World Bank. 2011. World Development Indicators Database. Retrieved 14 September 2011 from <http://data.worldbank.org/country/madagascar>.