

Le point sur les méthodes de reproduction et d'élevage de l'holothurie de sable

Rayner Pitt¹

Résumé

L'holothurie de sable (*Holothuria scabra*), un concombre de mer qui vit dans des eaux chaudes, revêt une grande importance économique. Généralement, on trouve dans chaque collecte quelques individus parvenus à maturité. Il y a un ou deux pics de reproduction annuels. La ponte est stimulée par des variations de température mais ne peut être induite, au mieux, que pour un tiers environ des animaux de grande taille qui viennent d'être récoltés. L'élevage des larves jusqu'à leur fixation a été effectué avec succès, à plusieurs reprises, dans le cadre d'une expérience antérieure, à l'aide de phytoplancton de culture, *Chaetoceros* spp, *Skeletonema* spp et *Isochrysis galbena*. Tout récemment, on a appliqué un protocole d'alimentation, en dispensant *Chaetoceros muelleri*, *Chaetoceros calcitrans* et *Rhodomonas salina* à raison de 20 000 à 40 000 cellules par millilitre "d'équivalent-muelleri". La fixation est accélérée par l'emploi de plaques conditionnées et placées dans des bacs extérieurs conditionnés, parfois sous ombre partielle, au début de la phase d'élevage en nourricerie. Lorsqu'ils atteignent 20 mm (1 g) environ, les juvéniles peuvent être transférés sur du sable fin pour y poursuivre leur grossissement. La croissance des juvéniles (et des adultes) semble dépendre en grande partie de la production de leurs aliments par photosynthèse, même lorsque des aliments préparés sont ajoutés, et elle diminue abruptement pour des niveaux de stockage supérieurs à 225 g/m² environ. Cela pourrait provoquer un goulet d'étranglement dans la gestion du stock reproducteur et dans la production en nourricerie à grande échelle à des fins d'élevage ou de reconstitution des stocks. Les données disponibles laissent à penser que les animaux adultes pourraient grandir à raison de 2 g par jour.

Introduction

Parmi les concombres de mer des eaux chaudes, l'holothurie de sable (*Holothuria scabra*) a suscité de l'intérêt car cette espèce se prête à la reproduction et à l'élevage; étant surexploitée, elle pourrait en outre bénéficier de programmes d'amélioration des stocks (Conand 1998a, 1998b). Les holothuries de sable se trouvent souvent dans des lagons ou des estuaires, à proximité de mangroves ou sur des herbiers, ce qui pourrait indiquer qu'elles tolèrent des conditions plus variées de salinité, de température et d'eutrophisation que les espèces plus profondes. Leur régime alimentaire consiste, semble-t-il, en algues benthiques et en bactéries associées à des débris organiques qu'elles extraient en ingérant et en rejetant de grandes quantités de substrat. C'est pourquoi l'on espère pouvoir mettre au point des régimes peu coûteux. Grâce à leur prédilection pour les substrats sableux, sablo-vaseux ou vaseux, les holothuries de sable peuvent s'adapter à des systèmes de culture en bassin ou en vivier et jouer un rôle dans la polyculture en tant qu'agent benthique. Ces animaux qui se déplacent lentement et vivent dans des eaux côtières peu profondes sont exposés à la surexploitation.

Le produit séché (bêche-de-mer) obtenu à partir de l'holothurie de sable présente une grande valeur marchande et constitue souvent la principale

espèce exportée par les pêcheries des petits États insulaires en développement. Au cours de son traitement, la bêche-de-mer perd toutefois environ 95 pour cent de son poids (Shelley, 1985; Conand, 1989, 1990; Preston, 1990). On connaît mal la tolérance des holothuries de sable vis-à-vis des facteurs de l'environnement, c'est-à-dire leurs conditions de croissance, et non simplement de survie à ces facteurs, ni leur compatibilité avec d'autres espèces d'élevage, et l'on peut s'étonner de la rareté de données publiées sur les taux de croissance et la productivité de cette espèce.

Plusieurs centres ont réussi à élever des holothuries de sable : le Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin (Inde) (James et al. 1994; James 1996); le Mariculture Development Centre, Lampung, Sumatra (Indonésie); la station de recherche en halieutique côtière de Gondol, Bali (Indonésie) (Dr Ketut Sugama, communication personnelle); et le Centre d'aquaculture côtière (CAC) de l'ICLARM, Guadalcanal (Îles Salomon) (Battaglione et Seymour, 1998; Battaglione et al. 1999). De nombreux autres ont étudié des aspects de l'écologie, du comportement, de la maturité sexuelle, du traitement et de l'élevage de cette espèce en bassin ou en vivier. La présente étude a pour but de présenter succinctement les résultats de ces travaux à tous ceux qui envisagent d'élever cette espèce. Une étude exhaustive de tous les as-

1. Centre international pour la gestion des ressources bioaquatiques (ICLARM) – World Fish Center, c/o Research Institute for Aquaculture No. 3, 33 Dand Tat Street, Nha Trang, Vietnam (mél. : iclarm@dng.vnn.vn)

pects de la biologie de *Holothuria scabra* a été préparée par Hamel *et al.* (2001).

Maturité et fécondité

Ce n'est qu'à partir du début de la ponte que l'on peut différencier les sexes extérieurement. L'étude du rapport gonado-somatique et de la ponte montre généralement que certains animaux sont mûrs durant la majeure partie de l'année, avec généralement un ou deux pics saisonniers.

À Batangas (Philippines), Ong Che et Gomez (1985) ont observé des pics de ponte au milieu de l'année (juin-juillet), lorsque la température de la mer est élevée, et à la fin de l'année (soit décembre-janvier, soit octobre-novembre), lorsque l'eau se refroidit; la maturation est rapide après la ponte. En Nouvelle-Calédonie, Conand (1989, 1993), se fondant sur les variations de la morphologie et du rapport gonado-somatique, a identifié un premier pic très marqué de décembre à février, suivi d'un pic moins prononcé et plus variable entre août et octobre. Dans le sud-ouest de Sulawesi (Indonésie), Tuwo (1999) a observé des gonades à maturité pendant une bonne partie de l'année, et un accroissement de juin à octobre et de février à avril. Krishnaswami et Krishnan (1966) font état de deux périodes de reproduction aux îles Krusadi, dans le golfe du Myanmar (Inde), en juillet et en octobre.

Morgan (1999) a examiné une population d'holothuries de sable dans une zone subtropicale située à 27° de latitude Sud (Stradbroke Island, Queensland, Australie) et constaté un pic du rapport gonado-somatique en novembre. Tandis que les gonades et les ovocytes se développaient de juin à décembre, le tégument perdait du poids. Le chercheur a pu induire la ponte chez tous les animaux, ce qui fait présumer des variations saisonnières plus marquées dans cette région. Cependant son stock de géniteurs conservé à l'intérieur se dégrade et de nombreux individus meurent.

Battaglione *et al.* (en cours de révision, 2000) ont travaillé sur des lots de — en moyenne — 28 grands animaux (généralement d'au moins 500 g chacun) qui venaient d'être récoltés dans le lagon de Vonavona, dans la province occidentale des Îles Salomon. Ils ont constaté une pointe de la production d'œufs en septembre, époque à laquelle 35 pour cent des animaux ont pondu. Les mâles ont été actifs chaque mois de l'année sauf en février, les femelles n'ont pas pondu en mai ni décembre. En moyenne, 1,9 million d'œufs ont été produits par femelle. La collecte des œufs fécondés a été possible dans 46 pour cent des tentatives. La ponte s'est avérée un peu plus facile au cours du dernier

quartier lunaire, et plus fréquente l'après-midi, le soir ou la nuit avant minuit (mais cela s'explique peut-être par l'horaire de transport). En moyenne, 1,9 femelle et 3,6 mâles de ce lot ont frayé.

Concrètement, cela signifie qu'il a fallu des lots d'une trentaine d'animaux venant d'être récoltés dans la nature pour avoir une chance d'obtenir quelques millions d'œufs, mais ces chances ont été multipliées en travaillant au cours du mois où la maturité est maximale, ou juste avant.

Récolte de stock reproducteur et stimulation de la ponte

James (1996) a recueilli des reproducteurs à partir de débarquements destinés au commerce, en choisissant des individus de grande taille, en bon état et non éviscérés. Il les a ensuite conservés dans des bacs de reproduction où s'est parfois produite une ponte naturelle au cours des mois de maturité maximale. On ne sait toutefois pas si le frai a eu lieu juste après la récolte ou au bout de quelques mois d'élevage. James affirme qu'il est possible d'obtenir des œufs fécondés en sacrifiant des animaux; on prélève des ovaires mûrs translucides, on les sèche à l'ombre "pendant quelque temps", puis on perce l'ovaire dans un cuvette remplie d'eau de mer, et l'on introduit des sections de testicules matures. Le chercheur décrit aussi une technique permettant d'obtenir des œufs à partir de reproducteurs vivants, en vidant le bac du stock géniteurs, en séchant les animaux à l'ombre pendant une demie heure, puis en les arrosant d'un jet d'eau puissant pendant quelques minutes et en les replaçant dans le bac rempli, ce qui entraîne la ponte dans les deux à trois heures. Il préconise toutefois une stimulation thermique des animaux en élevant la température de l'eau de 3 à 5 degrés.

À l'ouest des Îles Salomon, des plongeurs équipés de masques et de tubas ou de scaphandres autonomes ont recueilli, en matinée, des animaux qu'ils ont transportés par bateau jusqu'à la station de Nusa Tupe, près de Gizo (province Ouest) dans un réservoir isolé, non aéré, dont l'eau a été renouvelée à plusieurs reprises. La récolte et le transport ont pris 3 à 5 heures. À la station, les animaux ont été stockés pendant quelques heures — en fonction des horaires des avions — dans un bac à débit d'eau de mer continu, puis enveloppés individuellement dans des sachets en plastique contenant 500 à 1 000 ml d'eau de mer. De 15 à 25 sachets ont été emballés dans une caisse isolée, pour le vol d'environ deux heures et le trajet par la route d'une heure; ils sont arrivés à l'écloserie en soirée, quelque 8 à 10 heures après la récolte.

Le stress de la récolte et du transport suffit souvent à induire la ponte le soir même ou la nuit

suivante. Dans le cas contraire, on a tenté de stimuler la ponte cette nuit-là ou les jours suivants en conservant généralement les animaux dans un bac peu profond de 2000 litres, aéré et rempli d'eau de mer statique. C'est le recours à de l'eau chauffée par le soleil pour élever la température de 5 degrés qui s'est avéré le plus efficace. On a également appliqué des renouvellements d'eau, l'arrosage au jet d'eau, le séchage de courte durée et le remplissage d'eau de mer refroidie ainsi que l'addition de *Schizochytrium* en poudre, disponible dans le commerce (Algamac-2000 Bio-Marine, Hawthorne, Californie) au bac à raison de 0,1 g/l pendant une heure.

Conservation du stock reproducteur

James et al. (1994) a décrit les conditions de conservation de 20 à 30 animaux sur 15 cm de sable dans un bac d'une tonne dont l'eau est renouvelée tous les jours et le sable tous les 15 jours; les animaux sont alimentés une fois par semaine avec un peu de pâte d'algues fraîchement moulue. En 1996, il a recommandé de stocker 15 à 20 animaux sur 100 mm de vase dans un bac d'une tonne contenant 800 litres d'eau, complètement renouvelés chaque jour, et de leur administrer tous les jours 50 g d'une préparation à base de têtes de crevettes, de poudre de soja et de son de riz (6,5 pour cent de protéines). Apparemment, les animaux ainsi conservés ont pu être mis à contribution pour la ponte pendant plusieurs mois, et ont souvent frayé au moment du renouvellement de l'eau.

Selon Battaglone (comm. pers.), les animaux stockés à faible densité sur du sable, dans des bacs à débit d'eau de mer continu, alimentés en poudre d'algues séchées et en boulettes de crevettes, parviennent parfois à maturité et frayent plusieurs fois.

Morgan (1999) a relevé des pertes de poids d'environ 20 pour cent par mois chez des animaux non alimentés, stockés sur du sable dans un bac (pas de données sur la densité de stockage), voire des pertes de 50 pour cent lorsqu'on leur administre des boulettes de crevettes et de luzerne. Le stockage des animaux pendant cinq semaines ne semble pas influencer sur leur fécondité, mais réduit le taux d'éclosion des œufs.

Ponte et incubation

Des mouvements de roulement d'un côté sur l'autre, le redressement et le balancement de l'extrémité antérieure du corps, signalent l'imminence de la ponte. Les mâles entrent en action les premiers en émettant du sperme pendant de nombreuses minutes, voire des heures. Les femelles présentent souvent un renflement à l'avant du corps où émerge le gonopore; la ponte est plus in-

termittente, mais peut aussi croître et décroître pendant une heure ou plus. Pour éviter qu'un excès de sperme n'endommage les œufs, des animaux d'un ou des deux sexes ont été retirés à plusieurs reprises du bac de stimulation de la ponte et placés dans des petits conteneurs de 10 à 60 litres après le début de la ponte (le risque qu'ils ne recommencent pas à pondre après ce transfert est plus grand pour les femelles). Les œufs et le sperme semblent rester viables séparément pendant une heure ou davantage.

James (1996) et Battaglone et al. (en cours de révision, 2000) conseillent de laver les œufs (qui descendent au fond) pour éliminer le sperme excédentaire. Une autre solution consiste à féconder les œufs à l'aide de sperme en suspension de densité connue (par comptage sur un hémocytomètre). Une concentration finale d'environ 20 000 spermatozoïdes par millilitre d'eau contenant des œufs semble suffisamment basse pour éviter d'avoir à laver les œufs. Dans un cas au moins, les œufs fécondés de cette manière puis exposés durant la nuit à une aération dans un conteneur de 60 litres étaient en meilleur état, le lendemain, que ceux qui avaient été soigneusement lavés sur un tamis (à mailles de 50 ou 80 microns) et stockés dans des bacs d'élevage.

James (1996) fait état de niveaux de stockage d'environ 0,5 à un œuf par millilitre, dans des bacs d'environ 800 litres avec une aération faible à moyenne. Des densités supérieures pourraient éventuellement être obtenues avec des lots d'œufs nettoyés, bien manipulés, dans de l'eau propre; Battaglone (comm. pers.) conseille 2,5 œufs/ml. Aux Îles Salomon, des bacs cylindriques en fibres de verre à fond conique de 200 litres ou à fond plat de 600 litres ont été généralement utilisés pour l'éclosion et l'élevage larvaire.

James (1996) indique qu'il faut environ 24 heures pour l'éclosion (jusqu'au stade de la gastrula mobile) et 48 heures jusqu'à l'apparition de la première auricularia, le premier stade d'alimentation. D'un autre côté, Ramofafia et al. (2000, en cours de révision) affirment qu'à 25–27 °C, l'éclosion jusqu'au stade de la gastrula capable de nager se produit au bout de 12 heures, et le passage au stade auricularia au bout de 30 heures.

Élevage larvaire

Au Centre d'aquaculture côtière, des bacs opaques de 200 litres ou translucides de 600 litres équipés de drains centraux et de colonnes montantes intérieures ont été utilisées à l'abri, avec ou sans couvercles transparents et sous un éclairage artificiel puissant pendant 12 heures. L'éclairage consistait dans un ou deux tubes fluorescents de 20 W par

bac, placé à un mètre environ au-dessus de la surface de l'eau. L'eau était pompée dans la mer à une profondeur de 12 m environ, traversait le bac puis était filtrée par des cartouches d'un micron (théoriquement). Un traitement aux ultraviolets était parfois appliqué. La température était généralement de 27–29 °C, la salinité de 32–37 ppt. L'aération assurée par un Airstone central était généralement légère au début.

L'eau présente dans les bacs d'éclosion n'était généralement pas renouvelée le premier jour, bien que des taches bactériennes roses ou jaunes apparentes, au fond de la cuve, aient été éliminées par siphonnage. Les bacs ont été complètement drainés le deuxième jour (en comptant le jour de la fécondation, qui se produit généralement le soir ou avant minuit et qui est le jour zéro), et les premières larves auricularia ont été recueillies sur des tamis de 80 µm plongés dans des cuvettes. On a veillé à ce que les débits restent faibles (moins de 10 litres/minute environ sur un tamis cylindrique de 300 mm de diamètre) et que les larves demeurent constamment dans l'eau. À l'aide d'un vase à bec, elles ont été périodiquement transférées dans des seaux aérés (brièvement agités de manière à pouvoir compter les parties aliquotes) avant d'être stockées dans des bacs d'élevage propres du même type. La densité optimale de stockage des larves est de 0,3–0,7 larve par millilitre selon James (1996), et de 1/ml selon Battaglene et Bell (1999).

L'alimentation doit commencer le deuxième jour. James (1996) préconise une culture mixte de diatomées *Chaetoceros* spp et de *Skeletonema* spp plus *Isochrysis galbena*, ou cette dernière espèce seule, en maintenant une densité de 20 000–30 000 cellules/ml dans le bac d'élevage. Au Centre d'aquaculture côtière, divers essais d'élevage larvaire ont été réalisés, et le programme d'alimentation était encore à l'étude fin 1999, mais le tableau 1, repris de Battaglene (comm. pers.) établit la synthèse des expériences effectuées jusqu'à présent. Dans les derniers lots, il semblerait que *C. calcitrans* ait été omis

et qu'un bac n'ayant reçu que les régimes mixtes d'Algamac et de Livic (Riken Vitamin Co. Tokyo, Japon) séchés ait donné quelques pentaculária.

En règle générale, les bacs d'élevage larvaire ont été complètement drainés (comme indiqué ci-dessus) tous les deux jours. Après comptage, les larves ont été à nouveau stockées dans des bacs propres et nourries à l'aide d'un mélange de trois espèces d'algues. La dose d'alimentation a été progressivement augmentée au fur et à mesure du développement des larves. Les restes de nourriture n'ont pas été comptés, et il n'a pas été administré de compléments nutritionnels les autres jours. Les trois espèces, *Chaetoceros muelleri*, *Chaetoceros calcitrans* et *Rhodomonas salina*, ont été dispensées "à biomasse égale". La taille des cellules des trois espèces étant différente, il a fallu augmenter le nombre de cellules de *C. calcitrans* dispensées (divisées par 0,75) et réduire celui de *R. salina* (divisées par 3). La dose de nourriture dispensée est "l'équivalent-muelleri" du mélange total. Si, en un jour donné, il fallait dispenser 30 000 cellules/ml, la dose administrée consisterait dans environ 10 000 cellules/ml de *C. muelleri*, 13 000 cellules/ml de *C. calcitrans* et 3 300 cellules/ml de *R. salina*. Au Centre d'aquaculture côtière, les algues étaient généralement produites sous abri, sous lumière artificielle, avec une climatisation, dans des flacons étuvés ou des bonbonnes.

Vers le septième jour commence le conditionnement des plaques de diatomées. Des plaques empilées, similaires à celles qui sont utilisées pour la culture des ormeaux, ont été placées à l'extérieur, en partie à l'ombre (50–75 %), dans des bacs peu profond alimentés en eau de mer à flux continu, filtrée à un micron pour éviter la prolifération des copépodes. (Au Centre d'aquaculture côtière, les plaques en fibres de verre ondulées de couverture sont découpées en rectangles de 300 x 400 mm environ et réunies par paquets de quatre, espacées de 30 mm. La surface des paquets est d'environ un mètre carré). On a utilisé une surface de

Tableau 1. Doses de nourriture des larves d'*Holothuria scabra*

Nombre de jours (après la ponte)	Dose de nourriture (cellules/ml)	Traitement	Stade	Autres aliments
2	20 000	renouvell. de l'eau	auricularia précoce	
4	20 000	"	auricularia	
6	25 000	"	auricularia	
8	30 000	"	fin du stade auricularia	
10	35 000	"	1er stade doliolaria	
12 et plus	40 000 (1 fois par jour)	écoulement (12 h)	1er stade pentaculária	plaques + algues sèches

plaque de 0,25–0,5 m² pour 100 litres de bac d'élevage larvaire, et laissé un biofilm se développer sur ces plaques pendant 4 à 7 jours. James (1996) a utilisé des extraits de *Sargassum* pour induire le développement du biofilm. Il existe d'autres techniques plus perfectionnées de culture des diatomées benthiques sur les plaques, mais elles n'ont pas été testées.

Dans des conditions favorables, on a pu observer des larves en fin de stade auricularia, avec des globules huileux, à partir du jour 8, quelques doliolaria non alimentées à partir du jour 10, et les premières pentacularia vers le jour 12. À ce stade, les plaques empilées, conditionnées, ont été placées dans les bacs, après rinçage dans de l'eau de mer filtrée pour éliminer les copépodes. Le renouvellement des lots était en général arrêté, et un flux d'eau continu ou semi-continu mis en route à raison de 1 à 3 volumes de bac par jour. Le maillage des filtres de sortie était de 80 ou 120 microns. Les microalgues ont continué d'être administrées tous les jours, surtout aux larves moins développées. Un supplément journalier d'algues sèches mélangées à de l'eau, Algamac *Tetraselmis* sp. (Cell Systems, Cambridge, Royaume-Uni), Livic ou un mélange (selon les disponibilités) a été ajouté à raison d'environ 0,05 g pour 100 l d'eau dans le bac.

Les plaques peuvent rester dans les bacs d'élevage larvaire tant que quelques auricularia actives sont présentes et que la disponibilité de nourriture ne freine pas la croissance des pentacularia et des juvéniles (qui apparaissent vers le jour 20). La surface relativement limitée et les faibles niveaux d'éclairage peuvent signifier que les juvéniles vont probablement avoir une taille excessive par rapport à la nourriture dispensée, que l'on suppose se composer, à ce stade, de diatomées benthiques ou fixées, ou d'autres cellules d'algues fixées.

Si des dénombrements et des mesures de poids précis sont nécessaires, des juvéniles peuvent être détachés à l'aide d'une solution de chlorure de potassium à 0,5–1 % dissout dans de l'eau de mer. Cette technique a été quantifiée par Battaglione et Seymour (1998) qui ont constaté qu'une immersion de 10 mn dans une solution de KCl à 1% provoquait moins de 2% de mortalité parmi les juvéniles de 2–20 mm (bien que 17% des juvéniles de grande taille soient éviscérés), et que les juvéniles se fixaient à nouveau rapidement une fois remis dans de l'eau de mer normale. On peut également placer les plaques à l'extérieur sans détacher les juvéniles et effectuer au besoin des comptages en inspectant les plaques individuellement (séparément). Lorsque les bacs d'élevage sous abri sont vidés, la pulvérisation d'une solution de KCl à 1% facilite le détachement des animaux des parois et du fond du bac.

Élevage en nurricerie

Au cours d'une longue série d'expériences, Battaglione et al. (1999) ont examiné en détail les conditions d'élevage de juvéniles de différentes tailles en nurricerie. Voici leurs principales observations.

1. Des juvéniles d'un mois ont été élevés dans des bacs en fibres de verre, nus et conditionnés (comportant de nombreuses plaques), à une densité d'environ 400/m² de surface du fond et des parois du bac, et nourris à l'Algamac à raison d'un gramme par mètre cube. Ils sont passés d'une longueur moyenne de 1,8 mm à 13 mm en quatre semaines, avec un taux de survie moyen de 34 %.
2. Des juvéniles de différents âges (un à deux mois) et tailles (3–10 mm) ont été transférés dans des petits aquariums intérieurs non conditionnés, avec ou sans sable. On les a nourris d'Algamac à raison de 10 % de la biomasse initiale. Leur taux de survie a sensiblement augmenté en proportion de leur taille au moment du transfert, passant de 52 % pour une taille de 3 mm à 87 % pour les plus gros juvéniles. La survie ne dépend pas de manière déterminante du substrat, mais la croissance est meilleure sur le sable.
3. Des petits juvéniles (1,5 mm) ont été stockés dans des bacs nus en ciment (comportant quelques plaques) à deux densités différentes (167 et 558/m², parois comprises) et nourris d'Algamac ou de Livic à 10 % de la biomasse initiale. Les différences de taux de survie (15,7 % à faible densité, 5,9 % à densité élevée) n'étaient pas significatives, apparemment. Les juvéniles nourris au Livic ont commencé par croître plus rapidement que ceux alimentés à l'Algamac, mais, au bout de deux mois d'expérience, la longueur (19,5 mm en moyenne), le poids (1,1 g en moyenne) et le taux de survie ne présentaient pas d'écarts significatifs selon le régime dispensé.
4. Des juvéniles de quatre mois (1,6 g en moyenne) ont été stockés dans des bacs en ciment à une densité de 5/m² de surface de fond et de parois (ou environ 10/m² de surface de fond), avec ou sans sable. Ils ont été nourris d'Algamac à 1 % ou 10 % du poids corporel (ajusté). Au bout de deux mois, les animaux ayant bénéficié du meilleur traitement (sable et nourriture abondante) ont tous survécu et atteint en moyenne plus de 60 mm et 23 g. La présence de sable était nettement plus favorable à la croissance (voire à la survie) que l'absence de sable, mais la dose de nourriture était sans incidence notable.

5. Des juvéniles d'un gramme, âgés d'un mois, ont été élevés dans des bacs d'extérieur, en fibres de verre, à des densités de stockage de 7,5/m² de fond et de parois (ou 25/m² de fond), avec ou sans sable, et avec ou sans ombre à 70 %. Ils ont été nourris d'Algamac à raison de 0,2 g/jour. Au bout de deux mois, leur poids était sensiblement différent : les juvéniles élevés à l'ombre atteignaient en moyenne 7,3 g en présence de sable et 11,5 g sans sable, tandis que les juvéniles élevés sans abri atteignaient en moyenne 12,5 g sans sable et 14,1 g avec sable.
6. L'expérience décrite ci-dessus a été répétée un an après sur des animaux de 0,9 g, à des niveaux de stockage 1,8 fois plus élevés, avec des abris donnant deux fois plus d'ombre, ou sans abri. Les juvéniles soumis aux deux traitements à l'ombre ont grandi très lentement (1,4 g avec sable et 2 g sans sable), tandis que les juvéniles exposés ont survécu à 95 % et ont mieux grandi (10,8 g sans sable, 12,1 g avec sable).
7. Des juvéniles d'un gramme, âgés de cinq mois, ont été stockés à trois densités (7,5, 15 et 30/m² de fond et de parois, ou 25, 50 et 100/m² de fond) dans des bacs extérieurs en fibres de verre, avec du sable. Ils ont été nourris d'Algamac à deux dosages, 1 % et 10 % du poids corporel par jour (avec ajustement tous les 15 jours) pendant huit semaines. Les poids obtenus à la fin de l'expérience étaient inversement proportionnels à la densité (minimum 17,8 g, moyen 11,8 g, maximum 7 g), mais le dosage de la nourriture n'avait pas d'incidence significative.
8. Des juvéniles de 0,8 g ont été stockés à 15/m² de fond et de parois (50/m² de fond) dans des bacs extérieurs, conditionnés ou non pendant deux semaines avant le stockage, avec un substrat de sable de plage ou de sable de corail. Ils ont été nourris d'Algamac à une dose quotidienne de 10 % du poids corporel (révisée au bout de quatre semaines) ou n'ont pas reçu de nourriture. Au bout de huit semaines, les juvéniles nourris et conditionnés, élevés sur du sable de corail, présentaient la plus grande taille, mais les moyennes de tous les groupes étaient comprises entre 6,6 et 9,9 g, et aucun des écarts n'a été significatif.
9. Des juvéniles de 7,5 mm (0,5 g) ont été stockés dans de grands bacs en ciment (conditionnés pendant deux semaines), avec ou sans sable, à une densité de 27,6/m² de fond et de parois (ou 40/m² de fond) et nourris tous les jours à l'Algamac à raison de 3 % de la biomasse initiale. Au bout de trois mois, les juvéniles élevés

dans le sable étaient nettement plus grands que les autres (27,2 g contre 7,2 g), mais le taux de survie sur le sable était nettement moins élevé (12,4 % contre 67,2 %). Quelques juvéniles survivants, parmi les plus grands, pesant environ 40 g chacun, ont été stockés sur du sable frais à une densité de 5/m² de fond, et n'ont pas été alimentés pendant un an. Parmi ces juvéniles, 92 % ont survécu mais sans grandir.

Les conclusions et les recommandations des auteurs de ces travaux sont les suivantes. Les diatomées et les algues fixées constituent une source importante de nourriture pour les juvéniles jusqu'à 50 mm de longueur au moins. Les juvéniles doivent donc être élevés dans des bacs extérieurs exposés à une lumière vive.

Le ralentissement de leur croissance, qui se produit lorsque la densité dépasse environ 200–225 g/m², ne peut être que légèrement atténué par un complémentaire nutritif d'algues sèches; les individus retardés par une forte densité semblent croître normalement une fois que des conditions plus favorables sont restaurées. Le transfert des juvéniles sur un substrat de sable doit être différé jusqu'à ce qu'ils atteignent environ 20 mm ou 1 g de poids vif, mais, par la suite, la croissance et la survie sont meilleures sur le sable que dans les bacs nus. La croissance des grands juvéniles est à peu près linéaire et atteint en moyenne 0,5 mm ou 0,2 g par jour.

Il faut donc prévoir deux phases d'élevage dans des bacs extérieurs de nourricerie, la première dans des bacs nus jusqu'à ce que les juvéniles atteignent environ 1 g, la seconde sur le sable. Il n'y a pas actuellement de régime préparé efficace pour ces deux phases; la nourriture produite par photosynthèse semble déterminante, de même que la densité de stockage.

Pour le début de l'élevage en nourricerie au Centre d'aquaculture côtière, des bacs en fibres de verre de 2,2 m de diamètre et 70 cm de profondeur ont été parcourus d'un flux continu d'eau filtrée à 1 µm, à raison d'environ 6 l/mn, soit 2 à 3 renouvellements par 24 heures. Un seul abri était souvent utilisé, et des abris supplémentaires pouvaient être ajoutés si les algues filamenteuses risquaient de prédominer.

Les juvéniles étaient généralement nourris quotidiennement d'une suspension d'algues séchées (à 1 g/m³ environ), parfois de phytoplancton de culture, s'il était disponible (à 40 000 cellules/ml maximum), mais, en l'absence de régime efficace, il fallait conserver de faibles niveaux de stockage ou diluer périodiquement les bacs pour maintenir un taux de croissance régulier.

Grossissement

Selon certaines sources, des exploitants indonésiens et indiens pratiqueraient l'élevage de petites holothuries de sable, récoltées en milieu naturel, dans des bassins ou des viviers. On manque toutefois de données concrètes concernant la croissance et la survie d'animaux de grande taille dans des bacs, des bassins ou des viviers. Battaglione (1999), qui a apparemment été témoin de la culture commerciale en bassin au sud de Sulawesi (Indonésie), a signalé qu'une expérience avait été menée en Inde sur des juvéniles de 67 g, stockés dans un réservoir annulaire de ciment (haut obturé par un filet, fond incrusté dans la vase d'un bassin d'élevage de crevettes). Les juvéniles ont atteint 284 g en six mois. Leur croissance était satisfaisante dans un bac de nourricerie de crevettes contenant du sable et de la vase : 0,7 g par jour à faible densité et 0,3 g par jour à densité élevée, avec 93 pour cent de survie en 20 semaines. Les animaux de grande taille stockés dans un bassin de grossissement de crevettes ont toutefois disparu sans laisser de trace.

Des scientifiques de l'Institut de recherche sur les pêches maritimes de Djakarta (RIMF 2000; Basuki, comm. pers.) ont stocké un millier d'holothuries de sable, prélevées dans la nature et pesant en moyenne 46 grammes, dans un vivier peu profond de 10 x 20 m, entouré d'un filet et installé sur un herbier sablonneux au large de Kongs Island dans l'archipel de Pulau Seribu (baie de Djakarta, Indonésie). Les holothuries échantillonnées par la suite tous les mois présentaient un poids moyen de 101, 113 et environ 150 g. Il se peut toutefois que, d'ici qu'une récolte complète soit effectuée, cette croissance apparente s'explique en partie par la fuite sélective ou la mortalité d'individus plus petits, ou par la plus grande facilité d'en trouver de grands lors de l'échantillonnage. Un autre essai d'élevage en vivier aurait été effectué à Sabah, en Malaisie orientale, par un étudiant indonésien qui travaille dans la société Ko-Nelayan (Société des pêcheurs et d'expansion de la pêche de Sabah), mais aucune donnée n'était disponible au moment de la visite (mai 2000).

À Nha Trang (Nguyen Chinh, 1995; N.T. Xuan Thu, comm. pers.), cent holothuries de sable de 55–160 g (moyenne : 68 g) prélevées en milieu naturel ont été élevées sur du sable dans un bac en béton de 50 m², et nourries de boulettes de crevettes, 2 à 3 fois par semaine. Au bout de trois mois, 85 animaux de 140–440 g (350 g en moyenne) ont été récoltés. C'est là un rare exemple de bonne croissance à densité élevée. Non loin de là, à Cam Ranh, 48 animaux de 40–220 g (moyenne : 90 g) ont été stockés en compagnie de post-larves de crevettes (et nourries avec elles) dans un bassin de nourricerie de 200 m², sur un substrat de vase et de sable. Au bout de trois

mois, 34 animaux récoltés pesaient 160 à 645 g (353 g en moyenne).

Plus récemment, et toujours dans la même région, des pêcheurs ont apporté plusieurs centaines d'holothuries de sable (pesant pour la plupart de 50 à 500 g) qui ont été placées dans des bassins et des viviers. D'après les premiers résultats (R. Pitt, 2000, en préparation), les taux de croissance apparents dans les bassins sont de 2,2 à 3,2 g/jour et varient en proportion inverse de la densité de stockage, entre 106 et 170 g/m². Le taux de survie était excellent dans les bassins (88–97 %) jusqu'au début de la saison humide, rapidement suivi de mortalités massives. Stockées dans un vivier à une densité d'environ 500 g/m², les holothuries ont survécu à près de 98 %, mais n'ont pratiquement pas grandi, alors que la croissance et la survie étaient satisfaisantes (1,7 g/jour et 90 %) dans un vivier à une densité d'environ 390 g/m².

Les données concernant la croissance et la survie d'animaux dans le milieu naturel, prélevés dans la nature ou élevés puis relâchés, sont rares. Shelley (1985) a échantillonné des holothuries de sable dans Bootless Bay, près de Port-Moresby (Papouasie-Nouvelle-Guinée), pendant plus d'un an. D'après ses mesures de la fréquence par taille, il a estimé le taux de croissance à 14 g/mois et la production d'holothuries de sable sur le récif à près de 500 kg/an. Battaglione a relâché des adultes de grande taille recueillis ailleurs, dans Ndoma Bay près du Centre d'aquaculture côtière, où personne n'en avait trouvés auparavant. La plupart des individus ont pu être retrouvés, des mois plus tard, dans la même zone. Hamel et al. (2000, en préparation) ont relâché des juvéniles élevés en éclosérie sur différents substrats, dans des zones situées au nord-ouest de Guadalcanal (Îles Salomon) où l'on n'avait pas trouvé d'holothuries de sable auparavant, et ils ont pu apparemment observer des taux de croissance très élevés (10 à 15 cm/mois) lors de visites ultérieures.

D'autre part, Dance (comm. pers.) a eu du mal à retrouver des animaux, élevés en éclosérie, (surtout ceux d'une taille de 25 à 35 mm) dans les jours qui ont suivi le lâcher. Entre 15 et 95 pour cent d'entre eux étaient introuvables 24 heures seulement après le lâcher sur deux herbiers différents près de Gizo (Îles Salomon). Lors d'essais ultérieurs, Dance et al. (2000, en cours de révision) ont relâché des lots de juvéniles élevés en éclosérie et en nourricerie de 20 à 74 mm (36 mm en moyenne) sur du sable fin, ou des zones de limon et de sable fin sur un platier corallien ou des herbiers de mangrove. Ils ont ensuite observé la survie et le comportement des animaux sur les sites. Sur le platier corallien, le taux de survie moyen était faible (37,5 %) une heure après le lâcher, et la mortalité était totale en 48 heures sur

deux des trois sites. Sur les herbiers de mangrove, 0 à 5 % seulement des animaux étaient abîmés ou dévorés en moins d'une heure, et 70 % ont été retrouvés vivants au bout de trois jours. La prédation par les balistes, les poissons-empeyeurs et les perches (Balistidés, Lethrinidés et Nemiptéridés) aurait pu être évitée si l'on avait utilisé un petit enclos, mais la croissance et la survie à long terme n'ont pas été mesurées.

Perspectives et problèmes

Gestion du stock géniteur

En principe, on peut obtenir des œufs de stock géniteur, soit prélevés dans la nature, soit élevés en captivité. Dans les zones où les populations sont déjà épuisées, il peut toutefois être difficile de trouver des stocks d'animaux de grande taille accessibles dans le milieu naturel. Aucune méthode de maintien de stocks adéquats en captivité, pouvant frayer avec fiabilité, n'a encore été mise en évidence. En l'absence de régimes préparés efficaces, il faudra probablement recourir à des bacs ou des viviers de grande surface. Si des bassins existants (d'élevage de crevettes, par exemple) s'avèrent appropriés pour la conservation d'un stock géniteur, en particulier si les holothuries de sable sont compatibles avec des espèces élevées localement (du point de vue biologique et sous l'angle de la gestion), cela pourrait déboucher sur une solution économique viable.

Élevage larvaire

Le recours à des bacs plus grands pourrait comporter de nombreux avantages. Ils nécessitent relativement moins de main-d'œuvre. Sur le plan physique et biologique, ils sont plus stables, de sorte qu'un bâtiment peu coûteux, voire un simple toit, devrait suffire. Il pourrait même être possible de remplacer les renouvellements d'eau complets par drainage par des renouvellements partiels par lots ou en continu, ce qui réduirait d'autant les frais de main-d'œuvre. La lumière naturelle pourrait probablement remplacer aussi un éclairage artificiel intense.

Phytoplancton

Il devrait être possible de produire certaines algues, ou la totalité, en cultures extérieures. Cela économiserait une grande partie des capitaux immobilisés et des frais d'exploitation qu'impliquent le passage de grands volumes d'eau en autoclave, l'éclairage artificiel des cultures et l'évacuation de la chaleur produite par les projecteurs. Il faut maintenir les cultures suffisamment exemptes de contamination de manière à ce qu'elles durent assez longtemps pour être utilisables et qu'elles ne deviennent pas des sources d'organismes indési-

rables pouvant infester les bassins d'élevage larvaire. Étant donné qu'il faut ajouter de l'engrais à l'eau pour la culture des algues puis la stocker, il faudrait probablement apporter plus de soin au traitement de l'eau qu'à l'élevage larvaire, en lui appliquant un filtrage supplémentaire, un traitement aux UV, une chloration-déchloration ou un chauffage à 60–80 °C.

Nourricerie

Il faut actuellement disposer de bacs extérieurs de grande surface parce qu'il n'existe pas, pour l'instant, de régime préparé efficace. Pour le début de l'élevage en nourricerie, il faut environ 3–5 m² (de fonds nus et de parois) pour mille juvéniles de 20 mm (un gramme environ), mais on pourrait sans doute gagner un peu de place en utilisant des plaques conditionnées supplémentaires et en éliminant progressivement les animaux les plus grands. Pour la suite de l'élevage en nourricerie, il faudrait des bacs de 30 à 50 m² à fond de sable fin pour mille juvéniles de 50 mm (10 grammes environ); à partir de cette taille, les animaux pourraient poursuivre leur grossissement dans des bassins. Les bacs devraient être d'autant plus grands que l'on devra utiliser des animaux de plus grande taille pour la culture en vivier ou le lâcher. Leur coût sera probablement prohibitif à moins que des bassins, des viviers ou des cages posées sur le fond de la mer ne puissent remplacer les bacs à des stades ultérieurs de l'élevage en nourricerie.

Élevage

Des bassins de grande surface ont été construits pour l'élevage de crevettes, en Asie et ailleurs. Beaucoup de fermes crevettières sont confrontées à de graves problèmes zoosanitaires. D'autres espèces et des systèmes d'élevage différents sont intéressants s'ils permettent de pallier ces problèmes et de fournir d'autres cultures. Les holothuries de sable ingèrent de grandes quantités de substrat et peuvent améliorer la qualité de l'eau en éliminant les débris organiques. Même si une petite fraction des bassins d'élevage de crevettes existants peut être maintenue à un degré de salinité convenant aux holothuries de sable et si l'on peut mettre au point des systèmes permettant de les élever soit seules soit en polyculture avec des poissons, des crustacés ou des mollusques, le potentiel de production sera considérable.

Reconstitution du stock

Hormis les expériences limitées décrites par Dance et al. (2000) et Hamel et al. (2000), on dispose encore de très peu d'informations sur la survie des animaux relâchés. L'ICLARM a récemment reçu des fonds du Centre australien pour la recherche

agricole internationale pour mettre au point des stratégies d'optimisation des lâchers d'holothuries de sable élevées selon des programmes de reconstitution des stocks. Des dispositions ont été prises pour effectuer ce travail en Nouvelle-Calédonie, en collaboration avec les gouvernements des Provinces, l'IFREMER, l'Institut australien des sciences de la mer et des communautés de pêcheurs mélanésiennes. Le projet sera axé sur la définition de la taille optimale au lâcher, de la densité de stockage appropriée, de l'habitat et du moment favorables au lâcher. On examinera dans quelle mesure pourront être utilisés des bassins d'élevage commercial de crevettes pour la production en masse de juvéniles d'holothuries de sable.

Bibliographie

- Battaglione, S.C. and J.E. Seymour. 1998. Detachment and grading of the tropical sea cucumber sandfish, *Holothuria scabra*, juveniles from settlement substrates. *Aquaculture* 159(3-4):263-274.
- Battaglione, S.C. and J.D. Bell. 1999. Potential of the tropical indo-pacific sea cucumber, *Holothuria scabra*, for stock enhancement. Published in 'Proceedings of the First International Symposium on Stock Enhancement and Sea Ranching' edited by E.S. Moksness et al, Blackwell Science. pp 478-490
- Battaglione, S.C., J.E. Seymour and C. Ramofafia. 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 178(3-4):293-322.
- Battaglione, S.C. 1999. Culture of tropical sea cucumbers for stock restoration and enhancement. *Naga, The ICLARM Quarterly* (Vol 22, No.4) October-December 1999
- Conand, C. 1989. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, écologie et exploitation. Études et thèses, O.R.S.T.O.M., Paris, 393 p.
- Conand, C. 1990. Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Document technique de la FAO sur les pêches, 2e partie : Holothuries. Rome, Italie, n° 272.2, 143 p.
- Conand, C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian lagoon. *Marine Biology* 116:439-450.
- Conand, C. 1998a. Holothurians. Tiré de: FAO species identification guide. The marine living resources of the Western Central Pacific. Vol 2 cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks. K Carpenter & V. Niem (eds). 1157-1190.
- Conand, C. 1998b. Overexploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. In: R. Mooi and M. Telford (eds). *Echinoderms*: San Francisco. A.A. Balkema, Rotterdam: 449-454.
- Dance, S., I. Lane and J. Bell. 2000 (in review). Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands.
- Hamel, J.-F., D.L. Pawson, C. Conand and A. Mercier. 2000. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): its biology and its exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology* (in preparation).
- James, D.B., A.D. Gandhi, N. Palaniswamy and J.X. Rodrigo. 1994. Hatchery and culture of the sea-cucumber *Holothuria scabra*. CMFRI Special Publication no. 57
- James, D.B. 1996. Prospects for hatchery and culture of sea cucumbers in India. In: *Proceedings of the seminar on fisheries - a multibillion dollar industry*, pp 123-135, conducted by Aquaculture Foundation of India and Fisheries Technocrats Forum, Madras.
- James, D.B. 1996. Culture of sea-cucumber. *Bull. Cent. Mar. Fish. Inst.* 48:120-126.
- Morgan, A.D. 1999. Élevage et reproduction de *Holothuria scabra* (Echinodermes: Holothurides). *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* n° 12. p 35.
- 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* n° 13: 2-8
- Nguyen Chinh. 1995. Research on breeding and culture of scallop (*Chlamys nobilis* Reeve 1852) and sea cucumber (*Holothuria scabra* Jaeger 1883, *Actinopyga echinites* Jaeger 1883). National Project KNO4-08 Developing economic marine species for Vietnam. (in Vietnamese)
- Ong Che, R.G. and E.D. Gomez. 1985. Reproductive Periodicity of *Holothuria scabra* Jaeger at Calatagan, Batangas, Philippines. *Asian Mar. Biol.* 2:21-29.

Preston G. 1990. Beche-de-mer recovery rates. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 1, p 7.

RIMF, 2000. Progress report of sea cucumber fishery sustainability by its stock enhancement in Seribu Islands waters (Internal report of the Research Institute for Marine Fisheries, Jakarta, Indonesia).

Shelley, C.C. 1985. Growth of *Actinopyga echinites* and *Holothuria scabra* (Holothurioidea: Echinodermata) and their fisheries potential (as beche-de-mer) in Papua New Guinea. Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti.

Tuwo, A. 1999. Le cycle de reproduction de *Holothuria scabra* de l'île de Saugi dans l'archipel de Spermonde, au sud-ouest de Sulawesi (Indonésie). La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS n° 11: 9-12.

Remerciements

Ce résumé repose en grande partie sur les travaux effectués de 1996 à 1999 par l'ICLARM au Centre d'aquaculture côtière d'Aruligo, Guadalcanal (Îles Salomon). L'équipe d'étude de l'holothurie était conduite par Stephen Battaglione, secondé successivement par Chris Ramofafia, Evizel Seymour, Joseph Olisia, Maxwell Saurongo, Annie Mercier, Jean-François Hamel et Susan Dance. De nombreuses autres personnes ont joué un rôle important, notamment Johann Bell, Idris Lane, et le personnel de soutien des sites d'Aruligo et de Nusa Tupe.

La pêche des Galapagos : une menace ou une opportunité de conservation pour les holothuries ?

Priscilla C. Martinez¹

La demande croissante d'holothuries enregistrée ces dernières années sur les marchés asiatiques et leur surexploitation dans le Pacifique occidental ont entraîné un récent déplacement des activités de pêche vers le Pacifique oriental, jusqu'au Galapagos. Ces Îles sont renommées dans le monde entier pour leurs flore et faune uniques. Environ 97 pour cent des terres émergées des Galapagos ont été déclaré Parc national en 1959 et les zones marines et côtières des îles ont été transformées en réserve marine en 1986. Depuis la création du parc national des Galapagos, le gouvernement de l'Équateur s'est employé à protéger l'intégrité des îles et l'environnement unique qu'elles abritent. Ces efforts ont incité l'UNESCO à inscrire les Galapagos au patrimoine naturel de l'humanité en 1978 et à en faire une réserve de la biosphère en 1985. Malheureusement, le continent exerce aujourd'hui de nouvelles pressions sur les îles qui risquent de bouleverser leur équilibre naturel, y compris la pêche d'holothuries.

L'exploitation des holothuries a débuté aux Galapagos au début des années 1990, par la pêche d'une seule espèce, *Stichopus fuscus*. Ce furent des commerçants asiatiques, venus s'installer en Equateur en 1989, qui lancèrent cette nouvelle acti-

tivité. Après avoir épuisé les stocks de *Stichopus fuscus* le long de la côté équatorienne, ils élargirent leur zone de pêche aux Galapagos, entraînant une main d'œuvre importante, à la recherche de nouvelles opportunités. Dès le début, la pêche pratiquée dans cette région se développa sans collecte de données biologiques élémentaires et du moindre plan de gestion. Elle s'accompagna également de changements socioéconomiques radicaux, aboutissant à un fort déplacement de population vers les Galapagos, à une pêche illégale et à des violations du règlement du Parc National. Tous ces facteurs poussèrent le gouvernement d'Équateur à interdire, par décret présidentiel, toute activité de pêche d'holothuries aux Galapagos à partir de 1992.

Néanmoins, la pêche clandestine des holothuries continua. En 1994, la pêche artisanale fut à nouveau autorisée à titre expérimental, sur une période de deux mois. Un mois avant la date prévue, la pêche fut fermée, en raison des violations par les pêcheurs des règles imposées par les responsables du Parc national et le service des pêches.

La pêche des holothuries a ensuite été interdite aux Galapagos. Mais, en l'absence d'un mécanisme permettant d'assurer le respect de la loi, les

1. Faculté de zoologie, université de Melbourne, Australie (occupait auparavant un poste au centre de recherche Charles Darwin des Galapagos). Adresse électronique : p.martinez1@grad.unimelb.edu.au